

TESIS DOCTORAL

Título:

**ANÁLISIS DE MATERIALES DIDÁCTICOS APLICADOS
A LA MEJORA DE LAS HABILIDADES ESPACIALES,
EL RENDIMIENTO ACADÉMICO Y LA MOTIVACIÓN EN
LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA GRÁFICA**

Centro: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Programa de Doctorado: Formación del Profesorado

Departamentos de: Didácticas Especiales
Psicología y Sociología

Presentada por:

D. Melchor García Domínguez

Dirigida por:

Dra. Dña. M^a Del Carmen Mato Carrodegas

Dr. D. Jorge Martín Gutiérrez

Lugar y fecha: Las Palmas de Gran Canaria, mayo 2013



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA

**ANÁLISIS DE MATERIALES DIDÁCTICOS APLICADOS
A LA MEJORA DE LAS HABILIDADES ESPACIALES,
EL RENDIMIENTO ACADÉMICO Y LA MOTIVACIÓN
EN LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA GRÁFICA**

Melchor García Domínguez

A Saro.

Para citar:

Sería deseable que se utilizara para citar la fuente un esquema parecido a:

García Domínguez, M. (2013). Análisis de materiales didácticos aplicados a la mejora de las habilidades espaciales, el rendimiento académico y la motivación en los estudiantes de ingeniería gráfica. [Tesis]. Directores: Dra. Dña. María del Carmen Mato Carrodegas y Dr. D. Jorge Martín Gutiérrez. Las Palmas de Gran Canaria: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS AGRADECIMIENTOS

0 CAPÍTULO 0: PRELIMINARES

0.1	CONTENIDO DE LA TESIS.....	
0.2	PREFACIO.....	...3
0.3	RESUMEN.....	...9
0.4	ABSTRACT.....	...13
0.5	CONTRIBUCIONES Y DIFUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	...23
0.6	MATERIAL DIDÁCTICO PRODUCIDO COMO CONSECUENCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	...29
0.7	ÍNDICE DE FIGURAS.....	
0.8	ÍNDICE DE TABLAS.....	...17
0.9	ABREVIATURAS UTILIZADAS.....	

1 CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1	CONTEXTO.....	...35
1.1.1	Marco social.....	...35
1.1.2	Las habilidades espaciales en el ingeniero.....	...43
1.1.3	Justificación.....	...48
1.1.4	Ámbito de desarrollo de la experiencia.....	...49
1.1.5	Aspectos comunes a todos los planes de estudio de las titulaciones de Grado en la EIC.....	...53
1.1.6	El plan de estudios del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales.....	...54
1.1.7	Resto de planes de estudios.....	...54
1.1.8	Competencias generales y específicas.....	...55
1.2	OBJETIVOS, METODOLOGÍA E HIPÓTESIS.....	...67
1.2.1	Objetivos.....	...67
1.2.2	Metodología y desarrollo de la investigación.....	...69
1.2.3	Hipótesis de partida.....	...72

2 CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1	ESCENARIO DOCENTE.....	...77
2.1.1	Tendencias en el campo de la investigación educativa.....	...77
2.1.2	Otros métodos aplicables en el aula. De la tradición a la innovación.....	...84
2.2	LA INTELIGENCIA HUMANA.....	...97
2.2.1	Antecedentes en la Investigación de las habilidades Espaciales.....	...107
2.2.2	Definición de Habilidad Espacial.....	...113
2.2.3	Diferencias de género en las habilidades espaciales.....	...123
2.2.4	Las habilidades espaciales en la ingeniería.....	...125
2.2.5	Uso de software de modelado de sólidos 3D.....	...130
2.2.6	Medida de la capacidad espacial.....	...137
2.2.7	Las herramientas de mejora de las habilidades espaciales.....	...150

2.3	ESTILOS DE APRENDIZAJE.....	..155
2.3.1	Instrumentos para identificar y medir los Estilos de aprendizaje...	..163
2.3.2	Cuestionario Revisado sobre Procesos de Estudio, dos factores (R-SPQ-2F).....	..173
2.4	MOTIVACIÓN.....	..175
2.4.1	Instrumentos para identificar y medir la motivación de los estudiantes.....	..184
2.5	USABILIDAD DE LOS MATERIALES DIDÁCTICOS.....	..189
2.5.1	Implicaciones de la usabilidad.....	
2.5.2	Instrumentos para medir la usabilidad de herramientas informáticas.....	..194
2.6	REALIDAD MEZCLADA Y EL CONTINUO DE MILGRAM.....	..199
2.6.1	Virtualidad aumentada.....	..205
2.6.2	Realidad Aumentada.....	..206
2.6.3	Realidad Virtual.....	..212
2.6.4	Realidad Aumentada vs. Realidad Virtual.....	..215
2.6.5	Portable Document Format 3D (PDF3D).....	..217
3	CAPÍTULO 3: MARCO EMPÍRICO	
3.1	INTRODUCCIÓN.....	..223
3.2	DISEÑO DE LA FASE EXPERIMENTAL DEL ESTUDIO.....	..233
3.3	MATERIALES PREPARADOS PARA EL ENTRENAMIENTO.....	..237
3.3.1	Aplicación de Realidad Virtual.....	..237
3.3.2	Aplicación de Realidad Aumentada.....	..246
3.3.3	Aplicación PDF3D.....	..249
3.4	ENFOQUES DE APRENDIZAJE. CUESTIONARIO R-SPQ-2F..	..251
3.5	MOTIVACIÓN Y ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE. CUESTIONARIO CEAM.....	..273
3.6	CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN.....	..303
3.7	RENDIMIENTO ACADÉMICO.....	..321
3.8	USABILIDAD. CUESTIONARIO SUS.....	..327
3.9	ENTRENAMIENTO EN HABILIDADES ESPACIALES.....	..345
4	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	
5	REFERENCIAS DOCUMENTALES.....	..385
6	ANEXOS	
1	CUESTIONARIO R-SPQ-2F.....	..419
2	CUESTIONARIO CEAM.....	..423
3	CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN.....	..431
4	CUESTIONARIO SUS.....	..449
5	CUESTIONARIOS MRT Y DAT-SR.....	..453

Agradecimientos

Son muchas las personas que han contribuido, de forma directa o indirecta, a que esta tesis sea hoy una realidad. He aquí mi más sincero agradecimiento a todas ellas.

He de empezar dedicando mi reconocimiento a mis padres y hermanos, sobre todo a mi padre y a mi hermana pequeña, Emilia, que ya no están entre nosotros y que seguro que ahora se sentirían tremendamente orgullosos de tener un nuevo doctor en la familia, ciertamente tardío, pero que, como sentencia el dicho, “nunca es tarde si la dicha es buena”. También he de mencionar especialmente a María Jesús, mi hermana que, una vez más, se ha prestado a la corrección lingüística del escrito.

Sigo expresando mi reconocimiento a los compañeros de mi departamento y de la escuela, con los que he forjado una gran camaradería a lo largo de más de treinta años de trabajo juntos. Especialmente, a mi siempre estimado Luis Delgado Lallemand, que tuvo la osadía de llamarme como ayudante meritorio a su cátedra de Mecánica y de quien empecé a aprender a ser docente. Así mismo a mi “padre putativo”, Fernando Soler García, el catedrático de Dibujo con el que me introduje en este apasionante mundo de la Expresión Gráfica, y que, junto con mi “tío putativo” Ildfonso Jiménez Mesa, puso su confianza en mí en mis primeros momentos en la docencia.

También debo hacer una muy especial mención a mi añorado Domingo Santana Ortega, profesor, compañero, amigo, confidente, y no sé cuantas cosas más, que se me marchó y no ha llegado a ver este momento al que tanto me empujó.

Dentro de este grupo de compañeros he de señalar con reconocimiento a José Pablo Suárez Rivero y a Gerardo Martín Lorenzo, con los que formé un grupo interesado por la innovación educativa y junto con los que desarrollé algunos trabajos que han

probado a lo largo del tiempo su importancia. A mi estimada Cristina Roca González que es realmente la culpable de que yo me embarcara en esta tesis, debido a su impulso estoy ahora en esta situación. También entre mis compañeros quiero destacar a José Pérez Bermúdez, con quien, junto con su marinero Alejandro “tormenta”, he podido pasar muchas horas en el mar dedicado al gran placer de la pesca, que, por otra parte, ha funcionado como válvula de escape de las tensiones que poco a poco se van acumulando a lo largo del día a día.

Señalo dentro de este gran grupo a mi querida Alejandra Sanjuán Hernán-Pérez, “Jana” ahora “la jefa”, con quien me une mucho más que una relación de compañeros de departamento. Ella siempre ha estado ahí, infundiéndome mucho ánimo siempre que lo he necesitado.

No puedo dejar de mencionar a mis compañeros de fatigas Jesús Romero Mayoral, Pablo González Domínguez y José María Camprubí Domenech, con los que formo un equipo siempre atento a la posible cojera de alguno para tirar de él hacia adelante.

También deseo, en este momento, hacer público mi reconocimiento a los amigos del Real Sporting San José, Antonio Trujillo, Domingo Galindo, Antonio Santana, Nacho, Ramón, Antonio Falcón, Fran “el primo”, etc., con quienes he compartido muy agradables momentos de asueto y alguna que otra discusión.

Antes de terminar con este difícil capítulo de agradecimientos, debo dejar constancia de mi gratitud a mis directores, Jorge Martín Gutiérrez y Mari Carmen Mato Carrodegua. No sabría decir muy bien porqué. Porque es por todo. Si hoy soy doctor es fundamentalmente por ellos.

Y a mi Saro, que ha sabido estar siempre ahí, en los buenos y malos momentos. Gracias.

CAPÍTULO 0

PRELIMINARES

CAPÍTULO 0: PRELIMINARES

0.1.- CONTENIDO DE LA TESIS

El contenido de esta tesis se ha dividido en cinco capítulos más anexos.

1. **CAPÍTULO 0: PRELIMINARES.** Este capítulo está dedicado a los elementos preliminares. Contiene los datos identificativos, los índices, las exposiciones realizadas en distintos congresos, los artículos publicados en revistas de difusión científica y los materiales docentes producidos como consecuencia de la investigación realizada.
2. **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.** Este capítulo comienza estableciendo las características del contexto en el que se ha desarrollado la investigación. Así comenzamos estableciendo

el marco social en el que se inserta, para dar paso a una rápida visión del elemento central de toda la investigación, que son las habilidades espaciales en el marco de la ingeniería. Posteriormente pasamos a desgranar las competencias espaciales que se han fijado para los estudiantes de ingeniería y su materialización en el ámbito de la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, en el que se desarrolló toda la experiencia. Terminamos este capítulo introductorio estableciendo los objetivos, metodología e hipótesis generales que han servido de guía de toda la investigación.

3. **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.** En este capítulo se establecen las bases teóricas de cada uno de los aspectos que se han considerado a lo largo de la investigación. Tras una primera introducción al escenario docente en el que se ha desarrollado, donde hacemos referencia a las tendencias en el campo de la investigación e innovación educativa, nos adentramos en el estudio de los aspectos de la inteligencia humana que vamos a trabajar, ya que las habilidades espaciales entran de lleno en este campo. Una vez establecidas estas bases tenemos que entrar a considerar todos aquellos aspectos que de una u otra manera derivan de ellas y, ya que estamos hablando de aspectos educativos empezamos buscando apoyo en todo lo referente a los estilos de aprendizaje que presentan nuestros estudiantes para continuar indagando en otros aspectos tales como su motivación hacia el estudio, la usabilidad de las herramientas que hemos puesto en juego y la satisfacción que muestran con los ensayos realizados.
4. **CAPÍTULO 3: MARCO EMPÍRICO.** En este capítulo se pone en práctica en el aula el material preparado, se recogen los

datos de los distintos estudios realizados, y sacamos conclusiones a las distintas hipótesis de partida que fijamos en cada aspecto estudiado.

5. **CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.** Recopilamos en este capítulo las conclusiones obtenidas en los análisis realizados para dar respuesta a los objetivos de investigación que nos propusimos al inicio de esta tesis. También esbozamos una perspectiva de trabajo futuro.
6. **CAPÍTULO 5: REFERENCIAS DOCUMENTALES.** Se incluyen en este apartado todas las referencias documentales consultadas.
7. **ANEXOS.** En ellos recogemos los cuestionarios que hemos utilizado en los distintos estudios realizados.

0.2.- PREFACIO

La innovación, aunque se conoce su existencia por la gran cantidad de adelantos culturales, científicos y tecnológicos aportados por muchas personas a lo largo de los siglos, no está completamente precisada: se redefine día a día.

La innovación es sinónimo de creatividad, imaginación, originalidad, intuición o descubrimiento; es una actividad que ha permitido desarrollar los medios con los que ha ido avanzando la sociedad, en progreso constante, a través de los siglos. Su impulso actual se debe a su importancia como canalizadora de las capacidades humanas.

En los primeros estudios sobre la innovación, (Galton, 1869) defendía el carácter hereditario de los genios. Posteriormente, Ribot (Ribot, 1906) explicaba la actividad innovadora mediante la convergencia de tres factores: intelectual, emocional e inconsciente. En España ha preocupado, especialmente, la vertiente artístico-educativa de la creatividad más que la empresarial o psicológica, a diferencia de lo que sucedía en Francia y Estados Unidos.

Ruyra publicó en 1938 *L'educació de la inventiva*, un ensayo reflexivo sobre la innovación desde una vertiente técnica, científica, filosófica y artística. Tiene el mérito de haberse adelantado más de 20 años a las primeras publicaciones sistemáticas sobre esta cuestión. Según él, «...inventar no es más que imaginar un fenómeno concreto y, de ahí, establecer una analogía.» (Ruyra, 1938). La inspiración vendrá a auxiliar tanto a artistas como a científicos, ya que su proceso es semejante, de tal forma que se examina y discute la exactitud de la analogía, contrastándola con hechos para, finalmente, proponer su generalización.

Posteriormente, las publicaciones de José Fernández Huerta tienen el interés de haber iniciado e impulsado, en España, la dimensión didáctica de la innovación, pasando de ser mero tema de

estudio a objeto de aplicación y desarrollo escolar. Un profesor concreta la intervención docente para estimular la creatividad respetando las preguntas de los escolares, tratando con respeto las ideas imaginativas de los estudiantes y haciéndoles ver que son dignas de consideración, dando oportunidad para la experimentación de proyectos, estimulando y valorando el autoaprendizaje y, en definitiva, creando en el aula un ambiente adecuado a la libertad de expresión.

A mediados de los años 70, otro núcleo importante de estudio de la innovación pone también el acento en la educación. La persona más representativa del grupo fue Ricardo Marín Ibáñez. Sus aportaciones pueden situarse en una triple perspectiva: conceptualización de la creatividad como innovación, desarrollo de técnicas generales de estimulación creativa y propuesta de instrumentos de evaluación, que se reflejan en su publicación *La creatividad: diagnóstico, evaluación e investigación*. Saturnino de la Torre y David de Prado realizan aportaciones relevantes en técnicas de estimulación de la creatividad.

En la gran mayoría de los casos, ser innovador supone resolver los retos que nos impone la vida moderna. El cambio vertiginoso que está ocurriendo en el mundo nos impide mantenernos a su ritmo; por tanto, se necesitan nuevas fórmulas para afrontarlo.

Cada diez años se duplica la información y los conocimientos generados por la humanidad y, en ese mismo tiempo, se vuelve obsoleta una cuarta parte de la existente. Esto significa que se está acumulando información que no se puede conocer, entender y, mucho menos, asimilar. La vida promedio de las empresas está decreciendo actualmente y, conforme avance este siglo, nacerán y morirán, vertiginosamente, muchas organizaciones, siendo la innovación la clave de la supervivencia, y el aprovechamiento

integral de la capacidad mental, la cualidad más importante del individuo (Sánchez Barrios, 1991).

En los últimos años, el sistema educativo se ha venido adaptando y mejorando para ser útil a una economía industrial, en la que han coexistido trabajos tradicionales frente a otros que exigían habilidades y aptitudes, y se está potenciando la innovación y el trabajo colaborativo. La era industrial ha dado paso a una de servicios, donde las necesidades, los clientes y los mercados cambian a un ritmo impredecible. La economía se ha ido transformando con rapidez; sin embargo, nuestros sistemas educativos y administrativos no se anticipan a esta tendencia: el EEES puede ser una oportunidad para ello.

En esta época de las TICs, se da la paradoja de que el exceso de información ahoga a los estudiantes de las universidades y a los empleados de las empresas y, sin embargo, parece que cada vez se está menos preparado e informado. La formación que se imparte está fundamentada en la aptitud para recordar y repetir información; por tanto, resulta incompleta. Los estudiantes necesitan dominar la habilidad de aprender a aprender. Igualmente las organizaciones deben convertirse en entes inteligentes que vayan aprendiendo cada día nuevas formas que les permitan ser más competitivas, para asegurar su permanencia en la vida económica de un mundo más globalizado y exigente.

Obviamente, no hay progreso sin innovación, por lo que es preciso seguir estudiando este fenómeno *consistente en producir ideas nuevas, solucionar viejos problemas con alternativas diferentes, ingeniar estrategias, técnicas, métodos y procedimientos, elaborar materiales didácticos más innovadores y procurar que nuestras enseñanzas hagan aflorar capacidades creadoras.*

Por otro lado, y por ser el foco de aplicación de esta tesis abordamos el concepto de Ingeniería. Se define la ingeniería como

el: *«estudio y aplicación, por especialistas, de las diversas ramas de la tecnología»*. También como el *«arte y técnica de aplicar los conocimientos científicos a la invención, diseño, perfeccionamiento y manejo de nuevos procedimientos en la industria y otros campos de aplicación científicos.»*. Y como el *«conjunto de conocimientos y técnicas científicas aplicadas a la creación, perfeccionamiento e implementación de estructuras (tanto físicas como teóricas) para la resolución de problemas que afectan la actividad cotidiana de la sociedad.»*.

En los años 60, en España había cierta tendencia a considerar al ingeniero como un buen calculista. Incluso, algunos escritores ridiculizaban su comportamiento, mostrándole como una persona rutinaria, tesis que se manifestó como no cierta.

En la actualidad, el calculista rutinario es el ordenador y nadie discute al ingeniero su labor creadora salvo, precisamente, en ambientes académicos donde, para algunos profesores, el estudiante sigue teniendo que ser una máquina de resolver problemas, desarrollar complicadas e inútiles demostraciones matemáticas o de memorizar cuestiones triviales.

Si en este siglo XXI el ingeniero va a tener que adaptarse a los profundos cambios tecnológicos, también será necesario que desarrolle competencias, habilidades y aspectos creativos como una cualidad valiosa de su carrera.

Con esta tesis queremos, usando modelos contrastados de innovación educativa, construir un modelo docente innovador que permita un desarrollo creativo del aprendizaje, para lograr un ingeniero que disfrute de su profesión desde la universidad, comprometido con sus responsabilidades, preparado para estampar en su actividad diaria innovación e invención.

0.3.- RESUMEN

Tradicionalmente, las materias de Expresión Gráfica en la Ingeniería tienen en común un objetivo principal: enseñar a los estudiantes de las distintas ramas de la Ingeniería las diferentes técnicas de representación de la realidad tridimensional sobre una superficie bidimensional (papel). Estas técnicas son los Sistemas de Representación.

El trabajo del ingeniero se desarrolla en entornos que siempre tienen en común la característica de ser parte de esa realidad tridimensional (un coche, un edificio, etc.) que históricamente ha sido diseñada y representada según métodos bidimensionales. De lo anterior se deduce la importancia para estos profesionales de disponer de un buen nivel de capacidad de visión tridimensional, como ha quedado patente en multitud de estudios (Sorby, 1999; Rafi, Samsudin, & Said, 2008; Martín Gutiérrez, 2010), que han señalado la importancia que tienen las competencias en habilidades espaciales, entendidas como las habilidades cognitivas que forman parte del factor espacial o capacidad espacial, para los titulados en los estudios de ingeniería.

El adecuado desarrollo de estas habilidades está directamente relacionado con el futuro éxito de su labor profesional (Adánez & Velasco, 2002). Por ello, estas competencias forman parte de las competencias genéricas o transversales en todos los títulos universitarios del ámbito de ingeniería.

Estas habilidades, al igual que otras del ser humano, son educables. Es decir, los seres humanos tenemos la capacidad de aprender y, en consecuencia, mejorar los niveles de conocimiento y destreza que en cada momento tenemos. En la última década, la capacidad espacial y su desarrollo en los humanos se ha convertido en objeto de estudio e investigación para el desarrollo de nuevas

tecnologías, metodologías y herramientas de aprendizaje con el fin de mejorar la capacidad de comprensión espacial de los estudiantes.

En los últimos años se ha producido una importante evolución de la enseñanza de la Expresión Gráfica en las carreras técnicas. La irrupción en las aulas de las Nuevas Tecnologías ha sido fundamental en esta evolución y ha condicionando profundamente el proceso de enseñanza y aprendizaje de esta materia.

Por otra parte, el aumento vertiginoso del número de estudiantes en las titulaciones de ingeniería hacen inviables las estrategias tradicionales como la de utilizar modelos tangibles que el estudiante puede manipular con sus manos, girándolos hasta comprenderlos y así poder desarrollar los planos para representarlos. Este hecho nos obliga a plantear metodologías que prescindan de modelos físicos y que, además, motivan a los estudiantes en el proceso de aprendizaje mediante el uso de las nuevas tecnologías informáticas con las que ya están familiarizados. En este sentido desarrollamos el Sistema de Apoyo al Dibujo, una herramienta web basada en los estándares HTML, VRML y Javascript, que permite manejar mundos virtuales (realidad virtual). Es sabido que la tecnología de realidad aumentada está en pleno desarrollo y expansión en el ámbito educativo y, de hecho, el Informe Horizon de 2012, indica que en los próximos 3 años se producirá un amplio auge de esta tecnología en educación. En este ámbito es destacable la facilidad de uso y el potencial del formato "Portable Document Format 3D" para crear materiales didácticos, por lo que utilizamos esta tecnología para desarrollar nuevas versiones del material didáctico creado en SAD.

En este contexto, hemos llevado a cabo en esta tesis una experiencia con tres metodologías distintas, Realidad Virtual, Realidad Aumentada y Portable Document Format 3D, para compararlas entre sí y para determinar qué metodología es la más

adecuada para que el estudiante comprenda los distintos aspectos de esa realidad tridimensional.

0.4.- ABSTRACT

The subjects of Engineering Graphics traditionally a common main aim: teaching all sketching techniques of 3D reality in a 2D surface (paper) to students from different kinds of engineering degrees. These techniques are sketching systems.

The engineer's work is developed in environments which always have in common the characteristic of being part of that 3D reality (a car, a building, etc) that traditionally has been designed and sketched through those two-dimensional methods. So it's quite important for these professionals having good levels of three-dimensional vision as it has been clearly stated in several studies (Sorby, 1999; Rafi, Samsudin, & Said, 2008; Martín Gutiérrez, 2010), which have underlined the importance of that competences in spatial skills (SA) understood as the cognitive skills which belongs to the spatial factor or spatial capability for graduates in engineering degrees.

The adequate development of these skills is directly linked to future success if the professional carrer (Adánez and Velasco, 2002). That's why these competences are part of the generic o transverse competences in all degrees belonging to the engineering field.

These skills, as several others from the human being can be taught, as human beings have the ability to learn and improving the levels of knowledge and skill which we have in each moment. In the last decade, the spatial skill and its development in humans has been widely investigated and studied for development of new technologies, methodologies and learning tools always looking for improvement of the student's spatial understanding skills.

In the last few years there has been an important evolution about teaching of Engineering Graphics in technical degrees. This incoming new technologies have been fundamental in this evolution, conditioning deeply the teaching and learning process of this subject.

Besides, the steep rise number of students in engineering degrees is starting to make outdated those traditional strategies, as for example using physical models where student can manipulate those models with his hands, turning it until understanding it being able to develop plan for sketching it. Due to this fact, we are encouraged to device methodologies for disregarding physical models besides motivating the students about learning with new computer technologies they are familiar with. We developed a Sistema de Apoyo al Dibujo which is a standard HTML web tool that allows handling virtual models (virtual reality). The augmented reality technology is in full development in the learning environment, in fact, the 2012 Horizon report points out that during the next three years there will be a huge peak of this technology in education. It's remarkable the simplicity of use and potential of the 'Portable Document Format 3D' for creating didactic materials so we use this technologies for developing new versions of the didactic material created with SAD.

0.5.- CONTRIBUCIONES Y DIFUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Como resultado de la investigación realizada se han producido los siguientes documentos para su difusión:

Comunicaciones en Congresos indexados en Scopus:

- Melchor García Domínguez, Jorge Martín Gutiérrez, Cristina Roca González, Carmen M. Mato Correduegas. Methodologies and Tools to Improve Spatial Ability. *World Conference on Design, Arts & Education (ARTSEDU-2012)*, Ankara University, May 01-03, 2012, Belek - Antalya, Turkey
- Roca González, C., García Domínguez, M., Martín Gutiérrez, J. Training of spatial ability on engineering students through a remedial course based on augmented reality. *ASME 2012 International Design Engineering Technical conference & Computers and Information in Engineering Conference, In proceedings of the 9th International Conference on Design and Design Education*, August 12-15, 2012, Chicago, IL, USA.
- Roca González, C., García Domínguez, M., Martín Gutiérrez, J., Contero, M., Alcañiz M. Training with augmented reality on engineering degrees. *ASME 2012 11th Biennial Conference On Engineering Systems Design And Analysis*, July 2-4, 2012, Nantes, Francia.
- Melchor García Domínguez, Jorge Martín Gutiérrez, Cristina Roca González, Carmen M. Mato Correduegas. Using Different Methodologies and Technologies to Training Spatial Skill in Engineering Graphic Subjects. *IEEE 2013 Frontiers in Education Conference*. Oklahoma city, Oklahoma, October 23 - 26, 2013. Publishing: IEEE Computer Society

- Melchor García Domínguez, Jorge Martín Gutiérrez, Cristina Roca González, Carmen M. Mato Corredeguas. Tools, methodologies and motivation to improve spatial skill on engineering students. *Conference Proceedings, 2013 ASEE Annual Conference and Exposition*. Atlanta, USA.

Comunicaciones en otros Congresos:

- Romero Mayoral, Jesús; García Domínguez, Melchor; Quintana Suárez, Carmelo; Pulido Alonso, Antonio; Angulo Rodríguez, Norberto. Alternativas para disminuir el fracaso en las ingenierías. *VI Congreso Internacional de Educación Superior. La universalización de la universidad por un mundo mejor*. Ministerios de Educación Superior y Educación. República de Cuba. La Habana, Cuba, febrero de 2012.
- García Domínguez, Melchor; Martín Gutiérrez, Jorge; Roca González, Cristina; Romero Mayoral, Jesús; Mato Carrodegas, M. Carmen. Aula Multimedia, un ejemplo de integración de los sistemas multimedia en la docencia de una asignatura de expresión gráfica. *Congreso internacional EDUTECH*. Las Palmas de Gran Canaria, mayo 2012.
- Romero Mayoral, Jesús; Castro Sánchez, José Juan; García Domínguez, Melchor; Quintana Santana, José Manuel; Santana Rodríguez, Juan Francisco. Análisis de la instrucción del alumno a través de las TICs y su contrastación en el ámbito universitario nacional. *Congreso internacional EDUTECH*. Las Palmas de Gran Canaria, mayo 2012.
- García Domínguez, Melchor; Martín Gutiérrez, Jorge; Roca González, Cristina; Romero Mayoral, Jesús; Mato Carrodegas, M^a del Carmen. Integración de contenidos multimedia en el proceso de enseñanza – aprendizaje en las

materias de expresión gráfica en la ingeniería. *XX Congreso Universitario de Innovación Educativa (XX CUIEET)*. Las Palmas de Gran Canaria, julio de 2012.

- Romero Mayoral, Jesús; González Henríquez, Juan José; García Domínguez, Melchor; Quintana Santana, José Manuel; Santana Rodríguez, Juan Francisco. Ratificación del aprendizaje con TICs en ingenierías mediante el estudio de los resultados del estudiante. *XX Congreso Universitario de Innovación Educativa (XX CUIEET)*. Las Palmas de Gran Canaria, julio de 2012.

Artículos en revistas indexadas en SCIEDIRECT

- Melchor García Domínguez, Jorge Martín Gutiérrez, Cristina Roca González, Carmen M. Mato Corredeguas. Methodologies and Tools to Improve Spatial Ability. (2012) *Procedia-Social and Behavioral Journal*, vol, 51. pp.736-744

Artículos en revistas indexadas en ISI Web Knowledge - Journal Citation Report

- Melchor García Domínguez, Jorge Martín Gutiérrez, Cristina Roca González, Carmen M. Mato Corredeguas. Methodologies and technologies to improve spatial skills in engineering graphic. *International Journal of Engineering Education*. In review

Artículos en revistas indexadas en el Clasificación Integrada de Revistas Científicas (CIRC):

- José Pablo Suárez Rivero, Melchor García Domínguez, Gerardo Martín Lorenzo. Hacia la visualización en la ingeniería gráfica: una herramienta de aprendizaje interactivo. *Revista El Guiniguada* (ISSN: 0213-0610) N° 17. pp. 209-224
- Melchor García Domínguez, Jorge Martín Gutiérrez, Cristina Roca González, Carmen M. Mato Corredegas. Análisis de usabilidad de herramientas aplicadas a la mejora de las habilidades espaciales de los estudiantes de materias de expresión gráfica. *Revista El Guiniguada* 2013. En revisión.

0.6.-MATERIAL DIDÁCTICO PRODUCIDO COMO CONSECUENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Se ha diseñado y elaborado, como consecuencia de la investigación desarrollada, y puesto en práctica en el aula el siguiente material didáctico que ya está siendo utilizado por los estudiantes en el entorno de Aula Multimedia:

- **El cubo de proyecciones:** <http://hdl.handle.net/10553/6707>
- **Escala:** <http://hdl.handle.net/10553/6775>
- **Mordaza para cable:**
 - Enunciado: <http://eportafolios.ulpgc.es/view/view.php?t=OjPIS9lgwMVmfX8GQRaA>
 - Piezas: <http://eportafolios.ulpgc.es/view/view.php?t=IPyLIRv6TjxVSmDn0Cqj>
 - Planos: <http://eportafolios.ulpgc.es/view/view.php?t=Kpui9txSTNYn5d3Q1ZbA>
 - Video tutorial: <http://hdl.handle.net/10553/6773>
- **Soporte oscilante:**
 - Enunciado: <http://eportafolios.ulpgc.es/view/view.php?t=SWLpyvAs2MQNI7czumrt>
 - Piezas: <http://eportafolios.ulpgc.es/view/view.php?t=n69QWXxMGDjYJHToIRqV>
 - Planos: <http://eportafolios.ulpgc.es/view/view.php?t=PfVqrguHk63UIFxWN0aO>
 - Video tutorial: <http://hdl.handle.net/10553/6774>
- **Válvula de bola:**
 - Enunciado: <http://eportafolios.ulpgc.es/view/view.php?t=oikhNjXzFLegZqm6IPpw>
 - Planos: <http://eportafolios.ulpgc.es/view/view.php?t=3SQw16ipWYREXhoFDsnm>
 - Video tutorial: <http://hdl.handle.net/10553/6776>

- **Gancho de sujeción:**
 - Enunciado: <http://eportafolios.ulpgc.es/view/view.php?t=Sr8gNQwhGFzRL154XPCn>
 - Piezas: <http://eportafolios.ulpgc.es/view/view.php?t=oT18vuEfcNMCbWLewnKi>
 - Planos: <http://eportafolios.ulpgc.es/view/view.php?t=Fr62biXcTzSUPjn7OEKZ>
 - Video tutorial: <http://hdl.handle.net/10553/6777>

- **Soporte para cable.**
 - Enunciado: <http://eportafolios.ulpgc.es/view/view.php?t=V347Z59QhAmMjEyfUbce>
 - Planos: <http://eportafolios.ulpgc.es/view/view.php?t=YeM2wJOLKTVgqs9RvXir>
 - Video tutorial: <http://hdl.handle.net/10553/6767>
 - Alternativas: <http://hdl.handle.net/10553/6794>

- **SAD Básico:**
 - Enunciados: <http://hdl.handle.net/10553/9844>
 - Soluciones: <http://eportafolios.ulpgc.es/view/view.php?t=zTRvBSin2eb3XfQropJY>

- **Vistas auxiliares simples:**
 - Enunciados: <http://eportafolios.ulpgc.es/view/view.php?t=HsSNO3bqen4cLYuM8vDw>
 - Soluciones: <http://hdl.handle.net/10553/9903>

0.7.- ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

Figura 2.1	Teoría del procesado de la información (TPI).....	..81
Figura 2.2	Teoría de las múltiples inteligencias.....	100
Figura 2.3	Five Minds For The Future.....	104
Figura 2.4	Componentes de la Teoría triárquica de Sternberg..	105
Figura 2.5	Aptitud, Habilidad y Capacidad Espacial.....	113
Figura 2.6	Resultados pre-test y post-test. Kail y Park (1990)..	131
Figura 2.7	Ítem de percepción espacial. Los sujetos deben indicar la orientación de un líquido en un contenedor inclinado.....	138
Figura 2.8	Ítems de rotación espacial.....	139
Figura 2.9	Ítem de visión espacial.....	139
Figura 2.10	Ítem de visión espacial.....	140
Figura 2.11	Sub-factores y test de medida de la capacidad espacial.....	145
Figura 2.12	Ejemplo ejercicio Test MRT.....	146
Figura 2.13	Ejemplo ejercicio Test DAT – SR.....	147
Figura 2.14	Continuo de Milgram.....	199
Figura 2.15	Comparativa de sistemas de Realidad Aumentada y Realidad Virtual.....	217

CAPÍTULO 3: MARCO EMPÍRICO

Figura 3.1	Nivel básico.....	233
Figura 3.2	Nivel intermedio.....	233
Figura 3.3	Nivel avanzado.....	233
Figura 3.4	Pieza de diagnóstico inicial.....	234
Figura 3.5	Sistema de Apoyo al Dibujo.....	247
Figura 3.6	Interfaz principal.....	242
Figura 3.7	Nivel básico.....	243
Figura 3.8	Nivel 1.....	243
Figura 3.9	Nivel 2.....	243
Figura 3.10	Conjuntos.....	243
Figura 3.11	Vista frontal.....	244
Figura 3.12	Vista izquierda.....	244
Figura 3.13	Vista derecha.....	244
Figura 3.14	Vista superior.....	244
Figura 3.15	Perspectiva 1.....	244
Figura 3.16	Perspectiva 2.....	244
Figura 3.17	Modelos del SAD.....	245
Figura 3.18	Libro de marcas.....	247
Figura 3.19	Reconstrucción de 4 marcas.....	247

Figura 3.20	Utilización de la aplicación de RA.....	248
Figura 3.21	Interfaz PDF3D.....	249
Figura 3.22	Medias de las respuestas a los ítems del enfoque profundo.....	267
Figura 3.23	Medias de las respuestas a los ítems del enfoque superficial.....	267
Figura 3.24	Diferencias de medias en función del sexo en las escalas y enfoques.....	271
Figura 3.25	Comparación de respuestas grupo material.....	318
Figura 3.26	Comparación de respuestas grupo contenido.....	319
Figura 3.27	Comparación de respuestas grupo aplicación.....	329
Figura 3.28	Comparación número de veces.....	319
Figura 3.29	Comparación resto de características.....	320
Figura 3.30	Resumen de calificaciones finales.....	325
Figura 3.31	Media y desviación típica de las calificaciones finales.....	325
Figura 3.32	Gráfico de las medias.....	353
Figura 3.33	Mejora de las puntuaciones en los test MRT y DAT.	361
Figura 3.34	Tasas de rendimiento y éxito en grupos CON entrenamiento.....	368
Figura 3.35	Tasas de rendimiento y éxito en grupos SIN entrenamiento.....	364
Figura 3.36	Tasas de rendimiento y éxito en grupos CON y SIN entrenamiento.....	365
Figura 3.37	Comparativa ganancia MRT.....	372
Figura 3.38	Comparativa ganancia DAT – SR.....	377
Figura 3.39	Tasas de rendimiento en grupos CON entrenamiento por tecnología.....	378
Figura 3.40	Tasas de éxito en grupos CON entrenamiento por tecnología.....	379

0.8.- ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

Tabla 2.1	Períodos en la investigación de la capacidad espacial..	108
Tabla 2.2	Tests de la percepción espacial.....	140
Tabla 2.3	Tests de visión espacial.....	141
Tabla 2.4	Test de rotación espacial.....	142
Tabla 2.5	Procedimiento de realización del test DAT-SR.....	167
Tabla 2.6	Enfoques y sus componentes.....	
Tabla 2.7	Descripción de los enfoques de aprendizaje: motivos y estrategias.....	170
Tabla 2.8	Ítems correspondientes a cada subdimensión del R-SPQ-2F.....	173
Tabla 2.9	Distribución de Escalas, Dimensiones y Subescalas CEAM.....	186
Tabla 2.10	Ítems correspondientes a los factores motivacionales...	187
Tabla 2.11	Ítems correspondientes a los factores estratégicos.....	188
Tabla 2.12	Continuo de Milgram ampliado con otros conceptos.....	201
Tabla 2.13	Comparativa de sistemas de Realidad Aumentada y Realidad Virtual.....	216

CAPÍTULO 3: MARCO EMPÍRICO

Tabla 3.1	Cálculo del tamaño de la muestra.....	224
Tabla 3.2	Distribución temporal de la investigación.....	225
Tabla 3.3	Características generales de las asignaturas.....	226
Tabla 3.4	Distribución de grupos de estudiantes participantes en el estudio.....	226
Tabla 3.5	Datos generales de la población participante.....	227
Tabla 3.6	Distribución de grupos de entrenamiento por titulación y tecnología aplicada.....	228
Tabla 3.7	Distribución de grupos por titulación y tecnología.....	229
Tabla 3.8	Denominación de los estudiantes.....	229
Tabla 3.9	Pruebas de normalidad y homocedasticidad.....	230
Tabla 3.10	Prueba T.....	230
Tabla 3.11	Comparativa entre los métodos para usar VRML.....	240
Tabla 3.12	Distribución de grupos de entrenamiento por titulación y tecnología aplicada en el estudio de enfoques de aprendizaje.....	252
Tabla 3.13	Denominación de los estudiantes en el estudio de enfoques de aprendizaje.....	252
Tabla 3.14	Ítems de escalas y subescalas en el estudio de enfoques de aprendizaje.....	254
Tabla 3.15	Clasificación de Intensidad de Enfoque.....	259
Tabla 3.16	Tipos de enfoque e intensidad.....	259
Tabla 3.17	Frecuencias de Enfoques de Aprendizaje.....	264
Tabla 3.18	Frecuencias de Enfoques de Aprendizaje según su	264

	intensidad.....	
Tabla 3.19	Correlaciones entre subescalas del mismo y de distinto enfoque.....	265
Tabla 3.20	Análisis descriptivo.....	265
Tabla 3.21	Diferencias de medias en función del sexo en las escalas y enfoques adoptados por los estudiantes.....	271
Tabla 3.22	Distribución de grupos de entrenamiento por titulación y tecnología aplicada en el estudio de motivación y estrategias de aprendizaje.....	274
Tabla 3.23	Denominación de los estudiantes en el estudio de motivación y estrategias de aprendizaje.....	274
Tabla 3.24	Ítems correspondientes a los factores motivacionales	275
Tabla 3.25	Ítems correspondientes a los factores estratégicos.....	275
Tabla 3.26	Recopilación de datos (factores motivacionales).....	277
Tabla 3.27	Estadísticos descriptivos (factores motivacionales).....	281
Tabla 3.28	Recopilación de datos (factores estratégicos).....	282
Tabla 3.29	Estadísticos descriptivos (factores estratégicos).....	286
Tabla 3.30	Estadísticos descriptivos (METAS INT).....	287
Tabla 3.31	Prueba de homogeneidad de varianzas (METAS INT)..	287
Tabla 3.32	ANOVA de un factor (METAS INT).....	287
Tabla 3.33	Estadísticos descriptivos (METAS EXT).....	288
Tabla 3.34	Prueba de homogeneidad de varianzas (METAS EXT).	288
Tabla 3.35	ANOVA de un factor (METAS EXT).....	288
Tabla 3.36	Estadísticos descriptivos (VALOR).....	289
Tabla 3.37	Prueba de homogeneidad de varianzas (VALOR).....	289
Tabla 3.38	ANOVA de un factor (VALOR).....	289
Tabla 3.39	Estadísticos descriptivos (CREENCIAS).....	290
Tabla 3.40	Prueba de homogeneidad de varianzas (CREENCIAS)	290
Tabla 3.41	ANOVA de un factor (factor CREENCIAS).....	290
Tabla 3.42	Estadísticos descriptivos (AUTOEFIC).....	291
Tabla 3.43	Prueba de homogeneidad de varianzas (AUTOEFIC)...	291
Tabla 3.44	ANOVA de un factor (AUTOEFIC).....	291
Tabla 3.45	Estadísticos descriptivos (ANSIEDAD).....	292
Tabla 3.46	Prueba de homogeneidad de varianzas (ANSIEDAD)...	292
Tabla 3.47	ANOVA de un factor (ANSIEDAD).....	292
Tabla 3.48	Estadísticos descriptivos (ELABORC).....	293
Tabla 3.49	Prueba de homogeneidad de varianzas (ELABORC)....	293
Tabla 3.50	ANOVA de un factor (ELABORC).....	293
Tabla 3.51	Estadísticos descriptivos (APROV).....	294
Tabla 3.52	Prueba de homogeneidad de varianzas (APROV).....	294
Tabla 3.53	ANOVA de un factor (APROV).....	294
Tabla 3.54	Estadísticos descriptivos (ORGAN).....	295
Tabla 3.55	Prueba de homogeneidad de varianzas (ORGAN).....	295
Tabla 3.56	ANOVA de un factor (ORGAN).....	295
Tabla 3.57	Estadísticos descriptivos (AYU).....	296
Tabla 3.58	Prueba de homogeneidad de varianzas (AYU).....	296
Tabla 3.59	ANOVA de un factor (AYU).....	296
Tabla 3.60	Estadísticos descriptivos (CONS).....	297
Tabla 3.61	Prueba de homogeneidad de varianzas (CONS).....	297

Tabla 3.62	ANOVA de un factor (CONS).....	297
Tabla 3.63	Estadísticos descriptivos (METAC).....	298
Tabla 3.64	Prueba de homogeneidad de varianzas (METAC).....	298
Tabla 3.65	ANOVA de un factor (METAC).....	298
Tabla 3.66	Estadísticos descriptivos (AUTOC).....	309
Tabla 3.67	Prueba de homogeneidad de varianzas (AUTOC).....	299
Tabla 3.68	ANOVA de un factor (AUTOC).....	299
Tabla 3.69	Prueba de Scheffé de comparaciones múltiples.....	299
Tabla 3.70	Subconjuntos homogéneos.....	300
Tabla 3.71	Distribución de grupos de entrenamiento por titulación y tecnología aplicada en el estudio de satisfacción.....	301
Tabla 3.72	Denominación de los estudiantes en el estudio de satisfacción.....	304
Tabla 3.73	Respuestas en el estudio de satisfacción.....	304
Tabla 3.74	Estadísticos descriptivos (Satisfacción).....	306
Tabla 3.75	Prueba de homogeneidad de varianzas (Satisfacción)..	313
Tabla 3.76	Prueba de Krustal-Wallis.....	314
Tabla 3.77	Estadísticos de contraste.....	315
Tabla 3.78	Estadísticos de grupo.....	315
Tabla 3.79	Prueba de muestras independientes.....	315
Tabla 3.80	Estadísticos de grupo.....	316
Tabla 3.81	Prueba de muestras independientes.....	316
Tabla 3.82	Estadísticos de grupo.....	316
Tabla 3.83	Prueba de muestras independientes.....	317
Tabla 3.84	Comparación de medias ponderadas.....	317
Tabla 3.85	Distribución de calificaciones disponibles.....	318
Tabla 3.86	Calificaciones finales.....	321
Tabla 3.87	Resumen de calificaciones finales.....	322
Tabla 3.88	Media y desviación típica de las notas finales.....	324
Tabla 3.89	Distribución de grupos de entrenamiento por titulación y tecnología aplicada para el estudio de usabilidad.....	325
Tabla 3.90	Denominación de los estudiantes en el estudio de usabilidad.....	328
Tabla 3.91	Análisis de usabilidad Realidad Aumentada.....	328
Tabla 3.92	Análisis de usabilidad Realidad Virtual.....	330
Tabla 3.93	Análisis de usabilidad PDF3D.....	334
Tabla 3.94	Estadísticos descriptivos (Usabilidad).....	338
Tabla 3.95	Prueba de homogeneidad de varianzas (Usabilidad)....	342
Tabla 3.96	ANOVA de un factor (Usabilidad).....	342
Tabla 3.97	Prueba de Scheffé de comparaciones múltiples.....	343
Tabla 3.98	Subconjuntos homogéneos.....	343
Tabla 3.99	Resumen análisis de usabilidad.....	343
Tabla 3.100	Distribución de grupos de entrenamiento por titulación y tecnología aplicada en el estudio de habilidades espaciales.....	346
Tabla 3.101	Distribución de grupos de entrenamiento por titulación y tecnología.....	350
Tabla 3.102	Estadísticos descriptivos.....	352
Tabla 3.103	Prueba de homogeneidad de varianzas.....	352

Tabla 3.104	ANOVA de un factor.....	353
Tabla 3.105	Datos REALIDAD AUMENTADA.....	354
Tabla 3.106	Estadísticos descriptivos REALIDAD AUMENTADA.....	354
Tabla 3.107	Datos REALIDAD VIRTUAL.....	355
Tabla 3.108	Estadísticos descriptivos REALIDAD VIRTUAL.....	355
Tabla 3.109	Datos PDF3D.....	356
Tabla 3.110	Estadísticos descriptivos PDF3D.....	356
Tabla 3.111	Datos CONTROL.....	357
Tabla 3.112	Estadísticos descriptivos CONTROL.....	357
Tabla 3.113	Resumen estadísticos descriptivos.....	357
Tabla 3.114	Valores de cálculo t Student.....	359
Tabla 3.115	Valores de cálculo SEM.....	360
Tabla 3.116	Intervalos de confianza para la ganancia en MRT y DAT.....	361
Tabla 3.117	Resumen de calificaciones grupos CON y SIN entrenamiento.....	363
Tabla 3.118	Tasas de rendimiento y éxito en grupos CON y SIN entrenamiento.....	364
Tabla 3.119	Pruebas de normalidad y homocedasticidad de la variable NOTA.....	366
Tabla 3.120	Prueba T.....	367
Tabla 3.121	Puntuaciones de corte test MRT.....	368
Tabla 3.122	Clasificación por percentiles (RA_MRT).....	369
Tabla 3.123	Estudiantes seleccionados (RA_MRT).....	369
Tabla 3.124	Estadísticos descriptivos (RA_MRT).....	369
Tabla 3.125	Clasificación por percentiles (RV_MRT).....	370
Tabla 3.126	Estudiantes seleccionados (RV_MRT).....	370
Tabla 3.127	Estadísticos descriptivos (RV_MRT).....	370
Tabla 3.128	Clasificación por percentiles (PDF3D_MRT).....	371
Tabla 3.129	Estudiantes seleccionados (PDF3D_MRT).....	371
Tabla 3.130	Estadísticos descriptivos (PDF3D_MRT).....	371
Tabla 3.131	Estadísticos descriptivos MRT (RA, RV y PDF3D).....	372
Tabla 3.132	Puntuaciones de corte test DAT – SR.....	373
Tabla 3.133	Clasificación por percentiles (RA_DAT).....	374
Tabla 3.134	Estudiantes seleccionados (RA_DAT).....	374
Tabla 3.135	Estadísticos descriptivos (RA_DAT).....	374
Tabla 3.136	Clasificación por percentiles (RV_DAT).....	375
Tabla 3.137	Estudiantes seleccionados (RV_DAT).....	375
Tabla 3.138	Estadísticos descriptivos (RV_DAT).....	375
Tabla 3.139	Clasificación por percentiles (PDF_DAT).....	376
Tabla 3.140	Estudiantes seleccionados (PDF_DAT).....	376
Tabla 3.141	Estadísticos descriptivos (PDF_DAT).....	376
Tabla 3.142	Estadísticos descriptivos DAT (RA, RV y PDF3D).....	377
Tabla 3.143	Tasas de rendimiento y éxito en grupos CON entrenamiento por tecnología.....	378

0.7.- ABREVIATURAS UTILIZADAS

ASSIST	Approaches and Study Skills Inventory for Students
BOCA	Boletín Oficial Comunidad Autónoma de Canarias
BOE	Boletín Oficial del estado
BOULPGC	Boletín oficial de la ULPGC
EEES	Espacio Europeo de Educación Superior
EIICLPGC	Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles ULPGC
EPSCUPC	Escuela Politécnica Superior de la Universidad Politécnica de Cataluña
ETSII	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales
EUITIBUPC	Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de la Universidad Politécnica de Cataluña
EUP	Escuela Universitaria Politécnica
CAD	Computer Aided Design
CEAM	Cuestionario de Estrategias de Aprendizaje y Motivación
CI	Cociente Intelectual
CIN	Orden del Ministerio de Ciencia e Investigación
CPE	Cuestionario sobre Procesos en el Estudio
DAT-SR	Test Relaciones Espaciales de la batería de Test de Aptitudes Diferenciales
DI	Diseño Industrial
ECTS	European Credits Transfer System
FCEUG	Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Granada
GIAC	Grupo de interés en Aprendizaje Cooperativo
HE	Habilidad Espacial
HHEE	Habilidades Espaciales
HMD	Head Mounted Displays
HTML	HyperText Markup Language
MRT	Mental Rotation Test
OI	Organización Industrial
PDF3D	Portable Document Format 3D
QI	Química Industrial
RA	Realidad Aumentada
RD	Real Decreto
R- SPQ- 2F	Cuestionario revisado sobre procesos de estudio, dos factores
REFLEX	The Flexible Professional in the Knowledge Society
RV	Realidad Virtual
SAD	Sistema de Apoyo al Dibujo
SMTSL	Cuestionario para medir la motivación de los estudiantes en su aprendizaje
SPQ	Study Processes Questionnaire
SUS	Sistema de Escala de Usabilidad
TI	Tecnología Industrial
TN	Tecnología Naval

TPI	Teoría del Procesamiento de la Información
TUNING	Educational Structures in Europe
UAM	Universidad Autónoma de Madrid
U3D	Formato Universal 3D
ULPGC	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
UPC	Universidad Politécnica de Barcelona
UPV	Universidad Politécnica de Valencia
VRML	Virtual Reality Modeling Language

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1:

INTRODUCCIÓN

1.1.- CONTEXTO

1.1.1.- Marco social

Aún tengo muy presente aquel primer día de octubre de 1981 en el que entré en el aula en mi nuevo papel de profesor ayudante. Recuerdo los nervios y la ilusión por hacerlo bien. Hasta ese instante, había estado al otro lado del pupitre y, como cualquier otro estudiante, sentía tanto el desacuerdo con ciertas actitudes y comportamientos de algunos de mis profesores como la admiración y el respeto por el modo de proceder en el aula de la mayoría de ellos.

No quería cometer lo que consideraba errores de algunos de mis antiguos profesores. Quería copiar los métodos de aquellos que me marcaron positivamente durante mi etapa como estudiante y eso es lo que hice. Intenté suplir mis carencias en formación pedagógica con mi experiencia en el aula, primero como estudiante y, con el paso de los años, como profesor.

Un aspecto importante que debe considerarse es el cambio producido en nuestra sociedad, que ha variado de forma importante el contexto. Tal y como afirman Feden y Vogel (Feden & Vogel, 2002), los métodos en las aulas no se han modificado prácticamente desde principios del siglo XX, cuando las cualidades necesarias en los profesionales que se formaban en ellas eran claramente diferentes.

Estudios como los realizados por Feden y Vogel y por Sancho (Sancho, 2002) demuestran que estudiantes con brillantes expedientes académicos presentan, actualmente, serias dificultades para aplicar lo aprendido cuando se enfrentan a situaciones diferentes a las aprendidas durante su paso por las aulas.

Con este tipo de estudios se constata que los grandes cambios tecnológicos y sociales sufridos en los últimos años demandan una transformación del modo de proceder en el aula, pues las necesidades educativas han variado. Si hace 40 años, un ingeniero podía desenvolverse profesionalmente sin demasiados problemas con los conocimientos adquiridos en la universidad, actualmente, la evolución de la tecnología provoca que parte de esa información haya quedado obsoleta al término de la carrera, cuando el recién titulado se incorpora al mundo laboral. Este nuevo escenario exige una nueva arquitectura educativa que apunte al aprendizaje de por vida (*longlife learning*) y apueste por él (Picardo, 2002).

Otro factor que debe tenerse en cuenta y que, probablemente viene forzado por la nueva situación social, es la reforma del sistema educativo universitario, que se ha debatido en Europa en los últimos años. La Declaración de Bolonia de 1999 tiene como precedente la firma de la Carta Magna de las Universidades (*Magna Charta Universitatum*) por parte de los rectores de universidades europeas el 18 de septiembre de 1988 en Bolonia, que proclama los principios básicos de la reforma. Estos principios son los siguientes:

1. Libertad de investigación y enseñanza.
2. Selección de profesorado.
3. Garantías para el estudiante.
4. Intercambio entre universidades.

Diez años después se firmó la Declaración de la Sorbona (25 de mayo de 1998) en una reunión de ministros de educación de cuatro países europeos (Alemania, Italia, Francia y Reino Unido). Posteriormente, el 19 de junio de 1999, 29 ministros de educación europeos firmaron la Declaración de Bolonia, que da el nombre al proceso y en el que se basan los fundamentos del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), culminado en el año 2010. La Declaración de Bolonia se articula en torno a seis acciones relativas a:

- UN SISTEMA DE GRADOS ACADÉMICOS FÁCILMENTE RECONOCIBLES Y COMPARABLES. Incluye la creación de un suplemento común al título superior para mejorar la transparencia.
- UN SISTEMA BASADO FUNDAMENTALMENTE EN DOS CICLOS: un primer ciclo orientado al mercado laboral con una duración mínima de tres años, y un segundo ciclo (máster) al que se accede solo si se completa el primer ciclo.
- UN SISTEMA DE ACUMULACIÓN Y TRANSFERENCIA DE CRÉDITOS similar al sistema ECTS utilizado para los intercambios Erasmus.
- LA MOVILIDAD DE LOS ESTUDIANTES, DOCENTES E INVESTIGADORES: la supresión de todos los obstáculos a la libertad de circulación.
- LA COOPERACIÓN en lo que respecta a la garantía de la calidad.

- LA DIMENSIÓN EUROPEA EN LA ENSEÑANZA SUPERIOR: aumento del número de módulos, cursos y planes de estudios cuyo contenido, orientación u organización tengan una dimensión europea.

La principal reforma consistió en crear un Espacio Europeo de Educación Superior competitivo que resultara atractivo tanto para estudiantes y docentes como para terceros países. El documento adoptaba como elemento principal la unificación de las enseñanzas creando el euro académico materializado en el valor académico único para quienes se adhirieran al proceso, es decir el crédito ECTS, nacido de la experiencia del programa Erasmus.

En reuniones posteriores, se perfilan más cambios y se añaden más estados, aunque el ritmo de implantación es desigual entre los firmantes. Los encuentros más importantes y los comunicados resultantes son los siguientes:

- Comunicado de Praga (19 de mayo de 2001) (33 ministros firmantes).
- Comunicado de Berlín (19 de septiembre de 2003) (40 ministros firmantes).
- Comunicado de Bergen (19 y 20 de mayo de 2005) (45 ministros firmantes).
- Comunicado de Londres (18 de mayo de 2007) (46 ministros firmantes).
- Comunicado de Lovaina/Lovaina la Nueva (28 y 29 de abril de 2009).
- Declaración de Budapest - Viena (de 12 de marzo de 2010) (47 ministros firmantes).

Durante estos años, Europa ha adoptado medidas para reformar la estructura y organización de las enseñanzas universitarias y favorecer la construcción del denominado Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), en vigor desde el año 2010. El Dr. Domingo Docampo¹ considera que esta integración universitaria significará toda una revolución, tanto en la estructura de los títulos como en la propia concepción educativa (Docampo, 2001).

La clave de la reforma no está, según Macías (Macías, 2007), en la acomodación de los contenidos de los planes de estudio a la nueva estructura sino en un cambio de paradigma: pasar de una educación centrada en la enseñanza (en el profesor) a otra centrada en el aprendizaje (en el estudiante).

Esta cultura del aprendizaje, continúa Macías, debe llevarnos a una revisión profunda de nuestros esquemas de evaluación, actualmente estructurados en torno a la dualidad aprobado/suspenso, con el fin de reflejar adecuadamente en las calificaciones el esfuerzo efectuado por los estudiantes. Deberíamos, por tanto, evitar la adopción de cambios cosméticos, que simplemente acomodan contenidos sin modificar mentalidades; si el estudiante debe pasar a ser el centro del proceso de aprendizaje, las aulas universitarias deben ser lugares a los que se va a aprender, no solo a enseñar.

En la reforma que ha puesto en marcha la UE se apuesta más por el aprendizaje que por la enseñanza y, por ese motivo, el nuevo sistema de créditos se fundamenta en las horas de trabajo que los estudiantes dediquen a la materia, y no únicamente en las horas lectivas, como sucedía hasta ahora.

Según el Real Decreto 1125/2003, por el que se establece el sistema europeo de créditos y el sistema de calificaciones en las titulaciones universitarias de carácter oficial y validez en todo el

¹ Rector de la Universidad de Vigo, y ex-presidente del Grupo de Trabajo de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE) sobre EEES.

territorio nacional (BOE de 18 de septiembre de 2003), la adopción de este nuevo sistema de créditos constituye una reformulación conceptual de la organización del currículo de la educación superior mediante su adaptación a los nuevos modelos de formación centrados en el trabajo del estudiante. Esta medida comporta un nuevo modelo educativo que ha de orientar las programaciones y las metodologías docentes centrándolas en el aprendizaje de los estudiantes.

En este punto del trabajo es importante destacar la imagen que desea transmitir el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte en relación con la reforma puesta en marcha en Europa dirigida a la creación del EEES.

Además de los objetivos estratégicos perseguidos (fácil comparación de titulaciones entre diferentes universidades, y facilidad de movilidad tanto de estudiantes como de profesores), se apunta como un compromiso importante alcanzar en un futuro la adopción de un nuevo enfoque metodológico que transforme nuestro sistema educativo, basado en la enseñanza, en otro basado en el aprendizaje. Este proceso de mejora debe ser interactivo y sustentarse en 3 principios:

- Mayor implicación y autonomía del estudiante.
- Utilización de metodologías más activas: casos prácticos, trabajo en equipo, tutorías, seminarios, tecnologías multimedia.
- Papel del profesorado, como agente creador de entornos de aprendizaje que estimulen a los estudiantes.²

Otro aspecto que tampoco hay que olvidar es el de la preparación de los estudiantes que ingresan en la universidad en estos últimos años. Esta preparación es diferente de la que

² Consejo de Coordinación Universitaria del Ministerio de Educación y Ciencia. 2006

presentaban los estudiantes en años anteriores debido a la reforma de los niveles educativos previos al universitario y, también, al debilitamiento del rigor de los criterios de acceso a algunas universidades debido al descenso de la natalidad y, principalmente, al aumento de la oferta universitaria en algunos sectores. Artículos como el referenciado en Educaweb confirman la importancia de estos aspectos, que modifican sensiblemente el perfil del estudiante universitario estándar respecto del que presentaba este mismo estudiante hace algunos años.

Todos los factores expuestos anteriormente exigen cambios en las aulas, que deben adaptar las metodologías aplicadas a las nuevas necesidades formativas. En este sentido es fundamental desarrollar en los estudiantes las capacidades y habilidades adecuadas, así como adoptar en el aula las dinámicas más apropiadas y los métodos evaluadores necesarios para validar si dichas competencias han sido o no adquiridas por los estudiantes.

El proyecto REFLEX (The Flexible Professional in the Knowledge Society) y el proyecto TUNING (Educational Structures in Europe) constituyen dos buenos ejemplos sobre la importancia que, desde Europa, se concede a la identificación adecuada de las capacidades que deben ser desarrolladas por los profesionales que necesita nuestra sociedad actual.

Como hemos señalado, el EEES exige la adopción de un sistema de titulaciones universitarias fácilmente comparable en toda Europa. Asimismo, busca implantar entre las universidades europeas la movilidad de estudiantes, profesores e investigadores, a la vez que fomentar el aprendizaje continuado y la calidad. De esta manera, las principales novedades que se aportan son la adaptación a un sistema de titulaciones universitarias de dos ciclos (Grado y Postgrado), y la utilización de una valoración del crédito universitario igual para todos los países europeos, el ECTS.

En este sentido, las adaptaciones tecnológicas están suponiendo una auténtica revolución en las universidades españolas, que se pueden considerar bastante tradicionales en este aspecto. Debido a esto, se producirá una homogeneización de las posibles titulaciones de grado y máster. Los planes de estudio en vez de ser cada vez más específicos serán más generales y estarán enfocados a la empresa privada, la cual será la encargada, en gran parte, de establecer las directrices de los planes de estudio.

Algunas de las novedades del Tratado de Bolonia implican un mayor trabajo personal del estudiante, actividades no presenciales y trabajos en grupo. Esto solo será posible mediante el uso de todas las posibilidades que ofrece Internet y las nuevas tecnologías de la información y la comunicación.

Los países firmantes miembros del EEES "Proceso de Bolonia" son los siguientes:

- Desde 1999: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Holanda, Hungría, Islandia, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Rumanía, Eslovaquia, Eslovenia, España, Suecia, Suiza.
- Desde 2001: Croacia, Chipre, Liechtenstein, Turquía.
- Desde 2003: Albania, Andorra, Bosnia y Herzegovina, Estado Vaticano, República de Macedonia, Rusia, Serbia.
- Desde 2005: Armenia, Azerbaiyán, Georgia, Moldavia y Ucrania.
- Desde mayo de 2007: Montenegro.
- Desde marzo de 2010: Kazajistán.

1.1.2.- Las habilidades espaciales en el ingeniero

La ingeniería es el conjunto de conocimientos y técnicas científicas aplicados a la creación, perfeccionamiento e implementación de estructuras (tanto físicas como teóricas) para la resolución de problemas que afectan la actividad cotidiana de la sociedad. Para ello, aplica profesionalmente el estudio, conocimiento, manejo y dominio de las matemáticas, la física y otras ciencias tanto para el desarrollo de tecnologías como para el manejo eficiente de los recursos y fuerzas de la naturaleza en beneficio de la sociedad. La ingeniería es la actividad que transforma el conocimiento en algo práctico.

Otra característica que define a la ingeniería es la aplicación de los conocimientos científicos a la invención o perfeccionamiento de nuevas técnicas. Esta aplicación se caracteriza por usar el ingenio principalmente de una manera más pragmática y ágil que el método científico, puesto que la ingeniería, como actividad, está limitada al tiempo y a los recursos facilitados por el entorno en el que se desenvuelve.

Ese “ingenio” que necesita tener el ingeniero se apoya en una base de conocimientos, destrezas y habilidades esenciales en su desarrollo profesional que permiten que su actuación sea la adecuada a la consecución de sus objetivos.

Una de esas habilidades esenciales en el ingeniero es la de manejar hábilmente el espacio tridimensional en el que se desarrollan sus intervenciones. Esa habilidad espacial es una de las dimensiones de la actividad intelectual que conforman las habilidades intelectuales que tienen que ver con las capacidades cognitivas del sujeto. Estas habilidades son las siguientes:

- LA APTITUD NUMÉRICA: Habilidad para la velocidad y la precisión numérica.

- LA COMPRESIÓN VERBAL: Habilidad para comprender lo que se lee o se oye y la relación entre las palabras.
- LA VELOCIDAD PERCEPTUAL: Habilidad para identificar las similitudes y las diferencias que se pueden ver rápidamente y con precisión.
- EL RAZONAMIENTO INDUCTIVO: Habilidad de identificar la secuencia lógica de un problema y luego resolverlo.
- EL RAZONAMIENTO DEDUCTIVO: Habilidad para usar la lógica y evaluar las implicaciones de un argumento.
- LA VISUALIZACIÓN ESPACIAL: Habilidad de imaginar la manera en que un objeto se relaciona con el espacio y otros objetos que le rodean.
- LA MEMORIA: Habilidad para registrar, almacenar, retener y recordar informaciones recibidas de manera mediata o inmediata.

Las habilidades espaciales siguen siendo objeto de investigación, sobre todo en el ámbito de la ingeniería. Son muchos los autores que a lo largo de la historia han clasificado las habilidades espaciales como una componente de la inteligencia. Por otra parte no es sencillo definir qué es la inteligencia, en realidad, no existe una definición única, ya que, dependiendo del enfoque con el que se aborde, se ponen de relieve los distintos aspectos que la componen (Andrés Pueyo, 2001).

Spearman (Spearman, 1927) la considera como *“la capacidad de obtener y crear información nueva, útil y aplicable a partir de informaciones sensoriales ya existentes, que se manifiestan en el comportamiento o la actividad mental del sujeto”*. Existen diversas ramas de la psicología que la estudian y distintos enfoques que la abordan: la psicología cognitiva, la psicología diferencial, la

psicología evolutiva, la psicología experimental, la antropología, etc. y, en función de cada uno de estos enfoques, aparecen distintos modelos de inteligencia: factorial, computacional, global, de desarrollo, culturales, etc.

Este trabajo se centra en el enfoque factorial, estudiado por la psicología psicométrica, que parte de la base de que las diferencias individuales de la cognición humana pueden medirse a través del rendimiento en los test de inteligencia y que la inteligencia misma se puede definir, por tanto, por las variaciones de las puntuaciones en estos test, según las personas. El resultado de esos test es una medida, ampliamente utilizada y conocida como Cociente Intelectual (CI). El CI se obtiene a partir de la intersección de los resultados de una serie de sub-test, que tratarán de medir diferentes aspectos de las capacidades de un individuo (Andrés Pueyo & Jayme Zaro, 1998).

Medir una capacidad (Inteligencia), significa medir la potencialidad de un individuo en un área dada. Por ejemplo, conociendo la capacidad numérica de una persona, podemos, quizás, predecir su rendimiento en actividades relacionadas con las matemáticas. Para medir el rendimiento existen varios procedimientos, entre los que el examen es el más habitual.

Los test de inteligencia nos sirven como herramienta de medida de la Inteligencia y existe un acuerdo sobre la validez de sus resultados que la experiencia ha demostrado acertado. Es importante señalar esta distinción entre rendimiento e inteligencia, porque habitualmente los únicos datos disponibles de los estudiantes de ingeniería son el resultado de los exámenes o, lo que es lo mismo, la evaluación del rendimiento académico y, aunque estos resultados dependen en gran medida de los valores de inteligencia, no son el único parámetro del que dependen.

En esta tesis nos centramos en la comparación de tres tecnologías aplicadas al entrenamiento en habilidades espaciales de los estudiantes de ingeniería con el objetivo de mejorar su desempeño, aumentar su rendimiento académico y potenciar su motivación por el estudio de esta materia. Para ello, utilizaremos instrumentos de medida ampliamente contrastados. Debemos señalar que, dado que estos instrumentos de medición son competencia de los estudios de psicología, hemos procurado sintetizar la información sobre este tema.

Multitud de estudios (Sorby, 1999; Rafi, Samsudin, & Said, 2008; Martín Gutiérrez, 2010) han señalado la importancia de las competencias en habilidades espaciales, entendidas como las habilidades cognitivas que forman parte del factor espacial o capacidad espacial, para los titulados en los distintos estudios tecnológicos a la vez que afirman que el adecuado desarrollo de estas habilidades está directamente relacionado con el futuro éxito de su labor profesional (Adánez y Velasco, 2002). Por ello estas competencias forman parte de las competencias genéricas o transversales en todos los títulos universitarios de corte tecnológico.

Estas habilidades, al igual que otras del ser humano, son educables, es decir, los seres humanos tenemos la capacidad de aprender y, en consecuencia, de mejorar los niveles de conocimiento y destreza que en cada momento tenemos. Debido a esa importancia mencionada anteriormente, en los últimos tiempos estas habilidades se han convertido en objeto de estudio e investigación para el desarrollo de nuevas tecnologías, metodologías y herramientas de aprendizaje, siempre con el objetivo de mejorar la capacidad de comprensión espacial de los estudiantes, su motivación por el estudio y su rendimiento académico.

Una de dichas tecnologías es la denominada Realidad Virtual, definida como el conjunto de tecnologías e interfaces que permiten a

uno o más usuarios interactuar en tiempo real con un entorno o mundo dinámico tridimensional generado por ordenador. La mejora continua de las herramientas de desarrollo de aplicaciones de Realidad Virtual y el cada vez más simple equipamiento tecnológico necesario para ejecutar estas aplicaciones, ha hecho que se hayan convertido en un estándar en los procesos de aprendizaje de las citadas habilidades espaciales.

Posteriormente, se han introducido en los procesos de aprendizaje las técnicas basadas en la Realidad Aumentada, término utilizado para definir la visión directa o indirecta de un entorno físico del mundo real, cuyos elementos se combinan con elementos virtuales para la creación de una realidad mixta a tiempo real. La RA Consiste en un conjunto de dispositivos que añaden información virtual a la información física ya existente. Esta es la principal diferencia con la Realidad Virtual, puesto que no sustituye la realidad física, sino que sobreimprime los datos informáticos al mundo real.

Por último, más recientemente se ha desarrollado el formato PDF3D, que ha incorporado la capacidad de visión de objetos tridimensionales dentro de sus características multimedia mediante el formato U3D incluido en su versión PRO X. El Formato PDF, desarrollado por Adobe Systems® se ha convertido en el estándar de intercambio de información desde cualquier aplicación y en cualquier sistema informático.

Si, como decimos, son muchas las investigaciones sobre la importancia de las competencias en habilidades espaciales en muchos ámbitos, pero más concretamente en el del estudio de la ingeniería, son muy escasos los trabajos de investigación sobre las posibilidades que ofrecen estas tecnologías en cuanto a la comparación de sus aplicaciones docentes.

Si bien es cierto que en otros ámbitos docentes (niveles de educación primaria) se han desarrollado aplicaciones que utilizan

tecnología de RA, para desarrollar y favorecer ciertos aspectos del aprendizaje y de las relaciones sociales en la infancia, también es cierto que no han sido desarrolladas, adaptadas y validadas en el ámbito universitario.

1.1.3.- Justificación

En el entorno académico, los profesores de Expresión Gráfica se encuentran con estudiantes que tienen dificultades para resolver las tareas que requieren habilidades de visualización y de razonamiento espacial.

En los planes de estudio anteriores al EEES de las titulaciones donde aparecía la materia de Expresión Gráfica no se hacía ninguna referencia a la necesidad de proporcionar un desarrollo o capacitar a los estudiantes en habilidades espaciales. Los descriptores de los contenidos eran generalmente los sistemas de representación, normalización y dibujo asistido por ordenador. Ante estos descriptores, y debido al escaso tiempo de que se disponía para desarrollar los contenidos de la asignatura, los profesores no llegaban a plantearse cómo hacer que un estudiante pudiera desarrollar sus habilidades mentales de rotación de objetos, razonamiento espacial, etc.

Existía un vacío en los programas de Expresión Gráfica en lo relativo a dotar a los estudiantes de la necesaria capacidad de visión espacial que, en caso de ser cubierto, permitiría que aquellos con mayores dificultades para comprender los sistemas de representación pudieran superar esa dificultad.

Como ya se ha comentado, cada una de esas tecnologías (RV, RA y PDF3D) se ha aplicado con éxito en los procesos de aprendizaje de materias tecnológicas en las titulaciones universitarias, con la intención de “hacer ver” a los estudiantes que carecen de habilidades espaciales.

En los actuales planes de estudio de las titulaciones de carácter tecnológico, en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), la CAPACIDAD DE VISIÓN ESPACIAL se sitúa entre las competencias que deben desarrollar los estudiantes como formación básica de todas las titulaciones de grado en ingeniería. De aquí surge el interés por desarrollar y validar aplicaciones que puedan ser incluidas en el currículum de las asignaturas de Expresión Gráfica, con el fin de dotar a los estudiantes de buenos niveles de capacidad espacial, de mejorar su rendimiento académico y de aumentar su motivación por el estudio de esta materia.

1.1.4.- Ámbito de desarrollo de la experiencia

La experiencia se desarrolló en la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, de la siguiente forma:

- CURSO ACADÉMICO 2011/2012: en la asignatura de Expresión Gráfica de primer curso, segundo semestre, de la titulación de Grado en Tecnologías Industriales.
- CURSO ACADÉMICO 2012/2013: en la asignatura de Expresión Gráfica de primer curso, primer semestre, de las titulaciones de Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos, Grado en Ingeniería en Tecnología Naval, Grado en Ingeniería Química y Grado en Ingeniería en Organización Industrial.

La EIICLPGC nace como consecuencia de la fusión entre la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y la Escuela Universitaria Politécnica de la ULPGC El 16 de Febrero de 2010 se publica en el Boletín Oficial de Canarias la integración de la Escuela Universitaria Politécnica y de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Las Palmas de Gran

Canaria. Con la publicación de este B.O.C. (BOC 31 martes 16 de febrero de 2010 - 831) se aprueba la fusión de ambas escuelas como consecuencia del proceso de adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior en el que se encuentra inmersa la universidad. En consecuencia, la nueva escuela es heredera de unos centros universitarios con una larga trayectoria.

La historia de la extinta EUP es interesante. En 1900 se crea el Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes que, bajo la dirección de Romanones, impulsa la organización de las enseñanzas técnicas en dos niveles: en los institutos provinciales se implantaban los estudios elementales de industria, necesarios para acceder a las creadas Escuelas Superiores de Industrias que, con un plan de estudios de 4 años, otorgaban el título de Perito. Mediante un Real Decreto de 17/08/1901 se crean las Escuelas Superiores de Industrias en Madrid, Alcoy, Béjar, Gijón, Cartagena, Las Palmas de G.C., Tarrasa, Vigo y Villanueva y la Geltrú.

La implantación de estos estudios en Las Palmas de Gran Canaria lleva consigo la decisión de que los estudios técnicos elementales previos se realicen en el Instituto provisional de Tenerife. Dicha decisión crea gran polémica en los círculos grancanarios y más cuando se constata que a principios de 1902 dichas enseñanzas técnicas elementales no se habían establecido todavía. El ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes reconoce a través de una Real Orden de Mayo de 1902 la escasa prestación de servicios de la Escuela Superior si los estudiantes deben desplazarse a Tenerife para la realización de los estudios técnicos elementales. Por tanto, decide que las materias básicas sean impartidas por la Escuela Normal, el dibujo en la Academia de Dibujo y las materias específicas en la Escuela Superior de Industrias; es decir, se aprueba que el ciclo elemental se pueda impartir en Las Palmas de Gran Canaria.

La implantación simultánea de los dos niveles de estudios obliga a que en los dos cursos de funcionamiento de la Escuela Superior de Industrias (1903-1904, 1904-1905) se seleccione a los estudiantes mediante un examen de las materias correspondientes al ciclo elemental. El número total de estudiantes que consiguieron pasar dicha prueba e iniciar sus estudios fue de 30. D. Juan de León y Castillo, insigne Ingeniero, es nombrado primer Director de la Escuela y en su propio domicilio se firma el acta de constitución el 7 de abril de 1902. En sus orígenes, la Escuela depende de la Universidad Literaria de Sevilla.

A lo largo de su historia ha recibido diferentes nombres:

- Escuela Superior de Industrias (1902 a 1910).
- Escuela Industrial (1910 a 1940).
- Escuela Superior de Trabajo (1940 a 1952).
- Escuela de Peritos Industriales (1952 a 1962).
- Escuela Técnica de Peritos Industriales (1962 a 1966).
- Escuela de Ingeniería Técnica Industrial (1966 a 1971).
- Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial (1971 a 1978).
- Escuela Universitaria Politécnica (1978 –RD 1285/1978, de 15 de abril– a 2010).
- Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles (2010 –BOC de 16 de febrero– y continúa).

En la actualidad se imparten los siguientes títulos de grado adaptados al EEES:

- Grado en Ingeniería Civil.
- Grado en Ingeniería Geomática y Topografía.

- Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos.
- Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales.
- Grado en Ingeniería Química.
- Grado en Ingeniería en Organización Industrial.
- Grado en Ingeniería Naval.

Entre los muchos aspectos que distinguen la filosofía seguida por esta Escuela destaca el de potenciar la formación práctica de sus estudiantes así como el trabajo en equipo, pensando siempre en facilitar de ese modo su rápida adaptación al mundo laboral. Otro punto de especial interés es el establecimiento constante de las estrategias necesarias para ofrecer a sus estudiantes un servicio de tutoría orientado a asesorarles adecuadamente, haciendo hincapié en la orientación y ayuda de los estudiantes de primer curso durante sus primeras experiencias en la universidad, con el fin de disminuir la tasa de estudiantes que fracasan en sus estudios.

La voluntad permanente de esta Escuela de apoyar y orientar a sus estudiantes ofrece, sin duda alguna, un marco propicio para llevar adelante una labor de investigación enmarcada en el contexto pedagógico de la innovación metodológica.

1.1.5.- Aspectos comunes a todos los planes de estudio de las titulaciones de Grado en la EIIIC

En el correspondiente documento VERIFICA para cada titulación se establece que los distintos títulos de Grado constarán de 240 créditos ECTS distribuidos en cuatro cursos, según se establece en el Real Decreto 1393/2007. En ellos se incluirán la formación teórica y práctica que el estudiante deba adquirir: aspectos básicos de la

rama de conocimiento, materias obligatorias u optativas, seminarios, prácticas externas, trabajos dirigidos, realización de exámenes, proyecto de fin de grado, u otras actividades formativas.

Cada curso académico estará compuesto de 60 créditos ECTS (definidos según Real Decreto 1125/2003, de 5 de septiembre). La docencia se planificará tomando como base que el calendario anual de trabajo de los estudiantes será de 40 semanas y que estará dividido en dos semestres en los que se distribuirán los contenidos que los componen.

En la asignación de créditos a cada una de las materias que configuran los distintos planes de estudios se computará el número de horas de trabajo requeridas para la adquisición por los estudiantes de los conocimientos, capacidades y destrezas correspondientes. En esta asignación están comprendidas las horas correspondientes a las clases lectivas, teóricas o prácticas, las horas de estudio, las dedicadas a la realización de seminarios, trabajos, prácticas o proyectos, y las exigidas para la preparación y realización de los exámenes y pruebas de evaluación. El número de horas de trabajo del estudiante, por crédito ECTS, será de 25.

En lo que respecta al ámbito de esta tesis, todas las titulaciones tienen la asignatura de Expresión Gráfica en primer curso y, en sus respectivos planes de estudio se especifica que deben adquirirse y desarrollarse las capacidades en habilidades espaciales.

1.1.6.- El plan de estudios del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Por Resolución de 27 de junio de 2011, de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, se publica el plan de estudios de Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales.

Obtenida la verificación del plan de estudios por el Consejo de Universidades, previo informe favorable de la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación, así como la autorización de la Comunidad Autónoma de Canarias, y establecido el carácter oficial del título por Acuerdo de Consejo de Ministros de 15 de abril de 2011 (publicado en el BOE de 11 de mayo de 2011), el Rectorado de la ULPGC, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 35 de la Ley Orgánica 6/2001, de Universidades, en la redacción dada por la Ley Orgánica 4/2007, resuelve publicar el plan de estudios conducente a la obtención del título de Graduado o Graduada en Ingeniería en Tecnologías Industriales por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

El grado propuesto en Ingeniería en Tecnologías Industriales sigue la orden ministerial CIN/351/2009, donde se establecen distintos módulos de tecnología específica para dicha titulación. En nuestro caso, se han desarrollado los siguientes módulos de tecnología específica (menciones): Mecánica, Eléctrica, Química Industrial y Electrónica Industrial. Los créditos de las menciones han sido ampliados hasta un total de 78 ECTS, tal como se detalla en el capítulo 5 de la memoria del documento Verifica.

1.1.7.- Resto de planes de estudios

Los planes de estudio de las titulaciones de Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos, Grado en Ingeniería Química, Grado en Ingeniería en Organización Industrial y Grado en Ingeniería Naval, fueron aprobados por Resolución de 16 de septiembre de 2011, de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Obtenida la verificación del plan de estudios por el Consejo de Universidades, previo informe favorable de la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación, así como la autorización de

la Comunidad Autónoma de Canarias, y establecido el carácter oficial de los títulos por Acuerdo de Consejo de Ministros de 15 de abril de 2011 (publicado en el BOE de 11 de mayo de 2011), el Rectorado, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 35 de la Ley Orgánica 6/2001, de Universidades, en la redacción dada por la Ley Orgánica 4/2007, resolvió publicar los planes de estudios conducente a la obtención de los títulos de Graduado o Graduada en las indicadas titulaciones por la Universidad de las Palmas de Gran Canaria.

1.1.8.- Competencias generales y específicas

En consonancia con el Real Decreto 1393/2007, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias, así como con las conclusiones de los Libros Blancos del ámbito de las Ingenierías, aplicables a los distintos títulos de Grado y las recomendaciones de las Conferencias de Directores de Escuelas Técnicas y Superiores, los títulos de Grado en las diversas Ingenierías tienen como objetivo fundamental la formación científica, tecnológica, y socioeconómica orientada a la preparación para el ejercicio profesional en el desarrollo y aplicación de la Ingeniería asociada a la realidad socioeconómica del Estado Español. Asimismo, faculta para el acceso directo a titulaciones de Máster que profundicen en un perfil profesional más específico o que capaciten para la investigación y el paso a los estudios de Doctorado.

Las titulaciones implantadas tienen también como objetivo dotar al estudiante de una preparación suficiente para el acceso directo al Máster en sus correspondientes ramas, ya que se cumplen los requisitos expuestos en el apartado 4.2.1 de la CIN 311/2009, así como a otros títulos de Máster propuestos en la rama de Ingeniería y Arquitectura.

El objetivo de estas titulaciones es formar a los estudiantes para que adquieran, entre otras, las competencias necesarias para el ejercicio de la profesión regulada de Ingeniero en sus correspondientes ramas de acuerdo con lo dispuesto en el siguiente marco jurídico:

El Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre (BOE nº 260, de 30 de octubre), por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, dispone en su Art. 12.9:

“DIRECTRICES PARA EL DISEÑO DE TÍTULOS DE GRADO: Cuando se trate de títulos que habiliten para el ejercicio de actividades profesionales reguladas en España, el Gobierno establecerá las condiciones a las que deberán adecuarse los correspondientes planes de estudios, que además deberán ajustarse, en su caso, a la normativa europea aplicable. Estos planes de estudios deberán, en todo caso, diseñarse de forma que permitan obtener las competencias necesarias para ejercer esa profesión. A tales efectos la Universidad justificará la adecuación del plan de estudios a dichas condiciones”.

La disposición adicional novena del RD 1393/2007, de 29 de octubre, establece que el Ministerio competente precisará los contenidos del Anexo I de dicho RD a los que habrán de ajustarse las solicitudes presentadas por las universidades para la obtención de la verificación de los planes de estudios conducentes a la obtención de títulos oficiales de Grado, prevista en su artículo 24, que habiliten para el ejercicio de profesiones reguladas.

La legislación vigente configura las distintas profesiones de Ingeniería y establece que para su ejercicio se requiere estar en posesión del correspondiente título oficial de Grado obtenido de acuerdo con lo previsto en el artículo 12.9 del referido RD

1393/2007, conforme a las condiciones establecidas en el Acuerdo de Consejo de Ministros de 26 de diciembre de 2008 (Resolución de 15 de enero de 2009), publicado en el Boletín Oficial del Estado de 29 de enero de 2009. En dicho Acuerdo se determinan las condiciones a las que deberán adecuarse los planes de estudios. En su apartado cuarto, en relación con la disposición adicional novena anteriormente citada, encomienda al Ministerio competente el establecimiento de los requisitos respecto a objetivos y denominación del título y planificación de las enseñanzas.

En cumplimiento de la legislación anterior, la Orden CIN/351/2009, de 9 de febrero (BOE nº 44 de 20 de febrero), establece los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión regulada de Ingeniero.

En cumplimiento de la Orden CIN/311/2009, de 9 de febrero (BOE nº 42 de 18 de febrero), que establece el acceso al Máster de Ingeniero.

Adicionalmente, a nivel autonómico, la Consejería de Educación, Universidades, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias establece el Decreto 168/2008, de 22 de julio (BOCA nº 154, de 1 de agosto), por el que se regula el procedimiento, requisitos y criterios de evaluación para la autorización de la implantación de las enseñanzas universitarias conducentes a la obtención de los títulos oficiales de Grado, Master y Doctorado de la Comunidad Autónoma de Canarias.

Asimismo estos títulos cumplen con el grado de experimentabilidad contemplado para este tipo de enseñanzas en el vigente contrato programa 2009-2013 suscrito por la Consejería de Educación Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias y la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y en el Reglamento

para la elaboración de títulos oficiales de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (BOULPGC, Junio 2008).

Estos títulos de Grado tienen una clara orientación profesional, de forma que junto con unos sólidos conocimientos básicos, se integren armónicamente las competencias nucleares de la ULPGC, las transversales y las específicas, todas ellas marcadas por el perfil profesional. Los resultados esperados permitirán a los titulados una buena integración en el mercado de trabajo y una fácil adaptación a los rápidos cambios que tienen lugar en este campo de la Ingeniería.

Resaltamos a continuación aquellas competencias, destrezas y habilidades que tienen relación directa con la materia de Expresión Gráfica.

Competencias Nucleares de la ULPGC (N)

Las competencias nucleares que deben incorporar todos los títulos de grado de la ULPGC y que son en sí mismas competencias transversales quedan definidas en el artículo 4.1.4 del Decreto 168/2008, de 22 de julio, del Gobierno de Canarias, donde se establece:

“INCLUSIÓN DE COMPETENCIAS GENERALES: Han de incluirse en el proyecto de cada titulación las competencias generales referidas al nivel de titulación en el conjunto de competencias exigibles a los titulados de acuerdo con los descriptors de Dublín. Han de concretarse las estrategias y niveles que se aplicarán para favorecer la adquisición de estas competencias en cada titulación y cómo se comprobará que se han alcanzado”.

De entre las competencias nucleares de obligado cumplimiento impuestas por la ULPGC destacamos:

Código	Definición
N1	<p>Comunicarse de forma adecuada y respetuosa con diferentes audiencias (clientes, colaboradores, promotores, agentes sociales, etc.), utilizando los soportes y vías de comunicación más apropiados (especialmente las nuevas tecnologías de la información y la comunicación) de modo que pueda llegar a comprender los intereses, necesidades y preocupaciones de las personas y organizaciones, así como expresar claramente el sentido de la misión que tiene encomendada y la forma en que puede contribuir, con sus competencias y conocimientos profesionales, a la satisfacción de esos intereses, necesidades y preocupaciones.</p>

Competencias genéricas o transversales del Título (G)

Para alcanzar los objetivos propuestos en el apartado anterior, las materias del plan de estudios permiten la adquisición de una serie de competencias. Estas se definen, según el proyecto Tuning desarrollado dentro del marco del EEES y desde la perspectiva de los resultados del aprendizaje, como *“conocimientos, habilidades, actitudes y responsabilidades, que describen los resultados del aprendizaje de un programa educativo o lo que los estudiantes son capaces de demostrar al final del proceso educativo.”* De tal forma, se contemplan dos tipos de competencias: las genéricas o transversales, y las específicas o profesionales. Las primeras se corresponden con los atributos comunes a cualquier titulación y que son considerados importantes por ciertos grupos sociales (empleadores y egresados), mientras que las segundas están directamente relacionadas con el conocimiento concreto de cada titulación y son las que confieren identidad y consistencia a cualquier programa.

Las competencias generales o transversales se han definido teniendo en cuenta los derechos fundamentales y de igualdad de oportunidades entre hombres y mujeres (Ley 3/2007, de 22 de

marzo para la igualdad efectiva entre mujeres y hombres), los principios de igualdad de oportunidades y accesibilidad universal de las personas con discapacidad (Ley 51/2003, de 2 de diciembre, de igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad) y los valores propios de una cultura de la paz y de valores democráticos (Ley 27/2005, de 30 de noviembre, de fomento de la educación y la cultura de la paz). En ese marco se sitúan las actividades e iniciativas de “Acción Social y Atención Psicosocial” del Vicerrectorado de Estudiantes y Extensión Universitaria de la ULPGC.

De entre las competencias transversales establecidas destacamos:

Código	Definición
G3	COMUNICACIÓN EFICAZ ORAL Y ESCRITA: Comunicarse de forma oral y escrita con otras personas sobre los resultados del aprendizaje, de la elaboración del pensamiento y de la toma de decisiones; participar en debates sobre temas de la propia especialidad.

Competencias Profesionales Generales del Título (T)

A partir de los objetivos de la titulación planteados se establecen las siguientes competencias generales del título (T) que deben adquirir los titulados de los distintos Grado en Ingeniería aquí tratados.

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Código	Definición
T1	Capacidad para la redacción , firma y desarrollo de proyectos según el carácter específico de la mención cursada que tengan por objeto la construcción, reforma, reparación, conservación, demolición, fabricación, instalación, montaje o explotación de: estructuras, equipos mecánicos, instalaciones energéticas, instalaciones eléctricas y electrónicas, instalaciones y plantas industriales y procesos de fabricación y automatización.
T4	Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad , razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas

Grado en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

Código	Definición
T1	Capacidad para la redacción , firma y desarrollo de proyectos en el ámbito de la Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos.
T4	Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos.
T12	Capacidad para generar documentación y medios necesarios para la transmisión de las ideas.

Grado en Ingeniería en Tecnología Naval

Código	Definición
T1	Capacidad para la redacción , firma y desarrollo de proyectos en el ámbito de la ingeniería naval, que formen parte de las actividades de construcción, montaje, transformación, explotación, mantenimiento, reparación, o desguace de buques, embarcaciones y artefactos marinos, así como las de fabricación, instalación, montaje o explotación de los equipos y sistemas navales y oceánicos.
T4	Capacidad para resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y para comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas.
T5	Capacidad para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planos de labores y otros trabajos análogos, basándose en los conocimientos adquiridos en esas materias.

Grado en Ingeniería Química

Código	Definición
T2	Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Química.
T3	Conocimientos para la realización de certificaciones, auditorías, peritaciones, estudios, informes, planos de labores y otros trabajos análogos.
T5	Capacidad para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planos de labores y otros trabajos análogos, basándose en los conocimientos adquiridos en esas materias.

Grado en Ingeniería en Organización Industrial

Código	Definición
T1	Capacidad para la redacción, firma y desarrollo de proyectos en el ámbito de la Ingeniería en Organización industrial.
T4	Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería en Organización Industrial.
T5	Capacidad para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planos de labores y otros trabajos análogos, basándose en los conocimientos adquiridos en esas materias.

Como puede observarse fácilmente, existe un altísimo grado de coincidencia entre las competencias que hacen referencia a la Expresión Gráfica en las distintas titulaciones.

Competencias Profesionales Específicas (M)

A partir de los objetivos de la titulación planteados se establecen las siguientes competencias profesionales específicas para cada título (M) que deben adquirir los titulados de los distintos Grados en Ingeniería. Destacamos aquellas que hacen referencia a materias de Expresión Gráfica.

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Módulo de formación básica (MB)

Código	Definición
MB1	Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría ; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algorítmicos numéricos; estadísticos y optimización.
MB5	Capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador.

Módulo de tecnología específica mención Mecánica (MTEM)

Código	Definición
MTEM1	Conocimientos y capacidades para aplicar las técnicas de ingeniería gráfica.
MTEM2	Conocimientos y capacidades para el cálculo, diseño y ensayo de máquinas.
MTEM5	Conocimientos y capacidad para el cálculo y diseño de estructuras y construcciones industriales.
MTEM9	Conocimiento y capacidad de diseño y cálculo de instalaciones industriales en el ámbito de la tecnología específica mecánica.

Módulo de tecnología específica mención Eléctrica (MTEL)

Código	Definición
MTEL1	Capacidad para el cálculo y diseño de máquinas eléctricas.
MTEL3	Capacidad para el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas de baja y media tensión.
MTEL4	Capacidad para el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas de alta tensión.
MTEL5	Capacidad para el cálculo y diseño de líneas eléctricas y transporte de energía eléctrica.
MTEL9	Capacidad para el diseño de centrales eléctricas.
MTEL13	Conocimientos aplicados de organización industrial.
MTEL14	Conocimiento y capacidad de diseño y cálculo de instalaciones industriales en el ámbito de la tecnología específica eléctrica.

Módulo de tecnología específica mención Química Industrial (MTEQ)

Código	Definición
MTEQ15	Conocimiento y capacidad de diseño y cálculo de instalaciones industriales en el ámbito de la tecnología específica química industrial.

Módulo de tecnología específica mención Electrónica Industrial (MTE)

MTE12	Conocimiento y capacidad de diseño y cálculo de instalaciones industriales en el ámbito de la tecnología específica electrónica industrial y automática.
-------	--

Grado en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

Módulo de formación básica (MB)

Código	Definición
MB1	Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría ; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algorítmicos numéricos; estadísticos y optimización.
MB5	Capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador.

Módulo de tecnología específica Diseño (MTED)

Código	Definición
MTED1	Conocimientos y capacidades para aplicar las técnicas de ingeniería gráfica.
MTED2	Capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador.

Grado en Ingeniería en Tecnología Naval

Código	Definición
CE1.01	Capacidad para la realización de cálculos de geometría de buques y artefactos, flotabilidad y estabilidad.
CE1.05	Capacidad para el diseño y cálculo de estructuras navales.

Grado en Ingeniería Química

Código	Definición
MB1	Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría ; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algorítmicos numéricos; estadísticos y optimización.
MB5	Capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica , tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador.

Grado en Ingeniería en Organización Industrial

Código	Definición
MB1	Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; geometría ; geometría diferencial; cálculo diferencial e integral; ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales; métodos numéricos; algorítmicos numéricos; estadísticos y optimización.
MB5	Capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica , tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador.
MTEM1	Conocimientos y capacidad para el cálculo y diseño de construcciones industriales.

1.2.- OBJETIVOS, METODOLOGÍA E HIPÓTESIS

1.2.1.- Objetivos

Por inquietud buscamos la “perfección” como destino de nuestros esfuerzos. Si bien es utópico pensar en su logro, no por ello es menos grata su búsqueda. En este sentido, siempre nos ha preocupado la cuestión de cómo ayudar a nuestros discípulos a evitar el fracaso escolar.

Fruto de ese deseo y curiosidad hemos indagado en el mundo de la enseñanza virtual y de la innovación educativa en un intento de acercar el conocimiento a los gustos actuales de la comunidad estudiantil, pues, como dijo el emperador Constantino, «*Si nequeant produxit ea, iunge!*» (*Si no puedes vencerlos, júnete a ellos!*).

Así, nos planteamos estudiar qué materiales didácticos, qué metodología, qué procedimientos y qué sistemática de estudio de las materias de Ingeniería Gráfica darían mejores resultados en el ámbito de la adquisición y mejora de habilidades espaciales, con el fin de mitigar el fracaso y el absentismo que se produce en las carreras de ingeniería.

El objetivo general que se plantea en esta tesis puede dividirse en los dos siguientes aspectos:

- Desarrollar, comparar y validar herramientas y materiales didácticos, dentro del ámbito de la ingeniería gráfica y contruidos mediante tecnologías de RV, RA y/o PDF3D contruidos bajo el principio de mejora de las capacidades de visión espacial, el aprendizaje de los contenidos de Expresión Gráfica y la mejor adecuación de cada una de esas tecnologías según el campo de la ingeniería al que aplique.
- Estudiar la magnitud de la mejora que puede llegar a conseguirse en los resultados académicos, en la satisfacción

y en la motivación de los estudiantes de las materias de Ingeniería Gráfica.

Ello implicará diseñar actividades de aprendizaje según la filosofía de cada una de las tecnologías indicadas, ponerlas en práctica en el aula en grupos distintos de alumnos del mismo nivel y estudiar los progresos en las habilidades espaciales de cada uno de los grupos para establecer la influencia de la herramienta utilizada en la adquisición de conocimientos de Ingeniería Gráfica.

Por otro lado, se elaborarán encuestas de usabilidad, de estrategias de aprendizaje, de procesos de estudio y de motivación que nos aporten los datos necesarios para, con el adecuado tratamiento científico, poder tomar decisiones acerca de la adecuación de las citadas tecnologías y materiales didácticos al objetivo principal de adquisición y mejora de habilidades espaciales, así como de la mejora en los resultados académicos y la motivación de los estudiantes de las materias de Ingeniería Gráfica.

Este objetivo general se concreta en los siguientes objetivos específicos iniciales:

1. Seleccionar y crear materiales y actividades de aprendizaje que puedan ser utilizados mediante tecnologías de RV, RA y PDF3D.
2. Proponer y desarrollar nuevas herramientas y metodologías que garanticen el desarrollo de las HHEE con el fin de mejorar en el proceso de adquisición de contenidos en los estudiantes de ingeniería gráfica.
3. Organizar y realizar entrenamientos de corta duración, para utilizar las herramientas desarrolladas.
4. Analizar los resultados de los entrenamientos propuestos en cuanto a la mejora de la HE, adquisición de contenidos y correlación de datos de los niveles y conocimientos

alcanzados con respecto a los previos a realizar estos entrenamientos.

5. Analizar, cuál(es) de las tecnologías estudiadas mejoran en mayor medida las habilidades espaciales de los estudiantes.
6. Analizar desde el punto de vista estadístico si hay diferencias significativas en cuanto a la adquisición de contenidos según la tecnología y herramienta utilizada.
7. Con los datos anteriores establecer comparaciones en cuanto al desarrollo de la habilidad espacial obtenida por los participantes en los distintos tipos de entrenamiento realizados.
8. Efectuar estudios de estrategias de aprendizaje, de procesos de estudio, y de usabilidad de las herramientas desarrolladas, así como de satisfacción y de motivación de los estudiantes que participan en las pruebas de campo.
9. Establecer cuál es la metodología óptima en función de los contenidos formativos para desarrollar las habilidades espaciales y adquirir los contenidos de estas materias.
10. Proponer líneas de actuación futuras.

No obstante, se plantearon también otros objetivos derivados que fueron surgiendo durante el proceso de recopilación de la información documental y del trabajo de campo. Así mismo, durante el proceso de revisión bibliográfica se fueron afianzando unas ideas y desechado otras, de tal manera que hoy podemos enunciarlos de la siguiente manera:

- Disminuir el fracaso académico que habitualmente se produce en la materia, mejorando las tasas de rendimiento y de éxito.
- Reducir el absentismo, disminuir la tasa de abandono y mejorar el nivel de motivación, asistencia y participación de los estudiantes.

- Conocer las características que debe cumplir una metodología docente para adaptarse a las nuevas necesidades sociales, al desarrollo tecnológico y a las exigencias que impone la entrada en vigor del EEES.
- Experimentar con la implantación de las metodologías y técnicas que se extraerán del análisis del objetivo anterior.
- Diseñar un modelo de enseñanza que se adapte a la metodología implantada.
- Desarrollar y definir herramientas que permitan la evaluación de actitudes, y que se adapten a la nueva metodología, a los recursos disponibles, y a las necesidades definidas en el modelo planteado.
- Construir un sistema de valoración de la satisfacción del estudiante que permita comprobar la pertinencia de las técnicas de innovación educativa empleadas.

1.2.2.- Metodología y desarrollo de la investigación

Para garantizar en la mayor medida posible la consecución de los objetivos enunciados seguiremos una metodología que se estructura en las siguientes fases:

- Documentación bibliográfica que permita conocer el origen de la habilidad espacial y cuantas influencias están implicadas (medición, diferencia de género, tipos de entrenamiento, herramientas de entrenamiento, relación con la ingeniería y con las asignaturas gráficas, etc.)
- Documentación bibliográfica acerca de los aspectos pedagógicos implicados en todo proceso de enseñanza-aprendizaje.

- Recopilación de material docente y clasificación y selección de ejercicios.
- Planificación y desarrollo de los estudios experimentales.
- Para la fase experimental será necesario crear herramientas y materiales docentes.
- Elaboración de los manuales de procedimientos que seguirán los estudiantes en cada estudio experimental con cada tecnología.
- Desarrollo de una ficha de datos con objeto de conocer la población que participará en los estudios experimentales y sus niveles de habilidades espaciales y de conocimientos específicos.
- Estudio, diseño y desarrollo de encuestas de niveles de conocimiento alcanzado por los participantes en cada uno de los estudios experimentales.
- Diseño de las encuestas de usabilidad para las herramientas informáticas utilizadas en los estudios experimentales, así como de estrategias de aprendizaje y de motivación.
- Análisis de los datos utilizando las técnicas estadísticas que mejor se adaptan a las hipótesis de la investigación.
- Conclusiones de la investigación.
- Propuestas de actuación futura.

En esta tesis, el verbo “conocer” indica que este trabajo de investigación no pretende solo “medir” las metodologías docentes objeto de estudio, ni la innovación educativa en sí misma, sino descubrir los procesos metodológicos que favorezcan la aceptación de las innovaciones que introduzcamos.

Tras aplicar los objetivos anteriormente enunciados, obtendremos resultados, extraídos de las encuestas de valoración realizadas así como de los resultados académicos que, una vez ordenados y agrupados, serán procesados y analizados convenientemente.

1.2.3.- Hipótesis de partida

Para dar respuesta a los objetivos anteriormente planteados, partimos de las siguientes hipótesis:

- El entrenamiento con técnicas de Realidad Virtual, Realidad Aumentada y/o PDF3D mejora las habilidades espaciales de los estudiantes de Ingeniería Gráfica.
- Las técnicas de innovación educativa reducen el fracaso escolar, disminuyen la tasa de abandono y mejoran las tasas de rendimiento y de éxito.

Aunque las hipótesis planteadas tienen cierta lógica, nos queda la duda de su validez y de si, después de un tiempo aplicando estas tecnologías, no se llegará a un hastío que produzca un retroceso al escenario de partida. En consecuencia, pensamos que tendremos que preparar un escenario en el que podamos valorar las tasas de rendimiento, de éxito y de abandono en el transcurso del tiempo.

Como ya hemos indicado, las asignaturas de Expresión Gráfica de las titulaciones de Grado impartidas en primer curso de la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles de Las Palmas de Gran Canaria han servido de banco de pruebas, por lo que es de esperar que las conclusiones de este trabajo sean exportables al resto de las asignaturas de la materia de Ingeniería Gráfica en un primer paso, y a otras asignaturas de otras materias de los estudios de Ingeniería de corte similar a las nuestras en otros pasos posteriores.

Dada la situación en que se ha visto inmerso el mundo universitario español con las múltiples reformas que ha supuesto la entrada en vigor del EEES, este trabajo pretende hacer aportaciones en el ámbito del desarrollo de las habilidades espaciales, de la Innovación Docente y en el de las Tecnologías de la Información y Comunicación aplicadas y espera ser un referente válido que ayude a implementar la adaptación de otras materias a las nuevas necesidades que el contexto actual exige a la docencia universitaria.

CAPÍTULO 2

**MARCO
TEÓRICO**

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1.- ESCENARIO DOCENTE

2.1.1.- Tendencias en el campo de la investigación educativa

La adaptación a las nuevas necesidades formativas de las metodologías aplicadas en las aulas, apuntada en el apartado 1.1.1, debe realizarse de forma adecuada. No tiene sentido plantear dicha adaptación sin considerar los estudios y conclusiones que las investigaciones en el campo de la educación y la pedagogía nos aportan. Por este motivo, en este punto exponemos las tendencias pedagógicas más relevantes, poniendo énfasis en aquellas teorías que tratan sobre el modo en el que los estudiantes aprenden. No es objetivo del presente apartado profundizar en dichas teorías, sino exponerlas de forma resumida con el fin de justificar la toma de decisiones realizada en puntos posteriores de este trabajo.

En términos generales puede afirmarse que existen dos enfoques claramente diferenciados a la hora de concebir el proceso de aprendizaje: la teoría conductista tradicional, y la teoría contemporánea cognitiva (Feden & Vogel, 2002)

Desde el punto de vista de la teoría conductista tradicional, el conocimiento es considerado como algo objetivo, singular y fragmentable, que puede ser dividido en pequeñas secciones o porciones para ser transmitido de profesor a alumno. El aprendizaje se considera un proceso de acumulación de información y de habilidades aisladas, en el cual la principal responsabilidad del profesor es transferir el conocimiento directamente a sus alumnos. Según esta visión, el proceso de enseñanza-aprendizaje se basa fundamentalmente en la interacción entre el profesor y los estudiantes individuales, siendo el profesor la fuente más importante de información (Feden & Vogel, 2002).

Tal y como podemos leer en el libro *Más Platón y menos Prozac* (Marinoff, 2009), la psicología conductista y su teoría fundamental del estímulo-respuesta consideran al ser humano una especie de máquina que puede condicionarse o programarse para alcanzar el efecto deseado. Sin embargo, ese guion entre el estímulo y la respuesta resulta sumamente restrictivo. Así, toda la riqueza y los grandes logros de la psicología quedan descartados cuando todos los actos se ven reducidos a una mera causa y efecto. Pensar que un ser humano no es más que una criatura que responde de forma controlable a unos estímulos concretos es, según Marinoff, menospreciar la propia esencia humana.

Las teorías basadas en la investigación desde la ciencia cognitiva, plantean un enfoque más contemporáneo, y defienden que el conocimiento debe ser creado en la mente de cada individuo. A grandes rasgos puede decirse que, desde el punto de vista de estas teorías, todo aprendizaje (excepto una simple memorización)

requiere que el estudiante construya activamente su conocimiento, puesto que dicho conocimiento no es algo que pueda ser transmitido, sino que debe ser generado activamente por el propio estudiante. En este sentido, los conocimientos previos que el alumno posee tienen una gran influencia sobre lo que aprende durante su instrucción. En este contexto, el objetivo principal del profesor es generar un cambio en la estructura cognitiva del estudiante. Ahora, su papel no es el de transmisor de conocimiento sino el de facilitador, orientador y guía del alumno a lo largo de su proceso de aprendizaje (Picardo, 2002), (Amat Salas, 2010), (Jonassen *et al*, 2007). El estudiante pasa a tener un papel activo, a diferencia de cuando se aplican teorías conductistas, con las que el estudiante permanece pasivo y no necesita construir su conocimiento porque este le llega, en principio, directamente suministrado por el profesor.

Desde estas teorías cognitivas se defiende con fuerza la idea de que el aprendizaje es un hecho social y requiere cooperación con otras personas. En este sentido, la teoría social cognitiva (Bandura, 1988; Bryant & Oliver, 2008; Feden & Vogel, 2002) trata de justificar el hecho de que los humanos aprenden mejor en colaboración con otros humanos que de forma individual. Según esta teoría, la mayor parte del comportamiento humano es aprendido observando el comportamiento de otras personas. Albert Bandura, uno de los más importantes investigadores defensores de esta teoría, modela el comportamiento del ser humano e identifica tres efectos:

- OBSERVATIONAL LEARNING EFFECT. Nuevas capacidades o comportamientos aprendidos por la observación de otras personas.
- INHIBITORY/DISINHIBITORY EFFECT. Un comportamiento que es aprendido previamente es inhibido/desinhibido si una persona observa a otra persona que recibe una consecuencia

negativa/positiva tras haber puesto en práctica ese comportamiento particular.

- RESPONSE FACILITATION EFFECT. El modelo de comportamiento sirve como 'invitación' a los observadores para adoptar el mismo comportamiento que previamente ya aprendieron.

Según Bandura, para que una persona aprenda a partir de la observación de otras personas, deben cumplirse cuatro premisas:

- Poner atención durante la observación.
- Retener el conocimiento acerca del comportamiento observado. Esto exige que el alumno convierta ese comportamiento en algún tipo de representación para ser almacenada en su memoria.
- Ser capaz de reproducir el comportamiento observado recuperando la representación cognitiva desde su memoria.
- Estar motivado para aprender.

Siguiendo con teorías enmarcadas dentro de la ciencia cognitiva, hay que mencionar también el constructivismo, que tiene su origen en los trabajos del psicólogo suizo Jean Piaget. La idea fundamental que defiende el constructivismo es que los seres humanos crean su propio conocimiento basándose en sus experiencias y su conocimiento previo. Por lo tanto, desde un punto de vista constructivista, los profesores deben abandonar la idea de que las cosas pueden ser aprendidas independientemente de las experiencias de los estudiantes, y deben también comprender que el conocimiento tiene que ser construido por estos (no puede ser transmitido directamente por otra persona). El profesor debe

proporcionarles estrategias para procesar la información, establecer el entorno de aprendizaje apropiado y ofrecerles la realimentación adecuada (Ñeco Quiñones, 2005).

Es interesante también conocer cómo la ciencia cognitiva modela el modo en el que los seres humanos procesan la información que reciben. La teoría del procesamiento de la información, en la que destaca Ellen Gagne (Gagne, 1997) presenta un modelo de dicho proceso (figura 2.1).

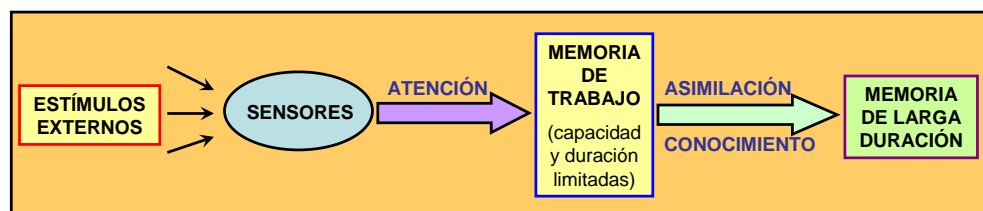


Figura 2.1. TPI (Gagne, 1977)

En dicho modelo aparecen tres bloques principales: sensores, memoria de trabajo (muy limitada en capacidad y tiempo de memorización) y memoria de larga duración (de mayor capacidad y tiempo de almacenamiento que la memoria de trabajo). En líneas generales, el proceso se modela del siguiente modo: en primer lugar, nuestros sentidos (sensores) son estimulados. A continuación, aquello que nos llama la atención (lo que puede identificarse gracias al conocimiento previo del que disponemos) se almacena temporalmente en la memoria de trabajo, mientras que lo desconocido pasa desapercibido.

Seguidamente, de la información almacenada en la memoria de trabajo, una parte es procesada con detalle pasando después a la memoria de larga duración, mientras que el resto es pronto olvidado. La información de la memoria de larga duración queda disponible para localizarla cuando sea necesario con el fin de generar una respuesta cognitiva en una situación posterior (Feden & Vogel,

2002). En esta teoría se habla fundamentalmente de dos tipos de conocimiento: el declarativo y el procedural. El primero de ellos hace referencia a hechos, conceptos e ideas, mientras que el segundo se refiere al conocimiento de cómo hacer algo. El conocimiento declarativo es el conocimiento del QUÉ, mientras que el procedural es el conocimiento del CÓMO.

Las estrategias más defendidas para promover el paso de conocimiento declarativo a la memoria de larga duración proponen la conexión de conocimientos previos con los nuevos, así como el uso de herramientas de representación visual de conceptos e ideas que permitan facilitar dichas conexiones (un buen ejemplo de estas herramientas son los mapas conceptuales, desarrollados por Joseph Novak (Monagas, 1999; Novak & Golwin, 2004). En referencia al conocimiento procedural, la idea más defendida es la que propone aprender dicho conocimiento a través de la práctica y la realimentación (Kolb, 1984). Y cuanto más concreta y específica sea esta realimentación, mucho mejor. Según Gagne, ciertas acciones se producen solo bajo determinadas condiciones, de manera que practicando dichas acciones bajo esas condiciones, y recibiendo la realimentación adecuada, el estudiante desarrollará el conocimiento procedural asociado, interiorizándolo y poniéndolo en práctica de forma automática en el futuro sin pensar en ello (Gagne, Yekovich & Yekovich, 1997).

Desde el enfoque presentado por la TPI, ningún tipo de conocimiento es adquirido a menos que sea captado por los sensores, pase a la memoria de trabajo y, posteriormente, pase a la memoria de larga duración. Esto implica que un factor primordial es el grado de atención, ya que para que un estímulo pase a la memoria de trabajo, primero debe ser reconocido. Un factor muy vinculado a la atención es la motivación, y desde esta teoría se hace referencia a dos tipos de motivación: la extrínseca, que proviene del entorno, y la intrínseca, que proviene del interior del alumno y se

basa en objetivos y expectativas personales, destacando la segunda sobre la primera.

La TPI asume la importancia de la motivación intrínseca ya que supone que el estudiante posee una necesidad interna de dar sentido al mundo en el que vive. Es similar a la noción de equilibrio apuntada por Piaget: los aprendices humanos intentan mantener un estado de equilibrio o de paz con sus mundos cognitivos a través de la organización y la adaptación (Santamaria, 2004). Es decir, los humanos imponen orden sobre la información que reciben del entorno y cuando aparece una nueva información, por naturaleza, intentan incorporarla al conocimiento que poseen, mediante un proceso que Piaget denominó *asimilación*. Si no pueden incorporarla al conocimiento previamente adquirido, adaptan su conocimiento a través del proceso de *acomodación*, que permite ajustar la nueva información al conocimiento existente (Piaget, 2001). Después de eso, pueden asimilar la nueva información y conseguir un nuevo estado de equilibrio.

La teoría de la Recepción Significativa o teoría del Aprendizaje Verbal Significativo de David Ausubel pone el contrapunto a las teorías constructivistas. Su teoría defiende que los contenidos deben ser expuestos ante el alumno, no descubiertos por este, pretendiendo posteriormente que el estudiante no se limite a memorizar la información que le ha sido suministrada (Ausubel, Novak & Hanesian, 2005). Ausubel llamó a esto aprendizaje receptivo significativo que, según él, es el mecanismo por excelencia en el ser humano para adquirir y almacenar ideas e informaciones (García Rueda, 2002). Para Ausubel, adquirir nuevo conocimiento depende fundamentalmente de las estructuras cognitivas existentes previamente en el aprendiz. Así, la información nueva será más fácilmente aprendida si está relacionada con los conocimientos previos del estudiante. Ausubel defiende el uso de *organizadores*

previos que actúen de puente entre los nuevos materiales y las ideas ya existentes en la mente del estudiante (Rodríguez, *et al*, 2008).

2.1.2.- Otros métodos aplicables en el aula. De la tradición a la innovación

Un docente que aplique el enfoque conductivista, probablemente se limitará a dar sus clases magistrales a los alumnos, confiando en que con esa metodología, estos aprenderán directamente lo que él les transmite. Sin embargo, el resto de las teorías presentadas en los apartados anteriores defiende que el conocimiento debe ser generado por el propio alumno (incluso las teorías de Ausubel, que podemos considerar a caballo entre el conductismo y el constructivismo, defienden que debe ser el alumno quien conecte el nuevo conocimiento con el que ya posee con el fin de interiorizarlo y asimilarlo).

Por lo tanto, el docente que comparta esas otras teorías debe facilitar al alumno las actividades adecuadas para ayudarlo a alcanzar el conocimiento que persigue. Las horas en el aula deben dejar de ser únicamente la combinación de un profesor que no para de hablar con unos alumnos que no paran de tomar apuntes. Las clases han de incorporar los aspectos innovadores necesarios que conduzcan la actividad que en ellas se realiza hacia este nuevo paradigma de la formación. Una innovación, tal y como afirma Claudi Alsina (Claudi Alsina, 2005), que nos lleve a probar recursos nuevos.

Existen actualmente diversas estrategias y metodologías aplicables en el aula que tienen como objetivo centrar el aprendizaje en el alumno y no en el profesor. Metodologías que se concentran más en el término *aprendizaje* que en el vocablo *enseñanza*, y que promueven el trabajo en equipo y la conexión de conceptos por parte

del alumno. En este punto se hace una breve presentación de algunas de las más representativas y conocidas.

El método de Aprendizaje Basado en Problemas (Problem Based Learning) se aplicó por vez primera en la Universidad de McMaster en Canadá, en la década de los 60, en estudios de medicina, y progresivamente fue incorporado al currículo en numerosas facultades de medicina de todo el mundo. Actualmente se aplica también en otras disciplinas y áreas de conocimiento. Consiste en plantear un problema a un grupo de alumnos para que lo desarrollen conjuntamente, y conducirles a través del procedimiento de investigación adecuado para resolverlo. Es decir, se plantea a los alumnos el problema y el profesor les orienta adecuadamente para que estos alcancen una posible solución.

Los problemas propuestos suelen ser interdisciplinarios y extraídos del mundo real, con mucha información asociada que el alumno debe procesar previamente para identificar la que es significativa y la que no lo es. Este tipo de problema, que David Jonassen (Jonassen, 2004) denomina *ill structured*, exige a los alumnos utilizar conocimientos y habilidades de diferentes temáticas. Durante el proceso, los alumnos deben detectar qué nuevos conocimientos necesitan para resolver el problema propuesto, y posteriormente adquirir dichos conocimientos por sí mismos.

El profesor, durante el proceso, realiza una tarea de validación y guía constante del grupo para garantizar que los estudiantes alcanzan finalmente los objetivos marcados en la actividad. Con la aplicación de este método, el profesor cambia las clases magistrales por sesiones de orientación con cada uno de los grupos. Además, debe mantenerse en contacto con profesores de otras disciplinas que también actúan de asesores de los alumnos durante la realización del ejercicio propuesto (no debe olvidarse que el

problema propuesto abarca diferentes disciplinas) en el que destacan los aspectos epistemológicos del conocimiento.

La Universidad de Maastricht en Holanda, la de Aalborg en Dinamarca, las de Queen o McMaster en Canadá o el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey en Méjico son algunas referencias importantes en la aplicación de esta metodología.

En la web correspondiente a la facultad de ciencias de la salud de la Queen's University puede encontrarse el documento *Problem-based learning. Student/tutor handbook* (Queen's University, 2007) que constituye una guía introductoria a la aplicación de esta metodología muy interesante para profesores y estudiantes. No menos interesantes son *El Aprendizaje Basado en Problemas como técnica didáctica* (Instituto Tecnológico y Estudios Superiores de Monterrey) y el *Aprendizaje basado en problemas* (Universidad Politécnica de Madrid).

Si buscamos referencias más cercanas a nuestra Universidad que acentúen la aplicación de esta metodología, podemos destacar como pioneras, en el ámbito de las ingenierías, la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Cerdanyola del Vallés de la Universitat Autònoma de Barcelona, y la Escola Politècnica Superior de Castelldefels de la Universitat Politècnica de Catalunya.

En las referencias indicadas a continuación pueden consultarse algunas de las muchas experiencias realizadas recientemente en universidades de nuestro país utilizando el aprendizaje basado en problemas como técnica docente central: en la Universidad de Alcalá; en la Universidad Complutense de Madrid (Molina Martínez *et al.*, 2008), en la Universidad de Valladolid (Martínez *et al.*, 2006), en la Universidad Politécnica de Valencia (Vilaplana *et al.*, 2004), Universidad Autónoma de Madrid (Molina Ortiz *et al.*, 2003), en la Universitat de Barcelona (Casals *et al.*, 2005).

APL es una potente herramienta para promover el conocimiento profundo de problemas de la vida real, ya que coloca a los estudiantes en situaciones reales que deben ser resueltas, y promueve el trabajo en equipo, permitiendo el desarrollo de las habilidades sociales que entran en juego durante el proceso. Sin embargo, es una metodología que consume mucho tiempo tanto de los alumnos como del profesor, ya que este debe hacer un seguimiento constante de la evolución del grupo para orientarlo adecuadamente en todo momento.

Constituye, por tanto, una metodología cuya aplicación es más asequible si la ratio de alumnos por profesor es reducida. En cualquier caso, conviene destacar la gran importancia que tiene la formación previa del profesor en la utilización de esta metodología para garantizar los resultados deseados tras su aplicación.

El método de estudio del caso se basa en el estudio detallado de experiencias y situaciones de la vida real. Se describe un problema o una situación y se compromete a los estudiantes en una actividad que requiere una solución final.

Se diferencia de la metodología APL en la naturaleza de los problemas propuestos. En este caso, los problemas están más acotados, se presentan mejor estructurados que los utilizados en APL y, normalmente, requieren de los alumnos habilidades y conocimientos ya adquiridos (Feden & Vogel, 2002). Al igual que sucedía con la aplicación del APL, dado que los casos representan situaciones complejas de la vida real, es factible poner en práctica habilidades de trabajo grupal tales como la negociación, el manejo de conflictos, la toma de decisiones y la comunicación efectiva.

El aprendizaje cooperativo es una estrategia de trabajo que hace referencia a la filosofía que debe seguirse al trabajar en equipo, y no tanto al tipo de problemas trabajados. Es decir, que podemos utilizar

el estudio del caso, por ejemplo, y explotarlo en clase siguiendo las directrices del aprendizaje cooperativo.

De forma breve podría definirse el aprendizaje cooperativo como una actividad docente que persigue que el trabajo conjunto de los miembros de pequeños grupos de estudiantes maximice el aprendizaje de todos los miembros del grupo. En esta actividad, el profesor planifica la tarea que debe realizarse y los estudiantes la desarrollan de forma colectiva y coordinada. Cada estudiante es el único responsable de que su aportación al grupo permita que este progrese adecuadamente. De su éxito o fracaso depende el resto del grupo. A continuación se citan los principios necesarios para poner en práctica esta metodología, basados en la trilogía de Ramón Ferreiro (Ferreiro, 2006):

- PRINCIPIO RECTOR. El profesor aprende mientras enseña y el alumno enseña mientras aprende. El profesor tiene un rol de mediador.
- PRINCIPIO DE LIDERAZGO DISTRIBUIDO. Todos los estudiantes son capaces de entender, aprender y desarrollar tareas de liderazgo.
- PRINCIPIO DE AGRUPAMIENTO HETEROGÉNEO. Los equipos de alumnos efectivos son heterogéneos e incluyen alumnos de uno y otro sexo, procedencia social, niveles de habilidad y capacidades físicas.
- PRINCIPIO DE INTERDEPENDENCIA POSITIVA. Los estudiantes necesitan aprender a conocer y valorar su dependencia mutua con los demás. Una interdependencia positiva se promueve haciendo que el éxito del grupo exija el éxito de cada uno de sus miembros.
- PRINCIPIO DE ADQUISICIÓN DE HABILIDADES. Para que el grupo trabaje de forma efectiva los alumnos que lo componen deben

adquirir y desarrollar habilidades sociales específicas que promuevan la cooperación y el mantenimiento del equipo.

- PRINCIPIO DE AUTONOMÍA GRUPAL. Uno de los objetivos perseguidos es que los grupos de estudiantes puedan solucionar mejor sus propios problemas sin ser rescatados por el profesor. Los alumnos que solucionan sus problemas son más autónomos y autosuficientes.

A nivel internacional destaca el Cooperative Learning Center, perteneciente a la Universidad de Minnesota y codirigido por los hermanos David y Roger Johnson. Este centro de formación e investigación se centra en el estudio de cómo deberían interactuar los estudiantes (de todos los niveles) entre sí para aprender y en las habilidades necesarias para que la interacción se produzca de manera efectiva.

En un ámbito más cercano cabe destacar el Grupo de interés en Aprendizaje Cooperativo perteneciente a la Universidad Politécnica de Cataluña. Este centro fue creado por un grupo de profesores (mayoritariamente de la UPC) después de que un seminario impartido en dicha universidad por Roger y David Johnson, en febrero de 2000, despertara en ellos el interés por esta manera de trabajar con los alumnos. Desde el año 2000, el GIAC organiza anualmente las jornadas Jornadas sobre Aprendizaje Cooperativo que reúne a profesores universitarios de todo el territorio nacional que aplican el aprendizaje cooperativo en la docencia de sus respectivas asignaturas.

A continuación se indican varias referencias consultadas sobre experiencias realizadas recientemente en universidades de nuestro país utilizando, como técnica docente central, el aprendizaje cooperativo: EPSCUPC (Sánchez Robert & Casanella Alonso, 2004), en la UPV (Vilaplana *et al.*, 2004), en la EUITIBUPC (Pérez-

Poch, 2006), en la UAM (Acuña, 2006) y en la FCEUG (Trigueros *et al.*, 2010).

El aprendizaje colaborativo es un enfoque que se centra en la interacción y aporte de los integrantes de un grupo en la construcción del conocimiento. En otras palabras, es un aprendizaje que se logra con la participación de partes que forman un todo.

El aprendizaje colaborativo es *«un sistema de interacciones cuidadosamente diseñado que organiza e induce la influencia recíproca entre los integrantes de un equipo. Se desarrolla a través de un proceso gradual en el que cada miembro y todos se sienten mutuamente comprometidos con el aprendizaje de los demás generando una interdependencia positiva que no implique competencia»* (Johnson & Johnson, 1999).

En este tipo de aprendizaje se busca compartir la autoridad, aceptar la responsabilidad y el punto de vista del otro, lograr consenso con los demás dentro del grupo. Para que esto se lleve a cabo, es indispensable compartir experiencias y conocimientos y tener una clara meta grupal donde la retroalimentación juega un papel fundamental. *"Lo que debe ser aprendido solo puede conseguirse si el trabajo del grupo es realizado en colaboración. Es el grupo el que decide cómo realizar la tarea, qué procedimientos adoptar, cómo dividir el trabajo, las tareas que se deben realizar, etc"*. (Gros Salvat, 2000).

Este enfoque pretende desarrollar en el alumno habilidades personales y sociales, logrando que cada integrante del grupo se sienta responsable no solo de su aprendizaje, sino del de los restantes miembros del grupo (Lucero *et al.*, 2003).

El rol del profesor es diseñar cuidadosamente la propuesta, definir los objetivos, los materiales de trabajo, dividir el trabajo en subtareas, ser un mediador cognitivo en cuanto a proponer preguntas esenciales que apunten a la construcción del

conocimiento y no a la repetición de información obtenida y, finalmente, tutorizar el trabajo resolviendo cuestiones puntuales individuales o grupales según sea el emergente.

Después de esto, la responsabilidad de aprendizaje recae en los alumnos ya que son ellos quienes toman decisiones de cómo organizar y buscar estrategias para resolver la tarea. Seguidamente indicamos los principios necesarios para poner en práctica esta metodología basados en Lucero (Lucero, 2003):

- **INTERDEPENDENCIA POSITIVA.** Este es el elemento central; abarca las condiciones organizacionales y de funcionamiento que deben darse en el interior del grupo. Los miembros del grupo deben necesitarse los unos a los otros y confiar en el entendimiento y éxito de cada persona. Considera aspectos de interdependencia en el establecimiento de metas, tareas, recursos, roles, premios.
- **INTERACCIÓN.** Las formas de interacción y de intercambio verbal entre las personas del grupo, movidas por la interdependencia positiva, afectan a los resultados de aprendizaje. El contacto permite realizar el seguimiento y el intercambio entre los diferentes miembros del grupo; el alumno aprende de ese compañero con el que interactúa día a día, o él mismo le puede enseñar pues cabe apoyarse y apoyar. En la medida en que se posean diferentes medios de interacción, el grupo podrá enriquecerse, aumentar sus refuerzos y retroalimentarse.
- **CONTRIBUCIÓN INDIVIDUAL.** Cada miembro del grupo debe asumir íntegramente su tarea y, además, tener los espacios para compartirla con el grupo y recibir sus contribuciones.
- **HABILIDADES PERSONALES Y DE GRUPO.** La vivencia del grupo debe permitir a cada uno de sus miembros el desarrollo y la potenciación de sus habilidades personales. De igual forma,

debe permitir el crecimiento del grupo y la obtención de habilidades grupales como: escucha, participación, liderazgo, coordinación de actividades, seguimiento y evaluación.

Tanto el aprendizaje cooperativo como el colaborativo se basan en el modelo de la interacción social. Su autor, Lev Semionovich Vygotsky, es considerado el precursor del constructivismo social. Su teoría plantea que el aprendizaje no se debe considerar como una actividad individual, sino más bien social.

Es decir, concede mucha relevancia a la interacción social. Podría sostenerse que el estudiante aprende más eficazmente cuando lo hace en forma cooperativa ya que el profesor, por el hecho de ser experto en su disciplina, imparte su enseñanza como experto en la materia. Para el alumno puede no ser significativo por la forma en que el experto ve lo que está enseñando; por el contrario, los pares son individuos que interpretan lo que escuchan y al comunicar este aprendizaje lo entienden ellos mismos y los que están a su alrededor. Para Vygotsky, el conocimiento es un proceso de interacción entre el sujeto y el medio, pero el medio entendido social y culturalmente.

En esta teoría, llamada también constructivismo situado, el aprendizaje tiene una interpretación audaz: solo en un contexto social se logra aprendizaje significativo. Es decir, contrariamente a lo que está implícito en la teoría de Piaget, no es el sistema cognitivo lo que estructura significados, sino la interacción social.

El intercambio social genera representaciones interpsicológicas que, eventualmente, se han de transformar en representaciones intrapsicológicas, que son las estructuras de las que hablaba Piaget. El constructivismo social no niega nada de las suposiciones del constructivismo psicológico; sin embargo, considera que está incompleto. Lo que pasa en la mente del individuo es

fundamentalmente un reflejo de lo que pasa en la interacción social (Lucero, 2003).

El aprendizaje cooperativo y el colaborativo buscan que el alumno interactúe con los pares y a partir de esa interacción aumente su aprendizaje. Para que esto se logre, es imprescindible que los profesores ayuden a los alumnos a ser responsables de su propio aprendizaje.

En otras palabras, las actividades que se planean para que la interacción ocurra deben ser muy bien diseñadas ya que los alumnos, por el hecho de ser jóvenes, podrían intentar zafarse de un rol o de su parte del trabajo. Las actividades que buscan el aprendizaje cooperativo y colaborativo deben planificarse de forma rigurosa y anticipada.

El origen de todo conocimiento no es, entonces, la mente humana, sino una sociedad dentro de una cultura encuadrada en una época histórica. El lenguaje es la herramienta cultural de aprendizaje por excelencia.

El individuo construye su conocimiento porque es capaz de leer, escribir y preguntar a otros y preguntarse a sí mismo sobre aquellos asuntos que le interesan. Aún más importante es el hecho de que el individuo construye su conocimiento no porque sea una función natural de su cerebro sino porque literalmente se le ha enseñado a construir a través de un diálogo continuo con otros seres humanos. No es que el individuo piense y de ahí construya, sino que piensa, comunica lo que ha pensado, confronta con otros sus ideas y de ahí construye. Desde la etapa de desarrollo infantil, el ser humano está confrontando sus construcciones mentales con su medio ambiente (Lucero, 2003).

En la práctica, esta concepción social del constructivismo se aplica en el trabajo cooperativo y colaborativo. En este modelo, el rol del docente cambia. Es moderador, coordinador, facilitador,

mediador y, también, un participante más. Los alumnos son protagonistas de su aprendizaje, se comunican, cooperan y colaboran mutuamente con el fin de aprender, lo que produce un ambiente de confianza e interacción social que favorece la adquisición del aprendizaje y, sobre todo, de las relaciones socio-afectivas.

Como indica Lucero, el aprendizaje cooperativo y el colaborativo se diferencian en tres puntos básicos. El primero es que el aprendizaje cooperativo tiene como fin la construcción de nuevas ideas con la contribución de pares, lo cual favorece especialmente a los estudiantes con más dificultades y enriquece a aquellos más aventajados. Por su lado, el aprendizaje colaborativo tiene como objetivo que cada estudiante desarrolle nuevas ideas y cree en conjunto con los pares de trabajo. Este tipo de metodología busca que cada alumno haga su mejor aporte a un fin común, lo que no abarcará necesariamente a aquellos estudiantes con dificultades de aprendizaje.

Otro punto fundamental es la responsabilidad que tiene el profesor. En el aprendizaje cooperativo, el profesor propone un problema y determina el rol de cada estudiante para su solución, por lo que cada alumno se responsabiliza de una parte de la solución de la tarea. En el aprendizaje colaborativo, el profesor propone la actividad y se transforma en un guía; es decir, acompaña a los alumnos en su trabajo, pero son ellos mismos los responsables de su resultado. Él no se encarga de determinar los roles o de predeterminar los pasos del proceso.

Finalmente, el enfoque colaborativo requiere de mayor preparación para lograr buenos resultados con grupos de estudiantes (Bruffee, 1995). Vale decir que el aprendizaje cooperativo es una metodología que se podría utilizar para la mejora de capacidades de grupos de alumnos heterogéneos. Esta

diferencia puede delimitar su uso; es decir, es necesario diagnosticar al grupo que será sometido a esta metodología de trabajo. Es imperativo saber con qué nivel de responsabilidad, motivación y preparación se cuenta para tomar la decisión de cuál de los dos modelos de aprendizaje (cooperativo y colaborativo) se adoptará.

2.2.- LA INTELIGENCIA HUMANA

El estudio de la inteligencia humana, así como los factores que la componen, ha sido un tema que ha interesado a multitud de disciplinas, especialmente la filosofía, la medicina, la psicología y la pedagogía. También ha sido un factor tratado por infinidad de autores.

Según José Antonio Marina (Marina, 2001b), es la capacidad del ser humano para adaptarse al entorno y a situaciones nuevas, especialmente, la capacidad de modificar dicho entorno de acuerdo con sus necesidades y deseos (de origen biológico, cultural o personal).

Si en algo están de acuerdo todos los autores es en que no hay un criterio absoluto en la definición del concepto inteligencia, pero también se puede deducir fácilmente por simple observación que las personas no resolvemos con igual efectividad situaciones o problemas que consideramos intelectualmente exigentes, como resolver un puzle, un crucigrama o un cálculo mental.

La inteligencia es una capacidad general que engloba múltiples habilidades cognitivas. Implica, entre otras, la aptitud para razonar, planificar, resolver problemas, pensar en modo abstracto, comprender ideas complejas, aprender con rapidez o aprender de la experiencia. Es razonable pensar entonces que, para estudiar la inteligencia, es útil analizar las capacidades cognitivas que se derivan de ella.

Dentro del estudio de la inteligencia han surgido diversas teorías. Entre las más conocidas encontramos las Psicométricas o Diferenciales. La finalidad de estas teorías es medir las diferencias individuales entre las personas, en lo concerniente a las capacidades intelectuales y esto en un doble ámbito: en el escolar, para clasificar a los niños para la escolaridad y en el militar, como sucedió durante la Primera Guerra Mundial. Para ello se utilizan

métodos correlacionales o índices de covariación sobre los resultados obtenidos en la aplicación de tests de inteligencia.

Por otra parte, encontramos las teorías del procesamiento de la información. La perspectiva del procesamiento de la información, aborda el problema de la naturaleza de la inteligencia describiéndola como un sistema de procesamiento de la información en el que se produce su codificación, almacenamiento, organización y recuperación para llevar a cabo actividades. Son procesos intermedios que tienen lugar entre la presentación del estímulo y la respuesta y se infieren mediante los tiempos de reacción y los errores de la respuesta. Entre ellas encontramos la teoría Triárquica de Sternberg que trataremos más adelante.

Francis Galton, en el siglo XIX, fue uno de los primeros en estudiar la inteligencia. James McKeen Cattell en 1920 desarrolló una teoría incluyendo baterías de test para evaluar la inteligencia. Más adelante Alfred Binet argumentó que no se puede dar una sola definición de inteligencia, sino que deben sumarse las diferentes aptitudes mentales que la conforman. Stern (Stern, 1911) fue más allá y formuló el concepto de cociente intelectual.

Charles Spearman en 1940, recogiendo el trabajo de Binet definió el concepto en función de dos factores primarios, de los que dependen todos los demás. Creó una teoría bifactorial en la que existe un factor “g”, la inteligencia general (capacidad de establecer, crear y aplicar relaciones entre los conocimientos adquiridos a un nivel abstracto), y factores “s”, habilidades y capacidades responsables de las diferencias entre puntuaciones en diferentes tareas.

En 1938, Thurstone realizó una aportación de gran valor definiendo siete factores o aptitudes mentales primarias:

- **COMPRESIÓN VERBAL:** Es la capacidad para comprender material verbal, donde los test más usados son los de vocabulario y comprensión lectora.
- **FLUIDEZ VERBAL:** Consiste en la producción de palabras, sentencias y textos, por ejemplo, recordar palabras que comiencen por la letra A en un tiempo determinado.
- **HABILIDAD NUMÉRICA:** Realizar cálculos numéricos y resolver problemas simples, con rapidez y precisión.
- **MEMORIA:** Aptitud que supone en el recuerdo de series de palabras, letras, números o rostros. Se mide repitiendo palabras, números, etc. Mide la memoria a corto plazo.
- **RAPIDEZ PERCEPTIVA:** Esta aptitud implica el reconocimiento rápido de letras y números y en la capacidad de señalar semejanzas y diferencias entre distintos dibujos.
- **VISUALIZACIÓN ESPACIAL:** Consiste en la visualización de formas, rotación de objetos y tareas en las que se necesita encajar las piezas de un puzzle.
- **RAZONAMIENTO INDUCTIVO:** Esta aptitud implica la capacidad de razonar a partir de lo particular para llegar a lo general. Se mide con test de series de letras, serie de números y clasificación de palabras. Es la capacidad de ir de lo concreto a lo general.

Thurstone, en definitiva, estableció las bases de la psicometría actual.

En 1983, Howard Gardner (profesor universitario en la Universidad de Harvard) recogiendo la herencia de Thurstone presenta su teoría de las inteligencias múltiples en el libro (Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences). Gardner extiende el

concepto de inteligencia como la capacidad de resolver problemas o elaborar productos que sean valiosos en una o más culturas. Su aportación es clave ya que asume que la inteligencia es una destreza que puede ser desarrollada.

Gardner desglosa la inteligencia en ocho componentes:

- INTELIGENCIA LÓGICA-MATEMÁTICA: Capacidad de resolución de problemas y el pensamiento abstracto. Este tipo de inteligencia es frecuente en matemáticos, científicos y filósofos.
- INTELIGENCIA LINGÜÍSTICA: Es la capacidad de utilizar palabras de manera efectiva, en forma oral o escrita. Incluye la habilidad en el uso de la sintaxis, fonética, semántica y los usos pragmáticos del lenguaje. Alto nivel de esta inteligencia se ve en escritores, poetas, periodistas, políticos.

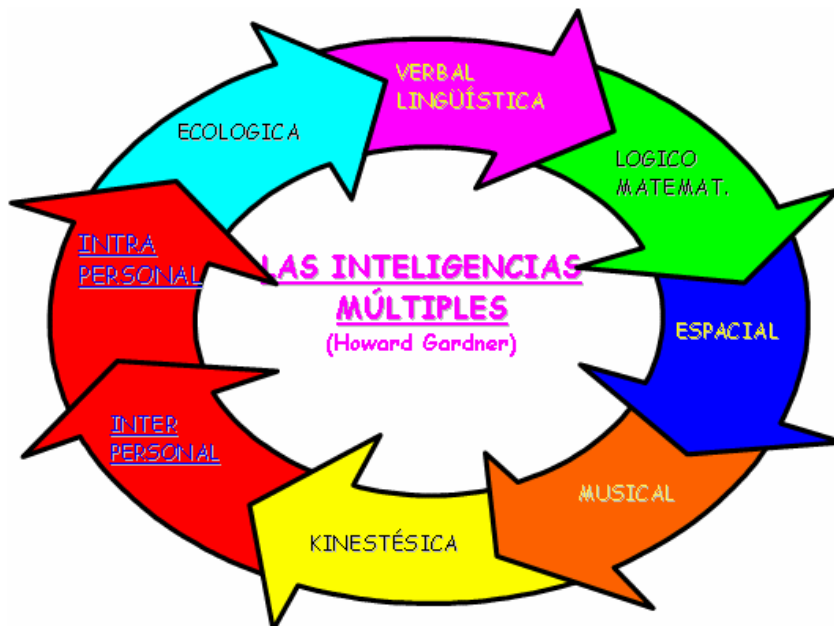


Figura 2.2. Teoría de las múltiples inteligencias

(<http://www.monografias.com/trabajos34/metacognicion-escuela/metacognicion-escuela.shtml>)

- **INTELIGENCIA ESPACIAL:** Es la capacidad de pensar en tres dimensiones. Es la habilidad para percibir el mundo, transformar las imágenes visuales o espaciales y recrear experiencias incluso en ausencia de estímulos físicos. Presente en ingenieros, pilotos, escultores, cirujanos, jugadores de ajedrez, arquitectos, etc.
- **INTELIGENCIA MUSICAL:** Es la capacidad de percibir, discriminar, transformar y expresar las formas musicales. Saber escuchar y juzgar. Incluye la sensibilidad al ritmo, al tono y al timbre. Está presente en compositores, directores de orquesta, críticos musicales, músicos y oyentes sensibles.
- **INTELIGENCIA CORPORAL-CINÉTICA:** Es la capacidad para usar todo el cuerpo en la expresión de ideas y pensamientos, y la facilidad en el uso de las manos para transformar elementos. Incluye habilidades de coordinación, destreza, equilibrio, como la capacidad kinestésica la percepción de medidas y volúmenes.
- **INTELIGENCIA NATURALISTA:** Es la capacidad de distinguir, clasificar y utilizar elementos del medio ambiente, objetos animales o plantas. Tanto del ambiente urbano como suburbano o rural. Incluye las habilidades de observación, reflexión y cuestionamiento de nuestro entorno. La poseen en alto nivel la gente del campo, botánicos, cazadores. Por ejemplo, Darwin.
- **INTELIGENCIA INTERPERSONAL:** Capacidad de comprender a los demás: cuales son sus motivos, cómo trabajar y cooperar con ellos: Presente en antropólogos, profesores. Por ejemplo Gandhi.
- **INTELIGENCIA INTRAPERSONAL:** Capacidad de percibir los propios sentimientos y el estado de ánimo. Incluye la

autodisciplina, autocompasión y la autoestima. Se encuentra muy desarrollada en psicólogos, psiquiatras y filósofos.

La aportación de Gardner es clave ya que impulsa las teorías actuales relacionadas con la inteligencia emocional. Relativiza la importancia del expediente académico y en general de las capacidades intelectuales.

Otro punto decisivo radica en la definición de la inteligencia como una capacidad. Definir la inteligencia como una capacidad la convierte en una destreza que se puede desarrollar. Gardner no descarta el componente genético, pero sostiene que esas potencialidades se van a desarrollar de una u otra manera dependiendo de factores como el medio, las experiencias vividas, la educación recibida, etc.

De manera que entendemos la inteligencia como un conjunto de habilidades independientes que conforman en cada persona una configuración única y singular.

Modelos anteriores enfatizaban el origen genético de la inteligencia como un todo único innato en el cual poco se podía incidir.

En definitiva Gardner propone un modelo donde la inteligencia se comporta como un conjunto de habilidades que se pueden entrenar y desarrollar mediante el entrenamiento, siendo claves aspectos como la motivación. Un deportista de alto nivel requiere de un entrenamiento intenso aunque sus capacidades innatas sean muy buenas.

Según esta teoría, todos los seres humanos poseen las ocho inteligencias en mayor o menor medida. Al igual que con los estilos de aprendizaje no hay tipos puros y, si los hubiera, les resultaría imposible funcionar. Un ingeniero necesita una inteligencia espacial

bien desarrollada, pero también necesita de todas las demás: de la inteligencia lógico matemática para poder realizar cálculos de estructuras, de la inteligencia interpersonal para poder presentar sus proyectos, de la inteligencia corporal-kinestésica para poder conducir su coche hasta la obra, etc. Gardner enfatiza el hecho de que todas las inteligencias son igualmente importantes y, según esto, el problema sería que el sistema escolar vigente no las trata por igual sino que prioriza las dos primeras de la lista, (la inteligencia lógico-matemática y la inteligencia lingüística) hasta el punto de negar la existencia de las demás.

Gardner asume que, teniendo en cuenta lo que se conoce sobre estilos de aprendizaje, tipologías de inteligencia y estilos de enseñanza, no tiene sentido seguir insistiendo en que todos los alumnos aprendan de la misma forma. La misma asignatura se podría presentar de formas muy diversas que permitan al alumno asimilarla partiendo de sus capacidades y aprovechando sus puntos fuertes. Además, tendría que plantearse si una educación centrada en solo dos tipos de inteligencia es la más adecuada para preparar a los alumnos para vivir en un mundo cada vez más complejo.

Las críticas a la teoría de Gardner han aparecido debido a las correlaciones existentes entre algunas habilidades. Por ejemplo, se han comprobado correlaciones positivas entre la habilidad numérica y la espacial. Estas críticas ponen en duda la clara separación propuesta por Gardner.

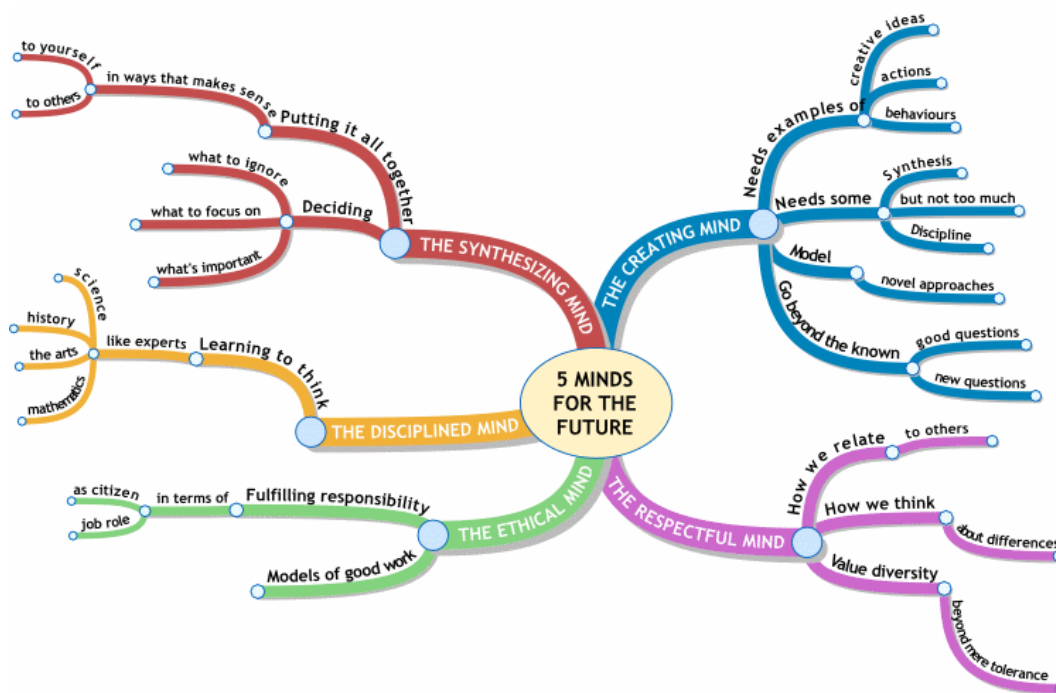


Figura 2.3. Five Minds For The Future

(<http://isaiahlim.wordpress.com/2006/10/15/five-minds-for-the-future/>)

En su libro Five Minds For The Future, Gardner propone tipos de habilidades que serán críticas para tener éxito en el siglo XXI:

- LA MENTE DISCIPLINARIA: el dominio de las grandes escuelas de pensamiento, incluyendo la ciencia, las matemáticas y la historia y de, al menos, un oficio profesional.
- LA MENTE SINTETIZADORA: la capacidad de integrar ideas de diferentes disciplinas o esferas en un todo coherente y comunicar esa integración a los demás.
- LA MENTE CREATIVA: la capacidad de descubrir y clarificar los nuevos problemas, preguntas y fenómenos.
- LA MENTE RESPETUOSA: el conocimiento y aprecio de las diferencias entre los seres humanos y los grupos humanos.
- LA MENTE ÉTICA: el cumplimiento de las responsabilidades propias como trabajador y como ciudadano.

Por otra parte, encontramos la teoría triárquica de la inteligencia desarrollada por Robert J. Sternberg en 1978, figura destacada en la investigación de la inteligencia humana. Dicha teoría fue de las primeras en ir contra el enfoque psicométrico y adoptar un acercamiento más cognitivo.

Sternberg define la inteligencia como la “actividad mental dirigida con el propósito de adaptación a, selección de o conformación de entornos del mundo real relevantes en la vida de uno mismo”. Es decir, la inteligencia se define básicamente como adaptación al cambio.

Además analiza determinados aspectos de la inteligencia: aspectos componenciales (procesar la información, pensar de forma crítica y analítica, planificar y evaluar estrategias), experienciales (enfrentar tareas novedosas, formular nuevas ideas y combinar experiencias) y contextuales (adaptación, selección o modificación del medio ambiente individual). Los recursos inteligentes no son elementos individuales que explican el funcionamiento inteligente, sino que interactúan con elementos del entorno y de la experiencia vivida.

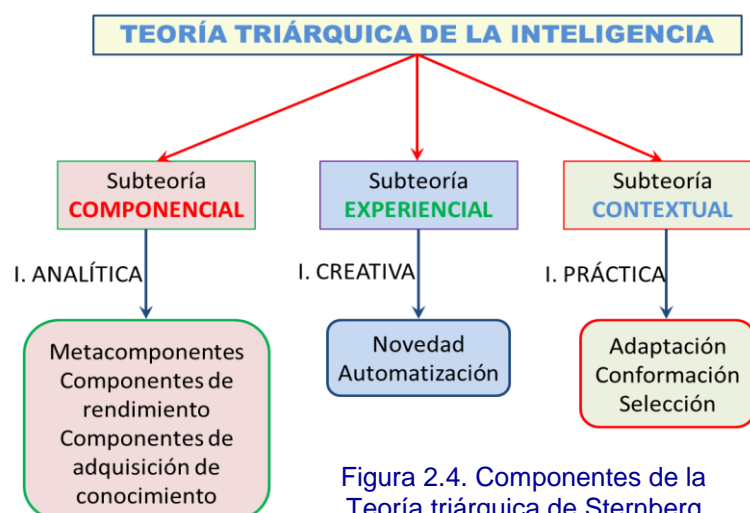


Figura 2.4. Componentes de la Teoría triárquica de Sternberg

Recientemente, diversos autores han proporcionado un sentido más amplio al concepto de inteligencia, incluyendo factores emocionales, sociales y culturales. Así Goleman (Goleman, 2012) define la inteligencia emocional como la *“forma de interactuar con el mundo que tiene muy en cuenta los sentimientos y engloba habilidades tales como el control de los impulsos, la autoconciencia, la motivación, el entusiasmo, la perseverancia, la empatía, la agilidad mental, etc. Estas habilidades configuran rasgos de carácter como la autodisciplina, la compasión o el altruismo, que resultan indispensables para una buena y creativa adaptación social.”*

Por otra parte, contempla cinco habilidades derivadas de la inteligencia emocional:

- PERCEPCIÓN Y EXPRESIÓN EMOCIONAL: Capacidad para reconocer de manera consciente qué emociones tenemos, identificar qué sentimos y ser capaces de verbalizarlo.
- FACILITACIÓN EMOCIONAL: Capacidad para producir sentimientos que acompañen nuestros pensamientos.
- COMPRENSIÓN EMOCIONAL: Habilidad para entender lo que nos pasa a nivel emocional, integrarlo en nuestro pensamiento y ser conscientes de la complejidad de los cambios emocionales.
- REGULACIÓN EMOCIONAL: Capacidad para dirigir y manejar las emociones de una forma eficaz.
- INICIATIVA Y PERSEVERANCIA en los proyectos elegidos.

Otros autores han concentrado su esfuerzo en destacar el componente creativo de la inteligencia. Marina (Marina, 2001b) comenta que la inteligencia no solo descubre las cosas como son, sino que también inventa posibilidades. Percibir es asimilar los estímulos dándoles un significado mediante un esquema. Recordar

es realizar el acto que pone en estado consciente una información poseída. Razonar es el acto de relacionar conceptos definidos de acuerdo con formas lógicas.

La creación necesita conocimientos y hábitos. Para solucionar un problema en un campo dado necesitamos información sobre ese campo concreto, pero también procedimientos generales sobre la resolución de problemas.

No obstante, en la investigación que nos ocupa nos interesa exclusivamente el componente espacial de la inteligencia. Dejando de lado la discusión acerca de los aspectos que debe incluir, nos concentraremos en el estudio de las habilidades espaciales y las herramientas disponibles para realizar su medición.

2.2.1.- Antecedentes en la Investigación de las habilidades Espaciales (HHEE)

La investigación en habilidades espaciales ha sido parte central del currículum en Ingeniería Gráfica desde hace bastante tiempo (Miller & Bertoline, 1991). En los últimos años, el interés ha ido creciendo debido a las novedades y el impulso generado por la aparición de la informática gráfica.

Ya por el año 1880, Francis Galton informa de los estudios que desarrolla sobre imágenes mentales. Desde entonces, los investigadores han intentado definir las habilidades espaciales de muchas maneras y desde distintas perspectivas, discutiendo sobre los sub-factores que la componen y sobre los métodos para medirla. El International Dictionary of Spatial Tests (Eliot & Smith, 1983) identifican cuatro fases en la investigación en este campo.

La primera fase (ver [Tabla 2.1](#)) abarca las contribuciones desde 1880 a 1940, donde los investigadores identifican la capacidad espacial como un factor independiente de la Inteligencia General.

Aunque es Galton quien en 1880 inicia la investigación, no es hasta principios de 1920 cuando comienzan a aparecer las publicaciones que ponen su atención en la capacidad espacial. El trabajo de Thorndike en 1921, Kelly en 1928 y Thurstone en 1938 es responsable de que sea considerada una capacidad independiente de la Inteligencia General.

En la segunda fase, desde los años 1940 hasta 1960, se centran en intentar definir la capacidad espacial e identificar los sub-factores principales que la componen. Debido a las distintas técnicas utilizadas y el uso de diferentes test, se adoptaron nombres y definiciones contradictorias. Además, se incluyó la discusión sobre el número de sub-factores considerados (Hegarty & Waller, 2004). Pero es a consecuencia de la evaluación a gran escala de las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos, realizada por L.G. Humphreys, cuando la capacidad espacial obtiene un importante respaldo (Guilford & Zimmerman, 1952).

Al final de este periodo los investigadores estaban de acuerdo en que la capacidad espacial no era un sistema unitario y que existían diversos test para medirla (citado en Eliot & Smith, 1983).

Período	Temas
1880-1940	<p>Los estudios psicométricos identifican la capacidad espacial como un factor independiente de la Inteligencia General. Los investigadores tratan de identificar un factor único de HHEE.</p> <p>Las investigaciones anteriores no consideraban las HHEE en sus estudios sobre inteligencia.</p> <p>La habilidad verbal era considerada prácticamente como factor único a tener en cuenta para medir la inteligencia. Se inician los primeros estudios en HHEE.</p>
1940-1960	<p>Existe acuerdo en que la capacidad espacial está formada por múltiples factores.</p> <p>Comienzan a emerger los estudios de evaluación.</p> <p>Se empiezan a identificar sub-factores dentro de las HHEE.</p> <p>Se separan dos factores bien diferenciados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Habilidad para reconocer configuraciones espaciales • Habilidad para manipular dichas configuraciones. <p>Se desarrollan test para medir las HHEE mediante lápiz y papel.</p>
1960-1980	<p>Estudios psicométricos sobre los aspectos cognitivos.</p> <p>Aparecen estudios sobre las diferencias y el desarrollo de la capacidad espacial en los individuos.</p> <p>Se tratan de separar varios factores asociados al concepto de HHEE. Se realizan múltiples estudios analizando las variaciones individuales en referencia a la edad, sexo y experiencia.</p> <p>Desde el análisis realizado por Elliot y Smith parece que entramos en otra fase en la que se analizan los efectos de la informática gráfica en el desarrollo de las HHEE y su medición. Dicha investigación empieza estableciendo el ordenador como herramienta de diseño 2D hasta la actualidad con el uso de herramientas de modelado en tres dimensiones (Devon, Jensen, Mohler y Sorby).</p>
1980-...	<p>Efecto de la tecnología en la medida, la evaluación y el desarrollo.</p>

Tabla 2.1. Períodos en la investigación de la capacidad espacial (Mohler, 2008)

La tercera fase, entre 1960 y 1980, intenta determinar las relaciones que pueden existir entre la capacidad espacial y variables como el género, el desarrollo cognitivo, la edad, las experiencias previas y los estilos de aprendizaje. Los estudios psicométricos de Witkin en 1950 y Gardner en 1957 pusieron su atención en cuestiones cognitivas como los estilos de aprendizaje. Piaget e Inhelder en 1971 examinaron la forma en que la capacidad espacial se desarrolla desde la infancia hasta la edad adulta. El trabajo de

Maccoby y Jacklin en 1974 es una buena contribución de referencia en lo que a diferencias de género se refiere.

Desde 1980 hasta hoy, los investigadores se han centrado en el impacto de la tecnología en la evaluación y la mejora de la capacidad espacial. En este periodo también se han realizado diversos meta-análisis sobre los estudios anteriores, nuevas clasificaciones y agrupaciones de las componentes de la capacidad espacial. En 1983, Eliot y Smith recopilan más de 200 instrumentos de medida (test), utilizados en las investigaciones que abordaban este tema. Consideran tres categorías: La Percepción Espacial, la Rotación Mental y la Visualización Espacial. Otros autores (Pellegrino *et al.*, 1984; Clements & Battista, 1992) consideraron dos categorías o factores que configuran la capacidad espacial: las Relaciones Espaciales y La Visión Espacial.

La investigación en este campo nos obliga a extraer referencias de otras disciplinas como las matemáticas, la psicología o la ciencia en general, ya que todas ellas han contribuido al desarrollo de la investigación. Por ejemplo, estudios recientes en el campo de la neurología han hecho importantes contribuciones en relación con el funcionamiento de habilidades cognitivas como la adquisición de conocimiento, memoria, etc., a través de los estudios con pacientes accidentados. Por lo que es probable que otras disciplinas confluyan y aporten nuevas perspectivas al conocimiento del desarrollo de las habilidades espaciales.

De acuerdo con la teoría del desarrollo cognitivo de Piaget e Inhelder (Piaget & Inhelder, 1956), las habilidades espaciales se desarrollan en 4 fases:

1. SENSOMOTORA (0-2 AÑOS)

Se adquiere conocimiento a través de la percepción. Se tiene un punto de vista egocéntrico del mundo.

2. INTUITIVA O PRE-OPERACIONAL (2-7 AÑOS)

Adquisición de habilidades en dos dimensiones. Se reconocen objetos y distancias entre ellos, su orden en un grupo y su situación en un entorno.

3. OPERACIONES CONCRETAS (7-12 AÑOS).

Se aprende a visualizar los objetos en tres dimensiones percibiendo su apariencia desde diferentes puntos de vista. También su apariencia si son rotados o transformados en el espacio.

4. OPERACIONES FORMALES (DESDE LOS 13 HASTA LA MADUREZ).

En este estadio la persona es capaz de visualizar conceptos como el área, el volumen y la distancia en combinación con la rotación, la traslación y la reflexión.

Como se ha expuesto, a lo largo del siglo XX ha existido un largo e intenso debate en torno a la inteligencia y a los factores que la componen. La competencia espacial tiene relación con el desempeño de un amplio espectro de actividades y su influencia se ha mostrado decisiva en tareas académicas ligadas al aprendizaje de saberes técnicos y de orden matemático.

En resumen, la estructura de la inteligencia incluye una componente denominada capacidad espacial, que se puede dividir en varias subcomponentes (dos o tres dependiendo de los autores). La inteligencia y sus diferentes componentes se pueden medir mediante test, cuyos resultados deben ser comparables mediante una serie de escalas y coeficientes. De esta historia de 100 años de investigación, una cosa parece estar clara: la capacidad espacial es un conjunto de tareas y habilidades cognitivas complejas, acerca de las que todavía hay muchas preguntas.

Como señala Arrieta (Arrieta, 2003), *“con frecuencia, las medidas de capacidad espacial son las únicas que discriminan [...] en trabajos como mecánico, arquitecto o piloto pero, a la vez, el*

desarrollo de esta capacidad no ha sido objeto de suficiente atención en las programaciones escolares: los contenidos geométricos asociados a ella se han tratado de manera deficitaria [...] debido al impulso de la llamada “matemática moderna”, a su formalismo y a la algebrización de la geometría [...]”

En sentido análogo, Rodríguez (Rodríguez *et al.*, 2001) señalan como un punto de inflexión el final de la década de los 50 y comienzos de la década de los 60, cuando, a raíz de la introducción de la matemática moderna, se produce un giro formalista en la enseñanza, se limita la enseñanza de la geometría elemental y, en el intento de profundizar en el rigor lógico, se deja de lado la intuición espacial, los procedimientos ligados con la percepción y la imaginación y las habilidades de dibujar, representar, construir figuras y modelos, armar y desarmar. Sin embargo, el conocimiento humano no solo tiene su punto de partida obligado en la captación sensible, sino que esta es la referencia constante en la que los conceptos abstractos se objetivan y cumplen su función de instrumentos de “lectura inteligible” de la realidad.

El Consejo Nacional de Investigaciones (National Research Council) de Estados Unidos, en un informe de 2006, señalaba que estas habilidades no son enseñadas de un modo universal y explícito; el pensamiento espacial está subestimado, poco reconocido dentro de la “familia” del pensamiento crítico, a pesar de hallarse correlacionado con los estándares nacionales en matemáticas y ciencias y de ser un prerrequisito para los logros en estas áreas, en particular en ingeniería y en tecnología.

La competencia espacial, entonces, como un conjunto de habilidades por las que la razón se prolonga en la imaginación, está implicada en todo tipo de saber y su desarrollo no debe limitarse a los primeros años de escolaridad.

Para entender qué es la capacidad espacial, es necesario distinguir entre aptitud, habilidad y capacidad espacial, términos relacionados entre sí, pero que se vienen utilizando de forma indistinta y que pueden crear cierta confusión conceptual.

LA APTITUD ESPACIAL se define como el potencial innato que tiene un individuo para visualizar, antes de realizar cualquier tipo de entrenamiento o tarea que pueda afectarle. Sin embargo, LA HABILIDAD ESPACIAL puede ser adquirida a través del entrenamiento. Algunos individuos pueden disponer de un mayor grado de aptitud innata, pero la mayoría de la gente puede adiestrar esta habilidad a través de la práctica (Sorby, Wysocky & Baartmans, 2003). La aptitud espacial contiene una carga mayoritariamente genética o hereditaria. Por ejemplo, todos los seres humanos nacemos con una cierta aptitud para hablar, pensar o caminar. La habilidad espacial, sin embargo, requiere del aprendizaje y del entrenamiento para poder concretarse. Por último, LA CAPACIDAD ESPACIAL supone la integración de aptitudes, habilidades y/o destrezas (ver Figura 2.5) (Sánchez Carlessi & Reyes Romero, 2003).

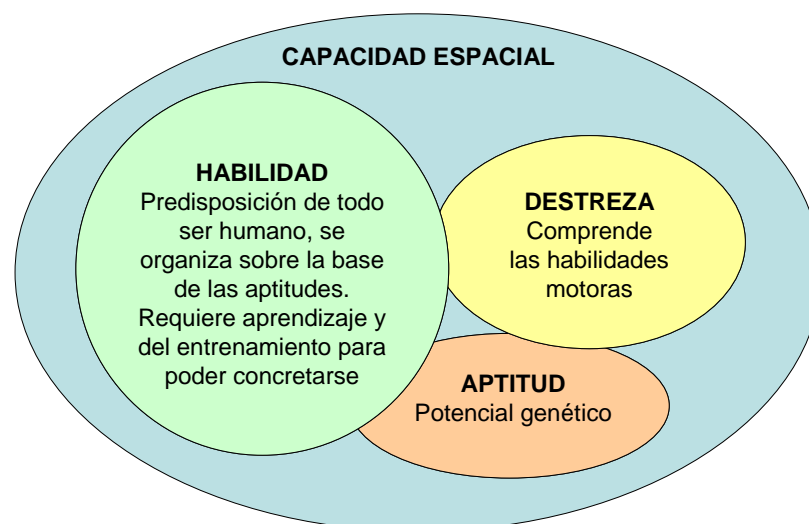


Figura 2.5. Aptitud, Habilidad y Capacidad Espacial (Sánchez Carlessi & Reyes Romero, 2003)

2.2.2.- Definición de Habilidad Espacial

No es fácil elaborar una definición de habilidad espacial. En realidad no existe una definición única puesto que dependiendo del enfoque con que el que se aborde, aparecen distintas facetas de la misma. Podemos entender que es la habilidad de manipular mentalmente los objetos y sus partes en un espacio bidimensional y tridimensional. Desde la perspectiva de su medición, la podemos conceptualizar como la habilidad de realizar rotaciones y comparaciones de figuras bidimensionales y tridimensionales por un lado (Relaciones espaciales) y la habilidad de reconocer piezas tridimensionales mediante plegado y desplegado de sus caras (Visión Espacial).

Los términos *Capacidad, Habilidad, Aptitud o Competencia* son utilizados en la vida cotidiana con significados distintos a los expresados en este trabajo. En el ámbito de esta tesis, la capacidad espacial se entiende como una componente de la inteligencia (factor espacial) en el contexto de la psicología y de la posibilidad de medirla mediante test psicotécnicos.

Esta capacidad integra aptitud, destreza y habilidad. Utilizaremos el término de Habilidades Espaciales para referirnos a la parte de la capacidad espacial que podemos adiestrar mediante entrenamiento.

Lohman (Lohman, 1985), distingue dos vertientes; por un lado, la que se inicia con los primeros enfoques psicométricos y factoriales, los cuales se centran en la exploración de la estructura de la llamada inteligencia espacial y, por otro lado, una línea más actual, de orientación cognitivista, que se interesa más bien por esclarecer los procesos de resolución de diversas tareas espaciales y las diferencias debidas a factores tales como el sexo, la cultura y la educación.

Para Lohman la competencia espacial es un aspecto de la capacidad intelectual que es unitaria en sí misma, pero está compuesta de múltiples subhabilidades que pueden estar más o menos acentuadas en las distintas personas y que influyen en el nivel de logros en diversos campos. Se reconoce que las habilidades espaciales se hallan implicadas en la resolución de problemas geométricos, en el dibujo técnico, en la interpretación de mapas, en las actividades de manejo de vehículos, en el diseño mecánico, en la educación física y en la danza, entre otras múltiples actividades tanto académicas como de la vida cotidiana.

Otros autores (Linn & Petersen, 1985) caracterizan la competencia espacial como la habilidad de representar, generar, recordar y transformar información simbólica no lingüística, la cual puede agruparse en tres categorías:

- **PERCEPCIÓN ESPACIAL:** Capacidad de ubicar, orientarse, hallar la referencia de la línea horizontal (por ejemplo, en las pruebas con recipientes que contienen líquido, anticipar la línea de este cuando se incline el recipiente). En general, las tareas de percepción espacial requieren usar el punto de gravedad, la vertical y, en este caso, las estrategias más exitosas son las que recurren a indicadores gravitacionales y cinestésicos, más que a índices simplemente visuales.
- **ROTACIÓN MENTAL:** Capacidad de girar mentalmente objetos bidimensionales o tridimensionales en bloque. Algunos autores (Shepard & Metzler, 1971; Shepard & Cooper, 1988) sugieren que esta habilidad se halla gobernada por un proceso semejante a una gestalt, un proceso cognitivo análogo a la rotación física.
- **VISUALIZACIÓN:** Habilidad de generar la imagen mental, efectuar transformaciones mentales y retener los cambios producidos. Las transformaciones son procesos complejos

que pueden darse por síntesis, movimiento o desarrollo de superficies con plegamientos (Lohman, 1985), ya sea en dos o tres dimensiones, a partir de un estímulo visual o de reconocer si otros objetos-estímulo corresponden (son los mismos que) al utilizado como referente.

En este tipo de tareas, se requieren varios pasos de manipulación mental que pueden incluir la rotación de partes, pero también en plegado, en reconocimiento de figuras o partes ocultas, los diseños de bloque, etc. Las estrategias de resolución son analíticas y el desempeño exitoso requiere flexibilidad mental para seleccionar la mejor estrategia. Guilford (Guilford & R. Hoepfner, 1969) llama a esta habilidad conocimiento de transformación de figuras (también pueden ser cuerpos, pero son presentados en el plano).

La visualización comprende acciones mentales de manipulación, rotación, inversión, identificación de cuerpos o figuras espejadas. Son tareas complejas, cuya resolución requiere varios pasos y estrategias analíticas (Lohman, 1985). Los problemas que evalúan esta habilidad presentan estímulos complejos en tres dimensiones que deben rotarse, reflejarse o plegarse mentalmente para reconocer la apariencia distinta en una nueva posición o ubicación del objeto-estímulo. Se distingue de la mera memoria visual, que se define (Michael *et al.*, 1951) como una manera estática o reproductiva de visualización. Previc (Previc, 1998) ha distinguido cuatro tipos de conductas espaciales:

- Tareas vasomotoras.
- Tareas de búsqueda visual y reconocimiento de objetos.

- Tareas que implican la orientación corporal dentro de espacios topológicos y que tienen que ver con el recuerdo de lugares y acontecimientos específicos.
- Conductas de orientación del cuerpo en un espacio gravitatorio, a fin de controlar la postura durante la locomoción.

Esta consideración amplía la perspectiva que, en su enunciación más clásica, distingue entre la competencia visual y la espacial (Kozhevnikov, Hegarty & Mayer, 2002); a la cual otros (McGee, 1979) llamaron orientación y visualización. Sin embargo, el número de factores que se han aislado fluctúa, y han llegado a enunciarse hasta diez (Lohman, 1985).

La competencia visual se refiere a representaciones de la apariencia visual de un objeto (forma, tamaño, color, brillo), mientras que la visualización, como se dice anteriormente en este trabajo, se refiere a la representación de relaciones espaciales de partes de un objeto, su ubicación en el espacio, sus movimientos, sus niveles de organización y sus transformaciones en el espacio. Esta última es la que se relaciona de manera más directa con la capacidad intelectual y el rendimiento académico en matemáticas. En efecto, se ha observado que los sujetos llamados icónicos tienen dificultad para interpretar grafos como representaciones esquemáticas de tipo abstracto y, en cambio, los interpretan como representaciones pictóricas, lo que conlleva dificultades en la resolución de problemas en ciencia y en matemática (Kozhevnikov, Hegarty & Mayer, 2002). Otras investigaciones (Gorgorió, 1998) muestran que los ingenieros, físicos y matemáticos tienen altos niveles de habilidad espacial, mientras que los artistas plásticos tienen bajos puntajes en las pruebas que evalúan esta habilidad, pero tienen mayor desarrollo de

la memoria visual. De allí que Gorgorió señale que *“es inapropiado seguir identificando habilidad espacial con procesamiento visual”*.

La visualización espacial se relacionaría con el aprendizaje matemático, en particular con la habilidad para traducir símbolos en imágenes (Fennema, 1985); en cambio, la actividad meramente icónica interferiría con el buen desempeño en matemáticas. La visualización se ha considerado también un proceso que forma parte de la resolución de problemas matemáticos, no solo de tipo geométrico, sino, en general, para establecer el significado del problema (Van Garderen, 2006).

De modo más global, otros estudios (Fennema & Sherman, 1978) han hallado correlaciones significativas entre visualización espacial y rendimiento académico en matemáticas. Las primeras clasificaciones de las habilidades espaciales mencionaban dos grandes categorías: reconocimiento (para tareas que requieren la percepción, retención y transformación de formas visuales bidimensionales) y manipulación (cuando las tareas exigen manipulación mental de formas visuales a través del plano).

La literatura más actual sobre el tema distingue, en general, tres tipos de habilidades:

- VISUALIZACIÓN. Ya comentada anteriormente.
- ORIENTACIÓN: es la conciencia del espacio que circunda al sujeto en términos de distancia, forma, dirección y posición (Renz & Nebel, 2007); la habilidad de juzgar tamaño, distancia y posiciones relativas (izquierda, derecha; arriba, abajo); es decir, de ubicarse en el espacio y también de mantener la orientación y postura corporal. Los aspectos espaciales referidos a la topología, la orientación y la distancia son adquiridos en ese orden en el desarrollo psicológico (Piaget & Inhelder, 1956). Considera que, en la comunicación cotidiana, la orientación se da en términos de

una categoría cualitativa (a la izquierda de, al norte de, etc.), cuyo marco de referencia puede ser otro objeto o una dirección.

- CAPTACIÓN DE RELACIONES ESPACIALES: son tareas más simples, con estímulos bidimensionales para copiar, completar la serie o rotar globalmente (a derecha o izquierda) el objeto como un todo. Las estrategias de resolución son holísticas. Thurstone (Thurstone, 1938) las llamó habilidades mentales primarias (PMA, por sus siglas en inglés).

Una diferencia importante entre la visualización y las relaciones espaciales es la velocidad de respuesta: la visualización implica complejidad de procesamiento, de ahí que las respuestas lleven más tiempo que en el caso de la captación de relaciones espaciales, que se da por *insight*.

Otros autores (D'Oliveira, 2004) agregan el dominio de habilidades espaciales dinámicas, por ejemplo, indicar cuál de dos objetos en movimiento llegará primero a la meta o anticipar el punto en que ambos coincidirán.

También Eliot y Czarnolewsky (Eliot & Czarnolewsky, 2007) amplían el concepto de habilidad espacial a partir del análisis de conductas cotidianas, incluidas habilidades tales como la estimación de la cantidad de material que se requiere para cubrir una superficie o de la capacidad de un recipiente; reconocer el camino de retorno en una ciudad no conocida, seguir instrucciones de danza, estimar tamaños, ensamblar objetos, volver a plegar un mapa desplegado, dibujar con precisión una porción de un objeto o escena, juzgar relaciones espaciales, tales como la verticalidad de un cuadro colgado, etc.

Se observa, por tanto, que no hay un acuerdo total ni sobre la naturaleza de las habilidades ni sobre el número y denominación de estas (Stumpf & Eliot, 1999).

Según el análisis Voyer y Bryden (Voyer & Bryden, 1995), existen tres tipos de habilidades espaciales:

- PERCEPCIÓN ESPACIAL, que se define como la habilidad para ignorar información irrelevante e identificar relaciones espaciales. La Percepción espacial incluye la habilidad para percibir la localización de objetos horizontal o verticalmente.
- ROTACIÓN MENTAL, que se define como la capacidad para rotar rápidamente y con exactitud objetos de dos y tres dimensiones en nuestra mente. Esta debe ser realizada de manera muy rápida y exacta.
- VISUALIZACIÓN ESPACIAL, que se define como la habilidad para manipular información compleja en el espacio, siendo necesario para ello realizar de una serie de pasos intermedios (Tuross & Ervin, 2000).

En consecuencia, el concepto de habilidad espacial cubre un abanico amplio de funciones cognitivas. En la actualidad existen multitud de tests y pruebas que permiten abordar los diferentes componentes de dicha habilidad (Sjölinder, 2006). Este hecho provoca que el concepto quede fragmentado en múltiples subfactores y resulta complicado encontrar una definición aceptada de forma unánime por toda la comunidad científica.

En general, se entiende por Habilidad Espacial la capacidad del ser humano para establecer relaciones de los objetos en el espacio y orientarse en él. Los científicos que han estudiado este tipo de funciones cognitivas han creado diferentes instrumentos y técnicas que engloban operaciones como:

- Rotar un objeto mentalmente.
- Reconocer patrones y formas.
- Manipular mentalmente una superficie y visualizar los resultados.
- Comprender la relación entre objetos y su posición respecto a planos de referencia.
- Visualizar mentalmente un objeto o volumen 3D desde diferentes puntos de vista.
- Recordar la apariencia y forma de un objeto observado previamente.
- Percibir las relaciones espaciales existentes observando directamente el entorno.

Gran parte del conocimiento de esta función cognitiva proviene como es lógico de la psicología. Liben (Liben, 1988) nos proporciona una adecuada aproximación a los conceptos relacionados con el tema. No obstante, encontramos dos componentes básicos de la habilidad del que derivan los demás, tal y como define McGee:

- **VISIÓN ESPACIAL (Spatial visualization):** Habilidad de manipular un objeto en un espacio 3D imaginario creando representaciones del objeto desde diferentes puntos de vista.
- **ORIENTACIÓN ESPACIAL (Spatial orientation):** Capacidad para controlar el espacio de nuestro entorno y predecir el movimiento y la posición de los objetos.

Aunque ambas habilidades requieren el uso de la memoria a corto plazo, la orientación espacial únicamente requiere manipulación mental de una configuración en dos dimensiones,

mientras que la visión requiere diversas operaciones en el espacio tridimensional. Se comprueba que la visión se relaciona con buen rendimiento en matemáticas mientras que la orientación va correlacionada con el sentido de la orientación (McGee, 1979).

Históricamente, el desarrollo de la Habilidad Espacial en el ser humano va unido a la adquisición del lenguaje y su evolución (McGee, 1979).

Destacamos entre dichas habilidades lo que algunos autores como Johnson (Johnson, 1990) han definido como Rotación Mental. Concretamente se refiere a la habilidad para rotar mentalmente objetos en dos y tres dimensiones.

La rotación mental tiene lugar en el hemisferio derecho del cerebro, al igual que otras habilidades espaciales y en general todo lo relacionado con la percepción. Autores como Jones (Jones & Anuza, 1982) o Hertzog (Hertzog & Rypma, 1991) han indicado la fuerte correlación existente entre la rotación espacial y la inteligencia.

Según ellos se distinguen cinco estadios cognitivos para la rotación mental:

- Creación mental de la imagen del objeto.
- Rotación mental del objeto hasta que la comparación sea posible.
- Realización de la comparación.
- Decisión (decidir si el objeto es igual o no).
- Comunicación de la decisión.

Tal y como observamos en el test escogido para medir esta habilidad (MRT, del que se tratará más adelante), en un test de rotación mental el sujeto debe observar objetos en 3D y compararlos

con un modelo. Normalmente nos encontraremos con parejas de imágenes, cada una con una rotación específica sobre el eje (0° , 60° , 120° o 180°). Algunas imágenes serán correctas y otras serán modificadas mediante la reflexión de la imagen (especular). El acierto y la rapidez con la que los sujetos discriminan entre las imágenes reflejadas y las imágenes correctas nos proporcionarán el índice de medida.

En los años 70, Roger Shepard y Jacqueline Metzler (Shepard & Metzler, 1971) investigaron el tiempo de respuesta en este tipo de ejercicios y comprobaron que el tiempo era directamente proporcional al ángulo de rotación. Es decir, cuanto más rotación se había efectuado sobre el modelo más tiempo empleaban los usuarios en encontrar la solución. Más adelante, Shepard y Cooper (Shepard & Cooper, 1988) proponen el término “*mental imagery facility*” para englobar la habilidad para rotar mentalmente imágenes.

En estos estudios queda patente que el eje de rotación no es clave en el tiempo empleado para realizar la tarea. Por lo tanto, los experimentos con rotaciones 2D en comparación con rotaciones en 3D no presentan diferencias significativas.

2.2.3.- Diferencias de género en las habilidades espaciales

Desde la publicación de Maccoby y Jacklin en 1974 (Maccoby & Jacklin, 1974), las diferencias de sexo en tareas espaciales, y especialmente en tareas de rotación mental, han sido debatidas de forma exhaustiva.

Aunque algunos estudios no han encontrado diferencias de género como es el caso de Caplan, MacPherson y Tobin (Caplan, MacPherson & Tobin, 1985), una gran cantidad de estudios han manifestado diferencias significativas en favor de los hombres (Linn & Petersen, 1985; Voyer & Bryden, 1995).

No obstante, donde se observan mayores diferencias en tareas de rotación mental es en la población adolescente y adulta, en contraste con las escasas diferencias encontradas entre pre-adolescentes, sean niños o niñas.

En el metaanálisis de Linn y Petersen se sugiere que depende del tipo de tarea espacial que se emplea, mostrando resultados contradictorios. Por ejemplo, se encuentran pequeñas diferencias en percepción visual, mayores diferencias en tareas de rotación mental a favor de los hombres, y no se encuentran diferencias en tareas de visualización espacial. Esto es consistente con los estudios de Geary, Gilger y Elliot-Miller (Geary *et al.*, 1992), que sí encontraron diferencias de género, especialmente en tareas de rotación mental.

Diversos estudios confirman que los hombres completan las pruebas con más rapidez y a la vez con menos errores que las mujeres. Podemos encontrar ejemplos en las investigaciones de Campos y Cofan (Campos & Cofan, 1986), Luehring y Altman (Luehring & Altman, 2000) o Cladellas (Cladellas, 2005).

En trabajos como el de Collins y Kimura (Collins & Kimura, 1997) encontramos que las diferencias entre los dos sexos se mantienen independientemente de que la tarea de rotación mental fuera realizada en dos o tres dimensiones.

Tal y como comenta Cladellas, existen diversas teorías que tratan de explicar las diferencias de género en la habilidad espacial (perspectivas biológicas y no biológicas). Una teoría socio-biológica es la presentada en la teoría de Hunter-Gathere de diferencias de género espaciales (Eals & Silverman, 1994). Esta teoría describe diferencias de género como resultado de la evolución humana. Los hombres eran cazadores, para lo que era necesario el desarrollo de habilidades espaciales.

También existen evidencias que intentan explicar las diferencias bajo una base biológica. Los hombres mostraban un incremento de

la actividad del hemisferio derecho mientras procesaban información espacial (Gur *et al*, 2000). Contrariamente, las mujeres no mostraban este incremento de nivel de actividad en el hemisferio derecho. En concreto, las mujeres mostraban más actividad bilateral en el procesamiento espacial. Una mayor activación espacial va asociada a una mayor actividad del hemisferio derecho. Un problema que se deriva de estos resultados es que las diferencias encontradas de lateralización no significan que una de las dos maneras de procesar la información sea mejor que la otra. La explicación es circular (Turos & Ervin, 2000).

A pesar de que varias investigaciones han mostrado diferente nivel de actividad cerebral en hombres y mujeres, todavía hoy existe controversia de cómo los aspectos sociales y el tipo de entorno pueden ser los principales causantes de estas diferencias. De acuerdo con Baenninger y Newcombe (Baenninger & Newcombe, 1989), los hombres han crecido en un entorno favorable para que participen en tareas en que se precisan habilidades espaciales. Por ejemplo, los hombres, de niños, son entrenados para participar en deportes y manejan juguetes que requieren una coordinación mano-ojo, los cuales contribuyen al desarrollo de estas habilidades.

2.2.4.- Las habilidades espaciales en la ingeniería

La habilidad para manipular mentalmente objetos y situaciones y realizar manipulaciones con las imágenes es una habilidad cognitiva vital para diversos campos, especialmente aquellos que requieren el trabajo con imágenes.

En los primeros cursos de los estudios en Ingeniería, algunos estudiantes presentan un nivel de habilidad espacial suficiente para afrontar las tareas de visualización y rotación que se les encomienda pero otros no demuestran el mismo nivel. Esto provoca que estos últimos experimenten dificultades al visualizar objetos en 3D

partiendo de una representación en 2D (Wiley, 1989). Como una amplia bibliografía demuestra, se trata de habilidades esenciales en la ingeniería debido a su relación con el diseño de la comunicación gráfica.

Tal y como se ha comentado anteriormente, se trata de una habilidad ampliamente reconocida como factor de predicción de éxito en diversas áreas, especialmente en las áreas tecnológicas (Strong & Smith, 2002). En general, los ingenieros deben ser capaces de resolver gráficamente estructuras, los cirujanos deben reconocer órganos mediante la visualización de su forma y los astrónomos deben interpretar la configuración de las galaxias.

La relación entre la habilidad espacial y el éxito en las áreas de ciencia y matemáticas ha sido corroborada en múltiples estudios en los últimos años (Carter, LaRussa & Bodner, 1986). Dichas habilidades constituyen factores clave en el éxito de la ingeniería, la química, la informática, las matemáticas, la física o la medicina entre otras disciplinas.

Según Smith (Smith, 1964), existen al menos 84 carreras diferentes en las que la habilidad espacial juega un rol importante. Para Maier (Maier, 1994), en las profesiones técnicas como la ingeniería dichas habilidades son especialmente importantes.

Tal y como apunta Miller (Miller & Bertoline, 1991), desde hace tiempo la visualización espacial ha formado parte central del currículum de ingeniería gráfica. Más aún, con la emergencia de los sistemas de Diseño Asistido por computador en tres dimensiones, se han convertido en factores imprescindibles.

Norman (Norman, 1994) comprobó que el nivel de habilidad espacial es el factor de predicción de éxito más significativo en la habilidad para interactuar y manipular bases de datos.

Estudios como el de Yang, Andre y Greenbowe (Yang, Andre & Greenbowe, 2003) han considerado el impacto del entrenamiento

espacial en el rendimiento de los estudiantes en sus estudios, y han hallado mejoras significativas en la comprensión de las materias.

Varios estudios (Small, & Morton, 1983; Pribyl & Bodner, 1987) han señalado que los estudiantes con una alta habilidad espacial han obtenido mejores calificaciones en química orgánica, especialmente en la resolución de problemas. Este fenómeno es más acusado en la representación y la manipulación de representaciones de las moléculas. Se ha observado que los estudiantes con una habilidad más alta tenían más probabilidad de dibujar correctamente las estructuras moleculares respecto a los de habilidad baja. Estos estudios también dejan claro que no hay impacto sobre las tareas que requieren memorización u operaciones matemáticas simples.

Otros estudios (Wanzel, 2002) han puesto de manifiesto el efecto de la habilidad espacial sobre las habilidades quirúrgicas en estudiantes de cirugía. Los resultados muestran que la habilidad espacial está relacionada con la competencia en operaciones de cirugía complejas. Estos estudios sugieren que la habilidad espacial debería ser tomada en consideración en los procesos de selección de hospitales y universidades.

Las habilidades de visión espacial son también claves en el desarrollo de proyectos de ingeniería, tal y como apuntan, entre otros, Jerz y Strong (Jerz & Strong, 2002). En las primeras fases del diseño de un proyecto es fundamental solventar con rapidez problemas en los que el razonamiento espacial juega un papel decisivo, por ejemplo, en la fase de croquización.

Durante la revisión bibliográfica que hemos efectuado, hemos constatado que se manifiesta una referencia implícita al hecho de que los ingenieros requieren un buen nivel de habilidades espaciales para su labor profesional (Ferguson, 1992). Los ingenieros han investigado en este ámbito casi desde los primeros momentos en los

que se identificó como una componente de la inteligencia. Los primeros estudios sobre esta relación aparecen a principios del siglo XX, en informes que correspondían a la Armada Americana o a las oficinas de empleo de Estados Unidos y Gran Bretaña. Utilizaron encuestas que relacionaban esta habilidad y el correcto desempeño de la profesión de ingeniero. El uso de test de inteligencia con fines de selección se utilizó por primera vez en el año 1917 en Estados Unidos, con el objetivo de seleccionar a las personas que ingresaban en el ejército, además de para filtrar a los inmigrantes que acudían en masa al país (Miller, 1996). En esta época, antes de que apareciera el factor espacial, una de las componentes secundarias de la inteligencia era la denominada inteligencia mecánicopráctica.

Los primeros trabajos que se realizaron para determinar la influencia de la inteligencia en el desempeño laboral, asociaron dicha componente con el trabajo en talleres. Aunque no se refiere específicamente al trabajo en ingeniería podríamos considerar dicho estudio como el primero que asocia la profesión de ingeniero con alguna habilidad relacionada con la inteligencia. La batería de test espaciales *Minnesota Paper Form Board*, *Spatial Relation* y *Packing Block Test* demostraron que existía correlación entre este factor y el éxito laboral en profesiones asociadas a talleres. En 1928, la Society for the Promotion of Engineering Education (SPEE) crea la división de Dibujo en Ingeniería y en 1937 se empieza a publicar y a investigar sobre el área. Se utilizó el cuestionario, "*The Value to the engineer of power to visualize*", enviado a 200 ingenieros de diseño en Estados Unidos, con el que se concluyó que la habilidad para visualizar era indispensable para el trabajo del ingeniero.

Durante los años 40, a consecuencia de la Segunda Guerra Mundial, la armada norteamericana realizó importantes contribuciones en el campo de los test de inteligencia. En estos años, los mejores investigadores trabajaban para el ejército y

dispusieron de miles de reclutas para probar empíricamente sus teorías. En estos años se avanza decisivamente en la comprensión del factor espacial, concentrando los esfuerzos en el desarrollo de contenidos curriculares orientados a mejorar las habilidades espaciales de los ingenieros.

En la década de los 50, la Oficina de Empleo de los Estados Unidos utilizó los test espaciales para clasificar las posibles ofertas que ofrecía a los demandantes de empleo. En un informe, dicha agencia relaciona los buenos resultados en estos test con la conveniencia de asignar empleos en las ramas de Ingeniería, Ciencia, Dibujo y Diseño. En 1953, la American Society for Engineering Education (ASEE) revisa el curriculum de ingeniería, pidiendo que se enfatizara en el desarrollo de las habilidades espaciales, dirigidas a bocetado e interpretación de planos. Años después, otro autor americano escribe un artículo, que luego refleja en un libro, en el que demostró una correlación entre los test de habilidades espaciales y el éxito en las carreras técnicas. Esta obra se ha convertido en un manual de referencia sobre este tema (Smith, 1964).

Como puede verse, en estos primeros estudios, los test espaciales eran considerados más útiles que los verbales para predecir el éxito en escuelas técnicas. Esta es la razón por la que estos test han sido utilizados durante mucho tiempo para este propósito. Todo nuestro trabajo avala la tesis de la existencia de una relación entre la profesión de ingeniero y las habilidades espaciales.

Distintos autores relacionan un alto nivel de estas capacidades con el éxito en carreras técnicas. El pensamiento espacial es esencial para el pensamiento científico y se utiliza para representar y manipular información en el aprendizaje y en la resolución de problemas (Smith, 1964; McGee, 1979; Clements & Battista, 1992). Parece evidente que estas habilidades se utilizan ampliamente en la

ingeniería, la arquitectura y la construcción. Para determinadas profesiones como, por ejemplo, para los controladores de tránsito aéreo, esta capacidad es "especialmente relevante para un desempeño eficiente" y se utiliza además en las pruebas de selección de los aspirantes (Halpern, 2000; Contreras *et al.*, 2003).

Como ya hemos adelantado, en el ámbito de la Universidad Española, las Órdenes publicadas en BOE, por las que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habilitan para el ejercicio de distintas profesiones técnicas, disponen como competencia imprescindible para los títulos de ingeniería, dentro de la formación básica, la *“Capacidad de visión espacial y conocimiento de las técnicas de representación gráfica, tanto por métodos tradicionales de geometría métrica y geometría descriptiva, como mediante las aplicaciones de diseño asistido por ordenador”*.

2.2.5.- Uso de software de modelado de sólidos 3D

Las técnicas de modelado han sufrido una gran evolución, desde aquellos primitivos sistemas CAD de finales de los años 60, que básicamente se empleaban como sustitutos de los tableros de dibujo, hasta el posterior desarrollo tecnológico, que ha permitido, mediante el empleo de diferentes tipos de modelos geométricos, la creación y la manipulación de objetos tridimensionales cada vez de mayor complejidad.

A medida que los ordenadores personales han ido aumentando su potencia y reduciendo su precio se han consolidado como una herramienta básica en la educación universitaria. Las universidades han respondido a la demanda laboral y social de formación en herramientas informáticas, de forma que actualmente la gran mayoría de las universidades y escuelas técnicas utilizan alguna

herramienta de CAD en los primeros cursos de sus estudios de ingeniería.

En algunos estudios se ha comprobado que la HE puede ser también un factor de predicción de éxito en el uso de aplicaciones informáticas. Norman (Norman, 1994) estableció la habilidad espacial como factor primario a la hora de explicar diferencias significativas en el uso de aplicaciones en el ordenador, es decir, que el hecho diferencial que explicaba diferencias en el rendimiento de un sujeto con una herramienta informática era la habilidad espacial.

El software de modelado ha sido hasta hace poco tiempo una tecnología accesible solo a los profesionales técnicos. Antes de esto, los ordenadores y el software no tenían la capacidad de manejar los algoritmos complejos requeridos para representar e interpretar objetos. Además, el uso de este software requería un período de entrenamiento normalmente largo y complicado.

Vicente y Williges (Vicente & Williges, 1988) demostraron que la habilidad espacial puede ser mejorada a través del entrenamiento. Por otra parte, Sorby (Sorby, 1999) demostró que hay una relación entre la habilidad espacial y la habilidad para aprender una herramienta de CAD de forma efectiva. Autores como Devon y Sorby manifiestan que el uso de entornos 3D en el ordenador potencia el desarrollo de la visión espacial.

S.E. Wiley (Wiley, 1989) presenta un modelo de programa que sirve para desarrollar la percepción espacial en un sentido amplio. También realiza un programa de contenidos desarrollados por ordenador. Todos parten del objeto real y terminan con representaciones 3D. Indica que el trabajo con modelos sólidos 3D y con animaciones ayudaría al desarrollo de las HHEE.

Por su parte, Kail y Park (Kail & Park, 1990) demostraron en su estudio que el entrenamiento puede aumentar significativamente el

rendimiento en tareas de rotación mental. Crearon dos grupos experimentales y a uno de ellos le administraron entrenamiento. En el pretest, tal y como se muestra en la gráfica, no hubo diferencias, mientras que en el post-test las diferencias fueron sustanciales. Aunque los sujetos que no recibieron entrenamiento mejoraron en el post-test, las diferencias no resultaron tan reveladoras como en el grupo de entrenamiento.

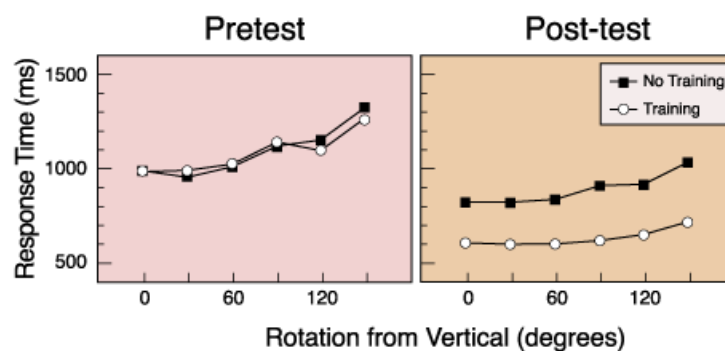


Figura 2.6. Resultados pre-test y post-test. (Kail & Park, 1990)

J.A. Leach (Leach, 1992) afirma que el uso de modelado sólido genera habilidades espaciales que son diferentes de las de crear o leer planos de ingeniería convencionales.

C.L. Miller (Miller, 1996) indica que el uso de modelos reales y generados por ordenador permite a los estudiantes avanzar más en visión espacial que los métodos tradicionales.

T. J. Sexton (Sexton, 1992) compara la metodología tradicional (uso de proyecciones ortogonales) con el uso de modelos alámbricos 3D. Utilizó para medir las HHEE el test MRT y sus conclusiones fueron que el uso de modelos 3D no proporciona mejoras significativas frente al método tradicional con respecto a las habilidades espaciales de los alumnos, pero que es un método válido.

Devon y colaboradores (Devon et al., 1994) comparan trabajar con modelos alámbricos frente al modelado sólido, indicando que el uso de modelado sólido mejora las habilidades espaciales más que el uso de modelado alámbrico (Saorín, 2006).

Así mismo realizan un estudio en su universidad aprovechando la sustitución de un software de Diseño Asistido tradicional por uno de modelado de sólidos. Compara resultados mediante el Mental Rotation Test (MRT) entre los estudiantes que han recibido las clases mediante software tradicional y los que han usado un programa de modelado de sólidos, y encuentra diferencias significativas. Los estudiantes que usaron el programa de modelado obtuvieron puntuaciones significativamente mejores en los test, por lo que mejoraron su habilidad espacial considerablemente.

En otro estudio similar, Sorby realiza una selección entre los alumnos para determinar aquellos que disponen de un nivel de HE más bajo. El objetivo es intervenir a tiempo potenciando en estos estudiantes dichas habilidades mediante el uso de software de modelado de sólidos, para evitar el fracaso en el primer curso de ingeniería. La autora también se apoya en el hecho de que la HE se comporta como un factor de predicción del éxito en los estudios. Los resultados son muy positivos y las diferencias entre las puntuaciones obtenidas antes y después del curso son significativas. En este caso, los autores emplean el Purdue Spatial Visualization Test (PSVT-R) para medir el nivel de visualización espacial.

Así mismo, como consecuencia del cambio que se ha producido al pasar del diseño en dos dimensiones a diseñar modelos tridimensionales, el estudio de las HHEE ha experimentado un cambio de paradigma y es necesaria una investigación más profunda para entender los cambios que ha provocado la introducción del modelado 3D. Además, el trabajo con modelos sólidos tridimensionales anula la abstracción bidimensional y lo hace

más conveniente como método para el desarrollo de la visión espacial.

Las investigaciones llevadas a cabo en el campo de las habilidades espaciales y el CAD sugieren que podría haber una relación entre las habilidades espaciales de un individuo y su capacidad de utilizar un software 3D (Alias, Gray, & Black, 2002). Sorby (Sorby, 1999) concluye que *“las habilidades espaciales de una persona, medidas por el test MCT (Mental Cutting Test) constituyen un factor significativo de su capacidad de interactuar con un ambiente tridimensional en ordenador”*. Gaughran (Gaughran, 1996) también apoya esto argumentando *“que el uso creativo del software CAD depende en gran medida de la capacidad cognitiva de los usuarios para visualizar el diseño y para interactuar con el modelo”*. También precisa que *“es asumido por muchos que el uso de modelado sólido realza las habilidades espaciales de los estudiantes”*. Sin embargo, las investigaciones de Sorby (Sorby, 1999) concluyen que *“el trabajo con software tridimensional no mejora las habilidades espaciales de los estudiantes de modo significativo”*.

Se han realizado numerosos estudios para identificar técnicas para el desarrollo de las habilidades espaciales. Distintos autores han realizado investigaciones usando ejercicios con piezas manipulables para mejorar las habilidades espaciales (Alias, Black, & Gray, 2002; Duesbury & O'Neil, 1996; Harman, Humphrey & Goodale, 1999). Los ejercicios que usan modelos de bloques, al estilo de las construcciones de Lego®, fueron encontrados eficaces por Alias, Black y Gray (Alias, Black & Gray, 2002). Otros investigadores (Harman, Humphrey & Goodale, 1999; Sorby, 1999) concluyen que *“manipular la imagen de un objeto por ordenador es suficiente para mejorar las habilidades espaciales”*.

Otra estrategia de instrucción, además del uso de ejercicios con objetos manipulables, la han constituido los ejercicios tradicionales de lápiz y papel (sketching). Sorby y Baartmans (Sorby & Baartmans, 2000) encontraron que las actividades de bocetado que forman parte de los programas tradicionales de ingeniería gráfica (proyección ortográfica, dibujo isométrico) producen mejoras de las HHEE, una posición apoyada por Lord (Lord, 1985) y Sorby y Baartmans.

Alias, Black y Gray (Alias, Black & Gray, 2002) combinaron los ejercicios de manipulación de objetos reales con el bocetado, y encontraron que existe gran variedad de ejercicios que mejoran las HHEE. Sorby (Sorby, 1999) establece una distinción entre los cursos que contienen CAD y los cursos que implican dibujo a mano alzada, demostrando que *"la mejora obtenida en los cursos de dibujo a mano era más adecuada que las obtenidas en cualquiera de los cursos de CAD"*.

En los últimos tiempos, con el avance de la tecnología y de los programas CAD y de modelado, se han realizado numerosas investigaciones sobre la utilización de estas herramientas para la mejora de las HHEE. Así se estudiaron los efectos que sobre las habilidades espaciales tenían los tutoriales para la enseñanza del modelado sólido. Su experimento se desarrolló con estudiantes matriculados en un curso de ingeniería gráfica de la Universidad de Idaho. Cuarenta y un estudiantes constituyeron la muestra del estudio y fueron divididos en tres grupos. Cada grupo pasó tres pruebas test: el Mental Rotation Test (Vanderberg & Kuse, 1978); el Paper Folding Test (Ekstrom *et al.*, 1976) y el Rotated Block Test. El Rotated Block Test fue desarrollado por Gillespie y es similar al "Purdue Spatial Visualization Test/Test of Rotations" (PSVT/TR) (Guay, 1976).

Uno de los grupos fue sometido durante diez semanas a diecisiete módulos sobre modelado sólido. Los dos grupos de control recibieron las clases tradicionales de CAD en dos dimensiones. Todos los grupos mejoraron sus puntuaciones del pre-test al post-test, pero fue el grupo de experimentación el que mejoró significativamente respecto de los dos grupos de control.

Desde el estudio de Gillespie en 1995, la tecnología de modelado sólido y el software han cambiado mucho. En aquella época, el software utilizaba los modelos alámbricos, operaciones booleanas, y las transformaciones mediante sistemas de coordenadas de usuario (UCS). El software moderno tiende a ser más simple y más eficiente. Las imágenes son más realistas con representaciones renderizadas, lo que hace que la visualización sea más fácil y mejoren las ventajas de usar el modelado sólido.

Frey y Baird (Frey & Baird 2000) estudiaron los efectos de usar Prototipado Rápido sobre las habilidades espaciales. El estudio utilizó un prototipo físico sencillo y estudió cómo las experiencias previas en CAD afectan a estas habilidades. Aunque ellos no encontraron ninguna diferencia significativa con el uso del Prototipado Rápido, sus datos mostraron que los aumentos de las puntuaciones en los test (pre y post del Minnesota Paper Forms Board Test (Likert & Quasha, 1995) se relacionaban con la experiencia previa en dibujo. Los estudiantes fueron divididos en cuatro grupos basados en los niveles de experiencia o exposición al dibujo y el CAD: 1) ninguna experiencia de dibujo; 2) alguna experiencia de dibujo; 3) experiencia de CAD 2D y 3D; y 4) experiencia en Prototipado Rápido. De los 68 estudiantes, los que no tenían experiencia previa en dibujo obtenían las puntuaciones más bajas. Los que tenían experiencia previa en dibujo a mano tenían puntuaciones ligeramente más altas, pero eran los estudiantes con experiencia previa en CAD y modelado sólido los que alcanzaban las puntuaciones más altas.

Devon y sus colaboradores (Devon et al., 1994) en 1994 examinaron los efectos del software de modelado sólido sobre habilidades espaciales. Para la experimentación se estudiaron trece grupos de una clase de iniciación a la ingeniería gráfica para determinar si el software de modelado sólido “Silver Screen”, en comparación con el CAD en dos dimensiones y el modelado mediante modelos alámbricos, producía mejora de las puntuaciones. El Mental Rotation Test se usó como instrumento de medición. Los grupos obtuvieron beneficios significativos. Esto demostró que la utilización del modelado sólido había aumentado las habilidades espaciales por encima de la utilización del CAD en dos dimensiones. Con estas consideraciones, los investigadores sugieren como investigaciones futuras la posibilidad de profundizar en el efecto del modelado sólido sobre las habilidades espaciales, la posibilidad de utilizar otro software, etc.

Godfrey en 1999 estudió las habilidades espaciales usando modelado sólido en 76 estudiantes de carreras técnicas. El grupo de control recibió clases de CAD 2D y el grupo de experimentación recibió entrenamiento en modelado sólido. Los estudiantes pasaron el test PSVT/VR en las semanas 9 y 16 del curso. No se detectaron diferencias significativas entre los grupos, pero había diferencias entre la 9 semana y la 16. El grupo de modelado sólido mostró beneficios en las 9 primeras semanas y el grupo de 2D mostró beneficios en el período entre la semana 9 y 16. Godfrey afirma que esto sugiere una progresión de enseñanza lógica que va del modelado sólido al más abstracto diseño asistido por ordenador en dos dimensiones.

2.2.6.- Medida de la capacidad espacial

Existen múltiples instrumentos diseñados exclusivamente para evaluar esta capacidad. Algunos autores como Eliot & Smith (Eliot &

Smith, 1983) han llegado a recopilar más de 200 test diferentes. Hacen hincapié en que, a la hora de seleccionar este instrumento, es necesario tener en cuenta varios aspectos, entre los que podemos destacar que debe ser una herramienta validada por trabajos de campo, diseñada para medir la componente de la inteligencia que deseamos y utilizada en estudios similares a los que pretendemos desarrollar, con el objetivo de que se puedan comparar los resultados.

En Psicología se usan diversos tipos de tests:

- Test de conocimientos adquiridos
- Test de aptitudes
- Test de inteligencia
- Test de actitudes e intereses
- Test psicométrico de personalidad
- Técnicas proyectivas

Tal y como hemos comentado en apartados anteriores, el concepto de Habilidad Espacial es muy amplio y encontramos diferentes aproximaciones acerca de cómo clasificarlo y, lo que es más importante, cómo medirlo.

Comprensiblemente, el núcleo de la investigación de este concepto, desde el punto de vista de la psicología, se ha situado en la medición del nivel de habilidad en relación con las características individuales de las personas. La edad y especialmente el género han sido los factores más estudiados.

En 1985 Linn y Petersen crean una clasificación de tests espaciales que desglosan en 3 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.

Esta clasificación realizada por Linn y Petersen, fue testada por Voyer y Bryden en 1995 correlacionándose los resultados con bastante exactitud.

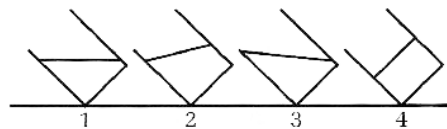


Figura 2.7. Ítem de percepción espacial. Los sujetos deben indicar la orientación de un líquido en un contenedor inclinado (<http://www.sciencedirect.com>)

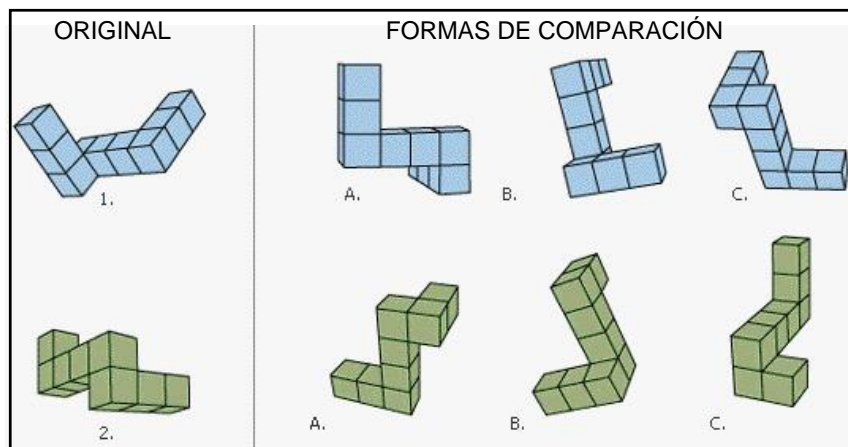
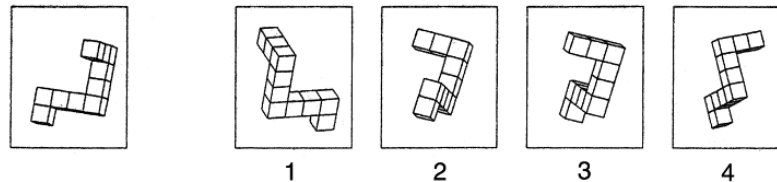


Figura 2.8. Ítems de rotación espacial. Deben identificar las 2 respuestas con diferente orientación que coinciden con el original (<http://www.sciencedirect.com>)

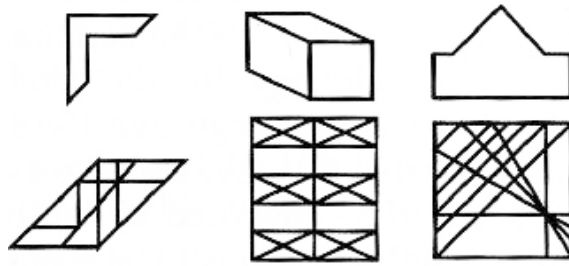


Figura 2.9. Ítem de visión espacial. El sujeto debe encontrar la forma simple dentro de las mostradas en la parte inferior
<http://www.sciencedirect.com>

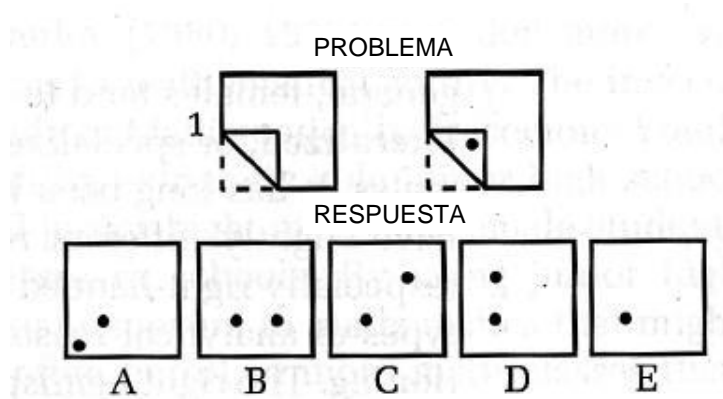


Figura 2.10. Ítem de visión espacial. El sujeto debe encontrar la forma simple dentro de las mostradas en la parte inferior
<http://www.sciencedirect.com>

La siguiente tabla muestra la clasificación realizada por Linn y Petersen (Linn & Petersen, 1985) desglosados por tipo (Percepción, Visión y Rotación espacial):

PERCEPCIÓN ESPACIAL			
Nombre	Abreviatura	Autores	Descripción
The rod-and-frame test	RFT	Witkin & Asch, 1948	Este test requiere que los sujetos ajusten una barra verticalmente.
The Water Level Test (Figura 2.7)	WLT	Piaget & Inhelder, 1956	Se requiere indicar la orientación de un líquido en un contenedor inclinado.

Tabla 2.2. Tests de la percepción espacial.

VISIÓN ESPACIAL			
Nombre	Abreviatura	Autores	Descripción
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 estándar 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	Se debe reconstruir una forma utilizando bloques tridimensionales
Paper Folding	PF	Ekstrom, French y Harman, 1976	De debe indicar cual, entre cuatro piezas desarrolladas de papel, es la misma que el modelo plegado

Tabla 2.3. Tests de visión espacial

VISIÓN ESPACIAL			
Nombre	Abreviatura	Autores	Descripción
Vairous adult and children´s version of the Embedded Figures Test (Figura 2.10)	EFT and CEFT	Witkin, 1950	Hay que encontrar una figura simple incluida dentro de una imagen más compleja
Hidden Figures Test	HFT	Ekstrom y French 1976	Debe encontrar una figura simple dentro de una imagen más compleja
Revised Minnesota Paper Form Board Test	RMPFB	Rensis Likert yWilliam H. Quasha, 1995	Hay que determinar si una pieza se puede realizar con una serie de trozos de papel recortados

Tabla 2.3 (cont). Tests de visión espacial

ROTACIÓN ESPACIAL			
Nombre	Abreviatura	Autores	Descripción
Spatial Relation subset of Primary Mental Abilities Test (Figura 2.8)	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
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

Tabla 2.4 . Test de rotación espacial

ROTACIÓN ESPACIAL			
Nombre	Abreviatura	Autores	Descripción
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 2.4 (cont). Test de rotación espacial

Como puede observarse, existen múltiples instrumentos de medida diseñados para medir habilidades espaciales. A la hora de elegir el instrumento de medida para una experiencia de este tipo hemos de tener en cuenta la presencia de varios factores:

- Que el instrumento haya sido científicamente validado.

- Que el instrumento haya sido diseñado para medir la componente de la inteligencia que deseamos y no otra.
- Que podamos comparar los resultados obtenidos en nuestro estudio con los de otros investigadores.

Después de una extensa búsqueda, en nuestro trabajo nos hemos decantado por seguir la opinión de Saorín (Saorin, 2006) y medir la capacidad espacial de los estudiantes mediante las pruebas propuestas por Vandenberg y Kuse y por Bennett y colaboradores debido a que han demostrado en multitud de estudios su perfecta adecuación a los propósitos de nuestro caso.

Estas pruebas miden la capacidad espacial sobre la base de la calificación obtenida por los estudiantes en dos pruebas:

- PRUEBAS DE ORIENTACIÓN: tareas de imaginar transformaciones simples y rígidas de los objetos tomados como un todo, ya sea en el plano, como por ejemplo los tests de rotación de cartas y de banderas de Thurstone. Pero teniendo en cuenta el contexto proporcionado por las experiencias previas en el ámbito de la ingeniería (Devon *et al.*, 1994; Sorby & Baartmans, 2000; Gerson *et al.*, 2001; Saorín, 2006), destaca sobradamente el Test de Rotación Mental (MRT) (Vanderberg & Kuse, 1978), para medir el factor de Relaciones Espaciales.
- PRUEBAS DE VISUALIZACIÓN:
 - Bidimensional: son tests en los que deben moverse piezas en un tablero para formar el objeto total (rompecabezas), o bien, encontrar figuras ocultas.
 - Tridimensional: son tests de desarrollo de superficies entre los que destaca el Test Relaciones Espaciales de la batería de Test de Aptitudes Diferenciales (DAT–SR)

(Bennett *et al.*, 1982), para medir el factor de Visión Espacial.

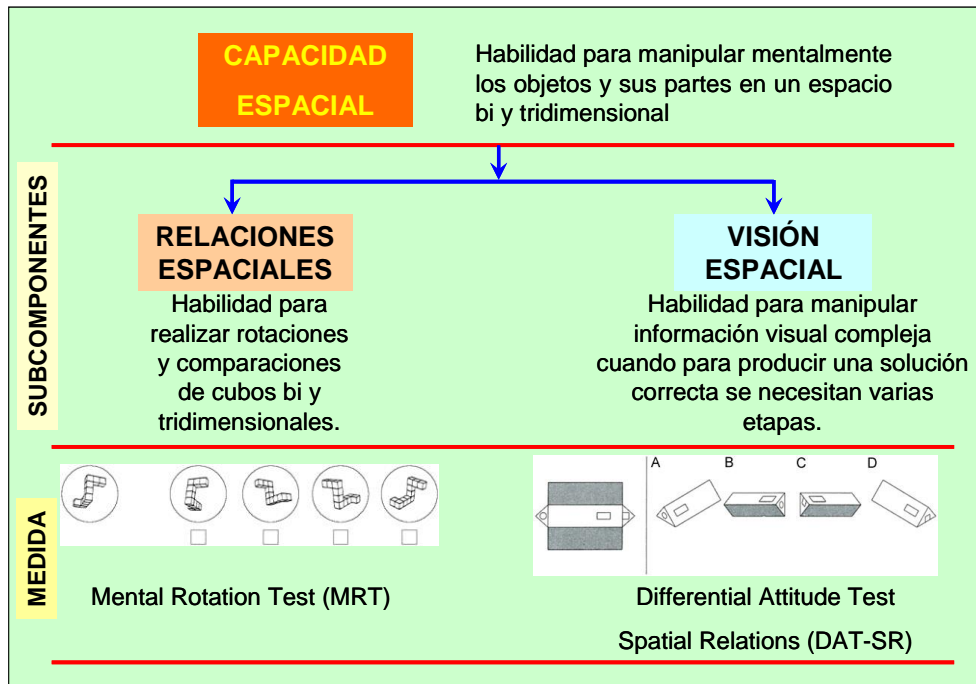


Figura 2.11. Sub-factores y test de medida de la capacidad espacial

Mental Rotation Test (M.R.T)

En 1978, Vanderberg y Kuse se inspiraron en los trabajos de Shepard y Metzler sobre rotaciones mentales para crear un test denominado Mental Rotation Test (M.R.T) y publicaron un artículo en el que se medían los tiempos de respuesta de sujetos a los que se les sometía a figuras iguales pero giradas un cierto grado. Estos investigadores encontraron una correlación casi perfecta entre los grados de rotación aplicados a la figura y el tiempo de respuesta del sujeto. Al parecer, los sujetos realizaban una rotación mental de la figura de la misma proporción que la aplicada a la imagen.

El MRT está construido por 20 ítems divididos en cuatro agrupaciones de cinco figuras de bloques tridimensionales, de forma que cada ítem está formado por una figura de muestra y cuatro figuras adicionales, dos de las cuales corresponden a la de muestra giradas un cierto grado y las otras dos no corresponden con la muestra; es decir, la primera de ellas debe ser comparada con las otras cuatro a fin de decidir cuáles son la misma figura (es decir, versiones rotadas de la primera) y cuáles no lo son.

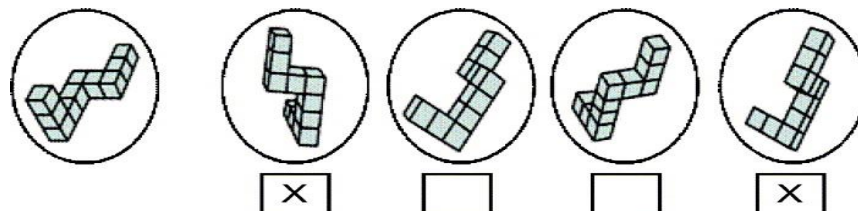


Figura 2.12. Ejemplo ejercicio Test MRT
(<http://www.sciencedirect.com>)

Este test en su momento pasó por un proceso de validación que indicó un grado de fiabilidad o consistencia (0.88 en una muestra de 3268 adultos)³, así como su validación como elemento para la medición de las habilidades espaciales.

Debido a que es específico para medir las rotaciones mentales y a que presenta un grado de dificultad mayor que otros test similares, se ha utilizado con frecuencia en estudios realizados a nivel universitario.

El procedimiento de calificación es el siguiente:

- TIEMPO:
 - El tiempo límite es de 6 minutos.

³ Vanderberg S. G., Kuse, A. R., "Mental Rotation, a group test of three dimensional spatial visualization", *Perceptual and motor Skills*, Vol 47, pp 599-604, 1978

- Se divide en dos periodos de 3 minutos. Es decir, el estudiante empieza, realiza las dos primeras páginas y no continúa con el ejercicio hasta que se acaban los tres minutos.
- PUNTUACIÓN: Se califica cada línea de figuras correctamente resueltas:
 - 2 puntos por cada línea correcta.
 - 1 punto si solo se localiza una de las rotaciones por línea y no se marca ninguna otra figura.
 - 0 puntos si alguna de las marcas es incorrecta.

Differential Attitude Test (DAT-SR)

El test DAT-SR pertenece a la batería DAT (Differential Attitude Test), creada por George K. Bennet y Alexander G. Wesman en el año 1947. En 1967, ediciones TEA llevó a cabo la adaptación española, bajo la dirección de Mariano Yela. Es usado en España para medir el Coeficiente Intelectual, por lo que lleva muchos años en el mercado y se tienen muchos datos. Aparece en los últimos años una nueva versión denominada DAT-5, basada en la Forma C de la 5ª versión Americana. Existen dos formas (1 y 2) que corresponden a niveles de dificultad diferentes. La forma 1 es más sencilla y puede usarse para la evaluación de subalternos y operarios. La forma 2 es adecuada para evaluar a técnicos licenciados y mandos ([ver instrucciones del test en Anexo V](#)).

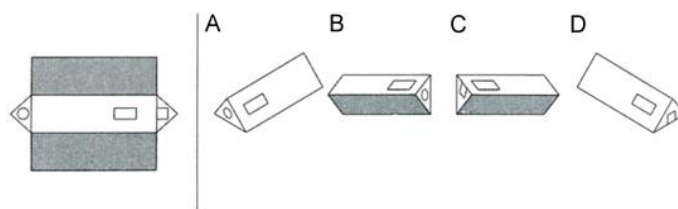


Figura 2.13. Ejemplo ejercicio Test DAT – SR
(<http://www.sciencedirect.com>)

En la figura se muestra un ejemplo de pregunta del test, los elementos han de manipularse mentalmente en un espacio tri y no bidimensional exclusivamente. Con esta prueba se trata de medir la capacidad de manejar estos objetos, imaginando una estructura a partir de un objeto plano.

Esta capacidad, que es imprescindible en aquellas profesiones que exijan la visualización de objetos tridimensionalmente, tales como la de ingeniero, arquitecto, diseñador industrial, etc.

La adaptación española se realizó a partir de la Forma L americana. De acuerdo con el procedimiento seguido por los autores, la batería de test fue tipificada inicialmente en la población escolar. Se consideró aplicable a partir de 2º de la ESO.

Este test ha superado un estudio de fiabilidad, que indica que el 93% de la varianza se debe a la auténtica medida y el 7% a los errores. Esto indica que es un elemento de medida fiable y consistente.

Como dato de referencia indicamos que, según los datos incluidos en las instrucciones del propio test suministrado por TEA, para la población universitaria española de primer año se espera un valor medio del test de 36,3 con una desviación estándar de 10,3.

En la siguiente tabla se recoge el procedimiento de realización:

PROCEDIMIENTO DE REALIZACIÓN TEST DAT-SR
Los estudiantes deben disponer de lapicero y goma de borrar.
Se distribuyen las HOJAS DE RESPUESTA para que sean vistas por el alumno y el profesor dice: “En esta hoja deben dar todas sus contestaciones del modo que ahora les explicaré. No escriban ni hagan ninguna marca hasta que yo les diga el lugar y modo de hacerlo. En la línea superior de la hoja escriban los datos que se solicitan: Nombre, Apellidos, edad, etc. y escriban en la parte superior de la Hoja: PRE (o POST)-TEST.”
Una vez rellenos los datos hay que decir: “Ahora voy a entregarles un cuadernillo como este (MOSTRAR). En este cuadernillo están los ejercicios que deben realizar. Déjenlo sobre la mesa tal y como lo entrego y no escriban ni hagan marcas sobre él.”
Repartir los cuadernillos.
“Abran la primera pagina del cuadernillo y vamos a leer las instrucciones. Voy a leerlas en alto y ustedes sigan la lectura en voz baja”
Leer las instrucciones explicando un poco en qué consisten los ejercicios. “La respuesta correcta de cada ejercicio se marcará en la HOJA DE RESPUESTAS con una X. En el cuadernillo NO HAGAN NINGUNA MARCA, pues será utilizado en pruebas con otras personas” “Si utilizan bolígrafo para marcar las X, y se equivocan, tachan la respuesta y hacen la nueva marca con la X” “¿ESTAN PREPARADOS? --- Disponen de 20 minutos para realizar la prueba.”
Cronometrar el tiempo. Y pasados 20 minutos “Deténganse. Dejen el lápiz sobre la mesa, cierren el cuadernillo dejando la portada hacia arriba y coloquen la Hoja de respuestas en el lateral de la mesa para recogerla”
Hay un total de 50 ítems, cada respuesta correcta suma 1 punto, las respuestas incorrectas o en blanco no restan ningún punto.

Tabla 2.5. Procedimiento de realización del test DAT-SR

2.2.7.- Las herramientas de mejora de las habilidades espaciales

Algunos autores han basado su trabajo en la hipótesis de que las habilidades espaciales se pueden mejorar si se utilizan herramientas adecuadas que faciliten la comprensión de los conceptos y de las relaciones entre las representaciones bidimensionales y las tridimensionales. La aparición de las nuevas tecnologías ha propiciado que, desde mediados de los años noventa, distintos grupos de investigación hayan propuesto herramientas novedosas para la mejora de estas habilidades.

La mayoría de los estudios comenzaron en Estados Unidos, en universidades que ya trabajaron estos temas a principios de siglo XX, colaborando con la SPEE (Society for the Promotion of Engineering Education) o la ASEE (American Society for Engineering Education). Sin embargo, por diversos motivos (guerras mundiales, falta de consenso en cuanto a las habilidades espaciales y su medición, etc.) quedaron en suspenso hasta la década de los ochenta, fecha en la que empiezan a surgir muchos trabajos desde el ámbito de la ingeniería. Poco a poco, el interés del tema, salta desde Estados Unidos a otros países, para encontrarnos actualmente en una situación en la que es fácil detectar trabajos en este ámbito de conocimiento en todo el mundo.

En concreto en España, el primer trabajo referenciado del que tenemos constancia es la tesis doctoral de José Domínguez de Posada de la Universidad Politécnica de Madrid en 1994. Los trabajos realizados en los últimos años se han desarrollado en las direcciones principales que destacamos a continuación:

- La medición de habilidades espaciales de los estudiantes que ingresan en la universidad, estudiando los factores previos que pueden condicionar esos resultados: género, edad, experiencias previas, etc.

- La medición del efecto de las asignaturas de Expresión Gráfica en la población Universitaria.
- El desarrollo de herramientas multimedia o basadas en tecnologías web.
- La creación de cursos de intensificación, dado que se detecta que algunos estudiantes llegan con deficiencias en este apartado y que esto puede suponer un indicador de su posible fracaso en los estudios de ingeniería.

El espectro de trabajos y enfoques es amplio, sin embargo, por la amplitud de sus investigaciones y por la continuidad que han demostrado, es interesante resaltar los trabajos dirigidos por Sheryl A. Sorby de la Universidad Tecnológica de Michigan (MTU), quizás el grupo más activo en este campo. Sus primeros trabajos se remontan a principios de los noventa. También la Universidad de Purdue ha creado un test, desarrollado por R. B. Guay en 1976 y bastante utilizado por los investigadores americanos; el PSVT:R (Purdue Spatial Visualization Test Visualization of Rotation). Destacaremos a continuación las que consideramos como algunas de las herramientas disponibles más interesantes relacionadas con la instrucción espacial.

Precisamente desde la Universidad Tecnológica de Michigan (MTU), Sheryl A. Sorby, como resultado de más de diez años de investigación, ha publicado un manual de diez módulos para la mejora de las habilidades espaciales (Sorby, Wysocky & Baartmans, 2003). Permite trabajar con ejercicios de isometrías a través de la construcción con bloques, de vistas ortogonales normalizadas, de cortes y de secciones, de rotaciones, etc. Además del libro de texto, la publicación viene acompañada de un CD-ROM, que, basado en tecnología flash, complementa al soporte de papel. La aplicación usa formas coloreadas que simulan formas tridimensionales. También

ofrece efectos interactivos, creando la experiencia de un juego de ordenador para los estudiantes.

Desde la Universidad de Pennsylvania, Katheryn Hollyday y colaboradores (Hollyday-Darr *et al.*, 2000) crean el “Visualization Assessment and Training Program”, un programa de evaluación y entrenamiento de las habilidades espaciales, accesible de momento solo para los miembros de esta Universidad.

Dispone de un sistema de evaluación de tres componentes de las habilidades espaciales: la rotación mental, la visualización espacial y la percepción espacial. Está en fase de desarrollo, pero parece un recurso interesante. Ahmad Rafi y otros (Rafi, Samsudin & Ismail, 2006) comprueban la eficacia de este material en un estudio comparativo en 2006. Además estos autores desarrollan y validan una herramienta para la mejora de la rotación mental (Rafi & Samsudin, 2009).

El profesor Stephen W. Crown, de la Universidad de Texas-Pan American, alberga en su página institucional una web multimedia que comprende un conjunto de juegos interactivos, video tutoriales, lecciones teóricas que refuerzan los contenidos de la asignatura de Ingeniería Gráfica que imparte. Mediante pruebas y encuestas de satisfacción demuestra que el impacto de su herramienta ha sido positivo sobre los estudiantes.

Conolly y Maicher (Connolly & Maicher, 2005) desarrollan desde la Universidad de Purdue el “Multiview Drawing”, un tutorial interactivo para el entrenamiento del dibujo de vistas normalizadas y el desarrollo de las habilidades espaciales. Dada una perspectiva isométrica de una pieza, el programa permite dibujar una vista y corrige automáticamente su resultado.

De la asociación entre el Consejo Nacional de Profesores de Matemáticas de los Estados Unidos y el Consorcio Marco Polo nace el sitio web Illuminations (<http://illuminations.nctm.org/>) que ofrece el

enlace a muchas herramientas interesantes, incluyendo Isometric Drawing Tool, un applet interactivo que permite crear de forma dinámica dibujos isométricos sobre una plantilla de puntos. Isometric Drawing Tool permite a los usuarios dibujar figuras utilizando líneas, caras, o cubos, además de disponer de una herramienta que nos permite acceder a las vistas de alzado, planta y perfil derecho o nos facilita la vista 3D de los modelos creados.

En el ámbito nacional, la Universidad de Burgos ofrece el Taller de Visión Espacial, un curso web basado en los ejercicios del libro “Ejercicios para el desarrollo de la percepción espacial” (Pérez & Serrano, 1998), y estructurado en cinco módulos: identificación de superficies, identificación de vistas, discriminación de volúmenes, rotaciones, recuentos y un último nivel dedicado a la evaluación.

En la Universidad de Oviedo, Morán y colaboradores (Morán *et al.*, 2008) han creado una serie de aplicaciones para mejorar las habilidades espaciales a través de tres ejercicios con diferente grado de dificultad: la mesa de visión espacial, las vistas de un cubo y el desarrollo de un tetraedro.

No podemos dejar de mencionar muy especialmente al Grupo de Investigación en Habilidades Espaciales (DEHAES), formado por profesores e investigadores de la Universidad de La Laguna y de la Universidad Politécnica de Valencia, que desde el año 2003 ha venido estudiando el efecto de las tecnologías multimedia y del modelado basado en bocetos en el desarrollo de las habilidades espaciales en las titulaciones de ingeniería. En la actualidad han centrado su labor en la elaboración de ejercicios dentro del ámbito de la ingeniería para el desarrollo de habilidades espaciales a la vez que en el estudio del efecto de uso de interfaces caligráficas y videojuegos como herramientas para el desarrollo de las habilidades espaciales.

2.3.- ESTILOS DE APRENDIZAJE

En los apartados anteriores hemos analizado diferentes concepciones de aprendizaje que han defendido diversos autores e investigadores en el campo de la educación en distintas épocas y contextos. En este haremos un breve recorrido desde la identificación del concepto de estilo hasta la definición de los estilos de aprendizaje, para terminar estableciendo las herramientas disponibles para identificar y medir las concepciones que los principales actores de este proceso, estudiantes y profesores, tienen de su naturaleza.

El Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua explica que el término *estilo* es utilizado en varias disciplinas de manera diferente. Esto es, se puede considerar estilo a *“algunos modos de comportamiento, a las costumbres, a las características arquitectónicas, a la manera de escribir o hablar, a la forma de interpretar la música, o a la moda, entre otros”*.

El término *estilo* es utilizado desde hace más de 2500 años. Ya los antiguos hindúes plantearon que la gente necesita de cuatro diferentes maneras básicas para practicar la religión que denominaban los cuatro yogas o caminos, descritos en el Bhágavad-Guitá, una importante escritura sagrada hinduista. Silver y colaboradores (Silver *et al.*, 2000) han establecido que *“desde la antigua Grecia hasta el Renacimiento, el concepto prevaleciente de estilo estaba relacionado con la personalidad humana”*. Al final del siglo XVIII, el artista y poeta inglés William Blake escribió sobre los cuatro Zoas o energía vital que animan la existencia humana (Cué *et al.*, 2009).

Por su parte Hernández Pina (Hernández Pina, 2002), señala que varias investigaciones han puesto de manifiesto que las concepciones que estudiantes y profesores tienen de la enseñanza y el aprendizaje, influyen notablemente en el resultado de este último y

cita dentro de estas concepciones a (Säljö, 1982; Van Rossum & Schenk, 1984; Biggs, 1996).

Biggs (Biggs, 2001) diferencia estas concepciones que estudiantes y profesores tienen sobre la enseñanza y el aprendizaje en concepciones de orientación cuantitativa y de orientación cualitativa.

En la orientación cuantitativa, el aprendizaje es concebido como una suma de contenidos, por lo que ser un buen estudiante significa conocer más. A su vez, se entiende la enseñanza como una transmisión de conocimientos. La orientación cualitativa, a diferencia de la anterior, asume que el estudiante aprende acumulativamente, interpretando e incorporando nuevos conocimientos a los que ya posee, relacionándolos. Su comprensión de los contenidos avanza progresivamente en la misma medida en que va aprendiendo. Es capaz de integrar horizontal y verticalmente los contenidos. En este caso la enseñanza es concebida no solo como una transmisión de conocimientos, el profesor es un facilitador que ayuda al estudiante a construir activamente significados para una mejor comprensión de la realidad y los métodos utilizados están en función de ello.

Hernández Pina (Hernández Pina, 2002), indica que el trabajo realizado por Säljö sobre las concepciones que los estudiantes tienen del aprendizaje, constituye un referente básico.

Säljö identificó cinco concepciones de aprendizaje:

- El aprendizaje es adquisición cuantitativa de conocimientos.
- El aprendizaje es memorización.
- El aprendizaje es adquisición de hechos y procedimientos para utilizar cuando se necesiten.
- El aprendizaje sirve para comprender o extraer significados.

- El aprendizaje es un proceso de interpretación y captación de la realidad.

Posteriormente, a estas concepciones, Marton añadió una sexta (Hernández Pina, 2002):

- El aprendizaje sirve para cambiar a la persona.

Se aprecia el carácter cuantitativo de las tres primeras concepciones y cualitativo de las restantes.

Otras investigaciones no menos importantes se desarrollaron posteriormente; entre ellas están las que estudiaron la relación entre procesos y resultados de aprendizaje (Säljö, 1982; Entwistle & Ramsden, 1983; Dall'Alba, 1986; Trigwell, Prosser & Waterhouse, 1999), las que analizaron las concepciones del aprendizaje que tienen los profesores (Bruce & Gerber, 1994) y las que lo hicieron con las concepciones de la enseñanza (Dall'Alba, 1990).

Estas investigaciones plantean que las concepciones que el profesorado tiene respecto al aprendizaje proporcionan una visión de este último como la adquisición de hechos o de habilidades básicas, o como la adquisición de conocimientos avanzados y de habilidades superiores.

Hernández Pina señala, que esta incidencia de las concepciones de enseñanza y aprendizaje en los resultados del aprendizaje se da a través de lo que se ha denominado enfoques de aprendizaje, tema que ha centrado el interés de los investigadores. Precisaremos este término introducido por Marton y Säljö 1976 para caracterizar el proceso de estudio de los estudiantes.

Fueron estos autores quienes iniciaron los trabajos interesados en el estudio del aprendizaje desde la perspectiva del alumno. Apunta Pérez Cabaní (Pérez Cabaní, 2001) que Marton y Säljö, trabajando en un contexto académico, aunque en situación experimental, valoraron los niveles de comprensión que los

estudiantes habían conseguido después de leer un texto y la explicación que estos daban del proceso que habían seguido.

El resultado obtenido permite atribuir las diferencias en el nivel de comprensión a las distintas intenciones y actuaciones de los alumnos, más que a la cantidad de información procesada o recordada. Así, introducen el término *enfoques de aprendizaje* para denominar el conjunto de intenciones que orientan y condicionan la actuación del alumno durante el proceso de aprendizaje. Los enfoques de aprendizaje incluyen una dimensión estratégica y una motivacional; es decir, constan de estrategias y motivos que están íntimamente relacionados.

Biggs (Biggs, 1988) define los enfoques de aprendizaje como *“los procesos de aprendizaje que emergen de las percepciones que los estudiantes tienen de las tareas académicas influidas por sus características personales”*. Por su parte, Pérez Cabaní los define como *“la intención que orienta la actividad de los estudiantes en un proceso complejo, que incluye simultáneamente consistencia y variabilidad”*. Según Marín (Marín, 2002), los enfoques de aprendizaje constituyen *“los procesos o estrategias que adopta el alumnado al abordar un tema de estudio”*.

Es decir, a través de los enfoques de aprendizaje se expresa la relación que existe entre la concepción que el estudiante tiene del aprendizaje y cómo lo aborda, con las estrategias que utiliza y sus motivaciones. Esta idea es reflejada por Cabanach (Cabanach, 2001) cuando señala: *“aprender requiere disposición para ello, además de la posesión y utilización de las estrategias precisas. Esta disposición implica, necesariamente, motivación (o, más concretamente, un conjunto de variables cognitivo-motivacionales como las metas de aprendizaje, las pautas atribucionales o el autoconcepto), pero también qué concepción de aprendizaje mantiene el estudiante y cómo lo aborda (enfoques de aprendizaje)”*.

Pérez Cabaní explica que, en este primer trabajo, Marton y Säljö agruparon a los estudiantes en dos categorías:

- ALUMNOS CON UN ENFOQUE PROFUNDO DE APRENDIZAJE: aquellos que tenían la intención de comprender el significado del texto leído, interactuando activamente con los argumentos del autor y relacionándolos con el conocimiento previo.
- ALUMNOS CON UN ENFOQUE SUPERFICIAL DE APRENDIZAJE: aquellos que intentaban memorizar las partes de la información que consideraban importantes, guiados por los requerimientos específicos de la tarea, sin tener en cuenta otras condiciones.

Más tarde, Entwistle y Ramsden (Entwistle & Ramsden, 1983) introducen una tercera categoría: EL ENFOQUE ESTRATÉGICO DE APRENDIZAJE, que es realmente, en opinión de Pérez Cabaní, más un enfoque de estudio que de aprendizaje, puesto que surge como respuesta a las demandas de la evaluación. El estudiante con enfoque estratégico de aprendizaje tiene, como principal motivación, obtener el mejor resultado posible en la evaluación y su intención se centra en la organización efectiva del estudio.

Según se expresa en diversas publicaciones (Marton & Säljö, 1997; Kember *et al.*, 1999; Pérez Cabaní, 2001) los enfoques de aprendizaje no son rasgos psicológicos estables, pues, aunque los estudiantes poseen una predisposición natural a un enfoque de aprendizaje, su enfoque de aprendizaje predominante puede ser modificado por el contexto educativo o el ambiente de aprendizaje, pues está fuertemente afectado por las condiciones específicas de cada situación. Los estudiantes no utilizan el mismo enfoque en todas las materias ni en todos los temas y tareas dentro de una misma asignatura.

En definitiva, después de estudiar muchos autores y reuniendo diferentes conceptos, el estilo fue definido por García Cué (Cué *et al.*, 2009) como un conjunto de aptitudes, preferencias, tendencias y actitudes que posee una persona para hacer algo y que se manifiesta a través de un patrón conductual y de distintas destrezas que lo hacen distinguirse de las demás personas bajo una sola etiqueta en la manera en que se conduce, viste, habla, piensa, aprende, conoce y enseña.

Alonso García (Alonso García, 1991), basándose en los resultados obtenidos en su investigación, elaboró una lista con características principales que determinan el campo de destrezas de cada Estilo:

- ACTIVO: Animador, Improvisador, Descubridor, Arriesgado, Espontáneo
- REFLEXIVO: Ponderado, Conciencioso, Receptivo, Analítico, Exhaustivo
- TEÓRICO: Metódico, Lógico, Objetivo, Crítico, Estructurado
- PRAGMÁTICO: Experimentador, Práctico, Directo, Eficaz, Realista

Según Alonso, Gallego y Honey (Alonso, Gallego & Honey, 2007), las características de las personas con predominancia en cualquiera de los estilos de aprendizaje pueden definirse de la siguiente manera:

- ESTILO ACTIVO. Énfasis en la experiencia concreta. Se implican plenamente en nuevas experiencias. Mente abierta, entusiastas, nada escépticos. Personas de grupo, se involucran en los asuntos de los demás. Se crecen ante los desafíos que suponen nuevas experiencias. Se caracterizan también por ser animadores, improvisadores, descubridores,

arriesgados y espontáneos. Las personas pertenecientes a este estilo de aprender prefieren resolver problemas, competir en equipo, dirigir debates, hacer presentaciones. Por su parte, les resulta difícil exponer temas con mucha carga teórica, prestar atención a los detalles, trabajar en solitario, repetir la misma actividad, estar pasivos, escuchar conferencias y explicaciones, o estar sentados durante mucho tiempo.

- ❖ ESTILO REFLEXIVO. Énfasis en la observación reflexiva. Recogen datos y los analizan detenidamente. Examinan las distintas alternativas antes de actuar. Observan y escuchan, no actúan hasta estar seguros. Se caracterizan por ser ponderados, concienzudos, receptivos, analíticos y exhaustivos. Las personas pertenecientes a este estilo de aprender prefieren observar y reflexionar, llevar su propio ritmo de trabajo, tener tiempo para asimilar, oír los puntos de vista de otros, realizar análisis detallados y pormenorizados. Por su parte, les resulta difícil ocupar el primer plano, actuar de líder, presidir reuniones o debates, participar en reuniones sin planificación, expresar ideas espontáneamente, estar presionados por el tiempo, verse obligados a cambiar de una actividad a otra, no disponer de datos suficientes para sacar conclusiones.
- ❖ ESTILO TEÓRICO. Énfasis en la conceptualización abstracta. Adaptan e integran las observaciones de teorías lógicas y complejas. Son perfeccionistas. Integran los hechos en teorías coherentes. Analizan y sintetizan. Buscan la racionalidad y objetividad huyendo de lo subjetivo y ambiguo. Se caracterizan por ser metódicos, lógicos, objetivos, críticos y estructurados. Las personas pertenecientes a este estilo prefieren sentirse en situaciones claras y estructuradas, participar en sesiones de preguntas y respuestas, leer u oír ideas y conceptos sustentados en la racionalidad y la lógica,

analizar una situación completa. Por su parte, les resulta difícil verse obligados a hacer algo sin una finalidad clara, tener que participar en situaciones donde predominen las emociones y los sentimientos, participar en la discusión de problemas abiertos.

- ❖ ESTILO PRAGMÁTICO. Énfasis en la experimentación activa. Aplicación práctica de las ideas. Les gusta actuar rápidamente. Descubren aspectos positivos de las nuevas ideas y tratan de experimentarlas. Tienden a impacientarse. Cuando hay personas que teorizan demasiado. Se caracterizan por ser experimentadores, prácticos, directos, eficaces y realistas. Las personas pertenecientes a este estilo de aprendizaje prefieren aprender técnicas inmediatamente aplicables, percibir muchos ejemplos y anécdotas, experimentar y practicar técnicas con asesoramiento de un experto, recibir indicaciones precisas. Por su parte, les resulta difícil aprender cosas que no tengan aplicabilidad inmediata, trabajar sin instrucciones claras, comprobar que hay obstáculos que impiden la aplicación.

2.3.1.- Instrumentos para identificar y medir los Estilos de aprendizaje

La investigación de los procesos de estudio posee una gran tradición desde que surgiera la perspectiva cognitiva. Sin embargo, en el seno de esta perspectiva son varios los caminos que ha tomado la investigación destinada a conocer cómo aprenden los estudiantes de diversos ámbitos educativos. Entre las diferentes líneas de investigación se encuentra la teoría denominada "*Student's Approach to Learning* (SAL), que se interesa por los procesos y predisposiciones de los estudiantes hacia el estudio.

Marton y Säljö son los pioneros de esta nueva línea de investigación, que ha sido fundamentalmente desarrollada en el continente europeo. Estos autores dan un giro a la investigación centrada en el aprendizaje académico, proponiendo planteamientos diferentes a los utilizados hasta ese momento. Estos planteamientos se caracterizan principalmente por estudiar el aprendizaje desde la perspectiva de los estudiantes y no desde la perspectiva del investigador. Este cambio de perspectiva se encuentra íntimamente relacionado con la importancia que se le otorga a las demandas de la tarea y del contexto. Otra de las características destacables es el paradigma en el que se enmarcan, de tipo cualitativo, en contraposición con la mayoría de las investigaciones que se habían realizado hasta ese momento (Hernández Pina, 1996, 1997; Porto, 1997).

Las primeras investigaciones realizadas a este respecto aportan dos conclusiones determinantes para el desarrollo de este nuevo marco teórico. Por una parte, los procesos de aprendizaje podían ser agrupados en dos tipos diferentes y, por otra, había un componente intencional que provocaba diferencias en el proceso adoptado por los estudiantes. Tras estos hallazgos, Marton & Säljö crean dos conceptos nuevos para referirse a los procesos de estudio de los estudiantes, *“enfoque profundo”* y *“enfoque superficial”*.

Posteriormente y siguiendo los postulados establecidos por Marton y Säljö, otros grupos de investigación encabezados por Entwistle (Gran Bretaña) y Biggs (Australia), estudian los enfoques de aprendizaje. Ambos grupos comparten muchos de sus planteamientos; sin embargo, estudian los enfoques de aprendizaje con una naturaleza diferente.

Paralelamente a los trabajos descritos anteriormente, se fueron desarrollando, fundamentalmente a partir de los años ochenta del pasado siglo, instrumentos para identificar y medir los enfoques de

aprendizaje. Estos, en opinión de García Berbén (García Berbén, 2005), correspondieron a investigaciones más cuantitativas que las desarrolladas por el grupo de Marton.

Entre estos instrumentos Pérez Cabaní (Pérez Cabaní, 2001) señala el Approaches to Studying Inventory (A.S.I.), desarrollado por Entwistle, Hanley y Hounsell (Entwistle, Hanley & Hounsell, 1979) y el Study Processes Questionnaire (SPQ) elaborado por Biggs apuntando que describen diferentes dimensiones en el proceso de aprendizaje que se corresponderían con los enfoques de aprendizaje definidos. Agrega esta autora que, en un trabajo posterior, Tait, Entwistle y McCune (Tait, Entwistle & McCune, 1998) analizan el grado de correspondencia que existe entre los dos instrumentos mencionados y proponen, a partir de ellos, un nuevo inventario, el Approaches and Study Skills Inventory for Students (ASSIST), que incluye un indicador de la conciencia metacognitiva en el estudio. El SPQ ha sido adaptado al español por Hernández Pina, (Cuestionario sobre Procesos en el Estudio (CPE) en versión española) y por Barca (Barca, 1999), en ambos casos utilizando muestras de estudiantes universitarios.

Posteriormente, Biggs, Kember y Leung (Biggs, Kember & Leung, 2001) revisan el SPQ que es renombrado como The revised two-factor Study Proces Questionnaire: R- SPQ- 2F (Cuestionario revisado sobre procesos de estudio, dos factores). (Anexo 1). En este caso, se tienen en cuenta solo dos enfoques de aprendizaje: el enfoque profundo de aprendizaje y el enfoque superficial de aprendizaje.

Biggs define los enfoques de aprendizaje como *“procesos de aprendizaje que emergen de las percepciones que los estudiantes tienen de las tareas académicas influidas por sus características personales”*.

Biggs y Entwistle en 1988, establecen una tercera dimensión de los procesos de estudio de los estudiantes universitarios. Esta nueva dimensión recibe diferentes nombres. De un lado, Entwistle la denomina “*strategic*” y, de otro lado, Biggs la designa “*achieving*”. Este último ha sido traducido al castellano como “*de logro*” (Valle *et al.*, 1997) y como “*de alto rendimiento*” (Hernández Pina, 1993).

Con respecto a estas tres dimensiones, un objetivo ha sido identificar y describir las tres dimensiones que caracterizan la forma habitual y consistente en que los estudiantes universitarios se enfrentan a la tarea. Estas dimensiones se denominan *enfoque superficial*, *enfoque profundo* y *enfoque estratégico o de logro*.

- ENFOQUE SUPERFICIAL (*SURFACE APPROACH*). Se compone de una motivación extrínseca e instrumental. La intención es satisfacer los requisitos de la tarea con el mínimo esfuerzo, evitando el fracaso. Utiliza como estrategias la memorización y la reproducción mecánica, limitándose a lo esencial, centrándose en aspectos concretos y literales, y evitando establecer relaciones entre los temas. Existe una preocupación por el tiempo invertido en la tarea.
- ENFOQUE PROFUNDO (*DEEP APPROACH*). Se caracteriza por una motivación intrínseca y una preocupación por comprender, adoptando de este modo estrategias que llevan al significado inherente de la tarea. El estudiante que adopta este enfoque intenta relacionar los contenidos con contextos personales significativos o con conocimientos previos y encuentra el aprendizaje emocionalmente satisfactorio.
- ENFOQUE DE LOGRO (*ACHIEVING APPROACH*). En este caso el objetivo es manifestar la propia competencia con respecto a los compañeros, intentando obtener las máximas calificaciones. El estudiante utiliza como estrategia la optimización del coste-eficacia del tiempo y el esfuerzo.

Considera importante la autodisciplina, el orden y la sistematización, la planificación y la distribución del tiempo.

Tipos de enfoques e instrumentos de medida

Cada uno de los enfoques de aprendizaje estudiados por Biggs se compone de una motivación y un tipo de estrategia que los diferencia de los otros dos (Tabla 2.5). Con estos supuestos se definen dos líneas de investigación.

Por una parte, aquellos autores interesados en comprobar la congruencia entre motivo y estrategia de cada enfoque (Biggs, 1978; Hernandez Pina *et al.*, 2002; Kember & Leung, 1998; Valle *et al.*, 1997), y por otra, aquellos que se centran en estudiar la relación entre los tres enfoques (Briggs, 1978; Biggs, Kember & Leung, 2001; Kember & Leung, 1998; Kember *et al.*, 1999). Estas líneas se desarrollan utilizando el cuestionario construido por Biggs 1987, Study Process Questionnaire (SPQ), que ha sido traducido y adaptado al contexto español por Hernández Pina y Porto (Porto, 1994). El SPQ se compone de 43 ítems, agrupados en seis subescalas: estrategias profunda, superficial, de logro y sus correspondientes motivos. A su vez estas subescalas se unen para proporcionar tres enfoques: profundo, superficial y de logro.

	Superficial	Profundo	de Logro
Motivo	Miedo a fracasar	Interés intrínseco	Logro
Estrategia	Metas concretas, aprendizaje memorístico	El mayor significado	Uso efectivo de tiempo y espacio

Tabla 2.6. Enfoques y sus componentes (Adaptado de Briggs, Kember & Leung, 2001)

Las investigaciones dirigidas a estudiar las relaciones y la congruencia entre los componentes de los enfoques y los enfoques entre sí han obtenido, entre otras conclusiones, que los enfoques superficial y profundo son de naturaleza diferente al enfoque de logro (Biggs, 1987, 1988, 1993; Entwistle, 1988): mientras que los enfoques profundo y superficial poseen un componente estratégico en sí mismo, que se refiere a aquellas estrategias cognitivas que los estudiantes utilizan al abordar la tarea, el enfoque de logro posee un componente estratégico dirigido más a la planificación, es decir, cómo los estudiantes organizan el tiempo y el espacio para realizar las tareas.

La naturaleza diferente del enfoque de logro provoca que este se encuentre altamente relacionado con el enfoque profundo, determinándose por ello los “enfoques compuestos de aprendizaje” (Biggs, 1987). Estos compuestos se encuentran definidos por una motivación de logro, y una estrategia superficial en el caso del “*enfoque superficial-logro*”, mientras que el “*enfoque profundo-logro*” se compone de las dos motivaciones (de logro y profunda), y de las dos estrategias (de logro y profundo). Estos compuestos han sido verificados en diferentes contextos (Biggs, 1987; Porto, 1994); sin embargo, otros estudios muestran resultados diferentes y en ocasiones contradictorios (Hernández Pina *et al.*, 2002; Valle *et al.*, 1997).

Simultáneamente a los resultados obtenidos sobre los tipos y compuestos de enfoques, otros estudios se han dirigido a incluir los enfoques de aprendizaje que adoptan los universitarios en un continuo, en el que los enfoques profundo y superficial ocupan sus extremos (Kember, 1996, 2000). Dicho continuo se establece según el grado y tipo de motivación o intención con que el alumnado se enfrenta a la tarea y las estrategias que utiliza:

- **MOTIVACIÓN SUPERFICIAL:** el estudiante está motivado para aprender extrínsecamente, sin intención alguna de comprender la materia. Utiliza para ello estrategias de memorización que llevan a un aprendizaje mecánico. El estudiante que la posee mantiene una concepción cuantitativa del aprendizaje en la que es necesaria la repetición, tiene la intención de aprender para evitar el fracaso con el menor esfuerzo posible.
- **INTERMEDIO 1:** la motivación con que se enfrenta el estudiante a la tarea es fundamentalmente extrínseca. Y las estrategias que utiliza son de memorización, ayudándose de la comprensión necesaria para memorizar. Su concepción del aprendizaje es cuantitativa; sin embargo, considera que el aprendizaje necesita no solo de la repetición, sino también, y en menor medida, de la construcción.
- **COMPRESIÓN Y MEMORIZACIÓN:** la motivación es tanto extrínseca como intrínseca. Las estrategias utilizadas buscan la comprensión del material pero con el compromiso de memorizar. Posee una concepción del aprendizaje cuantitativa, y considera que es necesario un equilibrio de repetición y construcción para conseguir el aprendizaje.
- **INTERMEDIO 2:** la motivación es fundamentalmente intrínseca. Utiliza estrategias de memorización tras lograr la comprensión. Su concepción del aprendizaje es cualitativa, es decir, se trata, en mayor medida, de la repetición y de la construcción del material.
- **MOTIVACIÓN PROFUNDA:** la motivación del estudiante es intrínseca a la tarea, por lo que las estrategias se dirigen a la comprensión de la tarea. Considera que el aprendizaje se alcanza con la construcción y revisión del material que a aprender. El estudiante con esta motivación tiene la intención

de conocer el significado y los principios sin considerar el esfuerzo necesario.

- **ESTRATEGIA PROFUNDA:** se trata de las estrategias necesarias para la comprensión de la tarea, de su significado; por ejemplo, el uso de analogías, metáforas, etc.
- **ESTRATEGIA SUPERFICIAL:** la estrategia que se utiliza para el aprendizaje es la reproducción del material a través de la repetición.

Podemos resumir todas estas características en el siguiente cuadro:

ENFOQUE	MOTIVOS	ESTRATEGIAS
PROFUNDO	<p>Interés intrínseco en lo que se está aprendiendo.</p> <p>Interés en la materia y otros temas o áreas relacionados.</p> <p>Hay una intención clara de comprender.</p> <p>Intención de examinar y fundamentar la lógica de los argumentos.</p> <p>Ver las tareas como interesantes y con implicación personal.</p>	<p>Se trata de descubrir el significado subyacente, discutir y reflexionar, leyendo en profundidad y relacionando los contenidos con el conocimiento previo, a fin de extraer significados personales.</p> <p>La estrategia consiste en comprender lo que se está aprendiendo, a través de la interrelación de ideas y de la lectura comprensiva.</p> <p>Fuerte interacción con los contenidos.</p> <p>Relación de los datos con las conclusiones.</p> <p>Examen de la lógica de la argumentación.</p> <p>Relación de las nuevas ideas con el conocimiento previo y la experiencia.</p> <p>Ver la tarea como una posibilidad de enriquecer su propia experiencia.</p>

Tabla 2.7. Descripción de los enfoques de aprendizaje: motivos y estrategias

ENFOQUE	MOTIVOS	ESTRATEGIAS
SUPERFICIAL	<p>Cumplir los requisitos mínimos de la tarea.</p> <p>Miedo al fracaso.</p> <p>Trabajar nada más que lo necesario.</p> <p>Motivación extrínseca. Objeto pragmático y utilitarista: obtener las mínimas calificaciones para aprobar.</p> <p>Las tareas se abordan siempre como una imposición externa.</p> <p>Ausencia de reflexión acerca de propósitos o estrategias.</p>	<p>Es reproductiva: se limita a lo esencial para reproducirlo en el examen a través de un aprendizaje memorístico.</p> <p>Estrategia de simple reproducción.</p> <p>Memorización de temas, hechos o procedimientos solamente para pasar los exámenes.</p> <p>Focalización de la atención en los elementos sueltos, sin la integración en un todo.</p> <p>No extracción de principios a partir de ejemplos.</p>
DE LOGRO	<p>Necesidad de rendimiento: la intención es obtener las notas más altas.</p> <p>Incrementar el ego y la autoestima.</p> <p>Intención de sobresalir y de competitividad.</p>	<p>La estrategia está basada en organizar el tiempo y el espacio de trabajo según la rentabilidad; hacer todas las lecturas sugeridas.</p> <p>Uso de exámenes previos para predecir preguntas.</p> <p>Atención a las pistas sobre criterios de calificación.</p> <p>Aseguramiento de los materiales adecuados y unas buenas condiciones de estudio.</p>

Tabla 2.7 (cont). Descripción de los enfoques de aprendizaje: motivos y estrategias

A la vista de los resultados de unas y otras investigaciones, se cuestionan las tres dimensiones del aprendizaje definidos por Biggs. Los resultados de la investigación de Kember, Wong y Leung en 1999, aconsejan la reducción a dos dimensiones, provocando la construcción de un nuevo instrumento de medida que Biggs, Kember y Leung (Biggs, Kember & Leung, 2001) denominan Revised two-factor Study Process Questionnaire (R-SPQ-2F). En esta nueva versión se reducen los 43 items, las tres escalas y las seis subescalas del SPQ, a 20 items, dos escalas y cuatro subescalas. Dichas escalas corresponden a los enfoques de aprendizaje.

La versión revisada del SPQ es utilizada en diferentes investigaciones, dirigidas principalmente a estudiar sus características psicométricas. La mayoría de estos trabajos obtiene resultados satisfactorios con poblaciones de diferentes nacionalidades (Biggs *et al.*, 2001; Harris, Wickline & Iliescu, 2004; Hernández Pina *et al.*, 2002; Leung & Chan, 2001; Pilcher, 2002).

Por último, es importante tener presente que los enfoques de aprendizaje no son algo estable en el alumno, es decir, no son una característica personal inmutable. Por el contrario, un alumno es capaz de adoptar uno u otro enfoque de aprendizaje (Superficial o Profundo) dependiendo de la tarea académica a la que se enfrente. En otras palabras, los enfoques de aprendizaje están en función de las características individuales de los alumnos y del contexto de enseñanza determinado.

Por esta razón, un enfoque de aprendizaje describe la naturaleza de la relación entre alumno, contexto y tarea (Biggs, *et al.*, 2001).

Los enfoques de aprendizaje, por lo tanto, pueden interpretarse de distinta manera según la fase del modelo:

- A nivel de Presagio, pueden describir cómo difieren los individuos dentro de un contexto de enseñanza específico (enfoque preferido).
- A nivel de Proceso, pueden describir cómo se manejan las tareas específicas (enfoque en proceso).
- A nivel de Producto, pueden describir cómo los contextos de aprendizaje pueden diferir uno de otro (enfoque contextual).

2.3.2.- Cuestionario Revisado sobre Procesos de Estudio dos factores (R-SPQ-2F)

En nuestro trabajo se identificaron los enfoques de aprendizaje utilizando el Cuestionario Revisado sobre Procesos de Estudio dos factores (en adelante R-SPQ-2F) de John Biggs (Universidad de Hong Kong) y de David Kember y Doris Y.P. Leung de la Universidad Politécnica de Hong Kong (ver Anexo 1), que consta de cuestiones sobre procesos de estudio con 20 ítems, cada uno acompañado por una escala tipo Liker con cinco niveles.

A través de las respuestas a estos ítems, se identificará el enfoque de aprendizaje que el alumno adopta predominantemente. El cuestionario consta de dos dimensiones (correspondientes a los enfoques superficial y profundo) divididas, a su vez, en dos subdimensiones (correspondientes a los componentes estrategia y motivo), por lo que nos brinda información sobre los motivos y estrategias que los alumnos utilizan al enfrentarse a sus tareas de aprendizaje. El total de ítems se distribuye, por tanto, como se muestra en la tabla siguiente.

Dimensión	Subdimensión	Ítems
Enfoque superficial (SA)	Estrategia superficial (SS)	4, 8, 12, 16, 20
	Motivo superficial (SM)	3, 7, 11, 15, 19
Enfoque profundo (DA)	Estrategia profunda (DS)	2, 6, 10, 14, 18
	Motivo profundo (DM)	1, 5, 9, 13, 17

Tabla 2.8. Ítems correspondientes a cada subdimensión del R-SPQ-2F

La puntuación correspondiente a cada enfoque se obtiene sumando las puntuaciones de las respectivas subescalas de estrategia y motivo. En la primera página del instrumento se explica qué es el R-SPQ-2F y cómo responderlo. El instrumento incluye una hoja de respuestas donde aparece una tabla que el alumno ha de cumplimentar con sus respuestas a los diferentes ítems.

En nuestro caso pasamos el cuestionario a los estudiantes nada más terminar la fase de entrenamiento, con fin el de indagar acerca de los factores que, en su opinión, limitan su aprendizaje, el conocimiento y uso de técnicas y estrategias de aprendizaje y en qué medida planifican las acciones para cumplir con éxito una tarea de aprendizaje.

Adaptamos la redacción de las preguntas al caso concreto del entrenamiento en habilidades espaciales que acababan de realizar. Se explicó lo importante que resulta conocer los enfoques de aprendizaje a fin de trazar las estrategias de enseñanza que permitan desarrollar las estrategias de aprendizaje más efectivas. Se insistió en la absoluta reserva en cuanto a los resultados y se les pidió su cooperación. Debemos destacar que todos los estudiantes que participaron en el entrenamiento demostraron gran interés y voluntariamente se ofrecieron a responder el cuestionario. Se les aclaró que los términos superficial o profundo describen solo una forma de enfrentar el estudio y no características personales.

Recogemos las conclusiones del cuestionario en el epígrafe 3.4

2.4.- MOTIVACIÓN

Otro de los aspectos que queríamos medir era la motivación de nuestros estudiantes hacia el entrenamiento en habilidades espaciales al mismo tiempo que hacia la propia asignatura.

Según Reeve (Reeve *et al*, 1994), la motivación constituye la piedra angular para definir a dónde llegar y es el detonante de la acción para lograr los objetivos propuestos en cualquier aspecto de nuestra vida y más concretamente en todo proceso de enseñanza-aprendizaje. Es lo que mueve a la persona en una dirección y con una finalidad determinada con disposición al esfuerzo mantenido por conseguir una meta. Constituye un factor que condiciona la capacidad para aprender.

Los factores que guían y dirigen la conducta del estudiante son las actitudes, las percepciones, las expectativas y las representaciones que tenga el estudiante de sí mismo, de la tarea que debe realizar y de las metas que pretende alcanzar.

La labor del docente consiste en ayudar a que se produzca un cambio permanente en la vida de los estudiantes fomentando acciones que favorezcan un aprendizaje fructífero y que les inciten a nuevos descubrimientos y a construir su aprendizaje.

Tradicionalmente, ha existido una gran separación entre los aspectos cognitivos y los afectivo-motivacionales a la hora de estudiar su influencia en el aprendizaje. En la actualidad, existe un creciente interés en integrar ambos tipos de componentes para estudiarlos. *"Se puede afirmar que el aprendizaje se caracteriza por ser un proceso cognitivo y motivacional a la vez"*. En consecuencia, para aprender es imprescindible "poder" hacerlo, lo cual hace referencia a las capacidades, los conocimientos, las estrategias, y las destrezas necesarias (componentes cognitivos), pero además es necesario "querer" hacerlo, tener la disposición, la intención y la motivación suficientes (componentes motivacionales).

Los especialistas más destacados en este tema opinan que, para tener buenos resultados académicos, los alumnos necesitan poseer tanto "voluntad" como "habilidad", lo que conduce a la necesidad de integrar ambos aspectos.

Se establecen entonces las variables personales de la motivación.

- LA EXPECTATIVA, que hace referencia a las creencias de los estudiantes respecto de sí mismos y frente a la realización de una determinada tarea. Aquí, el factor determinante es el autoconcepto, que es resultado de un proceso de análisis, valoración e integración de la información derivada de la propia experiencia y de la retroalimentación recibida de los demás participantes en el proceso, compañeros, padres y profesores principalmente. La expectativa se podrá traducir en la siguiente pregunta: *¿soy capaz de hacer esta tarea?*
- EL VALOR, que indica las metas de los estudiantes y sus creencias sobre la importancia e interés por la tarea. Las metas de aprendizaje elegidas dan lugar a diferentes formas de afrontar las tareas académicas y a distintos patrones motivacionales. Estas se pueden situar entre dos polos que van desde una orientación extrínseca hasta una orientación intrínseca. Así, mientras que unos estudiantes se mueven por el deseo de saber, la curiosidad, la preferencia por el reto, el interés por aprender, otros están orientados hacia la consecución de metas extrínsecas como son la obtención de nota, recompensas, juicios positivos, aprobación de padres y profesores. Este factor se podría traducir en la siguiente pregunta: *¿por qué hago esta tarea?*
- EL COMPONENTE AFECTIVO, que recoge las reacciones emocionales de los estudiantes ante la tarea. Este componente se podría formular con la siguiente pregunta:

¿Cómo me siento al hacer esta tarea? Las emociones forman parte importante de la vida del estudiante y tienen mucha influencia en su motivación académica y en sus estrategias cognitivas (para la adquisición, el almacenamiento, la recuperación de la información, etc.) y, en consecuencia, en su aprendizaje y rendimiento académico.

Las interacciones sociales que el estudiante mantiene con las otras personas (padres, profesores y compañeros) tienen mucha importancia en el desarrollo del autoconcepto. Dicha información condiciona a desarrollar, mantener o modificar la imagen que tiene de sí mismo, lo que repercutirá inevitablemente en su motivación y su rendimiento académico. Puede afirmarse que tanto la actuación del profesor como las interacciones académicas y sociales de los estudiantes juegan un papel importante en el desarrollo del autoconcepto.

El tipo de meta que los estudiantes se proponen por ejemplo, aprender o solo aprobar, también depende de los aspectos situacionales. Entre las variables situacionales que influyen en las metas que persiguen los estudiantes destacan una serie de elementos relacionados con la organización de la enseñanza y la estructura de la clase como son la actitud del profesor, la organización del aula, el tipo de tareas, el sistema de evaluación, etc.

El tipo de emoción que experimenta el estudiante en la realización de la tarea está también determinada fundamentalmente por las características propias de la tarea y, en particular, por su contenido y por la estrategia metodológica diseñada por el profesor para su realización.

En ese sentido, para que el estudiante se sienta motivado por aprender unos contenidos de forma significativa es necesario tener mucho cuidado en la manera como se le presenta la situación de

aprendizaje, en lo atractiva e interesante que pueda resultar, en la utilidad evidente que esta tenga, etc. Todo ello para conseguir que el estudiante se involucre activamente en un proceso de construcción de significados que le demandará esfuerzo, energía y persistencia.

Las metas incrementan la motivación si son específicas, moderadamente difíciles y susceptibles de alcanzar en el futuro cercano. Hay una diferencia importante entre las metas del desempeño (la intención de parecer inteligente o capaz ante otras personas) y las metas del aprendizaje (la intención de obtener conocimientos y dominar las habilidades).

Los estudiantes que están motivados por aprender establecen metas de aprendizaje más que de desempeño y se preocupan por aprender más que por mostrar un buen resultado. A fin de que el establecimiento de metas sea efectivo en el aula, los estudiantes necesitan retroalimentación precisa acerca de su progreso hacia las metas.

Las necesidades también son un componente importante en muchas de las teorías de la motivación. Maslow sugirió que muchas personas están motivadas por una jerarquía de necesidades: empiezan con los requerimientos básicos y avanzan hacia las necesidades de realización personal. Se deben satisfacer primero las necesidades de nivel inferior para que las necesidades de nivel superior puedan influir sobre la motivación.

La necesidad de logro se considera una característica personal que se nutre con las primeras experiencias en la familia y como una reacción a las experiencias recientes de éxito o de fracaso, se equilibra con la necesidad de evitar el fracaso y juntas son poderosas fuentes de motivación.

La teoría de la atribución de la motivación sugiere que las explicaciones que las personas dan a las conductas, en particular a sus propios éxitos y fracasos, tienen una fuerte influencia en sus

planes y desempeño futuros. Una de las características importantes de una atribución es si es interna y está bajo el control de una persona o si es externa y fuera de control.

Los profesores pueden contribuir a la asignación de atribuciones por la manera en que responden al trabajo de los estudiantes. Por ejemplo, proporcionar ayuda no solicitada puede comunicar a los estudiantes que carecen de la habilidad para realizar el trabajo. Cuando las personas piensan que la aptitud es fija, tienden a establecer metas de desempeño y a esforzarse por protegerse del fracaso. Sin embargo, cuando las personas piensan que la aptitud es mejorable, tienden a establecer metas de aprendizaje y a manejar el fracaso de modo constructivo. Al parecer, un bajo sentido de interés por sí mismo se asocia con estrategias de evitar el fracaso, invirtiéndose mucha energía en protegerse de sus consecuencias. Estas estrategias pueden dar la impresión de ayudar en el corto plazo, pero son nocivas para la motivación y autoestima en el largo plazo. El sentido de autoeficacia, la creencia de que se será eficiente en una situación determinada, ejerce una influencia sobre la motivación. Si un individuo tiene un fuerte sentido de autoeficacia, tiende a establecer metas más desafiantes y a persistir aun al encontrar obstáculos.

Desde la concepción constructivista se asume que todo aprendizaje significativo es en sí mismo motivador, porque el estudiante disfruta realizando la tarea o trabajando esos nuevos contenidos (en contraposición al aprendizaje mecánico o memorístico) pues entiende lo que está aprendiendo y le encuentra sentido.

Por ello, el profesor, si quiere conseguir la motivación de los estudiantes por aprender, no debe esperar que ellos la traigan consigo, sino que más bien debe tratar de encontrar o diseñar actividades académicas significativas y valiosas y tratar de derivar

de estas los beneficios académicos que se pretenden. Esto implica tomar con seriedad el trabajo docente y tratar de obtener de él el mayor provecho.

No solo se trata de motivar a los estudiantes, sino, más bien, de crear un ambiente que les permita motivarse a sí mismos. Tiene mucho más sentido centrar el interés del profesor en el entorno o en la situación de aprendizaje que tratar de provocar un cambio directo sobre los componentes personales de los estudiantes. Se deben seleccionar aquellas actividades o situaciones de aprendizaje que ofrezcan retos y desafíos razonables por su novedad, variedad o diversidad; se debe ayudar a los estudiantes en la toma de decisiones, fomentar su responsabilidad e independencia y desarrollar sus habilidades de autocontrol.

Se reconocen seis áreas en que las que los profesores toman decisiones que pueden influir en la motivación para aprender de los estudiantes:

- La naturaleza de la tarea que se pide a los estudiantes que realicen.
- La autonomía que se permite a los estudiantes en el trabajo.
- La manera en que se reconocen los logros de los estudiantes.
- El trabajo en grupo.
- Los procedimientos de evaluación.
- La programación del tiempo en el aula.

Podemos clasificar las tareas académicas por sus niveles de riesgo y ambigüedad. Algunas implican más o menos riesgo que otras, porque el fracaso es más o menos probable. Es necesario lograr cierto equilibrio, ya que las tareas de bajo riesgo pueden fomentar la motivación inmediata, pero reducir el desarrollo de la

motivación y la persistencia a largo plazo, por el nivel de frustración que provocan. Igualmente, las de un riesgo desmedido pueden paralizar a los estudiantes y hacerles sentirse fracasados antes de dar el primer paso hacia la meta.

Toda tarea tiene uno de estos tres tipos de valor para los estudiantes:

- El valor de la realización, o la importancia de hacer bien la tarea.
- El valor intrínseco o el interés por el placer que se obtiene de la actividad como tal.
- El valor de utilidad, porque la tarea nos ayuda a alcanzar una meta de corto o largo plazo.

Es muy difícil separar el valor de la tarea de las influencias personales y del entorno. La tarea que el profesor pide a los estudiantes es un aspecto de su entorno (es externa para el estudiante), pero, el valor de realizar la tarea está ligado a sus necesidades internas, creencias y metas individuales.

Una tarea auténtica es una tarea que tiene alguna relación con los problemas y situaciones de la vida real que los estudiantes enfrentarán fuera del aula, ahora y en el futuro. Si las tareas son auténticas, es más probable que los estudiantes comprendan el valor y la utilidad genuina de su trabajo y encuentren las tareas significativas e interesantes.

En nuestro trabajo de investigación consideramos de gran interés utilizar una herramienta científicamente validada y contrastada que nos sirviese para obtener un diagnóstico sobre la motivación de nuestros alumnos hacia nuestra asignatura.

Así encontramos:

- EL CUESTIONARIO DE APRENDIZAJE (MSLQ) (Pintrich *et al.*, 1991) que fue diseñado para evaluar a los estudiantes universitarios sobre sus orientaciones motivacionales y estrategias de aprendizaje.
- EL INSTRUMENTO DE MOTIVATION MULTIDIMENSIONAL (Uguroglu *et al.*, 1981) en el que se examina la relación entre el ambiente de aprendizaje, la motivación de los alumnos, el afecto y la conducta.
- EL CUESTIONARIO PARA MEDIR LA MOTIVACIÓN DE LOS ESTUDIANTES EN SU APRENDIZAJE (SMTSL) desarrollado por Hsiao-Lin Tuana, Chi-Chin Chin y Shyang-Horng Shieh (Hsiao-Lin *et al.*, 2005), profesores del Departamento de Ciencias de la Educación del National Taichung Teachers College de la National Changhua University of Education, Taiwan. Este cuestionario se basa en la teoría constructivista (Mintzes, 2002; Von Glasersfeld, 1998), según la cual, los estudiantes adoptan un papel activo en la construcción de sus nuevos conocimientos.

Estos cuestionarios de motivación utilizados en los estudios de psicología fueron desarrollados principalmente por psicólogos que estaban interesados en estudiar la motivación de los estudiantes en el aprendizaje en general, en lugar de abordar en concreto la motivación para el aprendizaje de la ciencia. Pero eran muchos los investigadores (Blumenfeld & Meece, 1988; Blumenfeld, 1992; Lee & Brophy, 1996; Weiner, 1990) que siempre hicieron hincapié en la importancia de investigar y medir la motivación de los alumnos en el estudio de áreas de contenido temático específicas, ya que pueden expresar diferentes rasgos motivacionales en estas áreas respecto a las generales. Por lo tanto, era importante desarrollar un cuestionario

para investigar la motivación de los estudiantes el aprendizaje de la ciencia.

El MSLQ se basa en una visión cognitiva de la motivación y de las estrategias de aprendizaje. Para más información sobre el marco teórico subyacente se pueden consultar los trabajos de McKeachie y cols. (McKeachie *et al.*, 1993); Pintrich (Pintrich, 1988 a, b; 1989); Pintrich y DeGroot (Pintrich y DeGroot, 1990) y Pintrich y García (Pintrich y García, 1991).

El modelo conceptual de la motivación es una adaptación del modelo motivacional de expectativas y valores (Eccles, 1983; Pintrich, 1988, 1989). Pintrich y DeGroot proponen tres componentes motivacionales que pueden estar en relación con el uso de estrategias de aprendizaje:

- UN COMPONENTE DE EXPECTATIVA, que comprende las creencias de los estudiantes sobre su capacidad para llevar a cabo una tarea.
- UN COMPONENTE DE VALOR, en el que se incluyen las metas de los alumnos, la importancia que le dan a la tarea y el interés que tienen por ella.
- UN COMPONENTE AFECTIVO, que se refiere a sus reacciones emocionales ante la tarea.

En cuanto a las estrategias de aprendizaje los autores del MSLQ consideran importantes tres aspectos:

- Las estrategias metacognitivas para planificar, dirigir y modificar el propio funcionamiento cognitivo.
- El control de los recursos: tiempo y lugar, esfuerzo y ayuda de otros.

- Las estrategias cognitivas propiamente dichas que los alumnos utilizan para aprender, recordar y entender la materia de estudio (Pintrich *et al.*, 1991).

El modelo expuesto, por los contenidos que recoge, se puede incluir entre los denominados "*modelos o teorías de autorregulación del aprendizaje*". De hecho Pintrich y sus colaboradores en algunos artículos denominan a las estrategias de aprendizaje "*estrategias de autorregulación*" (Pintrich & DeGroot, 1990).

Las teorías de autorregulación comparten una conceptualización de los estudiantes como "*promotores activos de su rendimiento académico metacognitivamente, motivacionalmente y comportamentalmente*" (Zimmerman, 1989). También es común a estas posturas la consideración de que la motivación y el uso de estrategias están íntimamente relacionadas e influyen conjuntamente, no solo de manera aislada, en el aprendizaje y el rendimiento.

2.4.1.- Instrumentos para identificar y medir la motivación de los estudiantes

De esa forma encontramos que, entre los instrumentos validados para medir la motivación de los estudiantes hacia el estudio de una asignatura, disponemos del CUESTIONARIO DE ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE Y MOTIVACIÓN (CEAM), que es la traducción y adaptación al castellano del MSLQ ([Anexo 2](#)).

El MSLQ (Motivated Strategies for Learning Questionnaire) es un cuestionario de autoinforme, (Roces, *et al.*, 1999) que incluye preguntas sobre la motivación para el estudio del alumno y sobre las estrategias de aprendizaje que emplea. Está constituido por un total de 81 ítems de los cuales 31 corresponden a los aspectos motivacionales y 50 a factores estratégicos. Cada ítem se responde usando una escala tipo Likert de 7 niveles (1= no, nunca;...; 7= sí,

siempre). Los ítems se agrupan en seis escalas motivacionales y nueve de estrategias (Pintrich *et al.*, 1991). Dichos autores describen las siguientes escalas de motivación:

- **ORIENTACIÓN A METAS INTRÍNSECAS:** Este componente motivacional se refiere a la percepción por parte del estudiante de las razones por las que se implica en una tarea de aprendizaje. Es el grado en el que el estudiante considera que toma parte en una tarea por razones como el reto, la curiosidad y la maestría o dominio. Un nivel satisfactorio en este componente frente a determinada tarea académica por parte del estudiante significa que su participación en ella es un fin en sí mismo, más que un medio para alcanzar un determinado fin.
- **ORIENTACIÓN A METAS EXTRÍNSECAS:** Se refiere al grado en el que el estudiante participa en una tarea como respuesta a las demandas de la evaluación; sus resultados reflejados en las notas, recompensas, la opinión de los otros o superar al resto de sus compañeros. Por ello, plantean que esta subescala refleja la orientación al resultado, mientras que la anterior se refiere a la orientación a la tarea; de ahí que, cuando un estudiante tiene una alta orientación a metas extrínsecas, se involucra en las tareas académicas para conseguir unos objetivos extrínsecos a la propia naturaleza de la tarea
- **VALOR DE LA TAREA:** Contempla la opinión del alumno sobre la importancia, interés y utilidad de la asignatura: si la considera importante para su propia formación, útil para entender otras asignaturas e interesante para ambos fines.
- **CREENCIAS DE CONTROL Y AUTOEFICACIA PARA EL APRENDIZAJE:** Muestra la creencia del alumno sobre la dependencia existente entre el dominio que puede alcanzar en la asignatura y su propio esfuerzo y modo de estudiar, y hasta

qué punto se considera capaz de aprender lo requerido en las diferentes materias.

- **AUTOEFICACIA PARA EL RENDIMIENTO:** se refiere a las creencias de los estudiantes sobre su propia capacidad para alcanzar un buen rendimiento académico.
- **ANSIEDAD:** Este componente recoge los pensamientos negativos de los alumnos durante los exámenes, que interfieren en los resultados, y las reacciones fisiológicas que se ponen de manifiesto durante la realización de la prueba.

En la tabla siguiente se recogen las Escalas, Dimensiones y Subescalas del cuestionario CEAM:

Escalas	Dimensiones	Subescalas
MOTIVACIÓN	Componentes de expectativas	Creencias de control Autoeficacia
	Componentes de valor	Metas intrínsecas Metas extrínsecas Valor de la tarea
	Componentes afectivos	Ansiedad
ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE	Cognitivas y metacognitivas	Repetición Elaboración Organización Pensamiento crítico Metacognición
	De manejo de recursos	Tiempo de estudio Lugar de estudio Regulación del esfuerzo Aprendizaje con otros Búsqueda de ayuda

Tabla 2.9. Distribución de Escalas, Dimensiones y Subescalas CEAM

En la tabla siguiente se recogen los ítems que corresponden a cada uno de los componentes motivacionales.

Factores motivacionales	Ítems
Orientación a metas intrínsecas	1, 10, 16, 17, 22, 26
Orientación a metas extrínsecas	7, 11, 21, 30
Valor de la tarea	4, 23, 24, 27
Creencias de control y autoeficacia para el aprendizaje	2, 6, 15, 18, 25, 29
Autoeficacia para el rendimiento	5, 12, 13, 20, 31
Ansiedad	3, 8, 9, 14, 19, 28

Tabla 2.10. Ítems correspondientes a los factores motivacionales

También se establecen las siguientes Escalas de estrategias de aprendizaje:

- **ELABORACIÓN:** Permite valorar si el alumno aplica conocimientos anteriores a situaciones nuevas para resolver problemas, tomar decisiones o hacer evaluaciones críticas, y si es capaz de establecer conexiones de la información nueva con la que ya poseía para recordarla mejor.
- **APROVECHAMIENTO DEL TIEMPO Y CONCENTRACIÓN:** Contempla el aprovechamiento que hace el alumno de su tiempo de estudio y su capacidad para centrarse en aquello que está realizando en cada momento.
- **ORGANIZACIÓN:** Tiene en cuenta las estrategias que emplea el alumno para estudiar el contenido y seleccionar la información relevante como esquemas, resúmenes, subrayado, etc.
- **AYUDA:** Hace referencia a la ayuda que el alumno pide a otros alumnos y al profesor durante la realización de las tareas académicas.
- **CONSTANCIA:** Se refiere a la diligencia y esfuerzo para llevar al día las actividades y trabajos de las diferentes asignaturas y alcanzar las metas establecidas.
- **METACOGNICIÓN:** Está dirigida a reflejar la autorregulación metacognitiva, es decir, al establecimiento de metas y a la regulación del estudio y de la propia comprensión.

- AUTOINTERROGACIÓN: Tiene en cuenta las preguntas que el alumno se hace a sí mismo durante el estudio con el objetivo de centrarse en el contenido, autoevaluar su nivel de comprensión y cuestionar la veracidad de lo estudiado.

En la tabla siguiente se muestran los ítems que corresponden a cada uno de los factores estratégicos.

Factores estratégicos	Ítems
Elaboración	47, 51, 62, 64, 66, 69, 71, 81
Aprovechamiento del tiempo y concentración	33, 35, 43, 52, 65, 77, 80
Organización	32, 42, 49, 53, 59, 63, 67, 72
Ayuda	34, 40, 45, 50, 58, 68, 75
Constancia	37, 39, 46, 48, 60, 70, 73, 74, 79
Metacognición	41, 44, 54, 56, 57, 76, 78
Autointerrogación	36, 38, 55, 61

Tabla 2.11. Ítems correspondientes a los factores estratégicos

En nuestro caso pasamos el cuestionario al terminar el semestre con el fin de indagar acerca de su motivación y actitudes en la asignatura. Recogemos las conclusiones del cuestionario en el epígrafe 3.5

2.5.- USABILIDAD

Dado que todo nuestro planteamiento de entrenamiento se basa en el uso del ordenador, otro de los aspectos que debíamos estudiar era el de la usabilidad de los materiales preparados con las tres tecnologías de las que hemos venido hablando: Realidad Aumentada, Realidad Virtual y PDF3D.

2.5.1.- Implicaciones de la usabilidad

El neologismo USABILIDAD (del inglés usability -facilidad de uso-) no es una cualidad que exista en un sentido real o absoluto. Quizás pueda resumirse mejor como la cualidad general de la idoneidad para un propósito particular, de cualquier artefacto.

Se refiere a la facilidad con que las personas pueden utilizar una herramienta particular o cualquier otro objeto fabricado por humanos con el fin de alcanzar un objetivo concreto. La usabilidad también puede referirse al estudio de los principios que hay tras la eficacia percibida de un objeto. La usabilidad es un término que no forma parte del diccionario de la Real Academia Española (RAE), aunque es bastante habitual en el ámbito de la informática y la tecnología.

Según Bevan y colaboradores (Bevan, Kirakowski & Maissel, 1991), el uso de cualquier herramienta o sistema tiene que ser visto en términos del contexto en el que se utiliza, y su idoneidad para ese contexto. Con particular referencia a sistemas de información, este punto de vista de la usabilidad se refleja en el actual proyecto de norma internacional ISO 9241-11.

En general, es imposible especificar el uso de un sistema (es decir, su aptitud para el uso) sin antes definir quiénes son sus usuarios previstos, las tareas que los usuarios realizarán con él, y las características del medio físico, organizativo y social en el que se va a utilizar.

En interacción persona-ordenador, la usabilidad se refiere a la claridad y la elegancia con que se diseña la interacción con un programa de ordenador o un sitio web. El término también se usa a menudo en el contexto de productos como la electrónica de consumo o en áreas de comunicación, y en objetos que transmiten conocimiento (por ejemplo, un libro de recetas o un documento de ayuda en línea). También puede referirse al diseño eficiente de objetos mecánicos como, por ejemplo, un manubrio o un martillo.

El grado de usabilidad de un sistema es, por su parte, una medida empírica y relativa de su usabilidad. Se mide a partir de pruebas empíricas y relativas.

- EMPÍRICA porque no se basa en opiniones o sensaciones, sino en pruebas de usabilidad realizadas en laboratorio u observadas mediante trabajo de campo.
- RELATIVA porque el resultado no es ni bueno ni malo, sino que depende de las metas planteadas (por lo menos el 80% de los usuarios de un determinado grupo o tipo definido deben poder instalar con éxito el producto X en N minutos sin más ayuda que la guía rápida) o de una comparación con otros sistemas similares.

El concepto de usabilidad generalmente, se refiere a una aplicación (informática) de (software) o un aparato (hardware), aunque también puede aplicarse a cualquier sistema hecho con algún objetivo particular.

El modelo conceptual de la usabilidad, proveniente del diseño centrado en el usuario, no está completo sin la idea utilidad. En inglés, utilidad + usabilidad es lo que se conoce como *usefulness*.

Jakob Nielsen (Jakob Nielsen, 2010), definió la usabilidad como el atributo de calidad que mide lo fáciles que son de usar las aplicaciones informáticas.

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) ofrece dos definiciones de usabilidad:

- ISO/IEC 9126: *"La usabilidad se refiere a la capacidad de un software de ser comprendido, aprendido, usado y ser atractivo para el usuario, en condiciones específicas de uso"*. Esta definición pone el énfasis en los atributos internos y externos del producto, los cuales contribuyen a su funcionalidad y eficiencia. La usabilidad depende no solo del producto sino también del usuario. Por ello, un producto no es en ningún caso intrínsecamente usable, solo tendrá la capacidad de ser usado en un contexto particular y por usuarios particulares. La usabilidad no puede ser valorada estudiando un producto de manera aislada (Bevan, 1994).
- ISO/IEC 9241: *"Usabilidad es la eficacia, la eficiencia y la satisfacción con la que un producto permite alcanzar objetivos específicos a usuarios específicos en un contexto de uso específico"*. Es una definición centrada en el concepto de calidad en el uso, es decir, se refiere a cómo el usuario realiza tareas específicas en escenarios específicos con efectividad.

A partir de la conceptualización llevada a cabo por la ISO, se infieren los principios básicos en los que se basa la usabilidad:

- FACILIDAD DE APRENDIZAJE: facilidad con la que nuevos usuarios desarrollan una interacción efectiva con el sistema o producto. Está relacionada con la predicibilidad, la sintetización, la familiaridad, la generalización de los conocimientos previos y la consistencia.

- FACILIDAD DE USO: facilidad con la que el usuario hace uso de la herramienta, con menos pasos o más acordes con su formación específica. Tiene que ver con la eficacia y eficiencia de la herramienta.
- FLEXIBILIDAD: relativa a la variedad de posibilidades con las que el usuario y el sistema pueden intercambiar información. También abarca la posibilidad de diálogo, la multiplicidad de vías para realizar la tarea, la similitud con tareas anteriores y la optimización entre el usuario y el sistema.
- ROBUSTEZ: es el nivel de apoyo al usuario que facilita el cumplimiento de sus objetivos. Está relacionada con la capacidad de observación del usuario, de recuperación de información y de ajuste de la tarea al usuario.
- EFICACIA: Capacidad de los usuarios para completar las tareas y la calidad de los resultados de esas tareas.
- EFICIENCIA: Nivel de los recursos consumidos en la ejecución de las tareas.
- SATISFACCIÓN: Reacciones subjetivas de los usuarios al utilizar el sistema.

En informática, la usabilidad está muy relacionada con la accesibilidad, hasta el punto de que algunos expertos consideran que una forma parte de la otra o viceversa.

Otra definición clarificadora es la de Redish (Redish, 2000), para quien es preciso diseñar aplicaciones para que los usuarios sean capaces de *"encontrar lo que necesitan, entender lo que encuentran y actuar apropiadamente... dentro del tiempo y esfuerzo que ellos consideran adecuado para esa tarea"*.

Existen cinco reglas principales que, adaptadas a una aplicación informática o a una web, permiten considerarla como "usables".

- **RAPIDEZ.** Deben cargarse en una media de 4 segundos. Los usuarios no esperarán más de una media de 10 segundos, por lo que las aplicaciones y páginas web deben ser lo menos pesadas posibles con el fin de que los usuarios no esperen mucho tiempo, porque de lo contrario perderán el interés, y la cerrarán.
- **SIMPLICIDAD.** Debe mantenerse una navegación constante. No hay que forzar a los usuarios a aprender diversos caminos para la utilización de la aplicación. Tampoco debe abusarse de la utilización de animaciones ya que esto puede abrumar y cansar la vista.
- **INVESTIGABLE.** Los motores de búsqueda buscan el texto real. No prestan ninguna atención a gráficos y al código de programación. Hay que evitar estos elementos para posicionar adecuadamente la aplicación en los buscadores.
- **PARA LA MAYORÍA.** Las aplicaciones necesitan ser compatibles con todos los navegadores y ordenadores para su fácil usabilidad para lo que es muy recomendable utilizar lenguaje HTML simple y llano siempre que sea posible ya que es el más compatible con todos los navegadores.
- **MANTENIMIENTO ACTUALIZADO.** La manera más rápida para que una aplicación o una web pierda credibilidad es que contenga información anticuada

Entre los principales beneficios que presenta la usabilidad se encuentran los siguientes:

- Reducción de los costes de aprendizaje y esfuerzo.

- Disminución de los costes de asistencia y ayuda al usuario.
- Disminución de la tasa de errores cometidos por el usuario.
- Optimización de los costes de diseño, rediseño y mantenimiento.
- Aumento de la satisfacción y comodidad del usuario.
- Mejora de la imagen y el prestigio.
- Mejora de la calidad de vida de los usuarios, ya que reduce su estrés, incrementa su satisfacción y su productividad.

2.5.2.- Instrumentos para medir la usabilidad de herramientas informáticas

Las medidas precisas para obtener la usabilidad de un sistema pueden ser muy variadas. Así, por ejemplo, las medidas de efectividad estarán obviamente muy determinadas por los tipos de tareas que se llevan a cabo con el sistema. Podemos poner el ejemplo de que la medida de la eficacia de un sistema de procesamiento de texto podría ser el número de hojas escritas, y si esos escritos están libres de errores ortográficos.

Una consecuencia de la especificidad contextual de la usabilidad es que es muy difícil realizar comparaciones de facilidad de uso entre sistemas diferentes. Comparar la usabilidad de sistemas diferentes destinados a fines diferentes es un caso claro de "comparar manzanas y peras" y debe evitarse siempre que sea posible. También es potencialmente engañoso generalizar las características de diseño y experiencia en todos los sistemas. Por ejemplo, solo porque una característica de diseño especial ha resultado ser muy útil para hacer un sistema usable no necesariamente significa que vaya a suceder lo mismo en otro

sistema, con diferentes grupos de usuarios, o que se realicen en entornos diferentes.

Si hay una zona en la que es posible realizar evaluaciones más generalizadas de facilidad de uso, lo que podría aportar transversalidad al sistema de comparación, es en el área de las evaluaciones subjetivas de la usabilidad. Las medidas subjetivas de la usabilidad se obtienen generalmente mediante el uso de cuestionarios y escalas de actitud, y existen ejemplos de escalas de actitudes generales que no son específicos de ningún sistema en particular (Cusi, Kirakowski y Corbett, 1988).

A menudo, todo lo que se necesita es una indicación general del nivel general de la usabilidad de un sistema en comparación con sus competidores o sus predecesores. Igualmente, es deseable disponer de medidas que no requieran gran esfuerzo y gasto para recoger y analizar datos.

Este tipo de consideraciones son muy importantes porque la medida tiene que ser capaz de ser aplicada de forma rápida y sencilla, pero también tiene que ser lo suficientemente fiable para ser utilizada como para hacer comparaciones de los cambios de rendimiento de cualquier usuario de un sistema.

La necesidad de simplicidad y velocidad de este tipo de cuestionarios se impuso porque quedó demostrado que si a un usuario se le presentaba una larga serie de más de 25 preguntas era muy probable que no lo completase y, en consecuencia, no obtendríamos datos suficientes para evaluar las reacciones subjetivas a la usabilidad del sistema.

En respuesta a estos requerimientos se desarrolló en 1986 por Digital Equipment Co. Ltd el Sistema de Escala de Usabilidad (SUS) que ha tenido una gran aceptación como herramienta de medición de la usabilidad de un sistema. Consiste en un cuestionario de diez afirmaciones que proporciona una visión global de las evaluaciones

subjetivas de la usabilidad con las que el usuario indica su grado de acuerdo o desacuerdo con cada ítem en una escala de 1 (total desacuerdo) a 5 (total acuerdo).

Las afirmaciones del cuestionario cubren una gran variedad de aspectos sobre la usabilidad del sistema, tales como la necesidad de apoyo, la formación, y la complejidad y, por tanto, presentan un alto nivel de validez para medir la usabilidad de un sistema. El cuestionario se aplica después de que el encuestado haya tenido la oportunidad de utilizar el sistema que está siendo evaluado. Se le pide que registre su respuesta inmediata a cada ítem, sin pensarlo mucho. Este cuestionario tiene la particularidad de que si el encuestado siente que no puede responder a un ítem en particular, debe elegir el punto central de la escala (3).

La valoración final del cuestionario es un único valor que representa una medida compuesta de la facilidad de uso general del sistema estudiado, ya que las puntuaciones para los elementos individuales no son significativas por sí mismos.

Para calcular la puntuación del SUS, en primer lugar hay que sumar las puntuaciones de cada ítem. La contribución de cada ítem a la puntuación final se calcula de la siguiente manera:

- Para los ítems 1, 3, 5, 7 y 9 se considera la puntuación dada por el usuario menos 1.
- Para los ítems 2, 4, 6, 8 y 10, la puntuación es 5 menos la respuesta del usuario.
- Se suman todas esas puntuaciones.
- La puntuación final se obtiene multiplicando la suma anterior por 2.5
- El resultado final estará entre 0 y 100

Para nuestra investigación, hemos aplicado el cuestionario SUS nada más terminar el entrenamiento en habilidades espaciales. Hemos adaptado el cuestionario a la tecnología estudiada en cada caso, partiendo del modelo estandar. Recogemos las conclusiones del cuestionario en el epígrafe 3.8

2.6.- REALIDAD MEZCLADA Y EL CONTINUO DE MILGRAM

El concepto de realidad mezclada (RM, mixed reality) fue definido por primera vez en (Milgram *et al.*, 1994) a partir del continuo realidad-virtualidad, comúnmente conocido como continuo de Milgram (Figura 2.14) que aparece referenciado por múltiples autores, como en (Milgram *et al.*, 1994; Billinghurst *et al.*, 2001).

Según este continuo, dependiendo de la cantidad de entorno generado por ordenador, se puede establecer una clasificación que va desde el entorno completamente real al completamente virtual, pasando por los estados intermedios de realidad aumentada (RA) y virtualidad aumentada (VA).

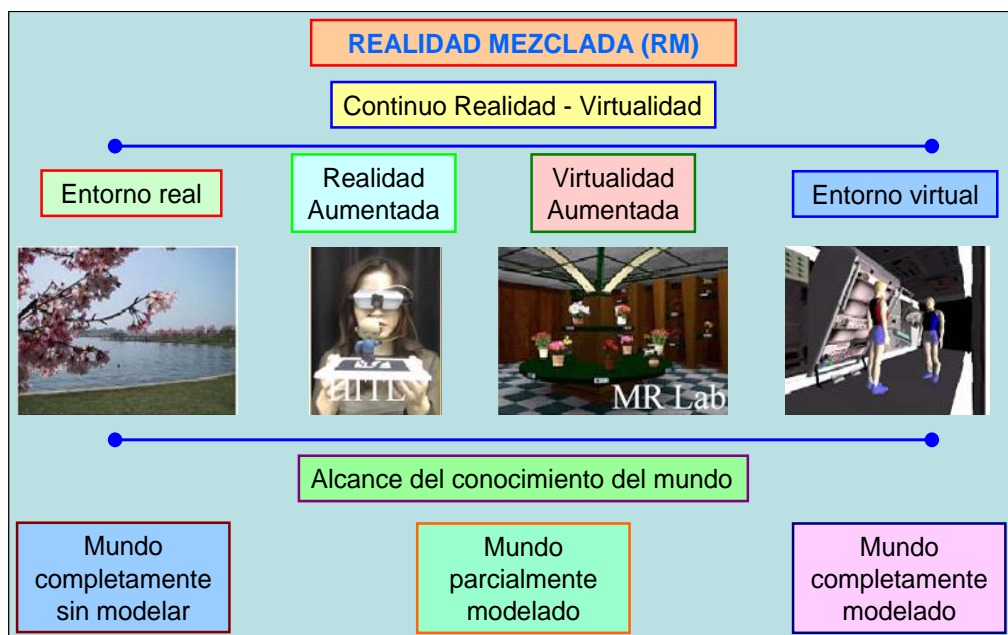


Figura 2.14. Continuo de Milgram
(<http://www.treearrow.com/adblog/2011/10/23/introduccion-a-la-realidad-aumentada/>)

El mundo real y un mundo totalmente virtual constituyen los dos extremos de esta continuidad en cuyo punto intermedio se encuentra lo que Milgram denomina Realidad Mezclada (RM). La RA está más cerca del extremo del entorno real, por lo que el mundo real resulta

complementado con datos generados por ordenador. La Virtualidad Aumentada (VA) es un término creado por Milgram para identificar sistemas que son principalmente sintéticos pero que agregan ciertas imágenes del mundo real como vídeos y texturas sobre objetos virtuales.

La tecnología de Realidad Mezclada engloba a la RA y la VA. La diferencia entre estas dos últimas tecnologías radica en la cantidad de entorno sintético (o contenido generado por ordenador) frente a la cantidad de entorno real, aunque en muchos casos la línea que separa ambas tecnologías es difícil de trazar y algunas aplicaciones no se pueden catalogar claramente en una de estas categorías.

Cabe señalar que Milgram diferencia entre Entorno Real – Realidad Aumentada – Virtualidad Aumentada – Entorno Virtual. Sin embargo en esta clasificación se entremezclan distintos conceptos (“entorno” frente a la tecnología de RA o VA). Por ello, que en la tabla siguiente se muestra una modificación (o ampliación) del continuo de Milgram, ya que contempla la diversidad de conceptos paralelos aportados por otros autores, comúnmente referenciados en la bibliografía consultada.

Realidad	Realidad Mezclada Realidad Híbrida		Virtualidad
	Realidad Aumentada	Virtualidad Aumentada	
Entorno Real Mundo Real	Entorno Mezclado Entorno Híbrido Entorno Aumentado		Entorno Virtual Entorno Sintético Mundo Virtual
	Entorno Real aumentado	Entorno Virtual Aumentado	
Realidad Real	Realidad Videográfica		Realidad Virtual Realidad Sintética
0% contenidos generados por ordenador]0%, 50%[contenidos generados por ordenador]50%, 100%[contenidos generados por ordenador	100% contenidos generados por ordenador

Tabla 2.12. Continuo de Milgram ampliado con otros conceptos

La idea de proporcionar datos adicionales a un entorno real ni es novedosa ni surge con los sistemas actuales de realidad aumentada. Este concepto se ha utilizado en diversos campos; por ejemplo, existen muchos libros en los que se ha utilizado la superposición, sobre fotografías, de elementos no existentes en el entorno físico, dibujados sobre una transparencia, de tal forma que se puedan ver fusionados los elementos existentes con los imaginados.

En este sentido, se podría argumentar que la realidad aumentada es una disciplina que, aunque tecnológicamente es novedosa, conceptualmente no lo es. Sin embargo, consideraremos el hecho de que el término “realidad aumentada” surgió para dar nombre a una tecnología y, aunque es cierto que podríamos establecer un juego de palabras y cuestionar que la “realidad” se puede “aumentar” de muchas formas (no exclusivamente mediante la tecnología), lo cierto es que estaríamos hablando de conceptos distintos.

En consecuencia, al hablar de RA nos referimos a la “tecnología de realidad aumentada”, basándonos en las características aportadas en (Azuma, 1997) y descritas en el epígrafe 2.6.2. En este sentido, los comienzos de la RA van unidos a los de la realidad virtual, ya que comparten muchas características.

Milgram define tres pilares básicos sobre los que se sustentan los sistemas de Realidad Mezclada:

- LA FIDELIDAD EN LA REPRODUCCIÓN, busca como objetivo principal el realismo en los dispositivos de RM, tomando como punto de referencia para ello la calidad de las imágenes. Este realismo puede oscilar entre simples objetos en alámbrico hasta los completos renderings fotorrealistas.
- EL ALCANCE DE LA PRESENCIA METAFÓRICA, (Bimber, 2005) mide el nivel de inmersión del usuario dentro de la escena visualizada. Hay varios tipos de dispositivos que se usan en

sistemas de RA y cada uno de estos dispositivos proporciona una visión distinta de la escena.

- EL ALCANCE DEL CONOCIMIENTO DEL MUNDO. La RA no consiste únicamente en superponer un objeto virtual sobre el mundo real, tarea que puede considerarse técnicamente sencilla. Lo complicado es el perfecto mantenimiento de la relación entre estos objetos virtuales y la imagen del mundo real. La imagen real y virtual deben estar perfectamente ensambladas y conseguir una armonía entre ambos tipos de imagen. Esto requiere, a menudo, un detallado conocimiento de la relación entre los fotogramas de referencia para el mundo real, la visión de la cámara y el usuario. Que exista una buena relación entre estos tres elementos es la verdadera tarea de la RA.

2.6.1.- Virtualidad aumentada

Según Zlatanova (Zlatanova, 2002), la virtualidad aumentada (VA, augmented virtuality) define un entorno principalmente virtual, el cual puede ser aumentado mediante la inclusión de vídeos o texturas del mundo real. En el primer caso, el vídeo puede ser pregrabado o en tiempo real. En el segundo caso, las texturas pueden corresponderse con las que los objetos virtuales (si son modelos de objetos reales) tienen en la realidad, lo que generalmente se conoce como modelos foto-realistas.

La transición entre un mundo puramente virtual y la virtualidad aumentada, o entre la virtualidad aumentada y la realidad aumentada puede ser muy sutil, dándose el caso de que algunas aplicaciones rocen el límite entre una categoría u otra. Es decir, ¿qué cantidad de virtualidad o realidad debe aparecer en una aplicación para ser considerada virtualidad aumentada?

En términos generales podemos decir que un entorno virtual en el que no existe ningún enlace (generalmente visual) con el mundo real, es un entorno de realidad virtual; si el entorno creado es esencialmente virtual pero existe alguna representación (como una imagen o vídeo) del mundo real hablaríamos de virtualidad aumentada; si el entorno es principalmente real y existen algunos elementos virtuales, nos referiremos a la realidad aumentada, la cual se define en el siguiente apartado.

2.6.2.- Realidad Aumentada

La realidad aumentada (RA, augmented reality) es una disciplina relativamente nueva. Las primeras definiciones que podemos encontrar restringen la RA a aquellos sistemas que utilizan displays tipo Head Mounted Displays (HMD), y que apuntan además a un carácter exclusivamente visual. Definiciones posteriores extienden el concepto de RA, abriendo el campo a otros dispositivos y a contenidos multimedia no necesariamente visuales, por lo que surgen nuevas posibilidades. A continuación se apuntan algunas de estas definiciones.

Se utiliza el término de RA para definir un HMD que permite al usuario observar su entorno como una superposición de gráficos generados por ordenador.

Según Zlatanova *“la RA reconoce que la gente está acostumbrada al mundo real, el cual no puede ser reproducido de forma fidedigna en un ordenador. Por lo que la RA lo que hace es construir el mundo real aumentándolo con capacidades computacionales”*. A continuación hace una comparación con la RV: *“en lugar de insertar al usuario en un mundo generado por ordenador, la RA recubre el mundo real con el mundo virtual, o incrusta o fusiona ambos mundos”*.

También el concepto de RA *“se refiere a la ampliación del mundo real con imágenes sintéticas, por lo que no se requiere que la escena esté completamente generada por ordenador, sino que la imagen sintética se utiliza como complemento de la escena del mundo real”*. Sin embargo, a continuación se añade que *“la RA no debe entenderse como exclusivamente visual, sino que debe incluir también información táctil tangible y auditiva”*.

Bimber (Bimber *et al.*, 2005), no proporciona una definición formal de lo que es RA, sino que se deja a disposición del lector quien, después de haber leído el libro, deberá reflexionar sobre la cuestión. Sin embargo, sí se hace una comparativa con los sistemas de RV, diciendo que, en contraposición con estos, *“en los sistemas de RA el entorno real no se suprime por completo, sino que juega un papel fundamental ya que, en lugar de someter a los usuarios a una inmersión dentro de un mundo puramente sintético, la RA intenta adherir suplementos sintéticos al mundo real”*. Subraya, además, que existe un fuerte vínculo entre ambos mundos (real y virtual) establecido principalmente mediante una relación espacial.

Esta última reflexión se aproxima más al concepto de realidad aumentada actual, pues considera un terreno más amplio, sin restringir la tecnología de realidad aumentada a los sistemas que utilizan dispositivos HMD o son puramente visuales. También aporta un dato fundamental que no encontramos en las definiciones anteriores: la relación espacial que se establece entre el entorno real y el mundo virtual (o elementos virtuales) generados por ordenador. Este hecho implica directamente la necesidad de que exista algún tipo de sensor(es) que establezca(n) dicha relación.

Según Sherman, (Sherman, 2003), los sistemas de RA tienen constreñimientos de diseño que difieren de los sistemas de RV. Mientras que en la RV el objetivo es la visualización de suficientes polígonos para que el entorno creado sea creíble, en la RA el mundo

ya existe, y solo es necesario añadir una pequeña cantidad de información. Así pues, para la RA el reto consiste en producir sistemas independientes, portables, y que sean capaces de registrar o ubicar de forma precisa el entorno virtual en el entorno real.

Además, los entornos visualizados en sistemas de RV normalmente permiten al usuario moverse de forma virtual por el espacio. Sin embargo, en RA el desplazamiento físico del usuario o de un robot (por ejemplo, en telepresencia) es generalmente el único método aceptado para viajar.

Características de un sistema de Realidad Aumentada

Como hemos visto, la definición de RA puede resultar en algunos casos ambigua. Por ello, que se hace necesario adoptar unas características generales que la definan y distingan de otras tecnologías próximas. Azuma (Azuma, 1997), define la realidad aumentada como los sistemas que contienen simultáneamente las tres siguientes características:

- Mezcla de lo real y lo virtual.
- Interactividad en tiempo real.
- Registro tridimensional.

Basándonos en sistemas visuales (que son los predominantes), en las aplicaciones de RA elaboradas hasta finales de los años 90, esta mezcla se produce a nivel de imágenes (del entorno real y el virtual) que se visualizan de forma conjunta en el dispositivo display (generalmente HMD). Sin embargo, a partir de finales de los 90 surgen otros sistemas en donde la mezcla del entorno real y virtual ya no implica que las imágenes de ambos estén fusionadas en un mismo display, sino que la representación del entorno real en la imagen se sustituye por el propio entorno real, visualizándose

únicamente la parte virtual, que sigue guardando una relación espacial con el entorno real y es, al mismo tiempo, interactiva.

Mediante los sistemas de RA, a la realidad física se le pueden añadir elementos sensoriales, tales como imágenes, modelos virtuales, sonidos, etc. También se pueden alterar algunas partes de la realidad (mediante filtros), que sería el caso de la realidad mediatizada. Aparte de añadir o alterar, existe una tercera posibilidad: la de eliminar elementos del entorno real (Azuma, 1997), por ejemplo, mediante la utilización de máscaras que oculten objetos físicos.

Clasificación de los sistemas de Realidad Aumentada

Actualmente, no existe una única o clara clasificación de los sistemas de realidad aumentada; sin embargo, existen algunos términos que establecen cierta catalogación, atendiendo a distintos criterios:

- SEGÚN EL ENTORNO FÍSICO EN EL QUE SE DESARROLLA LA APLICACIÓN, podemos diferenciar entre sistemas dentro de recintos o cerrados (indoors) vs. sistemas al aire libre o abiertos (outdoors). La diferencia entre aplicaciones dentro de recintos y las aplicaciones al aire libre condiciona muchos aspectos de los sistemas de RA establecidos, principalmente el tipo de dispositivos de registro y displays utilizados. De hecho, en aplicaciones al aire libre, se suelen emplear receptores GPS y sensores inerciales para el registro, y PDAs o HMDs para los displays; mientras que en los recintos, los dispositivos de registro y displays son mucho más variados. Ejemplos de aplicaciones en espacios cerrados las encontramos en (Bimber *et al.*, 2005) en espacios abiertos en (Avery *et al.*, 2005).

- SEGÚN LA EXTENSIÓN QUE ABARQUEN, podemos distinguir entre sistemas locales (local) vs. ubicuos. Los sistemas locales se desarrollan en un ámbito acotado, bien en espacios abiertos o dentro de recintos. Ejemplos de aplicaciones locales las podemos encontrar en (Schnädelbach *et al.*, 2002). Las aplicaciones ubicuas (u omnipresentes) son aquellas en las que la extensión del entorno aumentado es tan amplio, que el usuario tiene la sensación de que vaya donde vaya seguirá estando inmerso en la aplicación. En este tipo de RA se suelen utilizar diversas tecnologías de registro que se complementen, para permitir que el usuario pueda entrar en recintos o salir a espacios abiertos. Además, los sistemas suelen ser móviles, ya que el usuario debe desplazarse libremente.
- SEGÚN LA MOVILIDAD de los dispositivos de registro o displays podemos distinguir entre sistemas móviles vs. sistemas espaciales. En los sistemas móviles generalmente el usuario lleva consigo los dispositivos de registro, el display e, incluso, el ordenador o PDA que gestiona la aplicación. Estas aplicaciones son usuales, aunque no restrictivas, de espacios abiertos. Algunos ejemplos los encontramos en (Höllerer *et al.*, 1999; Benford *et al.*, 2006). Contrariamente, en aplicaciones espaciales, los dispositivos de registro o displays están fijos en el entorno, utilizándose en muchos casos sistemas de proyección sobre superficies tridimensionales. En (Bimber *et al.*, 2005) se hace un estudio exhaustivo sobre la RA espacial.
- SEGÚN EL NÚMERO DE USUARIOS que simultáneamente pueden interactuar con el sistema, podemos distinguir entre sistemas individuales vs. colaborativos. Así pues, el sistema es individual cuando existe la posibilidad de interacción de un solo usuario, y colaborativa si existe, como mínimo, la

posibilidad de participación de dos usuarios de forma simultánea. Ejemplos de aplicaciones colaborativas las encontramos en (Szalavári *et al.*, 1998) y de aplicaciones individuales en (Schnädelbach *et al.*, 2002).

- SEGÚN EL TIPO DE COLABORACIÓN ESTABLECIDA (para sistemas colaborativos), podemos distinguir entre sistemas presenciales o cara a cara vs. remotos. En las aplicaciones colaborativas, se distingue si los usuarios colaboran cara a cara, estando físicamente presentes en el mismo entorno, o si la colaboración es remota, estableciéndose generalmente la comunicación a través de la red. Ejemplos de sistemas presenciales los podemos encontrar en (Kaufmann, 2004) y de sistemas remotos en (Billinghurst *et al.*, 2001).

Aparte de estos conceptos, en Mackay (Mackay, 2005) se describe otra clasificación de los sistemas de realidad aumentada introducida anteriormente en el año 1993, atendiendo principalmente a la localización de los dispositivos de registro. Por otra parte, se pueden diferenciar varias formas de aumentar la realidad:

- AUMENTAR AL USUARIO. El usuario lleva consigo algún dispositivo, generalmente sujeto a la cabeza o en las manos, para obtener información sobre objetos físicos.
- AUMENTAR EL OBJETO FÍSICO. El objeto físico se transforma mediante la inclusión de entradas, salidas o dispositivos computacionales en él.
- AUMENTAR EL ENTORNO, EL USUARIO Y EL OBJETO. Ni el usuario ni el objeto son afectados directamente. En su lugar, dispositivos independientes recogen información del entorno, visualizando dicha información sobre objetos y capturando

información sobre la interacción de los usuarios con los objetos.

2.6.3.- Realidad Virtual

La realidad virtual (RV, virtual reality), es según TechTarget, la *“simulación de un entorno real o imaginado que se puede experimentar visualmente en las tres dimensiones de anchura, altura y profundidad, y que puede proveer adicionalmente una experiencia interactiva visual en un movimiento completamente en tiempo real con sonido y posiblemente con retroalimentación háptica o de otro tipo. La forma más simple de realidad virtual es una imagen 3D que se puede explorar de manera interactiva en un ordenador personal, normalmente por medio de la manipulación de teclado o ratón, de tal forma que el contenido de la imagen se mueve en la misma dirección, se acerca o se aleja”*.

Esta definición no es unánime entre los diferentes autores. Por ejemplo, en Sherman, (Sherman, 2003), se ofrece una definición más compacta de RV, en la que sin embargo no se incluye el término “3D” ni se indica que es lo que se “simula”: *“la realidad virtual es un medio compuesto de simulaciones por ordenador interactivas que registran las posiciones y acciones de los participantes y reemplazan o aumentan el feedback a uno o más sentidos, dando la sensación de estar mentalmente inmerso o presente en la simulación (un mundo virtual)”*.

Se pueden distinguir dos tipos de RV:

- Simulación de un entorno real, como el interior de un edificio; se suelen emplear para aplicaciones museísticas, de entrenamiento o de aprendizaje.
- Simulación un entorno puramente ficticio; generalmente utilizado dentro del campo del arte, los videojuegos y el

entretenimiento. En este segundo caso nos podríamos cuestionar el término “realidad” dentro del término RV, y quizá sería más conveniente hablar de entorno virtual (VE, Virtual Environment), que abarca ambos casos y no da lugar a conflictos conceptuales.

Características de un sistema de Realidad Virtual

Según Sherman (Sherman, 2003), un sistema de Realidad Virtual se caracteriza por:

- LA INMERSIÓN: propiedad mediante la cual el usuario tiene la sensación de encontrarse dentro de un mundo tridimensional.
- EXISTENCIA DE UN PUNTO DE OBSERVACIÓN O REFERENCIA: permite determinar ubicación y posición de observación del usuario dentro del mundo virtual
- NAVEGACIÓN: propiedad que permite al usuario cambiar su posición de observación.
- MANIPULACIÓN: característica que posibilita la interacción y transformación del medio ambiente virtual.

Clasificación de los sistemas de Realidad Virtual

Según Sutherland (Sutherland, 1965), los sistemas de Realidad Virtual pueden clasificarse:

- SISTEMAS DE VENTANA AL MUNDO (WINDOW ON WORLD SYSTEMS) WoW. Este sistema de realidad virtual está basado en el uso de un monitor como medio para apreciar el mundo virtual. Sutherland realizó una investigación sobre gráficas de computador (*"the ultimate display"*), que ha servido como base de trabajo en los últimos 30 años. El propósito de este tipo de realidad virtual es llegar a experimentar por medio de

nuestros sentidos (especialmente vista, oído, tacto) el mundo virtual que se encuentra en la ventana (monitor) como si fuera real.

- VIDEO MAPPING. El Video Mapping es una Variación del WoW, y en esta se añaden siluetas en 2D (dos dimensiones) con imágenes computarizadas, con el fin de proporcionar un ambiente más amable al usuario en el momento de la interacción monitor-cuerpo. Este tipo de realidad virtual fue creado por Myron Kruger, y desde entonces se ha convertido en la base sobre la cual se inspiran los más variados videojuegos que existen actualmente.
- SISTEMAS INMERSOS. Este tipo de Realidad Virtual envuelve al usuario completamente en el mundo virtual mediante el uso de diferentes accesorios como casco VR para gráficas y sonido, armaduras que brindan sensibilidad al cuerpo para recibir toda clase de estímulos creados con el sistema de mundo virtual. A este tipo de realidad virtual se le conoce como la catedral encerrada, pues brinda al usuario un nivel de inmersión completo.
- TELEPRESENCIA. Esta es una variación de mundos generados por computador, pues se conectan sensores remotos ubicados en el mundo real, estos sensores se hallan generalmente en un robot que generalmente se halla equipado con cámaras que facilitan al usuario su orientación y destreza.
- REALIDAD MEZCLADA. Este sistema de realidad virtual mezcla el mundo real con el virtual, con el fin de que el usuario interactúe en ambos mundos. Un claro ejemplo de este tipo de realidad virtual son los simuladores de vuelo que utilizan los pilotos.

2.6.4.- Realidad Aumentada vs. Realidad Virtual

Respecto a las similitudes y diferencias entre los sistemas de Realidad Virtual y Realidad Aumentada podemos afirmar que la diferencia fundamental radica en la inmersión del usuario en el sistema.

La Realidad Virtual procura un entorno totalmente envolvente para el usuario. La visión y, en algunos sistemas, la audición y la percepción, están controlados por el sistema. Por el contrario, un sistema de Realidad Aumentada complementa el mundo real siendo necesario que el usuario mantenga el sentido de presencia en ese mundo. Las imágenes virtuales se mezclan con la vista real para crear la imagen aumentada. Existe un mecanismo para combinar lo real y lo virtual que no está presente en los entornos propiamente de Realidad Virtual (Vallino, 2008).

Los objetos virtuales generados por ordenador deben estar alineados correctamente con el mundo real en todas las dimensiones. Este proceso se conoce como registración. Si existen errores en el ajuste, el usuario no tendrá la percepción de ver ambas imágenes, virtual y real, fusionadas. Además, el ajuste de las imágenes debe ser lo más exacto posible en todo momento, incluso cuando el usuario se esté moviendo. Los cambios en la visión debidos al movimiento se deben tener en cuenta y realizar las operaciones oportunas para la situación de los objetos virtuales. Se pueden producir distintos tipos de errores a nivel visual o incluso de percepción, pero son los errores entre la fusión de la imagen real y la virtual a los que el usuario es más sensible (Azuma, 1997).

La siguiente tabla recoge las diferencias más significativas:

CARACTERÍSTICAS	RA	RV
Inmersión virtual	Parcial	Total
Control de los sentidos	Parcial	Visual total, otros total/parcial
Presencia de objetos del mundo real	Sí	No
Tiempo real	Sí	Sí
Tridimensional	Sí	Sí

Tabla 2.13. Comparativa de sistemas de Realidad Aumentada y Realidad Virtual

Un análisis de TechCrunch muestra lo que ha ocurrido con la realidad virtual y la realidad aumentada en las últimas décadas. Si bien la realidad virtual tuvo su momento cumbre en la década de 1990 ha venido bajando su popularidad y ahora es superada por la realidad aumentada, como lo muestra el siguiente gráfico de Google Trends.



Figura 2.15. Comparativa de sistemas de Realidad Aumentada y Realidad Virtual.
<http://www.tecnolives.com/realidad-virtual-vs-realidad-aumentada/>

Esto puede ser debido a que la realidad aumentada combina elementos del mundo real con elementos digitales, mientras que la realidad virtual es una inmersión completa en un mundo digital, un mundo completamente inventado.

Pero no solo en términos de popularidad ha venido creciendo la realidad aumentada, también el número de aplicaciones con esta tecnología ha crecido debido a las funcionalidades de los smartphones, como GPS, vídeo y acelerómetros. Aunque no

podríamos decir que la realidad virtual es una tecnología en extinción. Solo el tiempo dirá cual de las dos tecnologías se mantiene o si podrán convivir las dos en armonía.

2.6.5.- Portable Document Format 3D (PDF3D)

El formato PDF, de sobra conocido, ha incorporado la capacidad de visión de objetos tridimensionales dentro de sus características multimedia mediante el formato Universal 3D (U3D) incluido en su versión PRO X, que fue presentada por Adobe el 20/10/2010.

Es una herramienta tan reciente que no hemos encontrado estudios de su aplicación en el ámbito docente. Hemos de decir que inicialmente esta tesis se proponía comparar las tecnologías de Realidad Virtual y Aumentada, pero, poco antes de iniciar el proceso de ensayo, consideramos interesante incluirla como otra tecnología para la comparación.

El Formato de Documento Portátil (PDF), desarrollado por Adobe Systems se ha convertido en el estándar mundial de intercambio de información desde cualquier aplicación y en cualquier sistema informático.

Dispone de las siguientes características:

- **ESTÁNDAR ABIERTO:** el formato PDF es ahora un estándar formal abierto conocido como ISO 32000. Mantenido por la Organización Internacional de Estandarización (ISO), la norma ISO 32000 seguirá desarrollándose para cumplir los objetivos de proteger la integridad y longevidad del formato PDF, lo que proporciona un estándar abierto para los más de mil millones de archivos PDF que existen hoy en día.
- **MULTIPLATAFORMA:** los archivos PDF se pueden visualizar e imprimir desde prácticamente todas las plataformas, incluidas

Windows®, Mac OS, LYNUX y plataformas móviles como Android™.

- **EXTENSIBLE:** Una gran cantidad de proveedores en todo el mundo ofrecen soluciones basadas en PDF, que incluyen creación, plug-ins, consultorías, formación y herramientas de soporte técnico.
- **FIABLE Y SEGURO:** el hecho de que haya más de 150 millones de documentos PDF para uso público circulando en la red hoy en día, junto con los innumerables archivos PDF en administraciones públicas y negocios, es la prueba de la cantidad de organizaciones que confían en este formato para transmitir información.
- **SOFISTICADO EN CUANTO A LA INTEGRIDAD DE LA INFORMACIÓN:** los archivos PDF presentan el mismo aspecto y muestran la misma información que los archivos originales como, por ejemplo, texto, dibujos, contenidos multimedia, vídeos, 3D, mapas, gráficos en color, fotos e incluso lógica empresarial, independientemente de la aplicación utilizada para crearlos y de si se han compilado en una sola cartera PDF a partir de múltiples formatos.
- **CAPACIDAD DE BÚSQUEDA:** las funciones de búsqueda de texto en documentos y metadatos facilitan las búsquedas en los documentos PDF.
- **ACCESIBLE:** los documentos PDF utilizan tecnologías de asistencia para facilitar el acceso a la información a personas con discapacidad.
- **INTERACTIVO:** Sus nuevas características de manipulación tridimensional de objetos (U3D) lo han situado dentro de los mejores sistemas para distribuir y compartir información gráfica.

CAPÍTULO 3

**MARCO
EMPÍRICO**

CAPÍTULO 3: MARCO EMPÍRICO

3.1.- INTRODUCCIÓN

En este capítulo recogemos cómo se puso en práctica en el aula el material didáctico preparado. Así mismo se recopilan los datos de los distintos estudios realizados, y se detallan las conclusiones a las distintas hipótesis de partida que se fijaron para cada aspecto estudiado.

Esta fase experimental se diseñó de la forma que se explica más adelante con el objetivo de obtener el suficiente número de datos que nos permitiera obtener conclusiones a cada una de las hipótesis de partida planteadas en cada caso.

La primera cuestión que abordamos para desarrollar el estudio del entrenamiento en habilidades espaciales que estábamos

diseñando era conocer el tamaño que debería tener la muestra para obtener unos resultados que fuesen consistentes y fiables.

Abordamos esta cuestión partiendo de que el tamaño de la muestra se obtiene en función de la mejora mínima que esperamos conseguir en los niveles de habilidades espaciales y la desviación estándar de la muestra, mediante la expresión $N = (Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 * SD^2/d$, con valores normales para $Z_{\alpha}=1.96$ y $Z_{\beta} =1.28$; donde SD es la desviación estándar esperada y d es la precisión esperada. Fijamos en los valores normales del 5% y el 10% las probabilidades de error de tipo I (error α) y de tipo II (error β) respectivamente.

En la siguiente tabla se obtiene el tamaño de la muestra para una mejora de la habilidad espacial y la desviación estándar de dicha mejora.

		Desviación estándar estimada para puntos de ganancia (SD)						
		N	4.5	5	5.5	6	6.5	7
d (Precisión – Valor de ganancia)	1	213	262	318	378	444	514	
	2	53	66	79	94	111	129	
	3	24	29	35	42	49	57	
	4	13	16	20	24	28	32	
	5	9	10	13	15	18	21	
	6	6	7	9	10	12	14	
	7	4	5	6	8	9	10	
	8	3	4	5	6	7	8	

Tabla 3.1. Cálculo del tamaño de la muestra

Por ejemplo, podemos extraer de esa tabla que si se espera que la muestra tenga un aumento de 3 puntos de ganancia en los niveles de mejora, con una desviación estándar de 4,5 puntos, la muestra deberá ser de 24 participantes y que para obtener mayores ganancias, el número de participantes deberá ser menor.

Por la experiencia en estudios similares en este mismo campo de investigación sobre el desarrollo de habilidades espaciales, se

sabe que la ganancia suele ser superior a 5 puntos (Contero *et al.*, 2006.).

En nuestro caso, el tamaño de los grupos en los que se ensayó cada una de las tecnologías (ver tabla 3.6) es suficiente para comprobar estadísticamente la viabilidad del contenido didáctico y la metodología que se propone en esta investigación. Por ello, decidimos aplicar el análisis a los estudiantes según el grupo de prácticas y la titulación en que estuviesen encuadrados, considerando que estuviesen representadas todas las titulaciones y grupos de estudiantes.

Este estudio se ha llevado a cabo con estudiantes de nuevo ingreso en la asignatura de Expresión Gráfica de primer curso de grado de la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, siguiendo la siguiente distribución temporal:

- **Curso académico 2011/2012:** en la asignatura de Expresión Gráfica de primer curso, segundo semestre, de la titulación de Grado en Tecnologías Industriales.
- **Curso académico 2012/2013:** en la asignatura de Expresión Gráfica de primer curso, primer semestre, de las titulaciones de Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos, Grado en Ingeniería en Tecnología Naval, Grado en Ingeniería Química y Grado en Ingeniería en Organización Industrial.

Curso 2011/2012		Curso 2012/2013	
1 ^{er} semestre	2 ^o semestre	1 ^{er} semestre	2 ^o semestre
Preparación del material de investigación	Aplicación a Industriales.	Aplicación a Diseño, Navales, Química y O. Industrial	Análisis de datos. Redacción del estudio.

Tabla 3.2. Distribución temporal de la investigación

La siguiente tabla resume las características generales de las asignaturas utilizadas en este estudio:

Asignatura	Titulación	Curso Impart.	Curso experiencia	Semestre	Créditos	
					T	P
Exp Gráfica	Industrial	1º	2011/12	2º	3	3
Exp Gráfica	Diseño	1º	2012/13	1º	3	3
Exp Gráfica	Naval	1º	2012/13	1º	3	3
Exp Gráfica	Química	1º	2012/13	1º	3	3
Exp Gráfica	Organiz.	1º	2012/13	1º	3	3

Tabla 3.3. Características generales de las asignaturas

Los estudiantes de las distintas titulaciones se distribuyen en distintos grupos de clase, denominados “de teoría” que luego se subdividen en los denominados “grupos de prácticas” como puede verse en la siguiente tabla. Se destacan los grupos participantes en este estudio:

TITULACIÓN	GRUPOS DE TEORÍA	GRUPOS DE PRÁCTICAS	TITULACIÓN	GRUPOS DE TEORÍA	GRUPOS DE PRÁCTICAS		
INDUSTRIALES	TI - 1	TI - 1A	DISEÑO	DI - 1	DI - 1A		
		TI - 1B			DI - 1B		
		TI - 1C			DI - 1C		
		TI - 1D			DI - 1D		
	TI - 2	TI - 2A		DI - 2	DI - 2A		
		TI - 2B			DI - 2B		
		TI - 2C			DI - 2C		
		TI - 2D			DI - 2D		
	TI - 3	TI - 3A	NAVAL	TN	TN - 1		
		TI - 3B			TN - 2		
		TI - 3C	INGENIERÍA QUÍMICA	QI	QI - 1		
		TI - 3D			QI - 2		
	TI - 4A	QI - 3					
	TI - 4B	QI - 4					
	TI - 4	TI - 4C	ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL	OI	OI - 1		
		TI - 4D			OI - 2		
		TI - 5A			OI - 3		
		TI - 5B			OI - 4		
	TI - 5	TI - 5C					
		TI - 5D					
		TI - 6A					
		TI - 6B					
	TI - 6	TI - 6C					
		TI - 6D					

Tabla 3.4. Distribución de grupos de estudiantes participantes en el estudio

Los “grupos de teoría” están establecidos inicialmente para que contengan un máximo de 100 estudiantes, que, a su vez, se

subdividen en “grupos de prácticas”, que, en ningún caso, exceden de los 25 estudiantes.

La siguiente tabla recoge los datos generales de los estudiantes participantes en los distintos estudios:

Titulación	N	Sexo				Edad					
		♂	%	♀	%	18	%	19	%	>19	%
Industrial	76	60	78.9	16	21.1	46	60.5	20	26.3	10	13.2
Diseño	56	38	67.8	18	32.2	35	62.5	21	37.5	-	-
Naval	17	17	100	-	-	12	70.6	5	29.4	-	-
Química	16	6	37.5	10	62.5	10	62.5	6	37.5	-	-
Organización	37	22	59.4	15	40.6	25	67.5	9	24.3	3	8.2
TOTAL	202	143	70.8	59	29.2	128	63.3	61	30.2	13	6.5

Tabla 3.5. Datos generales de la población partícipe

Nada más terminar el entrenamiento en habilidades espaciales se obtuvieron mediante una encuesta de satisfacción, de la que se tratará más adelante (epígrafe 3.6), entre otros, los datos generales en cuanto al nivel de conocimiento y utilización de nuevas tecnologías y las preferencias en cuanto a ocio y entretenimiento que presentaban los estudiantes participantes en el estudio.

De los datos recogidos en esta encuesta se desprenden las siguientes características generales de los estudiantes de primer curso de grado de ingeniería:

- La gran mayoría tiene entre 18 y 19 años.
- El 100% declara que esta ha sido la primera vez que ha realizado un entrenamiento en habilidades espaciales al tiempo que afirman creer que el entrenamiento será beneficioso para el estudio de la asignatura.
- El 86.4% manifiesta bastante o mucho interés por las nuevas tecnologías.
- La mayoría utiliza el ordenador entre 2 y 4 horas diarias.

- El 58.6% utiliza a menudo videojuegos, más de tres horas a la semana, y el 32.8% entre una y dos horas.
- En general utilizan el ordenador una media de 5 horas diarias entre estudio, trabajo y ocio.

Para llevar a cabo la experimentación objeto de este estudio se aplicaron las tres tecnologías de entrenamiento (RA, RV y PDF3D) a un total de 164 estudiantes según queda recogido en la siguiente tabla:

Titulación	RA	RV	PDF3D	CONTROL	TOTAL
Industriales	19	18	19	20	76
Diseño	18	19	19		56
Naval	17				17
Química		16			16
Organización			19	18	37
TOTAL	54	53	57	38	202

Tabla 3.6. Distribución de grupos de entrenamiento por titulación y tecnología aplicada

También puede apreciarse la existencia de dos “grupos de control” con un total de 38 estudiantes. Se trata de grupos a los que no se les aplicó ningún entrenamiento en habilidades espaciales y que servirán para contrastar sus resultados con los grupos a los que sí se les aplicó el entrenamiento. Esto hace que se haya estudiado a un total de 202 estudiantes, de los cuales 164 siguieron entrenamiento con alguna de las tres tecnologías, mientras que los mencionados 38 de los grupos de control no participaron de dicho entrenamiento pero sí del resto de los aspectos que hemos estudiado en esta tesis.

La siguiente tabla recoge la distribución de grupos por titulación y tecnología de entrenamiento utilizada:

Titulación	RA	RV	PDF3D	CONTROL	TOTAL
Tecnologías Industriales	1B	2A	3C	5B	76
Diseño Industrial	1B	1D	2C		56
Tecnología Naval	2				17
Ingeniería Química		3			16
Organización Industrial			1	3	37
TOTAL	54	53	57	38	202

Tabla 3.7. Distribución de grupos por titulación y tecnología

A cada estudiante se le asignó un código con el fin de tenerlo identificado en todo momento y poder hacer un seguimiento de sus intervenciones en todo el proceso. La asignación es la siguiente:

Titulación	Código Estudiante
Tecnologías Industriales	ETI *
Diseño Industrial	EDI *
Tecnología Naval	ETN *
Ingeniería Química	EIQ *
Organización Industrial	EOI *

Tabla 3.8. Denominación de los estudiantes

El primer paso que debemos dar es la comprobación de si existen o no diferencias significativas entre los grupos de experimentación para, en el caso de que no existan, establecer la equivalencia inicial de todos los estudiantes en cuanto a las variables que posteriormente entrarán en juego en los distintos aspectos bajo investigación. Esto lo sabremos aplicando la prueba T, que indica que no habrá diferencias significativas si existe normalidad entre los grupos, es decir, si existe independencia, normalidad y homocedasticidad (igualdad de varianzas).

Dado que los tamaños muestrales son mayores de 50, aplicamos el test de Kolmogorov - Smirnov con la corrección de Lilliefors a los valores obtenidos en la prueba MRT en los grupos de experimentación para determinar si existe normalidad o no. Para

comprobar la homocedasticidad aplicamos la prueba de Levene de MRT para los cuatro grupos. Los valores obtenidos son:

Grupo	Kolmogorov - Smirnov (α)	Levene (α)
RA	0,143	0,552
RV	0,135	0,498
PDF3D	0,162	0,532
CONT	0,155	0,548

Tabla 3.9. Pruebas de normalidad y homocedasticidad

En consecuencia se comprueba la normalidad y la homocedasticidad por ser el valor de significación (α) mayor de 0,05 en todos los casos.

Efectuamos entonces la prueba T, que arroja los siguientes resultados:

	Diferencia de medias		Intervalo de confianza (95%)		T
			Inferior	Superior	
RA	RA – RV	4,54	2,87	6,21	0,721
	RA – PDF3D	1,92	-0,09	3,93	0,625
	RA – CONT	4,57	2,46	6,68	0,762
RV	RV – PDF3D	-2,62	-4,34	-0,90	0,642
	RV – CONT	0,03	-1,64	1,70	0,751
PDF3D	PDF3D–CONT	2,65	0,49	4,81	0,683

Tabla 3.10. Prueba T

De los resultados obtenidos se observa que no existe diferencia significativa ($\alpha > 0,05$) entre la media muestral de los grupos, por lo tanto estos son estadísticamente equivalentes.

En consecuencia, podemos afirmar que debido a la forma de creación de los grupos de la muestra, las diferencias que se observen serán debidas a la experimentación realizada y no a otros factores o variables, y se puede decir que existe independencia entre las observaciones.

3.2.- DISEÑO DE LA FASE EXPERIMENTAL DEL ESTUDIO

Tal y como se ha comentado en epígrafes anteriores, las conclusiones de este estudio están basadas en el análisis de los datos obtenidos en la fase experimental puesta en juego. Dicha fase experimental fue diseñada de la siguiente forma:

Partimos de la base de que todos los estudiantes participantes en el estudio debían ser de nuevo ingreso en la Escuela con lo que, en principio, no habrían tenido ningún entrenamiento previo en habilidades espaciales y únicamente tendrían los conocimientos en la materia de expresión gráfica que hubiesen adquirido durante sus estudios de enseñanza media, previos a los universitarios.

Durante el primer semestre del curso académico 2011/2012 se construyeron con el programa SolidWorks los ejercicios que formarían parte del entrenamiento. Una vez modelados se convirtieron a los distintos formatos utilizados por las tres tecnologías, partiendo de los modelos que ya teníamos desarrollados en VRML (para la aplicación de la tecnología Realidad Virtual) y que fueron traducidos a las otras dos tecnologías (Realidad Aumentada y PDF3D). De esta forma contamos con un total de 42 modelos diferentes distribuidos en tres niveles de dificultad creciente y similares a los utilizados en enseñanza preuniversitaria, ejemplos de los cuales pueden verse en las siguientes figuras.

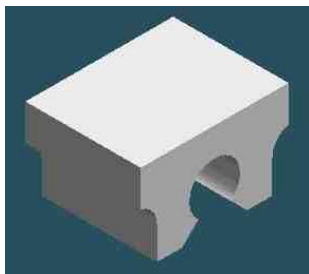


Figura 3.1. Nivel básico

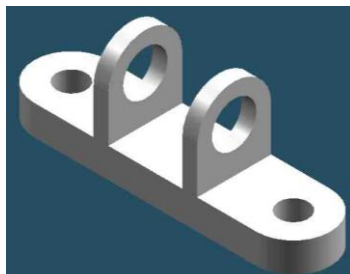


Figura 3.2. Nivel intermedio

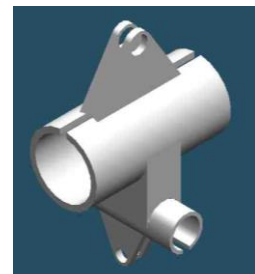


Figura 3.3. Nivel avanzado

Dado que con la aplicación de estas tres tecnologías pretendemos conseguir el mismo objetivo: que el estudiante conozca la pieza sin necesidad de disponer del modelo real en sus manos, pueda obtener toda la información necesaria para croquizar la pieza y con ello pueda elaborar el plano de taller, convenientemente acotado, y disponemos de los mismos modelos en cada una de ellas, la única diferencia en los entrenamientos será consecuencia de la tecnología aplicada y no del modelo sobre el que se aplique.

Así mismo, durante este primer semestre, se diseñaron unos ejercicios iniciales de diagnóstico con niveles de enseñanza media que habrían de servirnos para obtener una idea inicial del grado de conocimientos en expresión gráfica con que nos llegaban nuestros estudiantes. Al mismo tiempo se fueron preparando los distintos formularios de encuesta que se utilizarían en los distintos estudios.

Ya en el segundo semestre de ese curso aplicamos el entrenamiento en habilidades espaciales a los estudiantes de los grupos de la titulación de Ingeniería en Tecnologías Industriales. Para ello seguimos el siguiente procedimiento:

- El primer día de clase de cada grupo pedimos a los estudiantes que nos resolvieran, a mano alzada y en un tiempo máximo de 30 minutos, una pieza sencilla de forma que pudiese ser definida completamente. La pieza que utilizamos fue la que presentamos en la siguiente figura. La tomamos de entre las que habían formado parte del examen de acceso a la universidad de ese mismo año.

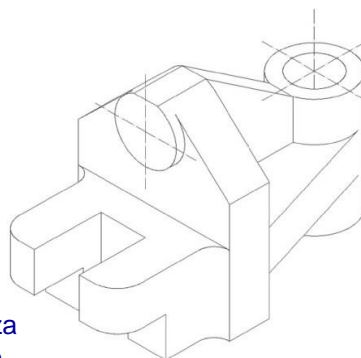


Figura 3.4. Pieza de diagnóstico

- A continuación se les distribuyó el test MRT de Rotación Mental y seguimos su procedimiento de cumplimentación.
- Por último se distribuyó el test DAT-SR nivel 2 de Relaciones Espaciales de igual forma, seguimos su procedimiento de cumplimentación. Hasta este momento habíamos obtenido los datos correspondientes a la situación PRE entrenamiento. Antes de finalizar esa primera clase del curso se dieron las instrucciones de uso de la tecnología de entrenamiento en habilidades espaciales que se pondría en juego en cada grupo de clase. Para ello se colocó en la página de la asignatura en el Campus Virtual todo el material necesario para que cada estudiante procediese con su entrenamiento. De este material trataremos más adelante.
- El entrenamiento en sí consistió en la resolución de, al menos, 20 de los citados 42 modelos que se habían preparado. Para esta fase se dispondría de un total de tres semanas.
- En esa misma primera semana del curso cada grupo tendría, además de la primera clase de prácticas, su primera clase de teoría en la que el profesor explicaría los Sistemas de Representación y la Normativa que se debe aplicar para la resolución de una pieza.
- Tenemos entonces que ya desde la primera semana del curso los estudiantes habrían recibido la instrucción adecuada para resolver los ejercicios y tendrían también los ejercicios que debían ser resueltos.
- Una vez transcurridas las tres semanas de entrenamiento, se pasaron nuevamente los test MRT y DAT-SR, para obtener los datos correspondientes a la situación POST entrenamiento. En esa misma clase se distribuyó el

Cuestionario R-SPQ-2F de Procesos de Estudio, el cuestionario de satisfacción y el de usabilidad.

- Una vez recopilados los datos se procedió a su análisis, tal y como exponemos en su correspondiente epígrafe.
- Los estudiantes siguieron normalmente con la programación de las clases teóricas y prácticas de la asignatura hasta la finalización del periodo lectivo.
- En la última clase del semestre se distribuyó el Cuestionario CEAM de Estrategias de Aprendizaje y Motivación.
- Se realizaron con total normalidad los exámenes finales y se obtuvieron las calificaciones finales, que recogemos en el epígrafe 3.7.

3.3.- MATERIALES PREPARADOS PARA EL ENTRENAMIENTO

3.3.1.- Aplicación de Realidad Virtual

Como ya ha quedado expuesto, para llevar a cabo el entrenamiento en habilidades espaciales con las tres tecnologías objeto de estudio partimos de la serie de modelos que se desarrollaron para el Sistema de Ayuda al Dibujo (SAD), la plataforma de sustento de la aplicación de Realidad Virtual. Esta aplicación es el resultado de un proyecto de investigación financiado por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria denominado “DESARROLLO DE ENTORNOS VIRTUALES AVANZADOS EN EL ÁREA DE LA EXPRESIÓN GRÁFICA”, Ref. nº 6400602

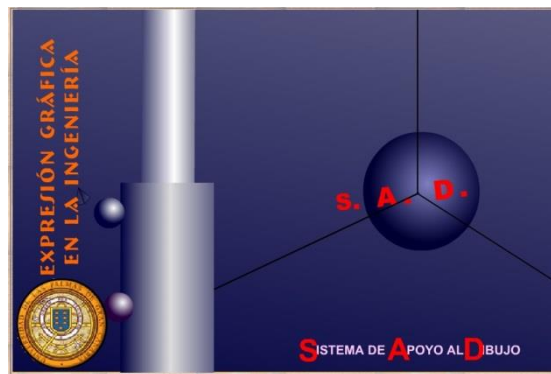


Figura 3.5. Sistema de Apoyo al Dibujo (<http://www.gi.ulpgc.es/mgc/sad2004/>)

Lo que ha venido a denominarse como Realidad Virtual, esto es, es la combinación de diversas tecnologías e interfaces que permiten a uno o más usuarios interactuar en tiempo real con un entorno o mundo dinámico tridimensional generado por ordenador, a partir de los primeros años del siglo XXI ha ido teniendo cada vez más auge y aplicaciones en los distintos campos de la Ingeniería y ha experimentado un claro avance a partir del desarrollo, por un lado de los ordenadores y, por otro, de las aplicaciones.

En los últimos años, las herramientas que facilitan el desarrollo de aplicaciones de realidad virtual han experimentado un gran

avance y el equipamiento tecnológico necesario para ejecutar estas aplicaciones se ha simplificado y convertido en un estándar debido a la nueva situación basada en la web.

Actualmente ya se dispone de sofisticados entornos de desarrollo de mundos virtuales como SupersCape, Cybelius, Internet Space Builder, Internet Scene Assembler, V-Realm Builder, VR-Creator, etc. Estos entornos permiten la construcción y el ensamblaje de mundos virtuales en 3D bajo un entorno de desarrollo visual amigable para el usuario. Todos ellos utilizan el lenguaje por excelencia de la realidad virtual: VRML.

Por otro lado, se afianzan los lenguajes de visualización y de programación como HTML, Java, JavaScript o ActionScript, que facilitan la integración de texto, imágenes, vídeos, sonidos y aspectos interactivos y que suponen una mejora notable en las clásicas aplicaciones informáticas. Mediante estas herramientas, se crean entornos multimedia que permiten interactuar de forma amigable, intuitiva, pedir información, mostrar resultados, ver aplicaciones, etc.

Partiendo de estos preceptos, profesores de Expresión Gráfica en la Ingeniería de la antigua Escuela Universitaria Politécnica de Las Palmas de Gran Canaria desarrollamos en el año 2002 el Sistema de Ayuda al Dibujo (SAD). Este Sistema consta de cinco subsecciones, que describiremos más adelante, de entre las que utilizamos el Nivel Básico para el entrenamiento en habilidades espaciales.

El SAD es un entorno en el que el usuario, especialmente motivado para el aprendizaje, puede hacer uso de la interacción con los mecanismos y piezas diseñados y, de este modo, sumergirse en el mundo en el que se encuentra, comprenderlo y, en definitiva, asimilarlo como si lo tuviese en su mano. Este entorno, de forma

tridimensional y basado en Internet, proporciona al usuario un ambiente virtual cómodo y accesible.

También muestra, mediante el uso de simulaciones animadas, la forma en que funcionan y se montan o desmontan los mecanismos, para que el usuario pueda conocer su funcionalidad y para que, a partir de este análisis, pueda proceder a la generación de los planos de taller, promoviendo así un medio integrado para conocer el mecanismo en detalle. Así mismo posee un módulo de ejercicios de autoevaluación que permite conocer el grado de asimilación de los contenidos.

VRML es un lenguaje textual para describir elementos tridimensionales y entornos interactivos. Ha evolucionado a través de distintas versiones. Sus inicios se remontan a finales de 1994. Para construir escenas y mundos mediante VRML, se puede recurrir a la programación a bajo nivel, es decir, usar la sintaxis y semántica del lenguaje, para lo cual existe una especificación ISO del lenguaje y una extensa bibliografía (Ames *et al.*, 1997) (Joint Technical Committee ISO/IEC JTC 1) (Lemay, Murdock & Couch, 1996).

Una segunda vía consistía en utilizar un entorno de desarrollo para la construcción de mundos, que, de una forma visual y gráfica, disponga de dominio del lenguaje sin necesidad de entrar en aspectos de programación. De entre tales aplicaciones destacan SupersCape, Cybelius, Internet Space Builder, Internet Scene assembler, V-Realm Builder y VR-Creator.

Una tercera alternativa para el desarrollo de mundos virtuales era utilizar programas de diseño en 3D y aprovechar sus cualidades de exportación a VRML. Dado que estas tres formas presentan ventajas y desventajas hicimos una revisión ([Tabla 3.11](#)) de todas ellas, pues decidirse por una o por otra resultaba fundamental a la hora de desarrollar los mundos virtuales.

	Ventajas	Desventajas
Editor de Texto	No es necesario comprar software adicional. Acceso a todas las características de VRML. Control detallado de la eficiencia del lenguaje.	Difícil de construir elementos 3D. Requiere conocimiento del lenguaje: sintaxis y semántica.
Entornos de desarrollos VRML	De fácil creación los elementos 3D, la animación y el interfaz de usuario. No es necesario conocimiento detallado de VRML.	No se tiene acceso a todas las posibilidades del lenguaje VRML. El código que se genera no es el más eficiente.
Modelador 3D y traductor de formato	Buena capacidad de desarrollo de los elementos en 3D, animación e interacción. Se logran imágenes foto-realistas.	No se tiene acceso a todas las posibilidades del lenguaje VRML. El código que se genera no es el más eficiente. El software no fue diseñado para soportar VRML. Normalmente solo existe una vía en la traducción al lenguaje.

Tabla 3.11. Comparativa entre los métodos para usar VRML

Desde otro punto de vista, VRML puede utilizarse junto con un potente lenguaje de desarrollo de software, como el C++ o el Java para crear aplicaciones software integradas. Algunos trabajos ya se han desarrollado en esta línea (Armentara Alcántara, 1999).

Utilizando un lenguaje nativo como C++ o Java, es posible asignar comportamientos diversos a elementos de un mundo VRML, con lo cual se crean mundos virtuales dotados de capacidades propias del lenguaje de programación nativo o, más propiamente dicho, software, que integra mundos virtuales con comportamientos complejos.

La elección de las herramientas de desarrollo fue un factor decisivo puesto que de ellas dependía el resultado final. En el SAD

se utilizaron de forma combinada de los tres tipos herramientas expuestos anteriormente en la construcción de los mundos VRML. Así, fue posible aprovechar las ventajas de cada una de las opciones utilizando la herramienta o método más conveniente.

Utilizamos el software de diseño 3D Studio Max para conseguir los aspectos de foto-realismo y animación necesarios, al mismo tiempo que para desarrollar los mecanismos, las animaciones y las texturas, que son los elementos básicos del trabajo.

De entre las herramientas de desarrollo VRML citadas anteriormente, y después de evaluarlas, nos decantamos por el VR-Creator ya que era una buena herramienta para componer mundos sencillos y proporcionaba una extensa librería de elementos tridimensionales. Finalmente recurrimos a la programación VRML para la edición de los ficheros wrl.

Para el modelado de las distintas piezas y mecanismos se utilizó el software estándar del dibujo por ordenador AutoCad. Cabe destacar el uso de un plug-in específico (Whip de Autodesk) para web que permite navegar en la web, acceder a los dibujos realizados con este software, conservar el espacio de navegación propio de AutoCad en la web, almacenar los ficheros de planos, etc.

Por otra parte, Flash se ha convertido en el estándar de creación de gráficos interactivos y puede considerarse, además, un entorno de desarrollo, ya que incluye una herramienta potente de programación denominada ActionScript. ActionScript se utiliza para crear scripts que indican a Flash la acción que debe llevar a cabo cuando ocurra el evento. Como otros lenguajes scripts, ActionScript consta de determinados componentes como objetos predefinidos y funciones, y permite crear sus propios objetos y funciones. ActionScript tiene sus reglas sintácticas específicas, se reserva palabras clave, proporciona operadores, y permite utilizar variables para almacenar y recuperar información. La sintaxis y el estilo de

ActionScript se parecen mucho a los de JavaScript pues, de hecho, han sido diseñados a partir de un estándar común, ECMA-262, (<http://www.ecma.ch>)

Para cumplir con los requerimientos de libre acceso al usuario se ha realizado una página HTML principal (Figura 3.5), en la que se han establecido cuatro niveles de complejidad de contenidos:

- **BÁSICO:** Piezas sencillas (Figura 3.6)
- **NIVEL 1:** Vistas auxiliares simples (Figura 3.7)
- **NIVEL 2:** Vistas auxiliares dobles y múltiples (Figura 3.8)
- **CONJUNTOS:** Dibujo de conjuntos (Figura 3.9)

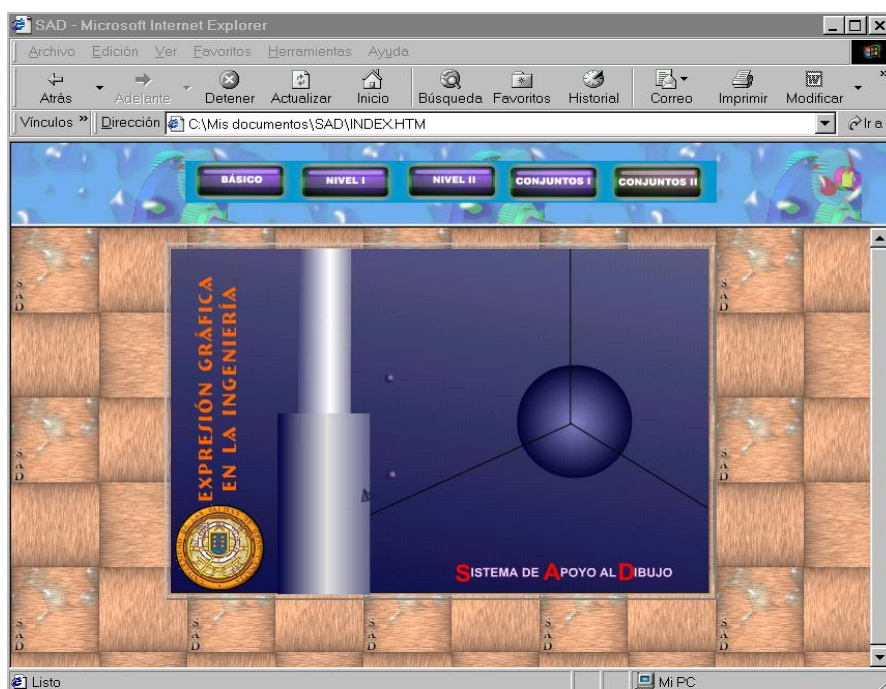


Figura 3.6: Interfaz principal

A continuación mostramos cada una de las interfaces a las que se accede desde la página principal:

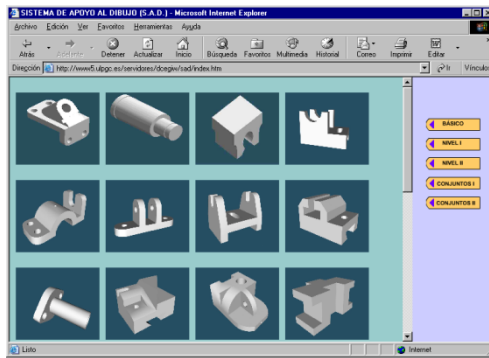


Figura 3.7: Nivel básico

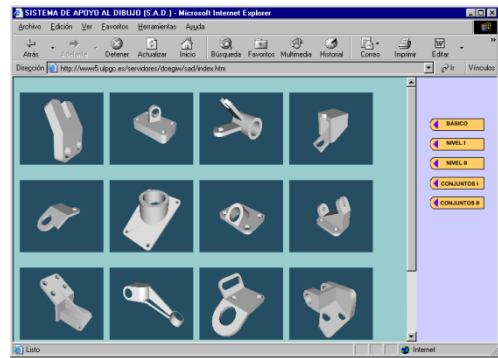


Figura 3.8: Nivel 1

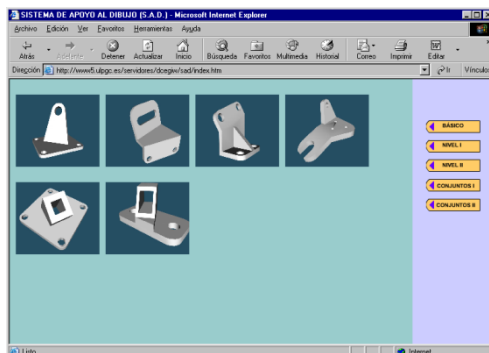


Figura 3.9: Nivel 2

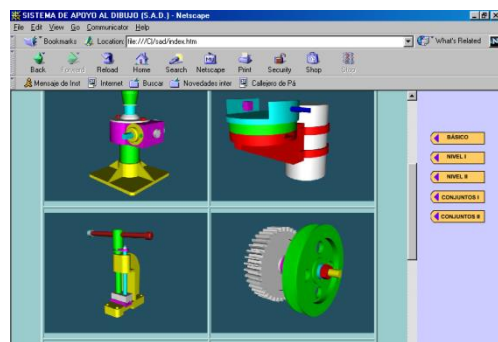


Figura 3.10: Conjuntos

Como puede apreciarse, cada una de estas pantallas está a su vez compuesta por una serie de piezas de entre las que el usuario puede seleccionar aquella en la que vaya a trabajar simplemente pulsando sobre ella, lo que dará paso a la navegación virtual de la pieza seleccionada mediante un navegador VRML como Cosmo Player o Cortona.

Concretamente, en el entrenamiento en habilidades espaciales que estamos estudiando, bajo la utilización de esta técnica solo se hizo uso de las piezas del nivel BÁSICO, que, como se explicará posteriormente, también fueron desarrolladas en las otras dos tecnologías en estudio (RA y PDF3D).

El sistema aporta unas vistas predefinidas en perspectiva cónica (que es el sistema utilizado por VRML): frontal (Figura 3.10), izquierda (Figura 3.11), derecha (Figura 3.12), superior (Figura 3.13) y perspectiva (Figura 3.14). Con ellas el usuario obtiene, además de lo que se vería desde cada uno de estos puntos de vista, una perspectiva de la pieza, y, mediante navegación, puede verla desde cualquier otro punto de vista o situación (Figura 3.15).

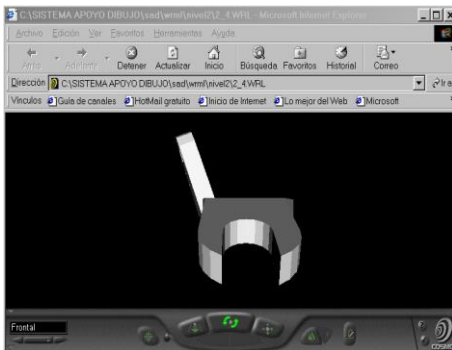


Figura 3.11. Vista frontal

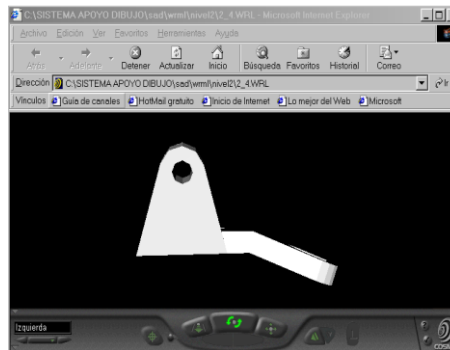


Figura 3.12. Vista izquierda

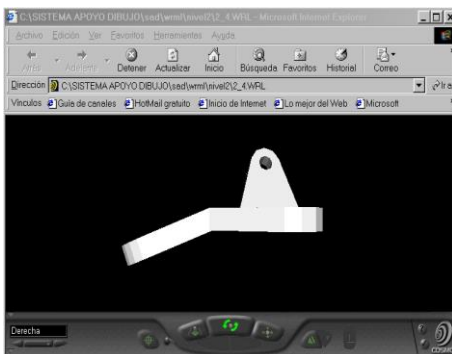


Figura 3.13. Vista derecha

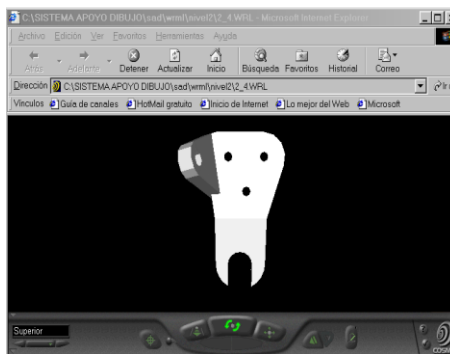


Figura 3.14. Vista superior

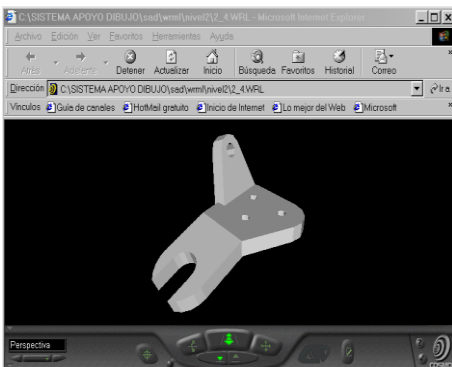


Figura 3.15. Perspectiva1

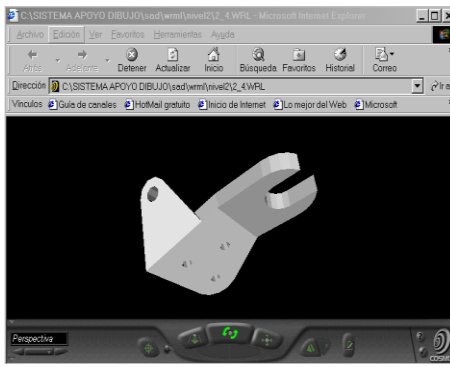


Figura 3.16. Perspectiva 2

De esta forma, el usuario tiene conocimiento de la pieza en cuestión, es decir, como si la tuviese en sus manos, y dispone de toda la información necesaria para dar el siguiente paso, la croquización, aplicando los conceptos que previamente se le han explicado y que van dirigidos a su entrenamiento en habilidades espaciales.

En la siguiente figura podemos ver la primera de las pantallas de los ejercicios del SAD.

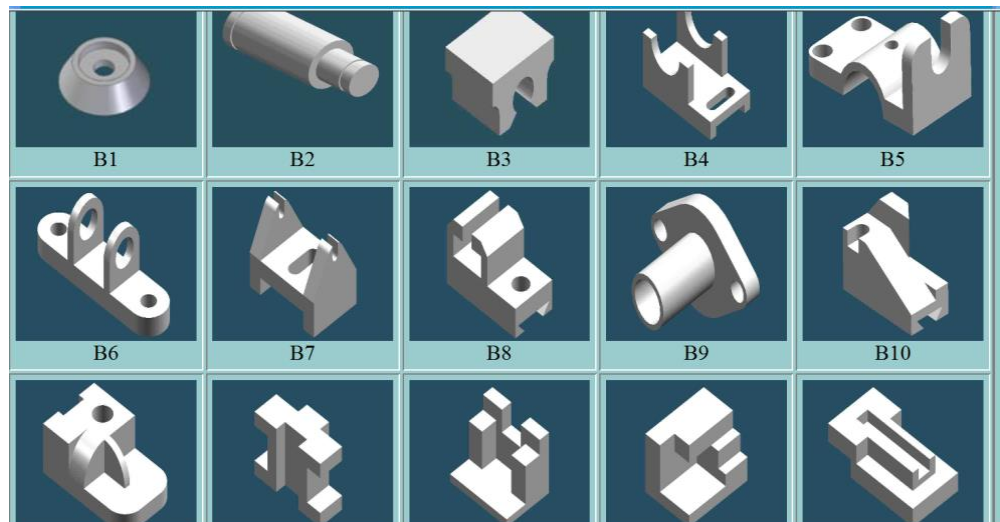


Figura 3.17. Modelos del SAD

3.3.2.- Aplicación de Realidad Aumentada

Ya hemos comentado anteriormente que los modelos que sirvieron para el entrenamiento mediante Realidad Aumentada son los mismos 42 que se habían desarrollado en el SAD y para poder manipularlos se introdujeron en la aplicación de RA que utilizamos, BuildAR Pro.

BuildAR Pro es un software que permite crear escenas simples de realidad aumentada. Se trata de una aplicación de uso muy sencillo que permite crear escenas formadas por un conjunto de imágenes o marcas que codifican un modelo tridimensional, de modo que, al ejecutar la escena, una cámara web conectada al PC, al reconocer una determinada marca, la relaciona con el modelo 3D y lo muestra integrado en el mundo real.

Este programa proporciona un generador de marcas cada una de las cuales está compuesta por un marco exterior (recuadro negro) fijo en cuyo interior se puede introducir un gráfico o imagen que de forma muy simple se asocia a cada modelo 3D, animación o escena que se quiera. Una vez que la aplicación RA está creada, solo hay que poner la marca delante de la cámara para que se muestre en pantalla el objeto virtual integrado en el mundo real.

Build AR ha sido desarrollada por HITLab NZ (<http://www.hitlabnz.org/wiki/BuildAR>) con objeto de proporcionar una interfaz gráfica al usuario, que simplifica el proceso de realización de aplicaciones RA sin necesidad de una librería de marcas. Esta aplicación es de libre uso.

En nuestro caso creamos un “libro de marcas” en el que, como puede apreciarse en las siguientes figuras, cada marca está compuesta por un marco que incluye en su interior la imagen del ejercicio.



Figura 3.18. Libro de marcas

Cuando la cámara del ordenador capta una marca, reconstruye el modelo y lo integra en el mundo real que rodea a esa marca, logrando la integración de ambos mundos: virtual y real.

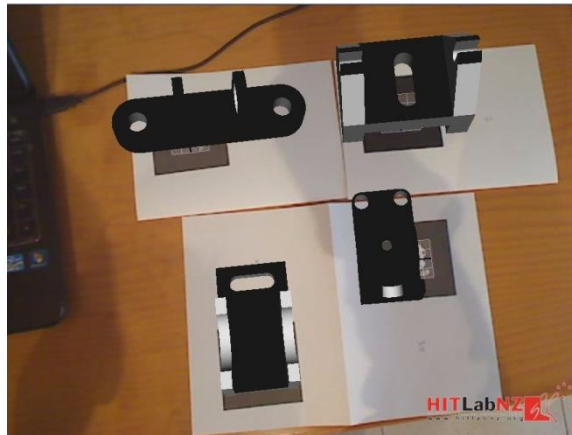


Figura 3.19. Reconstrucción de 4 marcas

En las siguientes figuras puede apreciarse la forma en que se utiliza esta aplicación.



Figura 3.20. Utilización de la aplicación de RA

3.3.3.- Aplicación PDF3D

Por último, se transformaron los modelos al formato U3D utilizado por PDF. En la siguiente figura mostramos algunos modelos en este formato.

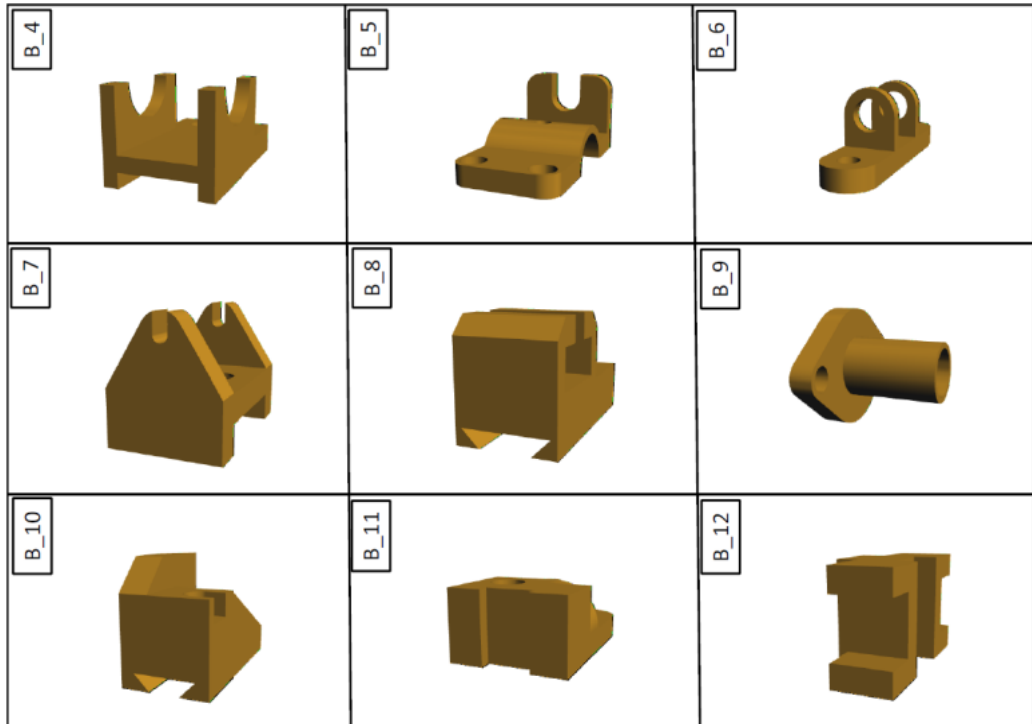


Figura 3.21. Interfaz PDF3D

3.4.- ENFOQUES DE APRENDIZAJE. CUESTIONARIO R-SPQ-2F

Diseño del estudio de investigación

Se llevó a cabo un estudio descriptivo y correlacional para determinar cuáles son los enfoques de aprendizaje de los estudiantes matriculados en primer curso de grado de ingeniería.

Este estudio se basa en los resultados obtenidos al aplicar la herramienta de medición nada más terminar con el entrenamiento en habilidades espaciales.

Objetivos generales

Al aplicar el cuestionario pretendemos, respecto de los estudiantes de primer curso de grado de ingeniería:

- Identificar el tipo de enfoque de aprendizaje que poseen.
- Analizar las características de los procesos de estudios utilizados.
- Comprobar si las características de los enfoques de aprendizaje son propias de enfoques puros o si por el contrario siguen una evolución más o menos continua.

Participantes

La muestra está compuesta por un total de 202 estudiantes de la asignatura Expresión Gráfica de primer curso de Grado de la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, distribuidos en las distintas titulaciones de la siguiente manera:

Titulación	RA	RV	PDF3D	CONTROL	TOTAL
Tecnologías Industriales	✓ 19	✓ 18	✓ 19	✓ 20	76
Diseño Industrial	✓ 18	✓ 19	✓ 19		56
Tecnología Naval	✓ 17				17
Ingeniería Química		✓ 16			16
Organización Industrial			✓ 19	✓ 18	37
TOTAL	54	53	57	38	202

Tabla 3.12. Distribución de grupos de entrenamiento por titulación y tecnología aplicada en el estudio de enfoques de aprendizaje

A cada estudiante se le asignó un código con el fin de tenerlo identificado en todo momento y poder hacer un seguimiento de sus intervenciones en todo el proceso. La asignación es la siguiente:

Titulación	Código Estudiante
Tecnologías Industriales	ETI *
Diseño Industrial	EDI *
Tecnología Naval	ETN *
Ingeniería Química	EIQ *
Organización Industrial	EOI *

Tabla 3.13. Denominación de los estudiantes en el estudio de enfoques de aprendizaje

Instrumento

En el estudio se ha utilizado el Cuestionario de Procesos de Estudios Revisado - 2 Factores (Anexo 1), traducido y adaptado al castellano por De la Fuente & Martínez (2003) del *revised two-factor study process questionnaire* (R-SPQ-2F), construido por Biggs et al. (2001). Dicha medida, que consta de 20 ítems, pretende conocer dos enfoques de aprendizaje (profundo-superficial) que adoptan los estudiantes participantes en el estudio y, en consecuencia, extrapolar los resultados a toda la población.

Las respuestas se realizan sobre una escala de tipo Likert desde 1 (Nunca o casi nunca) a 5 (siempre o casi siempre). El cuestionario

está integrado por cuatro subescalas que al ser sumadas arrojan las puntuaciones de los participantes en cada uno de los enfoques y sus componentes:

- **Enfoque profundo se obtiene de la suma de:**
 - Motivación profunda. Preguntas: 1+5+9+13+17
 - Estrategia profunda. Preguntas: 2+6+10+14+18
- **Enfoque superficial se obtiene de la suma de:**
 - Motivación superficial. Preguntas: 3+7+11+15+19
 - Estrategia superficial. Preguntas: 4+8+12+16+20

Objetivos

Este trabajo estuvo guiado por la siguiente pregunta:

- ¿Cuáles son los enfoques de aprendizaje de los estudiantes que se matriculan en primer curso de grado de ingeniería?

Se planteó el siguiente objetivo específico de investigación:

- Determinar cuáles son los enfoques de aprendizaje de los estudiantes matriculados en primer curso de grado de ingeniería.

Procedimiento

Se aplicó el Cuestionario Revisado de Procesos de Estudio (R-SPQ-2F) nada más terminar el entrenamiento con las distintas tecnologías mediante un formulario distribuido mediante Google Docs.

Una vez que se aplicaron los cuestionarios, se utilizó el paquete estadístico SPSS para el diseño de las bases de datos, y para la captura y análisis descriptivos y correlacionales de los datos.

Análisis de los resultados

Una vez respondidos y capturados los datos, el primer paso para determinar el enfoque de cada estudiante fue obtener la sumatoria de los ítems que conforman cada escala y subescala del instrumento.

Estudiante	Enfoque Prof	Enfoque Superf	Motivo Prof	Estrat Prof	Motivo Superf	Estrat Superf
ETI 1	26	23	14	12	12	11
ETI 2	31	13	17	14	8	5
ETI 3	28	21	13	15	9	12
ETI 4	24	28	13	15	12	9
ETI 5	33	11	18	15	5	6
ETI 6	46	15	24	22	8	7
ETI 7	35	16	17	18	8	8
ETI 8	41	16	21	20	6	10
ETI 9	40	17	20	20	8	9
ETI10	30	20	16	14	10	10
ETI11	23	26	12	11	13	13
ETI12	44	16	21	23	8	8
ETI13	27	28	14	13	14	14
ETI14	40	11	21	19	6	5
ETI15	35	25	16	19	11	14
ETI16	34	19	17	17	9	10
ETI17	36	15	18	18	9	6
ETI18	46	15	23	23	9	6
ETI19	43	14	22	21	8	6
ETI20	47	11	23	24	6	5
ETI21	38	14	19	19	6	8
ETI22	38	16	19	19	8	8
ETI23	45	17	22	23	7	10
ETI24	43	14	22	21	8	6
ETI25	32	26	18	14	13	13
ETI26	30	15	13	17	8	7
ETI27	24	26	24	23	7	7
ETI28	29	14	16	13	6	8

Tabla 3.14. Ítems de escalas y subescalas en el estudio de enfoques de aprendizaje

Estudiante	Enfoque Prof	Enfoque Superf	Motivo Prof	Estrat Prof	Motivo Superf	Estrat Superf
ETI29	37	12	19	18	7	5
ETI30	30	20	16	14	10	10
ETI31	23	26	12	11	13	13
ETI32	44	16	21	23	8	8
ETI33	27	28	14	13	14	14
ET 34	41	16	21	20	6	10
ETI35	40	17	20	20	8	9
ETI36	43	14	22	21	8	6
ETI37	40	11	21	19	6	5
ETI38	35	25	16	19	11	14
ETI39	34	19	17	17	9	10
ETI40	32	26	18	14	13	13
ETI41	28	21	13	15	12	9
ETI42	44	16	21	23	8	8
ETI43	26	28	14	13	14	14
ETI44	47	11	23	24	6	5
ETI45	43	14	22	21	8	6
ETI46	28	21	13	15	9	12
ETI47	43	14	22	21	8	6
ETI48	31	13	17	14	8	5
ETI49	32	26	18	14	13	13
ETI50	31	13	17	14	8	5
ETI51	40	11	21	19	6	5
ETI52	35	25	16	19	11	14
ETI53	34	19	17	17	9	10
ETI54	47	14	24	23	7	7
ETI55	26	23	14	12	12	11
ETI56	44	16	21	23	8	8
ETI57	27	28	14	13	14	14
ETI58	43	14	22	21	8	6
ETI59	28	21	13	15	9	12
ETI60	26	23	14	12	12	11
ETI61	43	14	22	21	8	6
ETI62	47	14	24	23	7	7
ETI63	44	16	21	23	8	8
ETI64	25	28	14	13	14	14
ETI65	32	26	18	14	13	13
ETI66	47	11	23	24	6	5
ETI67	28	21	13	15	9	12
ETI68	29	14	16	13	6	8
ETI69	43	14	22	21	8	6
ETI70	30	20	16	14	10	10
ETI71	23	26	12	11	13	13

Tabla 3.14 (cont). Ítems de escalas y subescalas en el estudio de enfoques de aprendizaje

Estudiante	Enfoque Prof	Enfoque Superf	Motivo Prof	Estrat Prof	Motivo Superf	Estrat Superf
ETI72	32	26	18	14	13	13
ETI73	43	14	22	21	8	6
ETI74	40	11	21	19	6	5
ETI75	35	25	16	19	11	14
ETI76	34	19	17	17	9	10
EDI 1	28	21	13	15	12	9
EDI 2	29	14	16	13	6	8
EDI 3	47	11	23	24	6	5
EDI 4	44	16	21	23	8	8
EDI 5	27	28	14	13	14	14
EDI 6	47	14	24	23	7	7
EDI 7	41	16	21	20	6	10
EDI 8	40	17	20	20	8	9
EDI 9	43	14	22	21	8	6
EDI10	37	12	19	18	7	5
EDI11	46	15	24	22	8	7
EDI12	35	16	17	18	8	8
EDI13	32	26	18	14	13	13
EDI14	43	14	22	21	8	6
EDI15	44	16	21	23	8	8
EDI16	23	25	14	13	14	14
EDI17	31	13	17	14	8	5
EDI18	47	14	24	23	7	7
EDI19	28	21	13	15	12	9
EDI20	40	11	21	19	6	5
EDI21	35	25	16	19	11	14
EDI22	34	19	17	17	9	10
EDI23	29	14	16	13	6	8
EDI24	47	11	23	24	6	5
EDI25	28	21	13	15	9	12
EDI26	43	14	22	21	8	6
EDI27	32	26	18	14	13	13
EDI28	31	13	17	14	8	5
EDI29	43	14	22	21	8	6
EDI30	26	23	14	12	12	11
EDI31	37	12	19	18	7	5
EDI32	43	14	22	21	8	6
EDI33	28	21	13	15	12	9
EDI34	44	16	21	23	8	8
EDI35	27	28	14	13	14	14
EDI36	32	26	18	14	13	13
EDI37	47	11	23	24	6	5
EDI38	30	20	16	14	10	10

Tabla 3.14 (cont). Ítems de escalas y subescalas en el estudio de enfoques de aprendizaje

Estudiante	Enfoque Prof	Enfoque Superf	Motivo Prof	Estrat Prof	Motivo Superf	Estrat Superf
EDI39	23	26	12	11	13	13
EDI40	43	14	22	21	8	6
EDI41	41	16	21	20	6	10
EDI42	40	17	20	20	8	9
EDI43	28	21	13	15	9	12
EDI44	29	14	16	13	6	8
EDI45	44	16	21	23	8	8
EDI46	25	26	14	13	14	14
EDI47	43	14	22	21	8	6
EDI48	32	26	18	14	13	13
EDI49	31	13	17	14	8	5
EDI50	41	16	21	20	6	10
EDI51	40	17	20	20	8	9
EDI52	43	14	22	21	8	6
EDI53	37	12	19	18	7	5
EDI54	44	16	21	23	8	8
EDI55	23	24	14	13	14	14
EDI56	47	11	23	24	6	5
ETN1	46	15	24	22	8	7
ETN2	35	16	17	18	8	8
ETN3	47	14	24	23	7	7
ETN4	31	13	17	14	8	5
ETN5	29	14	16	13	6	8
ETN6	28	21	13	15	9	12
ETN7	43	14	22	21	8	6
ETN8	32	26	18	14	13	13
ETN9	44	16	21	23	8	8
ETN10	27	28	14	13	14	14
ETN11	47	11	23	24	6	5
ETN12	37	12	19	18	7	5
ETN13	28	21	13	15	12	9
ETN14	43	14	22	21	8	6
ETN15	40	11	21	19	6	5
ETN16	35	25	16	19	11	14
ETN17	34	19	17	17	9	10
EQI 1	43	14	22	21	8	6
EQI 2	46	15	24	22	8	7
EQI 3	35	16	17	18	8	8
EQI 4	32	26	18	14	13	13
EQI 5	37	12	19	18	7	5
EQI 6	47	14	24	23	7	7
EQI 7	31	13	17	14	8	5
EQI 8	43	14	22	21	8	6
EQI 9	47	11	23	24	6	5

Tabla 3.14 (cont). Ítems de escalas y subescalas en el estudio de enfoques de aprendizaje

Estudiante	Enfoque Prof	Enfoque Superf	Motivo Prof	Estrat Prof	Motivo Superf	Estrat Superf
EQI10	29	14	16	13	6	8
EQI11	31	13	17	14	8	5
EQI12	43	14	22	21	8	6
EQI13	28	21	13	15	9	12
EQI14	32	26	18	14	13	13
EQI15	40	11	21	19	6	5
EQI16	35	25	16	19	11	14
EOI 1	34	19	17	17	9	10
EOI 2	47	11	23	24	6	5
EOI 3	28	21	13	15	12	9
EOI 4	29	14	16	13	6	8
EOI 5	47	14	24	23	7	7
EOI 6	44	16	21	23	8	8
EOI 7	25	26	14	13	14	14
EOI 8	43	14	22	21	8	6
EOI 9	31	13	17	14	8	5
EOI10	32	26	18	14	13	13
EOI11	30	20	16	14	10	10
EOI12	23	26	12	11	13	13
EOI13	43	14	22	21	8	6
EOI14	31	13	17	14	8	5
EOI15	47	11	23	24	6	5
EOI16	26	23	14	12	12	11
EOI17	37	12	19	18	7	5
EOI18	43	14	22	21	8	6
EOI19	28	21	13	15	9	12
EOI20	43	14	22	21	8	6
EOI21	41	16	21	20	6	10
EOI22	40	17	20	20	8	9
EOI23	47	14	24	23	7	7
EOI24	40	11	21	19	6	5
EOI25	35	25	16	19	11	14
EOI26	34	19	17	17	9	10
EOI27	47	11	23	24	6	5
EOI28	31	13	17	14	8	5
EOI29	32	26	18	14	13	13
EOI30	28	21	13	15	9	12
EOI31	43	14	22	21	8	6
EOI32	28	21	13	15	12	9
EOI33	43	14	22	21	8	6
EOI34	37	12	19	18	7	5
EOI35	47	11	23	24	6	5
EOI36	47	14	24	23	7	7
EOI37	29	14	16	13	6	8

Tabla 3.14. Ítems de escalas y subescalas en el estudio de enfoques de aprendizaje

Aunque utilizamos las puntuaciones obtenidas directamente del cuestionario para determinar el enfoque de aprendizaje de cada alumno, las diferencias tan marcadas encontradas entre uno y otro enfoque y la gran cantidad de datos nos hizo pensar en una escala de intensidad de presentación del enfoque para intentar agrupar los casos.

Teniendo en cuenta que:

1. La máxima puntuación que un alumno puede obtener en cada escala principal (Enfoque Profundo o Superficial) es de 50 (10 ítems que pueden tener una puntuación de 5 como máximo).
2. La mínima puntuación que puede obtener en cada escala principal es de 10 (puntuación mínima de 1 para cada uno de los 10 ítems que conforman la escala).
3. Por lo tanto, la mayor diferencia que puede haber entre los puntajes otorgados a cada una de las escalas es de 40 y la mínima de 1. De acuerdo con estos principios se construyó la clasificación que se observa en la tabla siguiente.

Si existe una diferencia en los puntajes de entre:	Definimos una Intensidad de Enfoque:
1 – 13	Baja
14 – 26	Media
27 – 40	Alta

Tabla 3.15. Clasificación de Intensidad de Enfoque

Así, en la tabla siguiente se muestran los tipos de enfoques que presentaron los estudiantes y su intensidad.

Estudiante	Enfoque Profundo	Enfoque Superficial	Diferencia	Tipo Enfoque	Intensidad Enfoque
ETI 1	26	23	3	profundo	Baja
ETI 2	31	13	18	profundo	Media
ETI 3	28	21	7	profundo	Baja
ETI 4	24	28	-4	superf	Baja
ETI 5	33	11	22	profundo	Media
ETI 6	46	15	31	profundo	Alta
ETI 7	35	16	19	profundo	Media
ETI 8	41	16	25	profundo	Media
ETI 9	40	17	23	profundo	Media
ETI 10	30	20	10	profundo	Baja
ETI 11	23	26	-3	superf	Baja
ETI 12	44	16	28	profundo	Alta
ETI 13	27	28	-1	superf	Baja
ETI 14	40	11	29	profundo	Alta
ETI 15	35	25	10	profundo	Baja
ETI 16	34	19	15	profundo	Media
ETI 17	36	15	21	profundo	Media
ETI 18	46	15	31	profundo	Alta
ETI 19	43	14	29	profundo	Alta
ETI 20	47	11	36	profundo	Alta
ETI 21	38	14	24	profundo	Media
ETI 22	38	16	22	profundo	Media
ETI 23	45	17	28	profundo	Alta
ETI 24	43	14	29	profundo	Alta
ETI 25	32	26	6	profundo	Baja
ETI 26	30	15	15	profundo	Media
ETI 27	24	26	-2	superf	Baja
ETI 28	29	14	15	profundo	Media
ETI 29	37	12	25	profundo	Media
ETI 30	30	20	10	profundo	Baja
ETI 31	23	26	-3	superf	Baja
ETI 32	44	16	28	profundo	Alta
ETI 33	27	28	-1	superf	Baja
ETI 34	41	16	25	profundo	Media
ETI 35	40	17	23	profundo	Media
ETI 36	43	14	29	profundo	Alta
ETI 37	40	11	29	profundo	Alta
ETI 38	35	25	10	profundo	Baja
ETI 39	34	19	15	profundo	Media
ETI 40	32	26	6	profundo	Baja
ETI 41	28	21	7	profundo	Baja
ETI 42	44	16	28	profundo	Alta
ETI 43	26	28	-2	superf	Baja

Tabla 3.16. Tipos de enfoque e intensidad

Estudiante	Enfoque Profundo	Enfoque Superficial	Diferencia	Tipo Enfoque	Intensidad Enfoque
ETI 44	47	11	36	profundo	Alta
ETI 45	43	14	29	profundo	Alta
ETI 46	28	21	7	profundo	Baja
ETI 47	43	14	29	profundo	Alta
ETI 48	31	13	18	profundo	Media
ETI 49	32	26	6	profundo	Baja
ETI 50	31	13	18	profundo	Media
ETI 51	40	11	29	profundo	Alta
ETI 52	35	25	10	profundo	Baja
ETI 53	34	19	15	profundo	Media
ETI 54	47	14	33	profundo	Alta
ETI 55	26	23	3	profundo	Baja
ETI 56	44	16	28	profundo	Alta
ETI 57	27	28	-1	superf	Baja
ETI 58	43	14	29	profundo	Alta
ETI 59	28	21	7	profundo	Baja
ETI 60	26	23	3	profundo	Baja
ETI 61	43	14	29	profundo	Alta
ETI 62	47	14	33	profundo	Alta
ETI 63	44	16	28	profundo	Alta
ETI 64	25	28	-3	superf	Baja
ETI 65	32	26	6	profundo	Baja
ETI 66	47	11	36	profundo	Alta
ETI 67	28	21	7	profundo	Baja
ETI 68	29	14	15	profundo	Media
ETI 69	43	14	29	profundo	Alta
ETI 70	30	20	10	profundo	Baja
ETI 71	23	26	-3	superf	Baja
ETI 72	32	26	6	profundo	Baja
ETI 73	43	14	29	profundo	Alta
ETI 74	40	11	29	profundo	Alta
ETI 75	35	25	10	profundo	Baja
ETI 76	34	19	15	profundo	Media
EDI 1	28	21	7	profundo	Baja
EDI 2	29	14	15	profundo	Media
EDI 3	47	11	36	profundo	Alta
EDI 4	44	16	28	profundo	Alta
EDI 5	27	28	-1	superf	Baja
EDI 6	47	14	33	profundo	Alta
EDI 7	41	16	25	profundo	Media
EDI 8	40	17	23	profundo	Media
EDI 9	43	14	29	profundo	Alta

Tabla 3.16 (cont). Tipos de enfoque e intensidad

Estudiante	Enfoque Profundo	Enfoque Superficial	Diferencia	Tipo Enfoque	Intensidad Enfoque
EDI 10	37	12	25	profundo	Media
EDI 11	46	15	31	profundo	Alta
EDI 12	35	16	19	profundo	Media
EDI 13	32	26	6	profundo	Baja
EDI 14	43	14	29	profundo	Alta
EDI 15	44	16	28	profundo	Alta
EDI 16	23	25	-2	superf	Baja
EDI 17	31	13	18	profundo	Media
EDI 18	47	14	33	profundo	Alta
EDI 19	28	21	7	profundo	Baja
EDI 20	40	11	29	profundo	Alta
EDI 21	35	25	10	profundo	Baja
EDI 22	34	19	15	profundo	Media
EDI 23	29	14	15	profundo	Media
EDI 24	47	11	36	profundo	Alta
EDI 25	28	21	7	profundo	Baja
EDI 26	43	14	29	profundo	Alta
EDI 27	32	26	6	profundo	Baja
EDI 28	31	13	18	profundo	Media
EDI 29	43	14	29	profundo	Alta
EDI 30	26	23	3	profundo	Baja
EDI 31	37	12	25	profundo	Media
EDI 32	43	14	29	profundo	Alta
EDI 33	28	21	7	profundo	Baja
EDI 34	44	16	28	profundo	Alta
EDI 35	27	28	-1	superf	Baja
EDI 36	32	26	6	profundo	Baja
EDI 37	47	11	36	profundo	Alta
EDI 38	30	20	10	profundo	Baja
EDI 39	23	26	-3	superf	Baja
EDI 40	43	14	29	profundo	Alta
EDI 41	41	16	25	profundo	Media
EDI 42	40	17	23	profundo	Media
EDI 43	28	21	7	profundo	Baja
EDI 44	29	14	15	profundo	Media
EDI 45	44	16	28	profundo	Alta
EDI 46	25	26	-1	superf	Baja
EDI 47	43	14	29	profundo	Alta
EDI 48	32	26	6	profundo	Baja
EDI 49	31	13	18	profundo	Media
EDI 50	41	16	25	profundo	Media
EDI 51	40	17	23	profundo	Media
EDI 52	43	14	29	profundo	Alta
EDI 53	37	12	25	profundo	Media

Tabla 3.16 (cont). Tipos de enfoque e intensidad

Estudiante	Enfoque Profundo	Enfoque Superficial	Diferencia	Tipo Enfoque	Intensidad Enfoque
EDI 54	44	16	28	profundo	Alta
EDI 55	23	24	-1	superf	Baja
EDI 56	47	11	36	profundo	Alta
ETN 1	46	15	31	profundo	Alta
ETN 2	35	16	19	profundo	Media
ETN 3	47	14	33	profundo	Alta
ETN 4	31	13	18	profundo	Media
ETN 5	29	14	15	profundo	Media
ETN 6	28	21	7	profundo	Baja
ETN 7	43	14	29	profundo	Alta
ETN 8	32	26	6	profundo	Baja
ETN 9	44	16	28	profundo	Alta
ETN 10	27	28	-1	superf	Baja
ETN 11	47	11	36	profundo	Alta
ETN 12	37	12	25	profundo	Media
ETN 13	28	21	7	profundo	Baja
ETN 14	43	14	29	profundo	Alta
ETN 15	40	11	29	profundo	Alta
ETN 16	35	25	10	profundo	Baja
ETN 17	34	19	15	profundo	Media
EQI 1	43	14	29	profundo	Alta
EQI 2	46	15	31	profundo	Alta
EQI 3	35	16	19	profundo	Media
EQI 4	32	26	6	profundo	Baja
EQI 5	37	12	25	profundo	Media
EQI 6	47	14	33	profundo	Alta
EQI 7	31	13	18	profundo	Media
EQI 8	43	14	29	profundo	Alta
EQI 9	47	11	36	profundo	Alta
EQI 10	29	14	15	profundo	Media
EQI 11	31	13	18	profundo	Media
EQI 12	43	14	29	profundo	Alta
EQI 13	28	21	7	profundo	Baja
EQI 14	32	26	6	profundo	Baja
EQI 15	40	11	29	profundo	Alta
EQI 16	35	25	10	profundo	Baja
EOI 1	34	19	15	profundo	Media
EOI 2	47	11	36	profundo	Alta
EOI 3	28	21	7	profundo	Baja
EOI 4	29	14	15	profundo	Media
EOI 5	47	14	33	profundo	Alta
EOI 6	44	16	28	profundo	Alta
EOI 7	25	26	-1	superf	Baja
EOI 8	43	14	29	profundo	Alta

Tabla 3.16 (cont). Tipos de enfoque e intensidad

Estudiante	Enfoque Profundo	Enfoque Superficial	Diferencia	Tipo Enfoque	Intensidad Enfoque
EOI 9	31	13	18	profundo	Media
EOI 10	32	26	6	profundo	Baja
EOI 11	30	20	10	profundo	Baja
EOI 12	23	26	-3	superf	Baja
EOI 13	43	14	29	profundo	Alta
EOI 14	31	13	18	profundo	Media
EOI 15	47	11	36	profundo	Alta
EOI 16	26	23	3	profundo	Baja
EOI 17	37	12	25	profundo	Media
EOI 18	43	14	29	profundo	Alta
EOI 19	28	21	7	profundo	Baja
EOI 20	43	14	29	profundo	Alta
EOI 21	41	16	25	profundo	Media
EOI 22	40	17	23	profundo	Media
EOI 23	47	14	33	profundo	Alta
EOI 24	40	11	29	profundo	Alta
EOI 25	35	25	10	profundo	Baja
EOI 26	34	19	15	profundo	Media
EOI 27	47	11	36	profundo	Alta
EOI 28	31	13	18	profundo	Media
EOI 29	32	26	6	profundo	Baja
EOI 30	28	21	7	profundo	Baja
EOI 31	43	14	29	profundo	Alta
EOI 32	28	21	7	profundo	Baja
EOI 33	43	14	29	profundo	Alta
EOI 34	37	12	25	profundo	Media
EOI 35	47	11	36	profundo	Alta
EOI 36	47	14	33	profundo	Alta
EOI 37	29	14	15	profundo	Media

Tabla 3.16. Tipos de enfoque e intensidad

Agrupamos datos:

Enfoque	Frecuencia	%
Superficial	19	9.4
Profundo	183	90.6
Total	202	100

Tabla 3.17. Frecuencias de Enfoques de Aprendizaje

Enfoque		Frecuencia	%
Superficial Bajo		19	9.4
Profundo	Bajo	49	24.2
	Medio	58	28.7
	Alto	76	37.7
Total		202	100

Tabla 3.18. Frecuencias de Enfoques de Aprendizaje según su intensidad

A la vista de los datos obtenidos, puede observarse lo siguiente:

- Hay diferencias en la intensidad del Enfoque Profundo. La mayoría de los estudiantes con este tipo de enfoque muestran una intensidad alta (37.7%), mientras que 24.2% presentan una intensidad baja y 28.7% una intensidad media.
- Los 19 estudiantes que muestran un Enfoque Superficial, lo presentan con una intensidad baja.

Para cuantificar la fiabilidad del test utilizamos el coeficiente alpha de Cronbach de las escalas de los enfoques. Cuanto más se aproxime a su valor máximo, 1, mayor es la fiabilidad de la escala. Además, en determinados contextos y por tácito convenio, se considera que valores del alfa superiores a 0,8 son suficientes para garantizar la fiabilidad de la escala. Obtenemos los siguientes valores:

- Enfoque profundo: 0,88
- Enfoque superficial: 0,86

Con lo que queda establecida la confiabilidad del test.

También estudiamos la congruencia entre las subescalas de un mismo enfoque y entre las subescalas de distintos enfoques mediante la prueba de Correlación de Pearson que mide la relación lineal entre cada dos variables. Los resultados muestran que las

subescalas son congruentes en el mismo enfoque y correlacionan negativamente con las del otro enfoque (Tabla 3.19).

Subescalas	Motivación Profunda	Estrategia Profunda	Motivación Superficial	Estrategia Superficial
Motivación Profunda	1	0,954	-0,796	-0,762
Estrategia Profunda	-	1	-0,864	-0,848
Motivación Superficial	-	-	1	0,862
Estrategia Superficial	-	-	-	1

Tabla 3.19. Correlaciones entre subescalas del mismo y de distinto enfoque (p=0,01)

El análisis descriptivo arroja los siguientes resultados:

	Motivación		Estrategia		Enfoque	
	Superf	Profunda	Superf	Profunda	Superf	Profundo
Media	8.87	18.54	8.61	17.9	17.53	36.23
Desv tip	2.49	3.57	3.09	3.91	5.29	7.39

Tabla 3.20. Análisis descriptivo

de los que podemos establecer que las subescalas de motivación profunda y estrategia profunda muestran las medias más altas, seguidas de la motivación superficial y la estrategia superficial. Por tanto, las puntuaciones del enfoque profundo son mayores que las del superficial. Esto no quiere decir que los participantes adopten más un enfoque que otro, ya que las puntuaciones en ambos enfoques deben ser comparadas y agrupadas atendiendo a criterios específicos.

Los participantes en el estudio se catalogan en cada uno de los enfoques cuando cumplen determinados criterios establecidos por Biggs. Según estos criterios, las puntuaciones de cada estudiante en todas las subescalas determinarán si estos adoptan unos enfoques: profundo exclusivo o predominante y superficial exclusivo o predominante.

La comprobación de los criterios enunciados, clasifica nuestra muestra (N=202) en cinco grupos:

- Predominantemente profundo: 18,6%
- Exclusivamente profundo: 3,3%
- Predominantemente superficial: 19,5%
- Exclusivamente superficial: 3,7%
- No definido por ninguno de los anteriores grupos: 54,9%

Estudiamos más detalladamente este último grupo para describir sus características. Con este objeto, analizamos las medias obtenidas en cada uno de los ítems que componen las escalas y enfoques estudiados (Figuras 3.22 y 3.23).

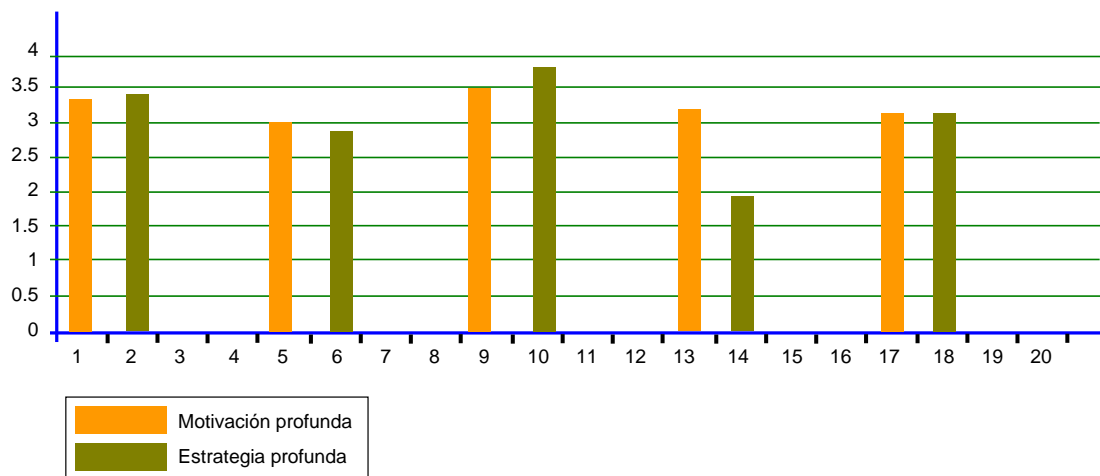


Figura 3.22. Medias de las respuestas a los ítems del enfoque profundo

Al comparar las respuestas de los estudiantes que pertenecen al “no definido anteriormente” entre los componentes (motivacional y estratégico) de cada enfoque, obtenemos que las medias entre las dos subescalas del enfoque profundo (Figura 3.22) poseen valores similares, mientras que hay más diferencias entre las dos subescalas del enfoque superficial (Figura 3.23). Es decir, los

estudiantes manifiestan que poseen una motivación y utilizan unas estrategias profundas con una frecuencia similar, mientras manifiestan utilizar las estrategias superficiales con mayor frecuencia que tener una motivación superficial.

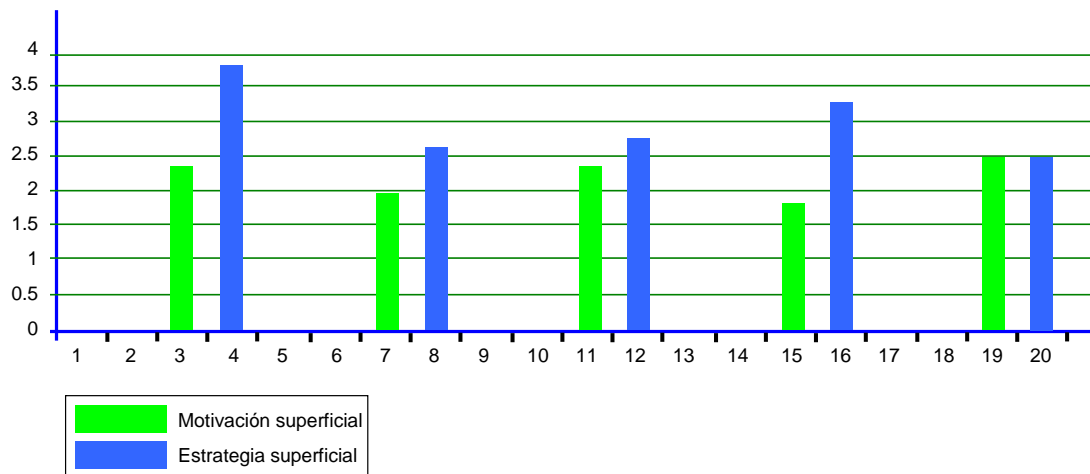


Figura 3.23. Medias de las respuestas a los ítems del enfoque superficial

Cuando comparamos las diferencias entre los enfoques, los resultados muestran que las medias de los ítems del enfoque profundo (Figura 3.22) suelen ser más altas que en las del superficial (Figura 3.23). Sin embargo, en algunos ítems, los estudiantes puntúan más alto en la estrategia superficial que en la profunda. Por otra parte, las escalas de motivación profunda y superficial poseen claras diferencias a favor de la motivación profunda. Esto indica que, en general, los estudiantes dicen estar más motivados profundamente que superficialmente; sin embargo, también manifiestan que las estrategias que utilizan para abordar las tareas son indistintamente profundas y superficiales.

Discusión de los resultados obtenidos y conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos llegamos a las siguientes conclusiones:

- Más de la mitad de los estudiantes participantes no poseen un enfoque de aprendizaje definido.
- Hay un porcentaje muy pequeño que adopta un enfoque exclusivamente superficial o profundo.

Nuestros resultados corroboran las conclusiones a las que llegó Kember (1996, 2000) y que son defendidas por Hernández Pina & Otros (2002), mostrando que la mayoría de los estudiantes no adopta un enfoque exclusivamente superficial o profundo, sino que se encuentra dentro de una variación continua.

Siguiendo a estos autores y las descripciones que Biggs (2001) realiza de los enfoques, podemos conocer cuáles son las características de los procesos de estudio de los estudiantes que no pertenecen a un enfoque en concreto. Estos suelen estar motivados intrínsecamente ante la tarea, disfrutando con su desarrollo y pretendiendo su comprensión. Para ello, utilizan estrategias que les posibilitan conocer el significado de las tareas, relacionar los contenidos con la experiencia y los conocimientos previos, y también, en algunos casos, aquellas estrategias que se limitan a lo esencial, centrándose en los aspectos trabajados en clase y que serán materia de examen.

En definitiva, los estudiantes sin enfoque definido buscan la comprensión del material de examen, sin preocuparse de ampliar el material por cuenta propia.

Encontramos muchas coincidencias entre las características manifestadas por este grupo de estudiantes, con el enfoque denominado intermedio 2, descrito por Kember (1996, 2000).

Por otra parte, debemos resaltar que un 19,5% de los estudiantes poseen un enfoque predominantemente superficial, es decir, están preocupados por pasar la asignatura, sin intención de

comprender la tarea y los contenidos, y con el mínimo esfuerzo; por ello, utilizan fundamentalmente la memorización y la reproducción mecánica, limitándose a los contenidos que el profesorado establece como obligatorios.

En cuanto al enfoque predominantemente profundo, es adoptado por el 18,6% de los estudiantes, lo que significa que a la hora de comprender los contenidos y las tareas propuestos en clase estos estudiantes normalmente no escatiman esfuerzos, utilizan estrategias que les permiten relacionar estos contenidos con el conocimiento previo, y comprueban la relación de otros contenidos que ellos mismos se plantean, con lo que suelen ir más allá del material obligatorio y, a veces también del recomendado por el profesorado, para comprender la materia en estudio.

Esta conclusión nos aporta valiosa información para el diseño de la asignatura de manera que los contenidos y las actividades de aprendizaje que implementemos aporten oportunidades para la exploración, la búsqueda de significados en la información que se transmite, la indagación, la obtención de conclusiones, entre otras, de manera que puedan satisfacer las exigencias que presenten los estudiantes con formas profundas de realizar sus tareas académicas.

Por otro lado, también es importante tener en cuenta este hecho en el momento de programar los contenidos de las tutorías. Los profesores, al conocer las características de los estudiantes con un enfoque profundo, deben fomentar constantemente los procesos metacognitivos en los momentos de interacción con ellos, de manera que los conduzcan a reflexionar sobre su propio aprendizaje, y los ayuden a comprenderse a ellos mismos como estudiantes (Dillon y Greene, 2003), para mantener su interés permanente en su aprendizaje, el curso y sus contenidos.

Género y enfoques de aprendizaje

El género influye significativamente en el enfoque adoptado por los estudiantes. Las alumnas utilizan significativamente más las estrategias profundas y poseen mayor motivación profunda que los alumnos. En cambio, los alumnos poseen una motivación superficial significativamente superior a las alumnas y utilizan más las estrategias superficiales que ellas. Estos resultados se reflejan inevitablemente en los enfoques adoptados por ambos. De este modo, las alumnas adoptan más el enfoque profundo y los alumnos adoptan más un enfoque superficial (Tabla 3.21).

	Alumnos		Alumnas		t
	Media	D típica	Media	D típica	
Motivación profunda	15,30	3,25	16,47	3,01	-2,01*
Estrategia profunda	13,89	3,18	15,57	3,11	-2,92**
Motivación superficial	13,95	3,33	10,93	3,37	4,9**
Estrategia superficial	16,62	3,03	14,79	3,35	3,28**
Enfoque profundo	29,19	5,74	32,03	5,57	-2,75**
Enfoque superficial	30,57	5,52	25,72	6,15	4,76**

Tabla 3.21. Diferencias de medias en función del sexo en las escalas y enfoques adoptados por los estudiantes ($p < 0,01$: **; $p < 0,05$: *)

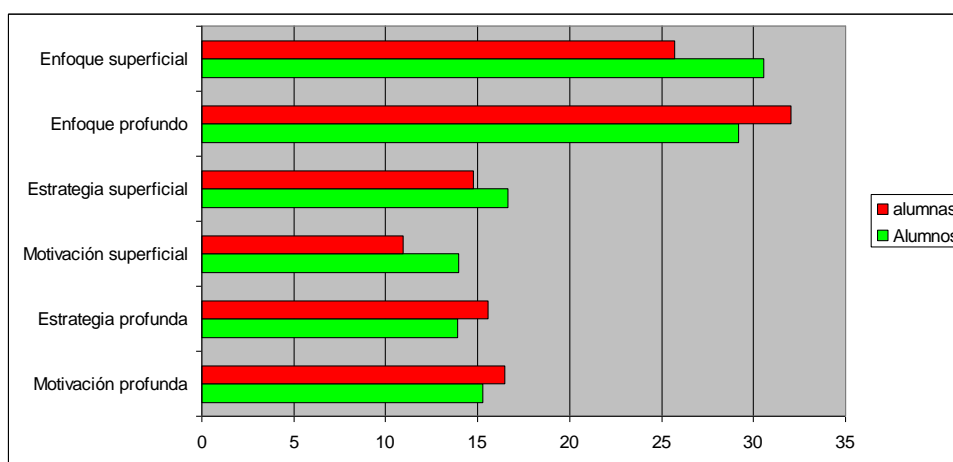


Figura 3.24 - Diferencias de medias en función del sexo en las escalas y enfoques

3.5.- MOTIVACIÓN Y ESTRATEGÍAS DE APRENDIZAJE. CUESTIONARIO CEAM

Diseño del estudio de investigación

Se llevó a cabo un estudio descriptivo y correlacional para determinar cuál es la motivación para el estudio y cuáles las estrategias de aprendizaje que emplean los estudiantes matriculados en primer curso de grado de ingeniería.

Este estudio se basa en los resultados obtenidos al aplicar la herramienta de medición una vez hubieron terminado las clases del semestre y antes de que se celebrase el examen de la convocatoria ordinaria.

Objetivos generales

Al aplicar el cuestionario pretendemos:

- Identificar la motivación hacia el estudio de la asignatura que poseen nuestros estudiantes.
- Identificar las estrategias de aprendizaje que aplican nuestros estudiantes.

Participantes

La muestra está compuesta por un total de 202 estudiantes de la asignatura Expresión Gráfica de primer curso de Grado de la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, distribuidos en las distintas titulaciones de la siguiente manera:

Titulación	RA		RV		PDF3D		CONTROL		TOTAL
Tecnologías Industriales	✓	19	✓	18	✓	19	✓	20	76
Diseño Industrial	✓	18	✓	19	✓	19			56
Tecnología Naval	✓	17							17
Ingeniería Química			✓	16					16
Organización Industrial					✓	19	✓	18	37
TOTAL		54		53		57		38	202

Tabla 3.22. Distribución de grupos de entrenamiento por titulación y tecnología aplicada en el estudio de motivación y estrategias de aprendizaje

A cada estudiante se le asignó un código con el fin de tenerlo identificado en todo momento y poder hacer un seguimiento de sus intervenciones en todo el proceso. La asignación es la siguiente:

Titulación	Código Estudiante
Tecnologías Industriales	ETI *
Diseño Industrial	EDI *
Tecnología Naval	ETN *
Ingeniería Química	EIQ *
Organización Industrial	EOI *

Tabla 3.23. Denominación de los estudiantes en el estudio de motivación y estrategias de aprendizaje

Instrumento

En el estudio se ha utilizado el Cuestionario de Estrategias de Aprendizaje y Motivación (CEAM) ([Anexo 2](#)), que es la traducción y adaptación al castellano del *Motivated Strategies for Learning Questionnaire* (MSLQ). Es un cuestionario de autoinforme, (Roces, et al. 1999) que incluye preguntas sobre la motivación para el estudio del alumno y sobre las estrategias de aprendizaje que emplea.

El cuestionario consta de un total de 81 preguntas distribuidas en dos partes:

- Motivación, con un total de 31 preguntas.

- Estrategias, con un total de 50 preguntas.

Las respuestas se realizan sobre una escala de tipo Likert desde 1 (no me describe en absoluto) a 7 (me describe totalmente). Está integrado por dos subescalas que, al ser sumadas, arrojan las puntuaciones de los participantes en cada uno de los componentes, motivacional y estratégico:

Factores motivacionales	Ítems
Orientación a metas intrínsecas	1, 10, 16, 17, 22, 26
Orientación a metas extrínsecas	7, 11, 21, 30
Valor de la tarea	4, 23, 24, 27
Creencias de control y autoeficacia de aprendizaje	2, 6, 15, 18, 25, 29
Autoeficacia para el rendimiento	5, 12, 13, 20, 31
Ansiedad	3, 8, 9, 14, 19, 28

Tabla 3.24. Ítems correspondientes a los factores motivacionales

Factores estratégicos	Ítems
Elaboración	47, 51, 62, 64, 66, 69, 71, 81
Aprovechamiento del tiempo y concentración	33, 35, 43, 52, 65, 77, 80
Organización	32, 42, 49, 53, 59, 63, 67, 72
Ayuda	34, 40, 45, 50, 58, 68, 75
Constancia	37, 39, 46, 48, 60, 70, 73, 74, 79
Metacognición	41, 44, 54, 56, 57, 76, 78
Autointerrogación	36, 38, 55, 61

Tabla 3.25. Ítems correspondientes a los factores estratégicos

Objetivos

Este trabajo estuvo guiado por las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la motivación hacia el estudio de la asignatura de los estudiantes que se matriculan en primer curso de grado de ingeniería?

- ¿Cuál(es) son las estrategias de aprendizaje que aplican nuestros estudiantes?
- ¿Existe alguna relación entre los factores motivacionales y estratégicos y el tipo de entrenamiento?
- ¿Existen diferencias entre los distintos entrenamientos respecto de la motivación y la estrategia de los estudiantes?

Se plantearon los siguientes objetivos específicos de investigación:

- Determinar cuál es la motivación de aprendizaje de los estudiantes matriculados en primer curso de grado de ingeniería.
- Determinar las estrategias de aprendizaje de los estudiantes matriculados en primer curso de grado de ingeniería.
- Determinar, en caso de que existan, las diferencias entre los distintos entrenamientos aplicados y la motivación y estrategia seguida por los estudiantes.

Procedimiento

Se aplicó el Cuestionario de Estrategias de Aprendizaje y Motivación (CEAM), nada más terminar las clases mediante un formulario.

Una vez que se aplicaron los cuestionarios, se utilizó el paquete estadístico SPSS para el diseño de las bases de datos, y para la captura y análisis descriptivos y correlacionales de los datos.

Análisis de los resultados

Una vez respondidos y capturados los datos, el primer paso para determinar el enfoque de cada estudiante fue obtener la sumatoria de los ítems que conforman cada escala del instrumento.

PRIMERA PARTE: FACTORES MOTIVACIONALES

Estudiante	Metas int	Metas ext	Valor	Creencias	Autoefic	Ansiedad
ETI 1	3	2	7	6	4	3
ETI 2	3	3	2	2	5	2
ETI 3	2	1	5	3	6	4
ETI 4	5	1	2	3	4	2
ETI 5	7	5	3	1	6	3
ETI 6	4	3	6	7	5	6
ETI 7	4	3	5	6	7	6
ETI 8	5	1	7	2	3	5
ETI 9	5	2	3	4	6	3
ETI 10	3	2	4	3	5	2
ETI 11	2	3	6	5	6	4
ETI 12	2	3	5	4	3	3
ETI 13	1	3	2	1	5	3
ETI 14	5	7	4	2	6	5
ETI 15	6	5	2	7	3	4
ETI 16	6	3	3	6	5	6
ETI 17	6	3	5	1	4	3
ETI 18	5	1	2	3	6	3
ETI 19	3	2	6	5	6	5
ETI 20	3	3	4	1	7	3
ETI 21	4	3	5	6	3	4
ETI 22	4	1	7	5	6	2
ETI 23	4	2	1	2	5	1
ETI 24	5	3	2	4	6	3
ETI 25	6	3	4	7	5	6
ETI 26	6	7	2	1	6	3
ETI 27	7	6	1	2	5	1
ETI 28	7	1	2	4	6	3
ETI 29	2	2	3	1	5	2
ETI 30	2	3	5	4	6	5
ETI 31	2	6	1	3	5	2
ETI 32	3	2	5	4	3	1
ETI 33	3	3	4	1	6	6
ETI 34	6	3	7	2	5	4

Tabla 3.26. Recopilación de datos (factores motivacionales)

Estudiante	Metas int	Metas ext	Valor	Creencias	Autoefic	Ansiedad
ETI 35	6	5	1	2	4	3
ETI 36	7	2	3	6	5	3
ETI 37	5	2	6	1	3	5
ETI 38	4	3	2	5	6	3
ETI 39	4	4	6	2	5	1
ETI 40	5	5	2	6	3	4
ETI 41	6	3	4	7	5	6
ETI 42	2	2	1	3	6	5
ETI 43	2	3	4	3	5	2
ETI 44	3	2	1	5	4	3
ETI 45	3	4	2	6	5	4
ETI 46	4	5	1	4	6	2
ETI 47	4	5	6	2	3	3
ETI 48	4	3	2	1	5	6
ETI 49	5	3	3	6	4	3
ETI 50	5	2	1	3	3	2
ETI 51	6	3	2	5	4	3
ETI 52	7	3	1	5	6	7
ETI 53	7	2	4	1	5	6
ETI 54	6	3	5	2	6	3
ETI 55	6	5	5	1	4	5
ETI 56	4	1	6	5	6	4
ETI 57	5	6	2	7	3	4
ETI 58	4	3	6	7	6	7
ETI 59	4	3	7	1	3	5
ETI 60	5	2	7	2	5	1
ETI 61	5	1	2	3	4	2
ETI 62	2	4	3	1	6	1
ETI 63	2	3	1	2	4	6
ETI 64	3	5	7	3	4	2
ETI 65	1	2	6	3	5	2
ETI 66	1	2	2	5	6	4
ETI 67	1	3	1	2	5	3
ETI 68	1	6	3	4	6	3
ETI 69	5	6	2	7	7	2
ETI 70	5	2	7	1	5	3
ETI 71	6	2	1	3	3	5
ETI 72	6	3	2	5	6	5
ETI 73	7	3	1	5	3	2
ETI 74	7	3	2	6	5	3
ETI 75	6	1	3	4	2	3
ETI 76	5	2	3	4	3	4
EDI 1	5	3	1	3	6	5
EDI 2	4	3	2	1	6	2

Tabla 3.26 (cont). Recopilación de datos (factores motivacionales)

Estudiante	Metas int	Metas ext	Valor	Creencias	Autoefic	Ansiedad
EDI 3	4	2	3	3	5	2
EDI 4	4	5	6	1	2	5
EDI 5	5	4	1	4	6	6
EDI 6	5	3	2	4	6	4
EDI 7	4	3	6	7	6	5
EDI 8	4	2	6	1	5	3
EDI 9	1	2	3	2	3	3
EDI 10	2	5	2	3	6	3
EDI 11	2	6	3	5	2	1
EDI 12	2	7	1	4	6	5
EDI 13	5	6	4	1	5	3
EDI 14	3	2	7	6	7	5
EDI 15	3	3	1	2	4	3
EDI 16	4	4	6	1	3	3
EDI 17	4	1	2	3	5	2
EDI 18	3	2	5	4	6	4
EDI 19	3	1	2	5	5	3
EDI 20	2	3	6	5	6	5
EDI 21	2	5	1	2	4	3
EDI 22	5	3	2	4	6	3
EDI 23	5	2	6	7	7	2
EDI 24	6	6	7	1	2	5
EDI 25	6	7	2	3	5	2
EDI 26	7	1	2	4	6	3
EDI 27	7	1	3	5	2	1
EDI 28	7	3	1	4	6	4
EDI 29	4	3	5	6	5	5
EDI 30	4	2	6	1	3	6
EDI 31	1	5	3	2	6	2
EDI 32	1	3	2	5	3	3
EDI 33	1	2	5	3	2	5
EDI 34	2	4	3	1	6	4
EDI 35	2	3	4	5	5	3
EDI 36	2	3	3	4	6	4
EDI 37	3	6	1	4	5	3
EDI 38	2	2	5	3	2	3
EDI 39	5	5	3	7	4	5
EDI 40	7	2	1	4	5	3
EDI 41	1	1	7	3	4	1
EDI 42	2	6	1	3	6	5
EDI 43	2	3	5	4	3	2
EDI 44	3	2	6	5	6	2
EDI 45	3	5	1	3	4	6
EDI 46	4	3	2	6	2	3

Tabla 3.26 (cont). Recopilación de datos (factores motivacionales)

Estudiante	Metas int	Metas ext	Valor	Creen cias	Auto efic	Ansiedad
EDI 47	4	3	1	5	6	2
EDI 48	4	2	6	1	3	5
EDI 49	5	3	2	4	7	6
EDI 50	6	3	1	7	2	3
EDI 51	5	3	2	4	5	3
EDI 52	4	2	1	3	6	4
EDI 53	1	5	4	5	3	2
EDI 54	1	5	2	3	6	6
EDI 55	2	1	1	6	3	5
EDI 56	2	3	1	5	6	3
ETN 1	6	6	1	7	2	4
ETN 2	6	5	2	1	5	2
ETN 3	3	2	5	4	3	1
ETN 4	2	5	3	6	3	5
ETN 5	3	1	5	2	1	3
ETN 6	2	6	3	5	2	5
ETN 7	5	3	1	2	6	3
ETN 8	5	3	2	4	7	5
ETN 9	7	5	2	6	3	4
ETN 10	2	1	3	5	3	2
ETN 11	1	4	6	5	6	3
ETN 12	1	6	2	3	5	2
ETN 13	2	3	5	4	3	1
ETN 14	3	2	6	5	4	3
ETN 15	5	4	2	4	4	2
ETN 16	5	3	3	6	3	5
ETN 17	6	3	1	4	6	5
EQI 1	4	2	1	3	3	2
EQI 2	4	1	2	5	4	3
EQI 3	6	3	2	5	1	6
EQI 4	7	5	4	2	6	3
EQI 5	6	4	3	7	4	5
EQI 6	2	2	7	5	6	3
EQI 7	4	3	2	1	5	2
EQI 8	4	3	6	1	4	6
EQI 9	2	6	7	3	4	1
EQI 10	3	5	2	4	6	3
EQI 11	3	1	5	4	3	1
EQI 12	3	1	6	2	6	3
EQI 13	5	3	7	1	3	3
EQI 14	4	5	2	3	5	2
EQI 15	4	3	6	7	5	6
EQI 16	2	3	1	5	3	2

Tabla 3.26 (cont). Recopilación de datos (factores motivacionales)

Estu diante	Metas int	Metas ext	Valor	Creencias	Auto efic	Ansiedad
EOI 1	1	2	2	4	6	3
EOI 2	2	6	3	5	2	1
EOI 3	1	2	5	3	4	2
EOI 4	2	3	1	4	4	3
EOI 5	5	3	2	4	5	3
EOI 6	7	4	5	1	6	5
EOI 7	7	3	2	6	2	7
EOI 8	6	2	1	3	5	2
EOI 9	3	6	2	5	3	2
EOI 10	2	4	5	1	5	7
EOI 11	2	4	1	5	6	5
EOI 12	3	7	2	6	4	3
EOI 13	2	6	3	5	4	3
EOI 14	5	3	2	4	5	6
EOI 15	4	3	1	2	4	5
EOI 16	4	2	5	1	6	7
EOI 17	4	1	3	2	5	7
EOI 18	3	1	2	5	6	6
EOI 19	5	5	1	3	6	2
EOI 20	6	1	2	3	5	3
EOI 21	6	1	3	4	3	6
EOI 22	3	6	1	4	5	3
EOI 23	2	4	7	3	5	2
EOI 24	1	3	2	5	3	2
EOI 25	1	3	5	4	3	1
EOI 26	2	6	1	3	5	2
EOI 27	4	7	1	6	3	7
EOI 28	5	2	3	4	4	2
EOI 29	4	1	1	5	2	6
EOI 30	6	3	5	7	6	5
EOI 31	7	2	5	1	6	2
EOI 32	7	1	2	4	6	4
EOI 33	7	3	6	2	5	4
EOI 34	6	2	7	5	6	5
EOI 35	6	1	2	3	5	2
EOI 36	6	2	3	5	3	2
EOI 37	7	3	6	5	5	4

Tabla 3.26 (cont). Recopilación de datos (factores motivacionales)

Factores motivacionales	Media	D tip
Orientación a metas intrínsecas	3.98	1.82
Orientación a metas extrínsecas	3.20	1.60
Valor de la tarea	3,31	1,98
Creencias de control y autoeficacia de aprendizaje	3,73	1,79
Autoeficacia para el rendimiento	3,53	1,40
Ansiedad	4,60	1,58

Tabla 3.27. Estadísticos descriptivos (factores motivacionales)

SEGUNDA PATE: FACTORES ESTRATÉGICOS

Estud	Elab	Aprov	Organ	Ayu	Cons	Metac	Autoc
ETI 1	7	1	6	5	6	7	7
ETI 2	2	5	5	5	3	2	4
ETI 3	5	6	6	6	7	5	3
ETI 4	2	4	6	4	5	2	3
ETI 5	3	6	7	6	4	3	1
ETI 6	6	5	5	5	6	6	3
ETI 7	5	7	6	7	3	5	3
ETI 8	7	1	5	6	7	7	2
ETI 9	3	6	5	6	7	3	3
ETI 10	4	5	6	5	6	4	2
ETI 11	6	6	4	6	7	6	3
ETI 12	5	4	6	4	5	5	2
ETI 13	2	5	7	5	6	2	1
ETI 14	4	6	5	6	7	4	2
ETI 15	2	4	5	3	3	2	2
ETI 16	3	5	6	5	6	3	3
ETI 17	5	4	3	4	5	5	1
ETI 18	2	6	6	6	7	2	3
ETI 19	6	6	6	6	7	6	3
ETI 20	4	7	3	7	2	4	1
ETI 21	5	3	4	3	4	5	6
ETI 22	7	1	2	6	7	7	3
ETI 23	1	5	6	5	6	1	2
ETI 24	2	6	5	6	7	2	2
ETI 25	4	3	6	3	4	4	5
ETI 26	2	6	3	6	7	2	1
ETI 27	1	5	5	5	6	1	2
ETI 28	2	6	3	6	7	2	3
ETI 29	3	5	2	5	6	3	2
ETI 30	5	6	5	6	7	5	3
ETI 31	1	5	6	5	6	1	6
ETI 32	5	4	3	6	7	5	3
ETI 33	4	6	6	6	7	4	1
ETI 34	7	5	4	5	6	7	2
ETI 35	1	4	6	4	5	1	2
ETI 36	3	5	7	5	6	3	3
ETI 37	6	3	5	3	4	6	1
ETI 38	2	6	3	6	7	2	5
ETI 39	6	5	5	5	6	6	2
ETI 40	2	3	4	3	4	2	3
ETI 41	4	3	6	3	4	4	5

Tabla 3.28. Recopilación de datos (factores estratégicos)

Estud	Elab	Aprov	Organ	Ayu	Cons	Metac	Autoc
ETI 42	1	6	5	6	7	1	3
ETI 43	4	5	3	5	2	4	5
ETI 44	1	4	5	4	5	1	5
ETI 45	2	5	4	5	6	2	6
ETI 46	1	6	7	6	7	1	3
ETI 47	6	3	3	3	4	6	2
ETI 48	2	5	6	5	6	2	1
ETI 49	3	4	3	4	5	3	6
ETI 50	1	3	6	3	4	1	3
ETI 51	2	4	6	4	5	2	5
ETI 52	1	6	7	6	7	1	3
ETI 53	4	5	6	5	6	4	1
ETI 54	5	6	3	6	7	5	2
ETI 55	5	4	5	4	5	5	1
ETI 56	6	6	4	6	7	6	3
ETI 57	2	5	6	5	3	2	4
ETI 58	6	6	6	6	7	6	3
ETI 59	7	3	5	3	4	7	1
ETI 60	7	5	6	5	6	7	2
ETI 61	2	4	7	4	5	2	3
ETI 62	3	6	3	6	7	3	1
ETI 63	1	4	6	4	5	1	2
ETI 64	7	1	6	7	2	7	3
ETI 65	6	5	5	5	6	6	3
ETI 66	2	6	4	6	7	2	5
ETI 67	1	5	3	5	6	1	2
ETI 68	3	6	3	6	7	3	3
ETI 69	2	7	6	7	3	2	6
ETI 70	7	5	3	5	6	7	1
ETI 71	1	3	5	3	4	1	2
ETI 72	2	6	7	6	7	2	3
ETI 73	1	3	5	3	4	1	2
ETI 74	2	5	3	5	6	2	7
ETI 75	3	2	3	2	5	3	4
ETI 76	3	3	4	3	4	3	4
EDI 1	1	6	5	6	7	1	3
EDI 2	2	6	5	6	7	2	1
EDI 3	3	5	6	5	6	3	3
EDI 4	6	2	5	2	3	6	1
EDI 5	1	6	6	6	7	1	3
EDI 6	2	6	7	6	7	2	3
EDI 7	6	6	5	6	7	6	3
EDI 8	6	5	3	5	6	6	1
EDI 9	3	3	3	3	4	3	2

Tabla 3.28 (cont). Recopilación de datos (factores estratégicos)

Estud	Elab	Aprov	Organ	Ayu	Cons	Metac	Autoc
EDI 10	2	6	7	6	7	2	3
EDI 11	3	4	6	4	5	3	6
EDI 12	1	6	5	6	7	1	3
EDI 13	4	5	3	5	6	4	1
EDI 14	7	1	5	6	7	7	3
EDI 15	1	4	3	4	5	1	2
EDI 16	6	3	3	3	4	6	1
EDI 17	2	5	7	5	6	2	3
EDI 18	5	6	5	6	7	5	3
EDI 19	2	5	3	5	6	2	5
EDI 20	6	6	6	6	7	6	3
EDI 21	1	4	3	4	5	1	4
EDI 22	2	6	3	6	7	2	3
EDI 23	6	6	6	7	8	6	3
EDI 24	7	1	5	6	7	7	1
EDI 25	2	5	7	5	6	2	3
EDI 26	2	6	3	6	7	2	3
EDI 27	3	4	6	4	2	3	3
EDI 28	1	6	6	6	7	1	4
EDI 29	5	4	3	7	6	5	3
EDI 30	6	3	6	3	4	6	1
EDI 31	3	6	3	6	7	3	2
EDI 32	2	3	3	3	4	2	5
EDI 33	5	4	5	3	4	5	3
EDI 34	3	6	4	6	7	3	1
EDI 35	4	5	3	5	6	4	5
EDI 36	3	6	3	6	7	3	4
EDI 37	1	5	5	5	6	1	6
EDI 38	5	4	3	6	7	5	3
EDI 39	3	4	6	4	2	3	3
EDI 40	1	5	5	5	6	1	6
EDI 41	7	1	6	7	3	7	3
EDI 42	1	6	5	6	7	1	3
EDI 43	5	4	5	3	4	5	6
EDI 44	6	6	6	6	7	6	3
EDI 45	1	4	6	4	5	1	4
EDI 46	2	4	3	5	6	2	6
EDI 47	1	6	7	6	7	1	5
EDI 48	6	3	5	3	4	6	1
EDI 49	2	7	6	7	5	2	3
EDI 50	1	4	5	3	4	1	7
EDI 51	2	5	7	5	6	2	7
EDI 52	1	6	4	6	7	1	3
EDI 53	4	4	6	4	5	4	5

Tabla 3.28 (cont). Recopilación de datos (factores estratégicos)

Estud	Elab	Aprov	Organ	Ayu	Cons	Metac	Autoc
EDI 54	2	6	6	6	7	2	3
EDI 55	1	3	5	3	4	1	6
EDI 56	1	6	3	6	7	1	5
ETN 1	1	4	4	2	3	1	3
ETN 2	2	5	6	5	6	2	1
ETN 3	5	4	3	6	7	5	3
ETN 4	3	4	5	3	4	3	6
ETN 5	5	3	3	6	7	5	2
ETN 6	3	4	5	3	4	3	4
ETN 7	1	6	3	6	7	1	2
ETN 8	2	7	6	7	3	2	6
ETN 9	2	3	4	3	4	2	6
ETN 10	3	3	5	3	4	3	5
ETN 11	6	6	3	6	7	6	3
ETN 12	2	5	6	5	6	2	7
ETN 13	5	3	2	6	7	5	3
ETN 14	6	4	4	4	5	6	3
ETN 15	2	4	5	4	5	2	4
ETN 16	3	4	5	3	4	3	6
ETN 17	1	6	5	6	7	1	3
EQI 1	1	3	2	3	4	1	3
EQI 2	2	4	5	4	5	2	5
EQI 3	2	3	6	3	4	2	3
EQI 4	4	6	3	6	7	4	2
EQI 5	3	4	6	4	5	3	6
EQI 6	7	1	3	6	7	7	3
EQI 7	2	5	5	5	6	2	1
EQI 8	6	4	6	4	5	6	1
EQI 9	7	1	2	6	6	7	3
EQI 10	2	6	3	6	7	2	3
EQI 11	5	4	3	7	5	5	4
EQI 12	6	6	3	6	7	6	2
EQI 13	7	3	3	3	4	7	1
EQI 14	2	5	6	5	6	2	3
EQI 15	6	5	5	5	6	6	3
EQI 16	1	3	5	3	4	1	5
EOI 1	2	6	3	6	7	2	4
EOI 2	3	4	6	4	5	3	6
EOI 3	5	4	2	4	5	5	3
EOI 4	1	4	3	4	5	1	4
EOI 5	2	5	7	5	6	2	7
EOI 6	5	6	5	6	7	5	1
EOI 7	2	4	7	5	6	2	7
EOI 8	1	5	6	5	6	1	6

Tabla 3.28 (cont). Recopilación de datos (factores estratégicos)

Estud	Elab	Aprov	Organ	Ayu	Cons	Metac	Autoc
EOI 9	2	3	5	3	4	2	3
EOI 10	5	5	7	5	6	5	1
EOI 11	1	6	6	6	7	1	5
EOI 12	2	4	3	4	5	2	5
EOI 13	3	4	5	4	5	3	6
EOI 14	2	5	6	5	6	2	7
EOI 15	1	4	5	4	5	1	4
EOI 16	5	6	7	6	7	5	1
EOI 17	3	5	7	5	6	3	3
EOI 18	2	6	6	6	7	2	5
EOI 19	1	6	2	6	5	1	3
EOI 20	2	5	3	5	6	2	7
EOI 21	3	3	6	3	4	3	4
EOI 22	1	5	5	5	6	1	6
EOI 23	7	5	6	5	6	7	3
EOI 24	2	3	5	3	4	2	5
EOI 25	5	4	6	4	6	5	4
EOI 26	1	5	6	5	6	1	6
EOI 27	1	3	7	3	4	1	2
EOI 28	3	4	6	4	5	3	6
EOI 29	1	2	6	5	6	1	5
EOI 30	5	4	5	3	4	5	7
EOI 31	5	6	6	6	7	5	1
EOI 32	2	6	7	6	7	2	3
EOI 33	6	5	4	5	6	6	2
EOI 34	7	1	6	7	5	7	5
EOI 35	2	5	7	5	6	2	7
EOI 36	3	3	5	3	4	3	4
EOI 37	6	1	7	2	3	6	5

Tabla 3.28. Recopilación de datos (factores estratégicos)

Factores estratégicos	Media	D. tip
Elaboración	3,31	1,98
Aprovechamiento del tiempo y concentración	4,55	1,42
Organización	4,87	1,22
Ayuda	5,57	1,26
Constancia	4,88	1,37
Metacognición	3,31	1,98
Autointerrogación	3,42	1,72

Tabla 3.29. Estadísticos descriptivos (factores estratégicos)

Determinación de la existencia o no de diferencias entre los distintos entrenamientos y los factores motivacionales y estratégicos de los estudiantes

Realizamos este estudio a través del análisis ANOVA (efectuado mediante SPSS). Empezamos por los factores motivacionales.

Estudio del factor METAS INT

	N	Media	Desv. típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mín	Máx
					Límite inferior	Límite superior		
RA	54	3,7963	1,61805	0,22019	3,3547	4,2379	1,0	7,0
RV	53	4,0566	1,85447	0,25473	3,5454	4,5678	1,0	7,0
PDF	57	3,8246	1,77405	0,23498	3,3538	4,2953	1,0	7,0
CON	38	4,3947	2,09941	0,34057	3,7047	5,0848	1,0	7,0
Total	202	3,9851	1,82159	0,12817	3,7324	4,2379	1,0	7,0

Tabla 3.30. Estadísticos descriptivos (factor METAS INT)

- **Estudio de la hipótesis de normalidad.** La normalidad está garantizada, pues los tamaños muestrales son grandes ($n \gg 30$).
- **Estudio de la hipótesis de homogeneidad.** Lo realizamos a través de la prueba de homogeneidad de varianzas.

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,606	3	198	0,189

Tabla 3.31. Prueba de homogeneidad de varianzas (factor METAS INT)

Se considera que las varianzas son iguales, pues el p-valor es superior a 0.05.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter grupos	10,041	3	3,347	1,009	0,390
Intra grupos	656,914	198	3,318		
Total	666,955	201			

Tabla 3.32. ANOVA de un factor (factor METAS INT)

De acuerdo con los resultados obtenidos, no existen diferencias entre los tipos de entrenamiento en cuanto al factor METAS INT

Estudio del factor METAS EXT

	N	Media	Desv. típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mín	Máx
					Límite inferior	Límite superior		
RA	54	3,2963	1,64408	0,22373	2,8475	3,7450	1,0	7,0
RV	53	3,2075	1,65667	0,22756	2,7509	3,6642	1,0	7,0
PDF	57	3,2807	1,47302	0,19511	2,8899	3,6715	1,0	7,0
CON	38	2,9737	1,68438	0,27324	2,4200	3,5273	1,0	7,0
Total	202	3,2079	1,60110	0,11265	2,9858	3,4301	1,0	7,0

Tabla 3.33. Estadísticos descriptivos (factor METAS EXT)

- **Estudio de la hipótesis de normalidad.** La normalidad está garantizada, pues los tamaños muestrales son grandes ($n > 30$).
- **Estudio de la hipótesis de homogeneidad.** Lo realizamos a través de la prueba de homogeneidad de varianzas.

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0,199	3	198	0,897

Tabla 3.34. Prueba de homogeneidad de varianzas (factor METAS EXT)

Se considera que las varianzas son iguales, pues el p-valor es superior a 0.05.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter grupos	2,809	3	0,936	0,362	0,781
Intra grupos	512,459	198	2,588		
Total	515,267	201			

Tabla 3.35. ANOVA de un factor (factor METAS EXT)

De acuerdo con los resultados obtenidos, no existen diferencias entre los tipos de entrenamiento en cuanto al factor METAS EXT

Estudio del factor VALOR

	N	Media	Desv. típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mín	Máx
					Límite inferior	Límite superior		
RA	54	3,5556	1,89006	0,25720	3,0397	4,0714	1,0	7,0
RV	53	3,5849	2,05158	0,28181	3,0194	4,1504	1,0	7,0
PDF	57	2,7719	1,80295	0,23881	2,2935	3,2503	1,0	7,0
CON	38	3,4211	2,20112	0,35707	2,6976	4,1445	1,0	7,0
Total	202	3,3168	1,98718	0,13982	3,0411	3,5925	1,0	7,0

Tabla 3.36. Estadísticos descriptivos (factor VALOR)

- **Estudio de la hipótesis de normalidad.** La normalidad está garantizada, pues los tamaños muestrales son grandes ($n >> 30$).
- **Estudio de la hipótesis de homogeneidad.** Lo realizamos a través de la prueba de homogeneidad de varianzas.

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,464	3	198	0,226

Tabla 3.37. Prueba de homogeneidad de varianzas (factor VALOR)

Se considera que las varianzas son iguales, pues el p-valor es superior a 0.05.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter grupos	24,223	3	8,074	2,078	0,104
Intra grupos	769,500	198	3,886		
Total	793,723	201			

Tabla 3.38. ANOVA de un factor (factor VALOR)

De acuerdo con los resultados obtenidos, no existen diferencias entre los tipos de entrenamiento en cuanto al factor VALOR

Estudio del factor CREENCIAS

	N	Media	Desv. típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mín	Máx
					Límite inferior	Límite superior		
RA	54	3,6852	1,86147	0,25331	3,1771	4,1933	1,0	7,0
RV	53	3,4906	1,86695	0,25644	2,9760	4,0052	1,0	7,0
PDF	57	3,8947	1,70801	0,22623	3,4415	4,3479	1,0	7,0
CON	38	3,8947	1,73656	0,28171	3,3239	4,4655	1,0	7,0
Total	202	3,7327	1,79214	0,12609	3,4840	3,9813	1,0	7,0

Tabla 3.39. Estadísticos descriptivos (factor CREENCIAS)

- **Estudio de la hipótesis de normalidad.** La normalidad está garantizada, pues los tamaños muestrales son grandes ($n \gg 30$).
- **Estudio de la hipótesis de homogeneidad.** Lo realizamos a través de la prueba de homogeneidad de varianzas.

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0,546	3	198	0,651

Tabla 3.40. Prueba de homogeneidad de varianzas (factor CREENCIAS)

Se considera que las varianzas son iguales, pues el p-valor es superior a 0.05.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter grupos	5,724	3	1,908	0,590	0,622
Intra grupos	639,841	198	3,232		
Total	645,564	201			

Tabla 3.41. ANOVA de un factor (factor CREENCIAS)

De acuerdo con los resultados obtenidos, no existen diferencias entre los tipos de entrenamiento en cuanto al factor CREENCIAS.

Estudio del factor AUTOEFIC

	N	Media	Desv. típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mín	Máx
					Límite inferior	Límite superior		
RA	54	4,6296	1,53323	0,20865	4,2111	5,0481	1,0	7,0
RV	53	4,6981	1,42214	0,19535	4,3061	5,0901	1,0	7,0
PDF	57	4,5965	1,34774	0,17851	4,2389	4,9541	2,0	7,0
CON	38	4,6000	1,33052	0,21584	4,0627	4,9373	2,0	7,0
Total	202	4,6139	1,40695	0,09899	4,4187	4,8091	1,0	7,0

Tabla 3.42. Estadísticos descriptivos (factor AUTOEFIC)

- **Estudio de la hipótesis de normalidad.** La normalidad está garantizada, pues los tamaños muestrales son grandes ($n \gg 30$).
- **Estudio de la hipótesis de homogeneidad.** Lo realizamos a través de la prueba de homogeneidad de varianzas.

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0,702	3	198	0,552

Tabla 3.43. Prueba de homogeneidad de varianzas (factor AUTOEFIC)

Se considera que las varianzas son iguales, pues el p-valor es superior a 0.05.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter grupos	0,899	3	0,300	0,150	0,930
Intra grupos	396,982	198	2,005		
Total	397,881	201			

Tabla 3.44. ANOVA de un factor (factor AUTOEFIC)

De acuerdo con los resultados obtenidos, no existen diferencias entre los tipos de entrenamiento en cuanto al factor AUTOEFIC.

Estudio del factor ANSIEDAD

	N	Media	Desv. típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mín	Máx
					Límite inferior	Límite superior		
RA	54	3,5370	1,38336	0,18825	3,1595	3,9146	1,0	6,0
RV	53	3,2830	1,49843	0,20582	2,8700	3,6960	1,0	6,0
PDF	57	3,8596	1,75701	0,23272	3,3935	4,3258	1,0	7,0
CON	38	3,3947	1,66911	0,27076	2,8461	3,9434	1,0	7,0
Total	202	3,5347	1,58390	0,11144	3,3149	3,7544	1,0	7,0

Tabla 3.45. Estadísticos descriptivos (factor ANSIEDAD)

- **Estudio de la hipótesis de normalidad.** La normalidad está garantizada, pues los tamaños muestrales son grandes ($n \gg 30$).
- **Estudio de la hipótesis de homogeneidad.** Lo realizamos a través de la prueba de homogeneidad de varianzas.

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2,214	3	198	0,088

Tabla 3.46. Prueba de homogeneidad de varianzas (factor ANSIEDAD)

Se considera que las varianzas son iguales, pues el p-valor es superior a 0.05.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter grupos	10,121	3	3,374	1,352	0,259
Intra grupos	494,137	198	2,496		
Total	504,257	201			

Tabla 3.47. ANOVA de un factor (factor ANSIEDAD)

De acuerdo con los resultados obtenidos, no existen diferencias entre los tipos de entrenamiento en cuanto al factor ANSIEDAD.

A la vista de los resultados obtenidos, concluimos que no existen diferencias entre los factores motivacionales y los métodos de entrenamiento utilizados.

Ahora realizaremos idéntico estudio para los factores estratégicos.

Estudio del factor ELABORC

	N	Media	Desv. típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mín	Máx
					Límite inferior	Límite superior		
RA	54	3,5094	1,87722	0,25786	2,9920	4,0269	1,0	7,0
RV	53	3,6296	2,05854	0,28013	3,0678	4,1915	1,0	7,0
PDF	57	2,7719	1,80295	0,23881	2,2935	3,2503	1,0	7,0
CON	38	3,4211	2,20112	0,35707	2,6976	4,1445	1,0	7,0
Total	202	3,3168	1,98718	0,13982	3,0411	3,5925	1,0	7,0

Tabla 3.48. Estadísticos descriptivos (factor ELABORC)

- **Estudio de la hipótesis de normalidad.** La normalidad está garantizada, pues los tamaños muestrales son grandes ($n \gg 30$).
- **Estudio de la hipótesis de homogeneidad.** Lo realizamos a través de la prueba de homogeneidad de varianzas.

Estadístico de Leveneg	gl1	gl2	Sig.
1,577	3	198	0,196

Tabla 3.49. Prueba de homogeneidad de varianzas (factor ELABORC)

Se considera que las varianzas son iguales, pues el p-valor es superior a 0.05.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter grupos	24,587	3	8,196	2,110	0,100
Intra grupos	769,136	198	3,885		
Total	793,723	201			

Tabla 3.50. ANOVA de un factor (factor ELABORC)

De acuerdo con los resultados obtenidos, no existen diferencias entre los tipos de entrenamiento en cuanto al factor ELABORC.

Estudio del factor APROV

	N	Media	Desv. típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mín	Máx
					Límite inferior	Límite superior		
RA	54	4,6415	1,46883	0,20176	4,2366	5,0464	1,0	7,0
RV	53	4,5370	1,50111	0,20427	4,1273	4,9468	1,0	7,0
PDF	57	4,7193	1,19155	0,15783	4,4031	5,0355	1,0	7,0
CON	38	4,2105	1,56236	0,25345	3,6970	4,7241	1,0	7,0
Total	202	4,5545	1,42456	0,10023	4,3568	4,7521	1,0	7,0

Tabla 3.51. Estadísticos descriptivos (factor APROV)

- **Estudio de la hipótesis de normalidad.** La normalidad está garantizada, pues los tamaños muestrales son grandes ($n \gg 30$).
- **Estudio de la hipótesis de homogeneidad.** Lo realizamos a través de la prueba de homogeneidad de varianzas.

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,354	3	198	0,258

Tabla 3.52. Prueba de homogeneidad de varianzas (factor APROV)

Se considera que las varianzas son iguales, pues el p-valor es superior a 0.05.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter grupos	6,462	3	2,154	1,062	0,366
Intra grupos	401,439	198	2,027		
Total	407,901	201			

Tabla 3.53. ANOVA de un factor (factor APROV)

De acuerdo con los resultados obtenidos, no existen diferencias entre los tipos de entrenamiento en cuanto al factor APROV.

Estudio del factor ORGAN

	N	Media	Desv. típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mín	Máx
					Límite inferior	Límite superior		
RA	54	4,6415	1,46883	0,20176	4,2366	5,0464	1,0	7,0
RV	53	4,5370	1,50111	0,20427	4,1273	4,9468	1,0	7,0
PDF	57	4,7193	1,19155	0,15783	4,4031	5,0355	1,0	7,0
CON	38	4,2105	1,66236	0,26345	3,6970	4,7241	1,0	7,0
Total	202	4,5545	1,42456	0,10023	4,3568	4,7521	1,0	7,0

Tabla 3.54. Estadísticos descriptivos (factor ORGAN)

- **Estudio de la hipótesis de normalidad.** La normalidad está garantizada, pues los tamaños muestrales son grandes ($n > 30$).
- **Estudio de la hipótesis de homogeneidad.** Lo realizamos a través de la prueba de homogeneidad de varianzas.

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,354	3	198	0,258

Tabla 3.55. Prueba de homogeneidad de varianzas (factor ORGAN)

Se considera que las varianzas son iguales, pues el p-valor es superior a 0.05.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter grupos	6,462	3	2,154	1,062	0,366
Intra grupos	401,439	198	2,027		
Total	407,901	201			

Tabla 3.56. ANOVA de un factor (factor ORGAN)

De acuerdo con los resultados obtenidos, no existen diferencias entre los tipos de entrenamiento en cuanto al factor ORGAN.

Estudio del factor AYU

	N	Media	Desv. típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mín	Máx
					Límite inferior	Límite superior		
RA	54	4,9434	1,29221	0,17750	4,5872	5,2996	2,0	7,0
RV	53	5,0556	1,25016	0,17012	4,7143	5,3968	3,0	7,0
PDF	57	4,8596	1,15633	0,15316	4,5528	5,1665	3,0	7,0
CON	38	4,6053	1,38602	0,22484	4,1497	5,0608	2,0	7,0
Total	202	4,8861	1,26251	0,08883	4,7110	5,0613	2,0	7,0

Tabla 3.57. Estadísticos descriptivos (factor AYU)

- **Estudio de la hipótesis de normalidad.** La normalidad está garantizada, pues los tamaños muestrales son grandes ($n \gg 30$).
- **Estudio de la hipótesis de homogeneidad.** Lo realizamos a través de la prueba de homogeneidad de varianzas.

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0,564	3	198	0,639

Tabla 3.58. Prueba de homogeneidad de varianzas (factor AYU)

Se considera que las varianzas son iguales, pues el p-valor es superior a 0.05.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter grupos	4,762	3	1,587	0,996	0,396
Intra grupos	315,620	198	1,594		
Total	320,381	201			

Tabla 3.59. ANOVA de un factor (factor AYU)

De acuerdo con los resultados obtenidos, no existen diferencias entre los tipos de entrenamiento en cuanto al factor ORGAN.

Estudio del factor CONS

	N	Media	Desv. típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mín	Máx
					Límite inferior	Límite superior		
RA	54	5,6226	1,43079	0,19653	5,2283	6,0170	3,0	7,0
RV	53	5,7778	1,36902	0,18630	5,4041	6,1514	2,0	8,0
PDF	57	5,5614	1,32311	0,17525	5,2103	5,9125	2,0	7,0
CON	38	5,2368	1,36430	0,22132	4,7884	5,6853	2,0	7,0
Total	202	5,5743	1,37386	0,09666	5,3837	5,7649	2,0	8,0

Tabla 3.60. Estadísticos descriptivos (factor CONS)

- **Estudio de la hipótesis de normalidad.** La normalidad está garantizada, pues los tamaños muestrales son grandes ($n > 30$).
- **Estudio de la hipótesis de homogeneidad.** Lo realizamos a través de la prueba de homogeneidad de varianzas.

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0,453	3	198	0,715

Tabla 3.61. Prueba de homogeneidad de varianzas (factor CONS)

Se considera que las varianzas son iguales, pues el p-valor es superior a 0.05.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter grupos	6,696	3	2,232	1,186	0,316
Intra grupos	372,690	198	1,882		
Total	379,386	201			

Tabla 3.62. ANOVA de un factor (factor CONS)

De acuerdo con los resultados obtenidos, no existen diferencias entre los tipos de entrenamiento en cuanto al factor CONS.

Estudio del factor METAC

	N	Media	Desv. típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mín	Máx
					Límite inferior	Límite superior		
RA	54	3,5094	1,87722	0,25786	2,9920	4,0269	1,0	7,0
RV	53	3,6296	2,05854	0,28013	3,0678	4,1915	1,0	7,0
PDF	57	2,7719	1,80295	0,23881	2,2935	3,2503	1,0	7,0
CON	38	3,4211	2,20112	0,35707	2,6976	4,1445	1,0	7,0
Total	202	3,3168	1,98718	0,13982	3,0411	3,5925	1,0	7,0

Tabla 3.63. Estadísticos descriptivos (factor METAC)

- **Estudio de la hipótesis de normalidad.** La normalidad está garantizada, pues los tamaños muestrales son grandes ($n \gg 30$).
- **Estudio de la hipótesis de homogeneidad.** Lo realizamos a través de la prueba de homogeneidad de varianzas.

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,577	3	198	0,196

Tabla 3.64. Prueba de homogeneidad de varianzas (factor METAC)

Se considera que las varianzas son iguales, pues el p-valor es superior a 0.05.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter grupos	24,587	3	8,196	2,110	0,100
Intra grupos	769,136	198	3,885		
Total	793,723	201			

Tabla 3.65. ANOVA de un factor (factor METAC)

De acuerdo con los resultados obtenidos, no existen diferencias entre los tipos de entrenamiento en cuanto al factor METAC.

Estudio del factor AUTOC

	N	Media	Desv. típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mín	Máx
					Límite inferior	Límite superior		
RA	54	3,0189	1,57493	0,21633	2,5848	3,4530	1,0	7,0
RV	53	2,9815	1,46004	0,19869	2,5830	3,3800	1,0	6,0
PDF	57	3,9825	1,81749	0,24073	3,5002	4,4647	1,0	7,0
CON	38	3,7632	1,85172	0,30039	3,1545	4,3718	1,0	7,0
Total	202	3,4208	1,72086	0,12108	3,1820	3,6595	1,0	7,0

Tabla 3.66. Estadísticos descriptivos (factor AUTOC)

- **Estudio de la hipótesis de normalidad.** La normalidad está garantizada, pues los tamaños muestrales son grandes ($n >> 30$).
- **Estudio de la hipótesis de homogeneidad.** Lo realizamos a través de la prueba de homogeneidad de varianzas.

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
4,121	3	198	0,007

Tabla 3.67. Prueba de homogeneidad de varianzas (factor AUTOC)

Se considera que las varianzas son iguales, pues el p-valor es superior a 0.05.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter grupos	41,419	3	13,806	4,936	0,003
Intra grupos	553,813	198	2,797		
Total	595,233	201			

Tabla 3.68. ANOVA de un factor (factor AUTOC)

De acuerdo con los resultados obtenidos, sí existen diferencias entre los tipos de entrenamiento en cuanto al factor AUTOC.

En este caso estudiaremos cuál de los entrenamientos muestra diferencias significativas. Para ello, haremos comparaciones múltiples por parejas de entrenamientos. En particular, la prueba de Scheffé realiza todos los contrastes de igualdad de medias dos a

dos. Algunos autores destacan la prueba de Scheffé como muy conservadora y, al mismo tiempo, como la más utilizada en situaciones como esta.

Variable dependiente: AUTOC

Entren (i)	Entren (j)	Dif medias (i) - (j)	Error típico	Sig	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
RA	RV	0,03739	0,32337	1,000	0,8744	0,9492
	PDF	0,96359*	0,31913	0,030	1,8634	0,0637
	CON	0,74429	0,35550	0,226	1,7467	0,2581
RV	RA	0,03739	0,32337	1,000	0,9492	0,8744
	PDF	1,00097*	0,31760	0,021	1,8965	0,1055
	CON	0,78168	0,35412	0,185	1,7802	0,2168
PDF	RA	0,96359*	0,31913	0,030	0,0637	1,8634
	RV	1,00097*	0,31760	0,021	0,1055	1,8965
	CON	0,21930	0,35025	0,942	0,7683	1,2069
CON	RA	0,74429	0,35550	0,226	0,2581	1,7467
	RV	0,78168	0,35412	0,185	0,2168	1,7802
	PDF	0,21930	0,35025	0,942	1,2069	0,7683

* : La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 3.69. Prueba de Scheffé de comparaciones múltiples

Los grupos cuyas medias difieren de forma significativa (a nivel de 0,05) son los que presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí. Por lo tanto, podemos afirmar que no existen diferencias significativas entre los entrenamientos RA, RV y PDF, con el grupo de control para el factor AUTOC.

Tipo entrenamiento	N	Subconjunto para alfa=0,05	
		1	2
RV	53	2,9815	
RA	54	3,0189	
CON	38	3,7632	3,7632
PDF	57		3,9825
Sig		0,150	0,935

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 49,233
- Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo 1 no están garantizados

Tabla 3.70. Subconjuntos homogéneos

No existen diferencias entre los factores estratégicos y los métodos de entrenamiento utilizados, excepto en el caso del factor AUTOOC, que presenta diferencias mínimas.

Discusión de los resultados obtenidos y conclusiones

De los resultados obtenidos podemos extraer las siguientes conclusiones:

- Los motivos que orientan a nuestros estudiantes en su estudio están dirigidos principalmente a metas intrínsecas, tienen confianza en sus propias capacidades de aprendizaje, valoran la importancia, interés y utilidad de la asignatura, consideran que el dominio que alcancen en ella depende de su propio esfuerzo y modo de estudiar y confían en que serán capaces de lograrlo y en que obtendrán buenos resultados.
- Han alcanzado un nivel favorable de motivación
- Hay un desempeño positivo, reflejado por los componentes motivacionales de sus enfoques de aprendizaje.
- Destacamos que el valor más elevado corresponde al factor ansiedad. Ello puede estar motivado por la inseguridad que les proporciona no contar con los procedimientos adecuados para enfrentarse a la actividad de estudio, lo que afecta a su autoeficacia para el aprendizaje y, en general, su motivación.
- En general, han alcanzado un buen nivel en el desarrollo de las estrategias de aprendizaje, pero hacen un uso inadecuado de las mismas, como queda reflejado en los valores de los factores estratégicos de los enfoques de aprendizaje.
- Otro aspecto que merece destacarse es que el factor estratégico más desarrollado es la ayuda, lo que puede estar originado por el trabajo en grupo y colectivo al que, en

general, están acostumbrados desde sus estudios de enseñanza media (Rodríguez, 2001). Así mismo se aprecia un buen desarrollo de estrategias de organización.

- También destacamos que los valores obtenidos para el aprovechamiento del tiempo y la concentración indican que es necesario fortalecer la orientación al estudio independiente.
- Por último destacamos que las escalas de metacognición y autointerrogación muestran que nuestros estudiantes no han llegado a conseguir un nivel adecuado en el control de su estudio.

3.6.- CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN

Diseño del estudio de investigación

Se llevó a cabo un estudio sobre la satisfacción de los estudiantes con el entrenamiento en habilidades espaciales recibido.

Este estudio se basa en los resultados obtenidos al aplicar la herramienta de medición nada más terminar el entrenamiento.

Objetivos generales

Con este fin se han planteado los siguientes objetivos:

- Determinar el grado de satisfacción de los estudiantes con el entrenamiento en habilidades espaciales.
- Comparar los resultados de satisfacción obtenidos entre las tres tecnologías aplicadas en el entrenamiento.
- Determinar qué tecnología de entrenamiento obtiene mayores índices de satisfacción.

Participantes

La muestra está compuesta por un total de 164 estudiantes de la asignatura Expresión Gráfica de primer curso de Grado de la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, distribuidos en las distintas titulaciones de la siguiente manera:

Titulación	RA		RV		PDF3D		TOTAL
Tecnologías Industriales	✓	19	✓	18	✓	19	56
Diseño Industrial	✓	18	✓	19	✓	19	56
Tecnología Naval	✓	17					17
Ingeniería Química			✓	16			16
Organización Industrial					✓	19	19
TOTAL		54		53		57	164

Tabla 3.71. Distribución de grupos de entrenamiento por titulación y tecnología aplicada en el estudio de satisfacción

A cada estudiante se le asignó un código con el fin de tenerlo identificado en todo momento y poder hacer un seguimiento de sus intervenciones en todo el proceso. La asignación es la siguiente:

Titulación	Código Estudiante
Tecnologías Industriales	ETI *
Diseño Industrial	EDI *
Tecnología Naval	ETN *
Ingeniería Química	EIQ *
Organización Industrial	EOI *

Tabla 3.72. Denominación de los estudiantes en el estudio de satisfacción

Instrumento

En el estudio se han empleado los cuestionarios ([Anexo 3](#)) de satisfacción diseñado por nosotros utilizando una versión adaptada a nuestro caso del Cuestionario QUIS (Harper and Norman, 1993). Las respuestas a este cuestionario se realizan sobre una escala de tipo Likert desde 1 (total desacuerdo) a 5 (total acuerdo). Este cuestionario es el mismo para las tres tecnologías con unas simples adaptaciones en las preguntas a cada una de ellas.

Antes de sacar conclusiones de las respuestas obtenidas debíamos determinar la fiabilidad del propio cuestionario, ya que fué diseñado de forma específica para este estudio. La fiabilidad del

cuestionario resultó ser muy buena ya que se obtuvieron valores del Alpha de Crombach de 0.9 para la percepción que el estudiante tiene del entrenamiento estudiado y de 0.86 para la importancia que le da a los distintos aspectos del entrenamiento en habilidades espaciales con las tres tecnologías objeto de esta investigación, con lo cual damos por buenas las conclusiones que puedan extraerse de las respuestas.

Objetivos

Se plantearon los siguientes objetivos específicos de investigación:

- Determinar el grado de satisfacción final que poseen los estudiantes matriculados en primer curso de grado de ingeniería.
- Establecer la relación existente entre la tecnología de entrenamiento y la satisfacción de los estudiantes.

Procedimiento

Se aplicó el Cuestionario de Satisfacción al terminar el periodo de entrenamiento mediante un formulario distribuido mediante Google Docs.

Una vez que se aplicó el cuestionario se utilizó el paquete estadístico SPSS para el diseño de las bases de datos, y para la captura y análisis descriptivos y correlacionales de los datos.

Análisis de los resultados

Como hemos dicho anteriormente hemos medido la satisfacción mediante un cuestionario que se distribuyó mediante Google Docs. Recogemos en las gráficas siguientes los resultados obtenidos.

RA	RV	PDF3D																														
<p>1.- El material utilizado tiene una buena y cuidada presentación.</p>																																
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>0%</td></tr> <tr><td>4</td><td>94%</td></tr> <tr><td>5</td><td>6%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	0%	4	94%	5	6%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>0%</td></tr> <tr><td>4</td><td>28%</td></tr> <tr><td>5</td><td>72%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	0%	4	28%	5	72%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>16%</td></tr> <tr><td>3</td><td>0%</td></tr> <tr><td>4</td><td>47%</td></tr> <tr><td>5</td><td>37%</td></tr> </table>	1	0%	2	16%	3	0%	4	47%	5	37%
1	0%																															
2	0%																															
3	0%																															
4	94%																															
5	6%																															
1	0%																															
2	0%																															
3	0%																															
4	28%																															
5	72%																															
1	0%																															
2	16%																															
3	0%																															
4	47%																															
5	37%																															
<p>2.- Ha sido cómodo trabajar los ejercicios, por un lado verlos en pantalla y por otro, croquizar las respuestas en papel</p>																																
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>16%</td></tr> <tr><td>4</td><td>0%</td></tr> <tr><td>5</td><td>84%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	16%	4	0%	5	84%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>33%</td></tr> <tr><td>4</td><td>0%</td></tr> <tr><td>5</td><td>67%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	33%	4	0%	5	67%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>28%</td></tr> <tr><td>4</td><td>72%</td></tr> <tr><td>5</td><td>0%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	28%	4	72%	5	0%
1	0%																															
2	0%																															
3	16%																															
4	0%																															
5	84%																															
1	0%																															
2	0%																															
3	33%																															
4	0%																															
5	67%																															
1	0%																															
2	0%																															
3	28%																															
4	72%																															
5	0%																															
<p>3.- Creo que la estructura del entrenamiento es la adecuada.</p>																																
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>6%</td></tr> <tr><td>4</td><td>33%</td></tr> <tr><td>5</td><td>61%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	6%	4	33%	5	61%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>33%</td></tr> <tr><td>4</td><td>0%</td></tr> <tr><td>5</td><td>67%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	33%	4	0%	5	67%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>84%</td></tr> <tr><td>4</td><td>16%</td></tr> <tr><td>5</td><td>0%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	84%	4	16%	5	0%
1	0%																															
2	0%																															
3	6%																															
4	33%																															
5	61%																															
1	0%																															
2	0%																															
3	33%																															
4	0%																															
5	67%																															
1	0%																															
2	0%																															
3	84%																															
4	16%																															
5	0%																															
<p>4.- Creo que el tipo de los ejercicios es el adecuado.</p>																																
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>61%</td></tr> <tr><td>3</td><td>39%</td></tr> <tr><td>4</td><td>0%</td></tr> <tr><td>5</td><td>0%</td></tr> </table>	1	0%	2	61%	3	39%	4	0%	5	0%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>28%</td></tr> <tr><td>4</td><td>72%</td></tr> <tr><td>5</td><td>0%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	28%	4	72%	5	0%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>47%</td></tr> <tr><td>4</td><td>37%</td></tr> <tr><td>5</td><td>16%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	47%	4	37%	5	16%
1	0%																															
2	61%																															
3	39%																															
4	0%																															
5	0%																															
1	0%																															
2	0%																															
3	28%																															
4	72%																															
5	0%																															
1	0%																															
2	0%																															
3	47%																															
4	37%																															
5	16%																															

Tabla 3.73. Respuestas en el estudio de satisfacción

RA	RV	PDF3D																														
<p>5.- (RA): El tamaño del cuadernillo de marcas es adecuado para realizar los ejercicios y manipular los elementos virtuales. (RV): He podido hacerme rápidamente con la aplicación ("CORTONA") para manipular los elementos virtuales. (PDF): He podido hacerme rápidamente con la forma de manipular los elementos virtuales.</p>																																
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>16%</td></tr> <tr><td>3</td><td>0%</td></tr> <tr><td>4</td><td>84%</td></tr> <tr><td>5</td><td>0%</td></tr> </table>	1	0%	2	16%	3	0%	4	84%	5	0%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>28%</td></tr> <tr><td>3</td><td>33%</td></tr> <tr><td>4</td><td>0%</td></tr> <tr><td>5</td><td>39%</td></tr> </table>	1	0%	2	28%	3	33%	4	0%	5	39%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>37%</td></tr> <tr><td>4</td><td>63%</td></tr> <tr><td>5</td><td>0%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	37%	4	63%	5	0%
1	0%																															
2	16%																															
3	0%																															
4	84%																															
5	0%																															
1	0%																															
2	28%																															
3	33%																															
4	0%																															
5	39%																															
1	0%																															
2	0%																															
3	37%																															
4	63%																															
5	0%																															
<p>6.- Los videos formativos, son claros, con un lenguaje y gráficos fáciles de comprender.</p>																																
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>61%</td></tr> <tr><td>3</td><td>6%</td></tr> <tr><td>4</td><td>33%</td></tr> <tr><td>5</td><td>0%</td></tr> </table>	1	0%	2	61%	3	6%	4	33%	5	0%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>28%</td></tr> <tr><td>3</td><td>39%</td></tr> <tr><td>4</td><td>33%</td></tr> <tr><td>5</td><td>0%</td></tr> </table>	1	0%	2	28%	3	39%	4	33%	5	0%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>16%</td></tr> <tr><td>3</td><td>0%</td></tr> <tr><td>4</td><td>84%</td></tr> <tr><td>5</td><td>0%</td></tr> </table>	1	0%	2	16%	3	0%	4	84%	5	0%
1	0%																															
2	61%																															
3	6%																															
4	33%																															
5	0%																															
1	0%																															
2	28%																															
3	39%																															
4	33%																															
5	0%																															
1	0%																															
2	16%																															
3	0%																															
4	84%																															
5	0%																															
<p>7.- (RA): La aplicación de Realidad Aumentada ha sido estable (no se bloquea). (RV): La estructura del SAD es la adecuada. (PDF): El archivo PDF ha sido fácil de utilizar.</p>																																
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>82%</td></tr> <tr><td>3</td><td>0%</td></tr> <tr><td>4</td><td>18%</td></tr> <tr><td>5</td><td>0%</td></tr> </table>	1	0%	2	82%	3	0%	4	18%	5	0%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>0%</td></tr> <tr><td>4</td><td>28%</td></tr> <tr><td>5</td><td>72%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	0%	4	28%	5	72%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>16%</td></tr> <tr><td>3</td><td>0%</td></tr> <tr><td>4</td><td>84%</td></tr> <tr><td>5</td><td>0%</td></tr> </table>	1	0%	2	16%	3	0%	4	84%	5	0%
1	0%																															
2	82%																															
3	0%																															
4	18%																															
5	0%																															
1	0%																															
2	0%																															
3	0%																															
4	28%																															
5	72%																															
1	0%																															
2	16%																															
3	0%																															
4	84%																															
5	0%																															
<p>8.- El número de ejercicios es suficiente para las horas de trabajo propuestas.</p>																																
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>67%</td></tr> <tr><td>4</td><td>33%</td></tr> <tr><td>5</td><td>0%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	67%	4	33%	5	0%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>33%</td></tr> <tr><td>4</td><td>28%</td></tr> <tr><td>5</td><td>39%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	33%	4	28%	5	39%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>16%</td></tr> <tr><td>3</td><td>84%</td></tr> <tr><td>4</td><td>0%</td></tr> <tr><td>5</td><td>0%</td></tr> </table>	1	0%	2	16%	3	84%	4	0%	5	0%
1	0%																															
2	0%																															
3	67%																															
4	33%																															
5	0%																															
1	0%																															
2	0%																															
3	33%																															
4	28%																															
5	39%																															
1	0%																															
2	16%																															
3	84%																															
4	0%																															
5	0%																															

Tabla 3.73 (cont). Respuestas en el estudio de satisfacción

RA	RV	PDF3D																														
<p>9.- Me he sentido capaz de resolver los ejercicios planteados.</p>																																
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>61%</td></tr> <tr><td>4</td><td>0%</td></tr> <tr><td>5</td><td>39%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	61%	4	0%	5	39%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>28%</td></tr> <tr><td>4</td><td>39%</td></tr> <tr><td>5</td><td>33%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	28%	4	39%	5	33%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>16%</td></tr> <tr><td>4</td><td>47%</td></tr> <tr><td>5</td><td>37%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	16%	4	47%	5	37%
1	0%																															
2	0%																															
3	61%																															
4	0%																															
5	39%																															
1	0%																															
2	0%																															
3	28%																															
4	39%																															
5	33%																															
1	0%																															
2	0%																															
3	16%																															
4	47%																															
5	37%																															
<p>10.- Me ha dado tiempo a realizar los ejercicios en el tiempo previsto.</p>																																
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>61%</td></tr> <tr><td>3</td><td>0%</td></tr> <tr><td>4</td><td>33%</td></tr> <tr><td>5</td><td>6%</td></tr> </table>	1	0%	2	61%	3	0%	4	33%	5	6%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>28%</td></tr> <tr><td>3</td><td>39%</td></tr> <tr><td>4</td><td>33%</td></tr> <tr><td>5</td><td>0%</td></tr> </table>	1	0%	2	28%	3	39%	4	33%	5	0%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>16%</td></tr> <tr><td>3</td><td>0%</td></tr> <tr><td>4</td><td>47%</td></tr> <tr><td>5</td><td>37%</td></tr> </table>	1	0%	2	16%	3	0%	4	47%	5	37%
1	0%																															
2	61%																															
3	0%																															
4	33%																															
5	6%																															
1	0%																															
2	28%																															
3	39%																															
4	33%																															
5	0%																															
1	0%																															
2	16%																															
3	0%																															
4	47%																															
5	37%																															
<p>11.- Los videos formativos son suficientes para conocer los contenidos teóricos. No es necesario ningún otro tipo de explicación para hacer los ejercicios.</p>																																
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>61%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>6%</td></tr> <tr><td>4</td><td>33%</td></tr> <tr><td>5</td><td>0%</td></tr> </table>	1	61%	2	0%	3	6%	4	33%	5	0%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>61%</td></tr> <tr><td>4</td><td>0%</td></tr> <tr><td>5</td><td>39%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	61%	4	0%	5	39%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>16%</td></tr> <tr><td>3</td><td>0%</td></tr> <tr><td>4</td><td>84%</td></tr> <tr><td>5</td><td>6%</td></tr> </table>	1	0%	2	16%	3	0%	4	84%	5	6%
1	61%																															
2	0%																															
3	6%																															
4	33%																															
5	0%																															
1	0%																															
2	0%																															
3	61%																															
4	0%																															
5	39%																															
1	0%																															
2	16%																															
3	0%																															
4	84%																															
5	6%																															
<p>12.- La familiarización con los gestos y manipular los objetos virtuales ha sido fácil.</p>																																
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>61%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>39%</td></tr> <tr><td>4</td><td>0%</td></tr> <tr><td>5</td><td>0%</td></tr> </table>	1	61%	2	0%	3	39%	4	0%	5	0%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>28%</td></tr> <tr><td>4</td><td>33%</td></tr> <tr><td>5</td><td>39%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	28%	4	33%	5	39%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>18%</td></tr> <tr><td>4</td><td>0%</td></tr> <tr><td>5</td><td>84%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	18%	4	0%	5	84%
1	61%																															
2	0%																															
3	39%																															
4	0%																															
5	0%																															
1	0%																															
2	0%																															
3	28%																															
4	33%																															
5	39%																															
1	0%																															
2	0%																															
3	18%																															
4	0%																															
5	84%																															

Tabla 3.73 (cont). Respuestas en el estudio de satisfacción

RA	RV	PDF3D																														
<p>13.- Al manipular las figuras virtuales no hay retardo en la pantalla, la imagen virtual no produce "saltos de imagen".</p>																																
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>94%</td></tr> <tr><td>3</td><td>0%</td></tr> <tr><td>4</td><td>6%</td></tr> <tr><td>5</td><td>0%</td></tr> </table>	1	0%	2	94%	3	0%	4	6%	5	0%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>0%</td></tr> <tr><td>4</td><td>100%</td></tr> <tr><td>5</td><td>6%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	0%	4	100%	5	6%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>16%</td></tr> <tr><td>3</td><td>0%</td></tr> <tr><td>4</td><td>47%</td></tr> <tr><td>5</td><td>37%</td></tr> </table>	1	0%	2	16%	3	0%	4	47%	5	37%
1	0%																															
2	94%																															
3	0%																															
4	6%																															
5	0%																															
1	0%																															
2	0%																															
3	0%																															
4	100%																															
5	6%																															
1	0%																															
2	16%																															
3	0%																															
4	47%																															
5	37%																															
<p>14.- Las figuras virtuales tridimensionales se ven perfectamente y no presentan dificultades de definición.</p>																																
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>61%</td></tr> <tr><td>3</td><td>6%</td></tr> <tr><td>4</td><td>0%</td></tr> <tr><td>5</td><td>33%</td></tr> </table>	1	0%	2	61%	3	6%	4	0%	5	33%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>0%</td></tr> <tr><td>4</td><td>61%</td></tr> <tr><td>5</td><td>39%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	0%	4	61%	5	39%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>16%</td></tr> <tr><td>4</td><td>0%</td></tr> <tr><td>5</td><td>84%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	16%	4	0%	5	84%
1	0%																															
2	61%																															
3	6%																															
4	0%																															
5	33%																															
1	0%																															
2	0%																															
3	0%																															
4	61%																															
5	39%																															
1	0%																															
2	0%																															
3	16%																															
4	0%																															
5	84%																															
<p>15.- (RA): La forma de utilizar el material (cuadernillo) y la tecnología de Realidad Aumentada es fácil e intuitiva. (RV): La forma de utilizar el material y la tecnología de Realidad Virtual es fácil e intuitiva. (PDF): La forma de utilizar el material y la tecnología PDF 3D es fácil e intuitiva.</p>																																
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>61%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>6%</td></tr> <tr><td>4</td><td>33%</td></tr> <tr><td>5</td><td>0%</td></tr> </table>	1	61%	2	0%	3	6%	4	33%	5	0%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>61%</td></tr> <tr><td>4</td><td>0%</td></tr> <tr><td>5</td><td>39%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	61%	4	0%	5	39%	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>16%</td></tr> <tr><td>4</td><td>84%</td></tr> <tr><td>5</td><td>0%</td></tr> </table>	1	0%	2	0%	3	16%	4	84%	5	0%
1	61%																															
2	0%																															
3	6%																															
4	33%																															
5	0%																															
1	0%																															
2	0%																															
3	61%																															
4	0%																															
5	39%																															
1	0%																															
2	0%																															
3	16%																															
4	84%																															
5	0%																															
<p>16.- ¿Crees que el entrenamiento realizado cumple la finalidad para la que ha sido diseñado? (para desarrollar la visión espacial)</p>																																
<table border="1"> <tr><td>Si</td><td>100%</td></tr> <tr><td>No</td><td>0%</td></tr> </table>			Si	100%	No	0%																										
Si	100%																															
No	0%																															

Tabla 3.73 (cont). Respuestas en el estudio de satisfacción

RA	RV	PDF3D																														
<p>17.- (RA): El sistema de Realidad Aumentada, utilizado en el entrenamiento es agradable de usar. (RV): El sistema de Realidad Virtual, utilizado en el entrenamiento es agradable de usar. (PDF): El sistema PDF 3D utilizado en el entrenamiento es agradable de usar.</p>																																
<table border="1"> <tr><td>Si</td><td>33%</td></tr> <tr><td>No</td><td>67%</td></tr> </table>	Si	33%	No	67%	<table border="1"> <tr><td>Si</td><td>100%</td></tr> <tr><td>No</td><td>0%</td></tr> </table>	Si	100%	No	0%	<table border="1"> <tr><td>Si</td><td>84%</td></tr> <tr><td>No</td><td>16%</td></tr> </table>	Si	84%	No	16%																		
Si	33%																															
No	67%																															
Si	100%																															
No	0%																															
Si	84%																															
No	16%																															
<p>18.- El entrenamiento realizado ¿te parece útil para mejorar tu nivel de visión espacial?</p>																																
<table border="1"> <tr><td>Si</td><td>94%</td></tr> <tr><td>No</td><td>6%</td></tr> </table>	Si	94%	No	6%	<table border="1"> <tr><td>Si</td><td>72%</td></tr> <tr><td>No</td><td>28%</td></tr> </table>	Si	72%	No	28%	<table border="1"> <tr><td>Si</td><td>100%</td></tr> <tr><td>No</td><td>0%</td></tr> </table>	Si	100%	No	0%																		
Si	94%																															
No	6%																															
Si	72%																															
No	28%																															
Si	100%																															
No	0%																															
<p>19.- Para realizar este entrenamiento, ¿podrías haber trabajado de forma autónoma?, es decir sin necesidad de asistencia del profesor.</p>																																
<table border="1"> <tr><td>Si</td><td>6%</td></tr> <tr><td>No</td><td>94%</td></tr> </table>	Si	6%	No	94%	<table border="1"> <tr><td>Si</td><td>67%</td></tr> <tr><td>No</td><td>33%</td></tr> </table>	Si	67%	No	33%	<table border="1"> <tr><td>Si</td><td>37%</td></tr> <tr><td>No</td><td>63%</td></tr> </table>	Si	37%	No	63%																		
Si	6%																															
No	94%																															
Si	67%																															
No	33%																															
Si	37%																															
No	63%																															
<p>20.- ¿Como valoras esta tecnología para trabajar con modelos tridimensionales?</p>																																
<table border="1"> <tr><td>Muy buena</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Buena</td><td>33%</td></tr> <tr><td>Aceptable</td><td>67%</td></tr> <tr><td>Mala</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Muy mala</td><td>0%</td></tr> </table>	Muy buena	0%	Buena	33%	Aceptable	67%	Mala	0%	Muy mala	0%	<table border="1"> <tr><td>Muy buena</td><td>39%</td></tr> <tr><td>Buena</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Aceptable</td><td>61%</td></tr> <tr><td>Mala</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Muy mala</td><td>0%</td></tr> </table>	Muy buena	39%	Buena	0%	Aceptable	61%	Mala	0%	Muy mala	0%	<table border="1"> <tr><td>Muy buena</td><td>37%</td></tr> <tr><td>Buena</td><td>47%</td></tr> <tr><td>Aceptable</td><td>16%</td></tr> <tr><td>Mala</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Muy mala</td><td>0%</td></tr> </table>	Muy buena	37%	Buena	47%	Aceptable	16%	Mala	0%	Muy mala	0%
Muy buena	0%																															
Buena	33%																															
Aceptable	67%																															
Mala	0%																															
Muy mala	0%																															
Muy buena	39%																															
Buena	0%																															
Aceptable	61%																															
Mala	0%																															
Muy mala	0%																															
Muy buena	37%																															
Buena	47%																															
Aceptable	16%																															
Mala	0%																															
Muy mala	0%																															
<p>21.- La tecnología de utilizada en el entrenamiento me parece interesante.</p>																																
<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>67%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>33%</td></tr> </table>	Muy poco	0%	Poco	67%	Mucho	33%	<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>33%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>67%</td></tr> </table>	Muy poco	0%	Poco	33%	Mucho	67%	<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>16%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>84%</td></tr> </table>	Muy poco	0%	Poco	16%	Mucho	84%												
Muy poco	0%																															
Poco	67%																															
Mucho	33%																															
Muy poco	0%																															
Poco	33%																															
Mucho	67%																															
Muy poco	0%																															
Poco	16%																															
Mucho	84%																															

Tabla 3.73 (cont). Respuestas en el estudio de satisfacción

RA	RV	PDF3D																		
22.- La tecnología de utilizada en el entrenamiento me parece original.																				
<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>61%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>39%</td></tr> </table>	Muy poco	0%	Poco	61%	Mucho	39%	<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>61%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>39%</td></tr> </table>	Muy poco	0%	Poco	61%	Mucho	39%	<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>63%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>37%</td></tr> </table>	Muy poco	0%	Poco	63%	Mucho	37%
Muy poco	0%																			
Poco	61%																			
Mucho	39%																			
Muy poco	0%																			
Poco	61%																			
Mucho	39%																			
Muy poco	0%																			
Poco	63%																			
Mucho	37%																			
23.- La tecnología de utilizada en el entrenamiento me parece útil.																				
<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>47%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>53%</td></tr> </table>	Muy poco	0%	Poco	47%	Mucho	53%	<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>61%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>33%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>6%</td></tr> </table>	Muy poco	61%	Poco	33%	Mucho	6%	<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>61%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>39%</td></tr> </table>	Muy poco	0%	Poco	61%	Mucho	39%
Muy poco	0%																			
Poco	47%																			
Mucho	53%																			
Muy poco	61%																			
Poco	33%																			
Mucho	6%																			
Muy poco	0%																			
Poco	61%																			
Mucho	39%																			
24.- La tecnología de utilizada en el entrenamiento me parece estimulante.																				
<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>72%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>28%</td></tr> </table>	Muy poco	0%	Poco	72%	Mucho	28%	<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>100%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>0%</td></tr> </table>	Muy poco	0%	Poco	100%	Mucho	0%	<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>16%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>47%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>37%</td></tr> </table>	Muy poco	16%	Poco	47%	Mucho	37%
Muy poco	0%																			
Poco	72%																			
Mucho	28%																			
Muy poco	0%																			
Poco	100%																			
Mucho	0%																			
Muy poco	16%																			
Poco	47%																			
Mucho	37%																			
25.- La tecnología de utilizada en el entrenamiento me parece frustrante.																				
<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>100%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>0%</td></tr> </table>	Muy poco	100%	Poco	0%	Mucho	0%	<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>94%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>6%</td></tr> </table>	Muy poco	94%	Poco	0%	Mucho	6%	<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>84%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>16%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>0%</td></tr> </table>	Muy poco	84%	Poco	16%	Mucho	0%
Muy poco	100%																			
Poco	0%																			
Mucho	0%																			
Muy poco	94%																			
Poco	0%																			
Mucho	6%																			
Muy poco	84%																			
Poco	16%																			
Mucho	0%																			
26.- La tecnología de utilizada en el entrenamiento me parece flexible.																				
<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>100%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>0%</td></tr> </table>	Muy poco	0%	Poco	100%	Mucho	0%	<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>100%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>0%</td></tr> </table>	Muy poco	0%	Poco	100%	Mucho	0%	<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>100%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>0%</td></tr> </table>	Muy poco	0%	Poco	100%	Mucho	0%
Muy poco	0%																			
Poco	100%																			
Mucho	0%																			
Muy poco	0%																			
Poco	100%																			
Mucho	0%																			
Muy poco	0%																			
Poco	100%																			
Mucho	0%																			
27.- La tecnología de utilizada en el entrenamiento me parece rígida.																				
<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>33%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>61%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>6%</td></tr> </table>	Muy poco	33%	Poco	61%	Mucho	6%	<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>39%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>28%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>33%</td></tr> </table>	Muy poco	39%	Poco	28%	Mucho	33%	<table border="1"> <tr><td>Muy poco</td><td>84%</td></tr> <tr><td>Poco</td><td>16%</td></tr> <tr><td>Mucho</td><td>0%</td></tr> </table>	Muy poco	84%	Poco	16%	Mucho	0%
Muy poco	33%																			
Poco	61%																			
Mucho	6%																			
Muy poco	39%																			
Poco	28%																			
Mucho	33%																			
Muy poco	84%																			
Poco	16%																			
Mucho	0%																			

Tabla 3.73 (cont). Respuestas en el estudio de satisfacción




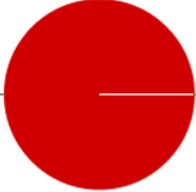
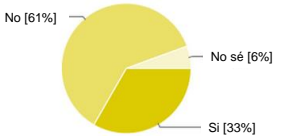
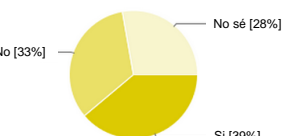
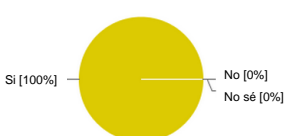
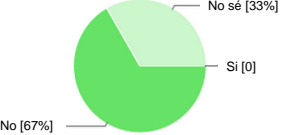
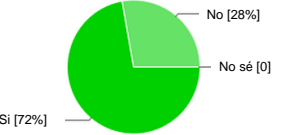
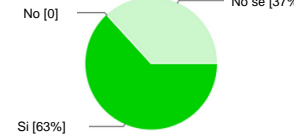
RA	RV	PDF3D																														
28.- Mi opinión GLOBAL sobre el entrenamiento es:																																
 <table border="1"> <tr><td>Muy Mala</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Mala</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Regular</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Buena</td><td>61%</td></tr> <tr><td>Muy buena</td><td>39%</td></tr> </table>	Muy Mala	0%	Mala	0%	Regular	0%	Buena	61%	Muy buena	39%	 <table border="1"> <tr><td>Muy Mala</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Mala</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Regular</td><td>67%</td></tr> <tr><td>Buena</td><td>33%</td></tr> <tr><td>Muy buena</td><td>0%</td></tr> </table>	Muy Mala	0%	Mala	0%	Regular	67%	Buena	33%	Muy buena	0%	 <table border="1"> <tr><td>Muy Mala</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Mala</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Regular</td><td>16%</td></tr> <tr><td>Buena</td><td>47%</td></tr> <tr><td>Muy buena</td><td>37%</td></tr> </table>	Muy Mala	0%	Mala	0%	Regular	16%	Buena	47%	Muy buena	37%
Muy Mala	0%																															
Mala	0%																															
Regular	0%																															
Buena	61%																															
Muy buena	39%																															
Muy Mala	0%																															
Mala	0%																															
Regular	67%																															
Buena	33%																															
Muy buena	0%																															
Muy Mala	0%																															
Mala	0%																															
Regular	16%																															
Buena	47%																															
Muy buena	37%																															
29.- ¿Crees que el uso de herramientas tridimensionales puede mejorar tu atención y motivación para el estudio de los contenidos de la asignatura de Expresión Grafica?																																
 <table border="1"> <tr><td>Si</td><td>[100%]</td></tr> <tr><td>No</td><td>[0%]</td></tr> </table>			Si	[100%]	No	[0%]																										
Si	[100%]																															
No	[0%]																															
30.- ¿Crees adecuado impartir cursos intensivos a los estudiantes para mejorar los conocimientos de dibujo técnico?																																
 <table border="1"> <tr><td>No</td><td>[61%]</td></tr> <tr><td>Si</td><td>[33%]</td></tr> <tr><td>No sé</td><td>[6%]</td></tr> </table>	No	[61%]	Si	[33%]	No sé	[6%]	 <table border="1"> <tr><td>No</td><td>[33%]</td></tr> <tr><td>Si</td><td>[39%]</td></tr> <tr><td>No sé</td><td>[28%]</td></tr> </table>	No	[33%]	Si	[39%]	No sé	[28%]	 <table border="1"> <tr><td>Si</td><td>[100%]</td></tr> <tr><td>No</td><td>[0%]</td></tr> <tr><td>No sé</td><td>[0%]</td></tr> </table>	Si	[100%]	No	[0%]	No sé	[0%]												
No	[61%]																															
Si	[33%]																															
No sé	[6%]																															
No	[33%]																															
Si	[39%]																															
No sé	[28%]																															
Si	[100%]																															
No	[0%]																															
No sé	[0%]																															
31.- Si hubieras podido tocar y manipular las piezas físicamente (tenerlas en la mano) ¿Crees que te habría ayudado mejor a visualizar y entender la pieza?																																
 <table border="1"> <tr><td>No</td><td>[67%]</td></tr> <tr><td>Si</td><td>[0%]</td></tr> <tr><td>No sé</td><td>[33%]</td></tr> </table>	No	[67%]	Si	[0%]	No sé	[33%]	 <table border="1"> <tr><td>Si</td><td>[72%]</td></tr> <tr><td>No</td><td>[28%]</td></tr> <tr><td>No sé</td><td>[0%]</td></tr> </table>	Si	[72%]	No	[28%]	No sé	[0%]	 <table border="1"> <tr><td>Si</td><td>[63%]</td></tr> <tr><td>No</td><td>[0%]</td></tr> <tr><td>No sé</td><td>[37%]</td></tr> </table>	Si	[63%]	No	[0%]	No sé	[37%]												
No	[67%]																															
Si	[0%]																															
No sé	[33%]																															
Si	[72%]																															
No	[28%]																															
No sé	[0%]																															
Si	[63%]																															
No	[0%]																															
No sé	[37%]																															

Tabla 3.73 (cont). Respuestas en el estudio de satisfacción

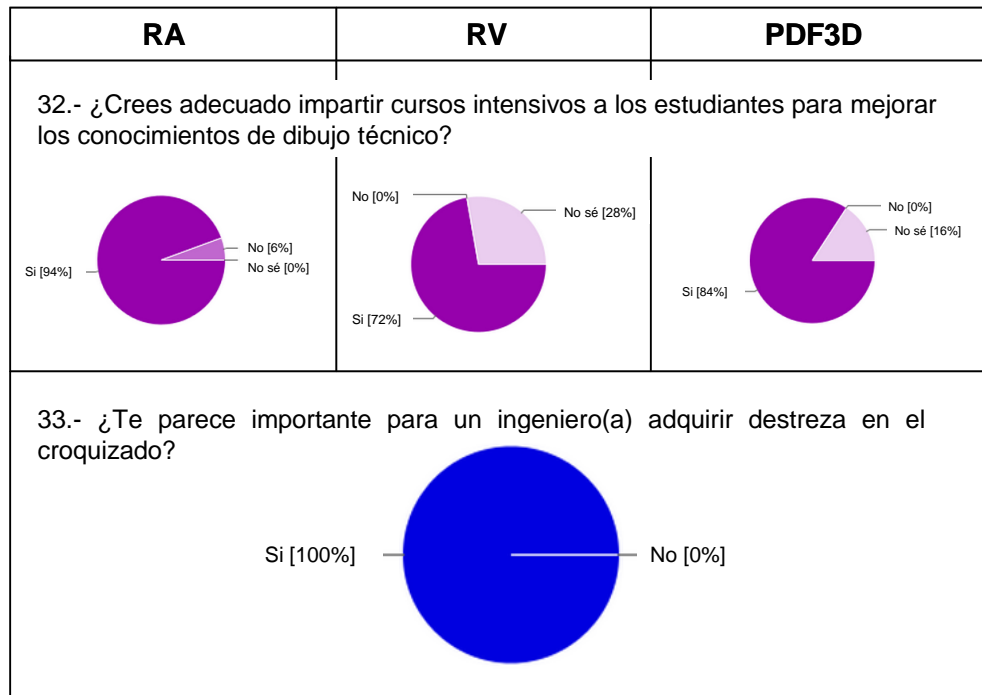


Tabla 3.73. Respuestas en el estudio de satisfacción

Para estudiar si existen diferencias entre los tipos de entrenamiento y la satisfacción de los estudiantes, realizaremos el estudio Anova a los datos recogidos:

	N	Media	Desv. típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mín	Máx
					Límite inferior	Límite superior		
RA	54	42,9074	9,71921	1,32262	40,2546	45,5602	35,0	55,0
RV	53	37,0000	8,22987	1,13046	34,7316	39,2684	25,0	55,0
PDF	57	41,0536	8,51612	1,13801	38,7729	43,3342	25,0	55,0
Total	163	40,3497	9,12637	0,71483	38,9381	41,7613	25,0	55,0

Tabla 3.74. Estadísticos descriptivos (Satisfacción)

Realizamos la prueba de homogeneidad de varianzas.

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
10,750	2	160	,000

Tabla 3.75. Prueba de homogeneidad de varianzas (Satisfacción)

En este caso no podemos aceptar la hipótesis de homogeneidad de las varianzas, por lo que no es posible seguir con el estudio ANOVA, ya que es una hipótesis indispensable para la realización del mismo.

Otra forma de realizar el estudio es a través de la prueba de Kruskal-Wallis, que indicará si existen diferencias entre los distintos tipos de entrenamiento en cuanto a la satisfacción, pues este contraste permite decidir si puede aceptarse la hipótesis de que k muestras independientes proceden de la misma población o de poblaciones idénticas con la misma mediana. Este contraste:

- Permite probar si un grupo de datos proviene de la misma población.
- Se emplea cuando se quieren comparar tres o más poblaciones.
- Es el equivalente a un análisis de varianza de una sola vía.
- No requiere supuesto de normalidad.
- No requiere supuesto de varianzas iguales (homogeneidad de varianzas).
- Compara esencialmente los rangos promedios observados para las k muestras, con los esperados bajo H_0 .

Los resultados obtenidos son:

	N	Rango promedio
RA	54	94,49
RV	53	65,08
PDF	56	85,97
Total	163	

Tabla 3.76. Prueba de Krustal-Wallis

	Satisfacción
Chi cuadrado	14,285
gl	2
Sig	0,001

Tabla 3.77. Estadísticos de contraste

Según el p-valor se rechaza la hipótesis nula, por lo que existen diferencias entre los distintos tipos de entrenamiento y la satisfacción de los estudiantes.

Cabe plantearnos si existen diferencias entre parejas de tipos de entrenamiento, por lo que realizamos el contraste T para dos muestras independientes, cuyas hipótesis son:

H_0 : las muestras proceden de la misma población

H_1 : las muestras no proceden de la misma población

Empezaremos comparando RA con RV:

	N	Media	Desviación tip	Error tip de la media
RA	54	42,9074	9,71921	1,32262
RV	53	37,0000	8,22987	1,13046

Tabla 3.78. Estadísticos de grupo

	Prueba de Levene		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig	T	gl	Sig bilat	Diferencia de medias	Error típico de la diferencia	95% intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
1	18,707	0,000	3,390	105	0,001	5,90741	1,74261	2,45214	9,36268
2			3,395	102,803	0,001	5,90741	1,73990	2,45665	9,35817

1: Se han asumido varianzas iguales

2: No se han asumido varianzas iguales

Tabla 3.79. Prueba de muestras independientes

Los datos obtenidos permiten afirmar que existen diferencias entre los tipos de enseñanza RA y RV pues rechazamos la hipótesis nula, dando RA más satisfacción que RV.

Estudiamos la siguiente pareja de entrenamientos, RA con PDF:

	N	Media	Desviación típica	Error típico de la media
RA	54	42,9074	9,71921	1,32262
PDF	53	37,0000	8,22987	1,13046

Tabla 3.80. Estadísticos de grupo

	Prueba de Levene		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig	T	gl	Sig bilat	Diferencia de medias	Error típico de la diferencia	95% intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
1	18,707	0,000	3,390	105	0,001	5,90741	1,74261	2,45214	9,36268
2			3,395	102,803	0,001	5,90741	1,73990	2,45665	9,35817

1: Se han asumido varianzas iguales

2: No se han asumido varianzas iguales

Tabla 3.81. Prueba de muestras independientes

De igual forma que antes nos encontramos con que existen diferencias entre los tipos de entrenamiento RA y PDF, pues rechazamos la hipótesis nula, dando RA más satisfacción que PDF.

Pasamos a estudiar la siguiente pareja de entrenamientos, RV con PDF:

	N	Media	Desviación tip	Error tip de la media
RV	53	37,0000	8,22987	1,13046
PDF	56	41,0536	8,51612	1,13801

Tabla 3.82. Estadísticos de grupo

	Prueba de Levene		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig	T	gl	Sig bilat	Diferenc de medias	Error tip de la diferenc	95% intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
1	4,808	0,030	-2,52	107	0,013	-4,0535	1,6055	-7,236	-0,8706
2			-2,52	106,9	0,013	-4,0535	1,6040	-7,233	-0,8736

1: Se han asumido varianzas iguales

2: No se han asumido varianzas iguales

Tabla 3.83. Prueba de muestras independientes

Así mismo encontramos que existen diferencias entre los tipos de enseñanza RV y PDF, pues rechazamos la hipótesis nula, siendo RV más satisfactoria que PDF.

A la vista de los resultados obtenidos podemos observar un alto grado de satisfacción de los estudiantes con las tecnologías utilizadas y el estudio realizado nos permite concluir que existen diferencias significativas entre los distintos tipos de entrenamiento y la satisfacción, destacando RA como la más satisfactoria comparadas dos a dos.

También hemos comparado las medias ponderadas obtenidas en cada una de las preguntas y tenemos:

Pregunta	Puntuación			Mejor Valorada			
	RA	RV	PDF3D	RA	RV	PDF3D	
material	1	7,51	7,62	7,35		✓	
	2	8,26	7,98	7,52	✓		
	3	8,42	8,28	8,14	✓		
	4	6,63	6,52	6,96			✓
	5	6,81	6,60	6,36	✓		
	6	6,03	5,75	6,45			✓
	7	6,13	6,62	6,45		✓	
contenido	8	7,16	7,66	6,98		✓	
	9	7,79	7,64	7,43	✓		
	10	6,86	6,75	7,10			✓
	11	6,90	7,13	6,95		✓	
aplicación	12	7,89	7,95	8,31			✓
	13	7,54	7,50	6,71	✓		
	14	7,94	8,21	8,28			✓
	15	7,13	7,11	6,92	✓		
			Veces	6	4	5	

Tabla 3.84. Comparación de medias ponderadas

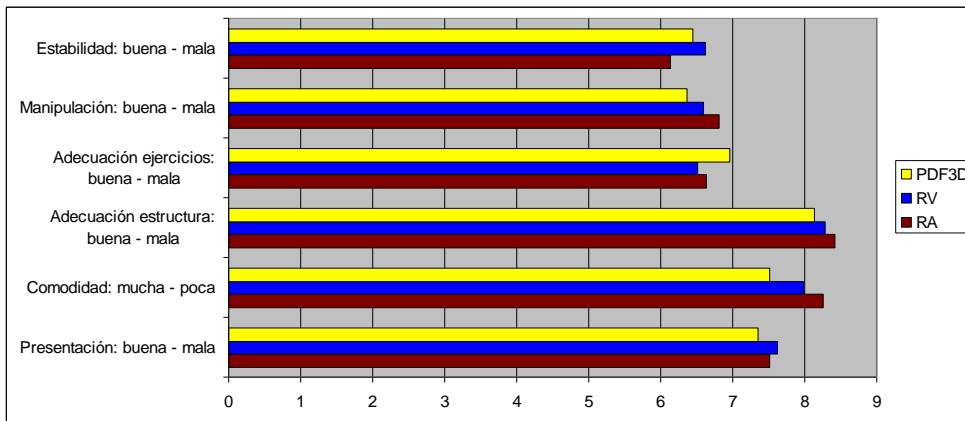


Figura 3.25. Comparación de respuestas grupo material

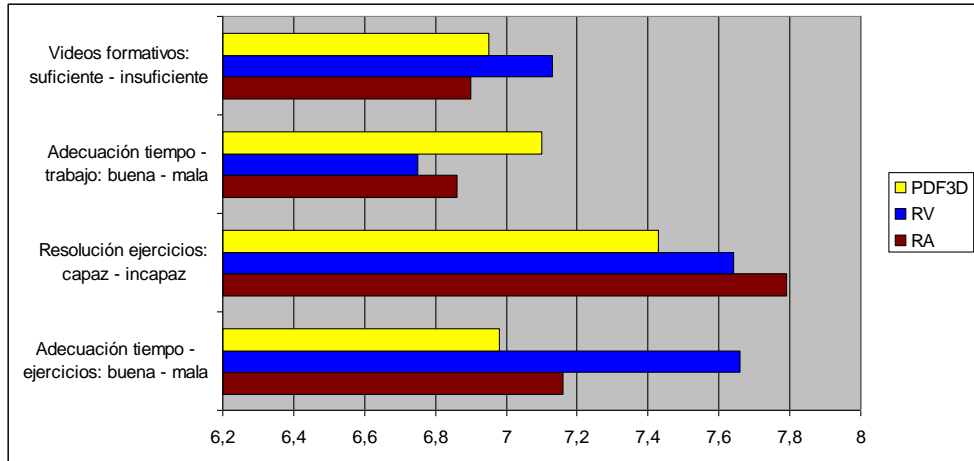


Figura 3.26. Comparación de respuestas grupo contenido

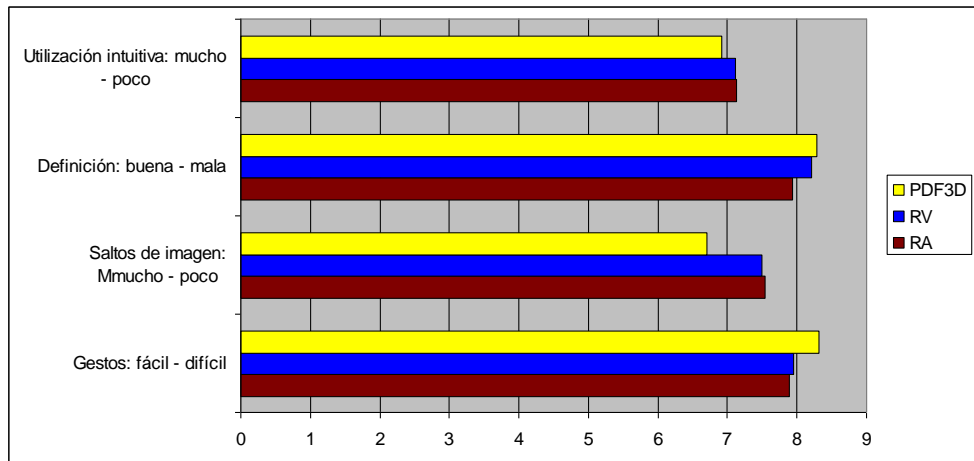


Figura 3.27. Comparación de respuestas grupo aplicación

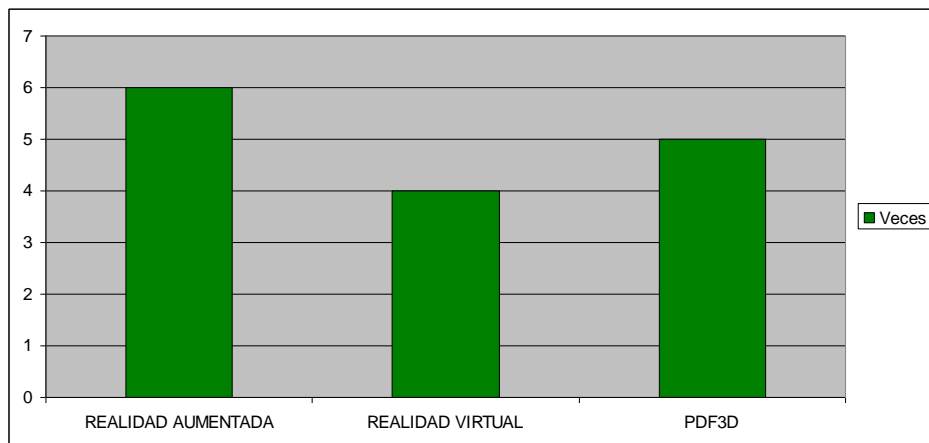


Figura 3.28. Comparación número de veces

También hemos extraído del cuestionario las siguientes comparaciones en cuanto a otras características, que resumimos en el siguiente gráfico:

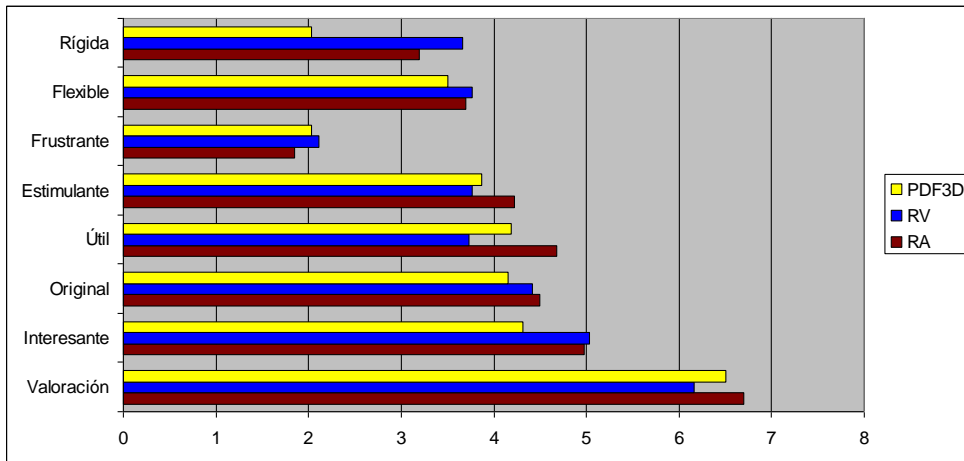


Figura 3.29. Comparación resto de características

A la vista de los resultados obtenidos concluimos que, si bien las diferencias encontradas no son grandes, la tecnología de REALIDAD AUMENTADA arroja una mejor valoración en cuanto a la satisfacción de los estudiantes como tecnología de entrenamiento.

3.7.- RENDIMIENTO ACADÉMICO

Uno de los objetivos de esta investigación es relacionar las tecnologías de entrenamiento en habilidades espaciales y el rendimiento académico de los estudiantes participantes en el estudio. Para ello hemos de disponer de las calificaciones finales obtenidas al final del semestre. En el momento de redactar este estudio disponemos solamente de las calificaciones siguientes:

Titulación	Conv. Ordinaria	Conv. Extraordinaria
Tecnologías Industriales	✓	✓
Diseño Industrial	✓	
Tecnología Naval	✓	
Ingeniería Química	✓	
Organización Industrial	✓	

Tabla 3.85. Distribución de calificaciones disponibles

esto se debe a que los grupos de Tecnologías Industriales realizaron la experiencia en el curso 2011/2012, y el resto de grupos la ha realizado durante el primer semestre del 2012/2013, por lo que no dispondremos de sus calificaciones hasta aproximadamente el mes de Julio del 2013.

Recogemos a continuación las calificaciones finales de estos estudiantes.

Estudiante	C. ord	C. extra	Estudiante	C. ord	C. extra	
ETI 1	RA	3.5	ETI 39	PDF	7.1	
ETI 2	RA	7.2	ETI 40	PDF	3.8	2.8
ETI 3	RA	6.2	ETI 41	PDF	7.6	
ETI 4	RA	6.6	ETI 42	PDF	6.2	
ETI 5	RA		ETI 43	PDF		6.3
ETI 6	RA	5.6	ETI 44	PDF	5.9	
ETI 7	RA		ETI 45	PDF		5.4
ETI 8	RA	7.7	ETI 46	PDF	8.2	
ETI 9	RA	5.8	ETI 47	PDF	2.6	3.3
ETI 10	RA	8.2	ETI 48	PDF	8.0	
ETI 11	RA	6.5	ETI 49	PDF		7.6
ETI 12	RA		ETI 50	PDF	NP	NP
ETI 13	RA	6.4	ETI 51	PDF	5.5	
ETI 14	RA	5.4	ETI 52	PDF	6.3	
ETI 15	RA		ETI 53	PDF		6.2
ETI 16	RA	6.8	ETI 54	PDF	5.5	
ETI 17	RA	6.8	ETI 55	PDF	5.8	
ETI 18	RA		ETI 56	PDF	6.9	
ETI 19	RA	7.9	ETI 57	CON	5.4	
ETI 20	RV	6.8	ETI 58	CON	1.5	2.6
ETI 21	RV	2.8	ETI 59	CON	NP	NP
ETI 22	RV	8.1	ETI 60	CON	5.6	4.6
ETI 23	RV	3.1	ETI 61	CON	3.4	2.1
ETI 24	RV		ETI 62	CON	6.9	
ETI 25	RV	7.6	ETI 63	CON	3.0	3.6
ETI 26	RV	6.7	ETI 64	CON		5.5
ETI 27	RV	4.0	ETI 65	CON	NP	NP
ETI 28	RV	7.3	ETI 66	CON		6.8
ETI 29	RV	NP	ETI 67	CON		6.4
ETI 30	RV		ETI 68	CON	6.5	
ETI 31	RV	8.2	ETI 69	CON	4.1	3.6
ETI 32	RV	2.5	ETI 70	CON		5.5
ETI 33	RV	5.5	ETI 71	CON	7.1	
ETI 34	RV	6.6	ETI 72	CON	6.3	
ETI 35	RV		ETI 73	CON	NP	NP
ETI 36	RV	6.8	ETI 74	CON	7.1	
ETI 37	RV	2.2	ETI 75	CON	3.6	2.0
ETI 38	PDF	7.2	ETI 76	CON		5.5
EDI 1	RA	7.6	EDI 29	RV	3.7	
EDI 2	RA	2.9	EDI 30	RV	2.6	
EDI 3	RA	5.5	EDI 31	RV	5.5	
EDI 4	RA	6.9	EDI 32	RV	5.4	
EDI 5	RA	2.0	EDI 33	RV	4.2	
EDI 6	RA	7.9	EDI 34	RV	6.2	

Tabla 3.86. Calificaciones finales

Estudiante	C. ord	C. extra	Estudiante	C. ord	C. extra
EDI 7	RA	6.8	EDI 35	RV	2.1
EDI 8	RA	8.2	EDI 36	RV	6.5
EDI 9	RA	3.8	EDI 37	RV	7.0
EDI 10	RA	NP	EDI 38	PDF	1.6
EDI 11	RA	1.8	EDI 39	PDF	7.2
EDI 12	RA	5.9	EDI 40	PDF	3.6
EDI 13	RA	0.6	EDI 41	PDF	5.5
EDI 14	RA	1.9	EDI 42	PDF	2.6
EDI 15	RA	7.4	EDI 43	PDF	6.7
EDI 16	RA	2.0	EDI 44	PDF	6.2
EDI 17	RA	7.2	EDI 45	PDF	5.8
EDI 18	RA	7.3	EDI 46	PDF	NP
EDI 19	RV	6.8	EDI 47	PDF	5.5
EDI 20	RV	3.6	EDI 48	PDF	7.0
EDI 21	RV	7.5	EDI 49	PDF	2.0
EDI 22	RV	5.5	EDI 50	PDF	3.9
EDI 23	RV	2.3	EDI 51	PDF	8.0
EDI 24	RV	6.1	EDI 52	PDF	1.6
EDI 25	RV	4.0	EDI 53	PDF	7.2
EDI 26	RV	5.6	EDI 54	PDF	6.4
EDI 27	RV	1.6	EDI 55	PDF	0.6
EDI 28	RV	7.2	EDI 56	PDF	5.9
ETN 1	RA	8.2	ETN 10	RA	1.2
ETN 2	RA	2.4	ETN 11	RA	7.6
ETN 3	RA	5.1	ETN 12	RA	5.9
ETN 4	RA	1.6	ETN 13	RA	1.5
ETN 5	RA	7.3	ETN 14	RA	6.8
ETN 6	RA	3.2	ETN 15	RA	7.1
ETN 7	RA	6.6	ETN 16	RA	1.1
ETN 8	RA	0.8	ETN 17	RA	6.5
ETN 9	RA	6.9			
EQI 1	RV	0.2	EQI 9	RV	6.2
EQI 2	RV	8.3	EQI 10	RV	2.0
EQI 3	RV	5.9	EQI 11	RV	6.8
EQI 4	RV	7.7	EQI 12	RV	NP
EQI 5	RV	2.3	EQI 13	RV	5.8
EQI 6	RV	5.8	EQI 14	RV	8.1
EQI 7	RV	3.6	EQI 15	RV	6.6
EQI 8	RV	8.9	EQI 16	RV	6.4
EOI 1	PDF	6.8	EOI 20	CON	0.5
EOI 2	PDF	0.1	EOI 21	CON	5.5
EOI 3	PDF	7.2	EOI 22	CON	NP

Tabla 3.86 (cont). Calificaciones finales

Estudiante		C. ord	C. extra	Estudiante		C. ord	C. extra
EOI 4	PDF	2.6		EOI 23	CON	3.8	
EOI 5	PDF	6.5		EOI 24	CON	5.6	
EOI 6	PDF	5.5		EOI 25	CON	0.8	
EOI 7	PDF	2.6		EOI 26	CON	5.4	
EOI 8	PDF	2.1		EOI 27	CON	2.2	
EOI 9	PDF	2.6		EOI 28	CON	7.0	
EOI 10	PDF	1.8		EOI 29	CON	6.4	
EOI 11	PDF	8.4		EOI 30	CON	5.5	
EOI 12	PDF	NP		EOI 31	CON	1.5	
EOI 13	PDF	7.5		EOI 32	CON	6.5	
EOI 14	PDF	6.8		EOI 33	CON	NP	
EOI 15	PDF	3.4		EOI 34	CON	5.8	
EOI 16	PDF	7.1		EOI 35	CON	2.5	
EOI 17	PDF	6.4		EOI 36	CON	6.1	
EOI 18	PDF	5.9		EOI 37	CON	0.2	
EOI 19	PDF	3.6					

Tabla 3.86. Calificaciones finales

La siguiente tabla resume los datos de las calificaciones finales fueron (referidas únicamente a la convocatoria ordinaria):

Titulación	>5	%	<5	%	NP	%	TOTAL
Tecnologías Industriales	40	52,6	31	40,8	5	6,6	76
Diseño Industrial	32	57,1	22	39,3	2	3,6	56
Tecnología Naval	10	58,8	7	41,2	-		17
Ingeniería Química	11	62,7	4	31,0	1	6,3	16
Organización Industrial	19	51,3	15	40,5	3	8,2	37
TOTAL	112	55,4	79	39,2	11	5,4	202

Tabla 3.87. Resumen de calificaciones finales

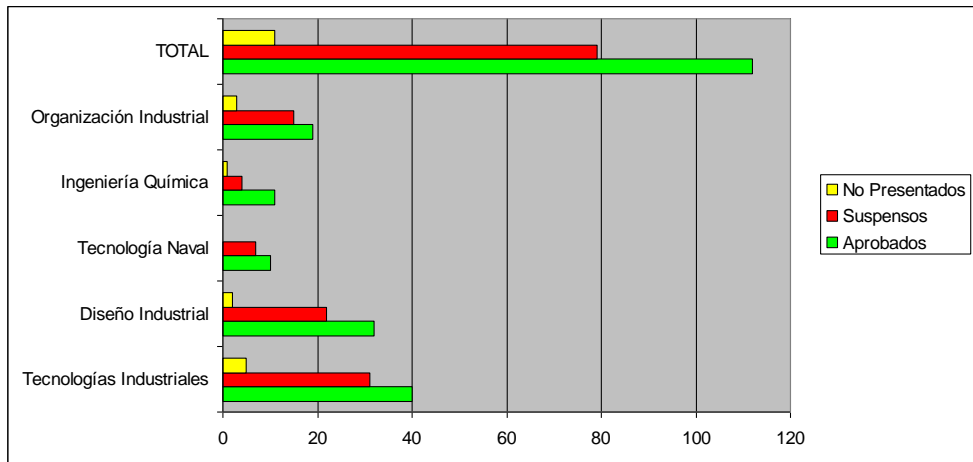


Figura 3.30. Resumen de calificaciones finales

Titulación	m	s
Tecnologías Industriales	4,88	2,23
Diseño Industrial	4,76	2,39
Tecnología Naval	4,69	2,72
Ingeniería Química	5,29	2,73
Organización Industrial	4,11	2,63
Valores medios	m	4,75
	s	0,42

Tabla 3.88. Media y desviación típica de las calificaciones finales

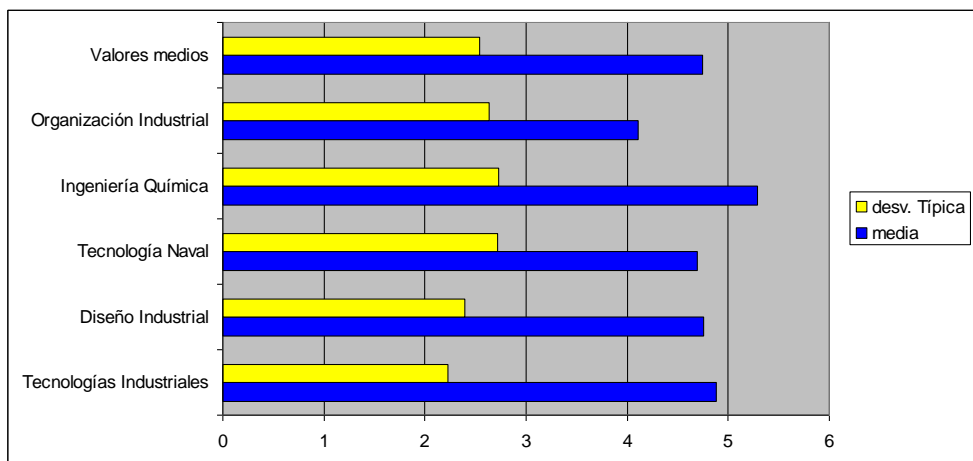


Figura 3.31. Media y desviación típica de las calificaciones finales

3.8.- USABILIDAD. CUESTIONARIO SUS

Diseño del estudio de investigación

Se llevó a cabo un estudio descriptivo para determinar cuál es la usabilidad de las tres tecnologías: Realidad Aumentada, Realidad Virtual y PDF3D aplicadas en el entrenamiento en habilidades espaciales.

Este estudio se basa en los resultados obtenidos al aplicar la herramienta de medición nada más terminar con el entrenamiento en habilidades espaciales.

Objetivos generales

Al aplicar el cuestionario pretendemos:

- Cuantificar la usabilidad de los sistemas aplicados con cada tecnología.
- Comparar la usabilidad de los sistemas aplicados.
- Identificar aquella tecnología(s) con mejores índices de usabilidad.

Participantes

La muestra está compuesta por un total de 164 estudiantes de la asignatura Expresión Gráfica de primer curso de Grado de la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, distribuidos en las distintas titulaciones de la siguiente manera:

Titulación	RA		RV		PDF3D		TOTAL
Tecnologías Industriales	✓	19	✓	18	✓	19	76
Diseño Industrial	✓	18	✓	19	✓	19	56
Tecnología Naval	✓	17					17
Ingeniería Química			✓	16			16
Organización Industrial					✓	19	37
TOTAL		54		53		57	164

Tabla 3.89. Distribución de grupos de entrenamiento por titulación y tecnología aplicada para el estudio de usabilidad

A cada estudiante se le asignó un código con el fin de tenerlo identificado en todo momento y poder hacer un seguimiento de sus intervenciones en todo el proceso. La asignación es la siguiente:

Titulación	Código Estudiante
Tecnologías Industriales	ETI *
Diseño Industrial	EDI *
Tecnología Naval	ETN *
Ingeniería Química	EIQ *
Organización Industrial	EOI *

Tabla 3.90. Denominación de los estudiantes en el estudio de usabilidad

Instrumento

En el estudio se ha utilizado el Sistema de Escala de Usabilidad (SUS) (Anexo 4), consta de un total de 10 preguntas sobre distintos aspectos de los sistemas aplicados:

Las respuestas se realizan sobre una escala de tipo Likert desde 1 (total desacuerdo) a 5 (total acuerdo). Está integrado por dos subescalas: preguntas impares y preguntas pares con un sistema de ponderación diferente, que al ser sumadas arrojan finalmente en forma de porcentaje las puntuaciones que otorgan los participantes en cada uno de las tecnologías aplicadas

Metodología. Objetivos e hipótesis

Este trabajo estuvo guiado por las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la usabilidad de cada una de las tecnologías aplicadas a la mejora de las habilidades espaciales de los estudiantes de la asignatura Expresión Gráfica?
- ¿Cuál(es) es la tecnología que presenta mejor valoración en cuanto a su usabilidad?

Partimos de la siguiente

- **Hipótesis.** Cuanto más reciente es la tecnología, mejores valores de usabilidad tendrá, con lo que deberán ordenarse de mayor a menor usabilidad de la siguiente manera: 1º PDF3D, al ser la más reciente; 2º Realidad Aumentada; 3º Realidad Virtual, al ser la más antigua.

Se plantearon los siguientes objetivos específicos de investigación:

- Determinar valores cuantitativos de usabilidad de cada una de las tres tecnologías aplicadas para la mejora de las habilidades espaciales.
- Comparar entre sí la usabilidad de cada una de las tres tecnologías aplicadas para la mejora de las habilidades espaciales.
- Establecer la tecnología con mejor usabilidad.

Procedimiento

Se aplicó el Sistema de Escala de Usabilidad (SUS), nada más terminar el entrenamiento en habilidades espaciales mediante un formulario distribuido mediante Google Docs.

Análisis de los resultados

Una vez respondidos los cuestionarios y capturados los datos, el primer paso para determinar la usabilidad de cada tecnología fue obtener la sumatoria y porcentajes otorgados a cada ítem considerando por separado las preguntas impares y pares, ya que tienen distinto grado de ponderación.

REALIDAD AUMENTADA

Estudiante	Σ impares	Σ pares	Σ (pares + impares)	* 2.5
ETI 1	12	12	24	60,0
ETI 2	12	11	23	57,5
ETI 3	12	16	28	70,0
ETI 4	8	12	20	50,0
ETI 5	15	11	26	65,0
ETI 6	13	12	25	62,5
ETI 7	11	14	25	62,5
ETI 8	15	15	30	75,0
ETI 9	16	14	30	75,0
ETI 10	13	12	25	62,5
ETI 11	9	12	21	52,5
ETI 12	15	10	25	62,5
ETI 13	12	16	28	70,0
ETI 14	14	15	29	72,5
ETI 15	13	13	26	65,0
ETI 16	15	12	27	67,5
ETI 17	11	12	23	57,5
ETI 18	12	17	29	72,5
ETI 19	15	16	31	77,5
EDI 1	11	14	25	62,5
EDI 2	16	15	31	77,5

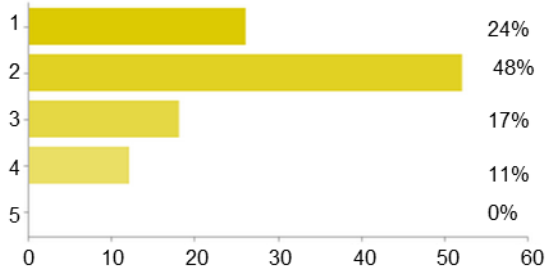
Tabla 3.91. Análisis de usabilidad Realidad Aumentada

Estu diante	Σ impares	Σ pares	Σ (pares + impares)	* 2.5
EDI 3	12	15	27	67,5
EDI 4	11	16	27	67,5
EDI 5	11	13	24	60,0
EDI 6	15	14	29	72,5
EDI 7	15	10	25	62,5
EDI 8	11	15	26	65,0
EDI 9	11	11	22	55,0
EDI 10	14	14	28	70,0
EDI 11	15	13	28	70,0
EDI 12	10	17	27	67,5
EDI 13	15	15	30	75,0
EDI 14	13	13	26	65,0
EDI 15	9	15	24	60,0
EDI 16	15	12	27	67,5
EDI 17	16	13	29	72,5
EDI 18	12	11	23	57,5
ETN 1	13	15	28	70,0
ETN 2	14	14	28	70,0
ETN 3	13	16	29	72,5
ETN 4	14	15	29	72,5
ETN 5	10	13	23	57,5
ETN 6	14	16	30	75,0
ETN 7	11	12	23	57,5
ETN 8	15	12	27	67,5
ETN 9	14	15	29	72,5
ETN 10	11	13	24	60,0
ETN 11	12	16	28	70,0
ETN 12	15	14	29	72,5
ETN 13	8	17	25	62,5
ETN 14	14	13	27	67,5
ETN 15	15	15	30	75,0
ETN 16	15	13	28	70,0
ETN 17	11	15	26	65,0
Promedio				66,78

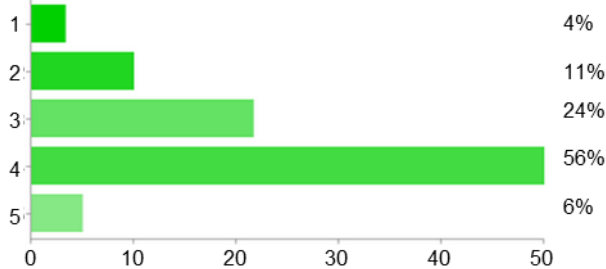
Tabla 3.91 (cont). Análisis de usabilidad Realidad Aumentada

- 1. Creo que me gustará utilizar este sistema con frecuencia.

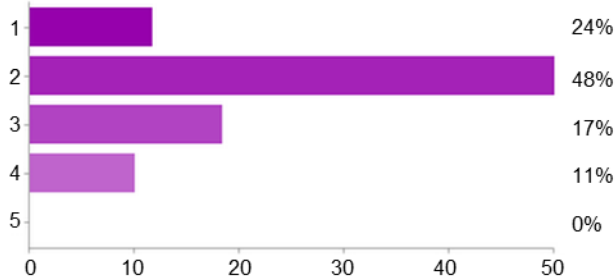
- 4. Creí que necesitaría el apoyo de un técnico para poder usar este sistema.



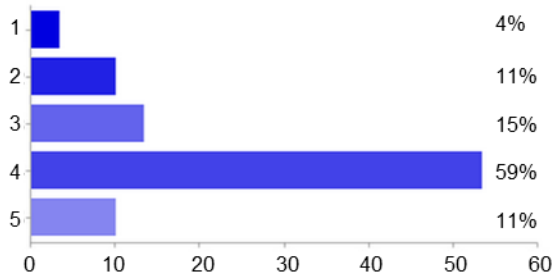
- 5. Me pareció que las diversas funciones en este sistema están bien integradas.



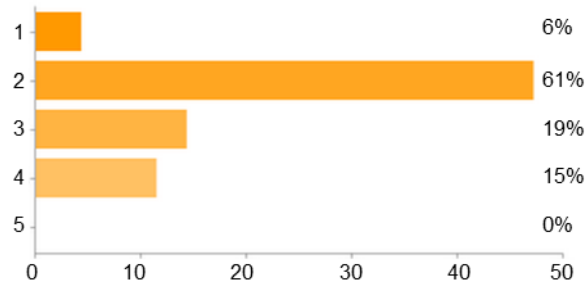
- 6. Creo que hay muchas inconsistencias en este sistema.



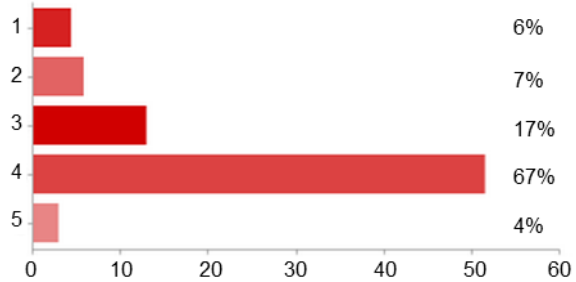
- 7. Creo que la mayoría de la gente aprenderá a utilizar este sistema muy rápidamente.



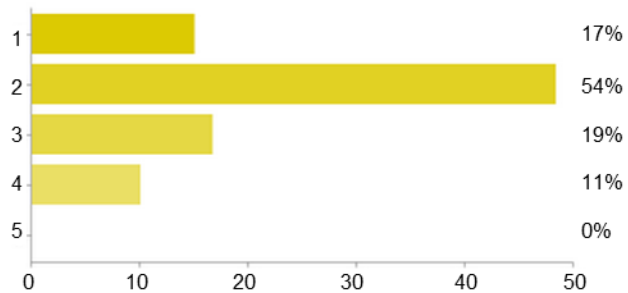
- 8. He encontrado el sistema engorroso de usar.



- 9. Me sentí muy seguro con el sistema.



- 10. Tuve que aprender muchas cosas antes de poder utilizar el sistema.



REALIDAD VIRTUAL

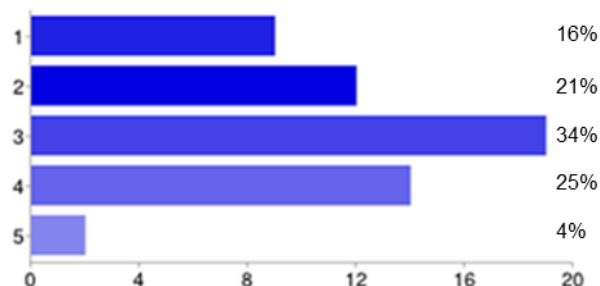
Estu diente	Σ impares	Σ pares	Σ (pares + impares)	* 2.5
ETI 20	9	6	15	37,5
ETI 21	9	10	19	47,5
ETI 22	10	11	21	52,5
ETI 23	5	7	12	30
ETI 24	11	10	21	52,5
ETI 25	10	8	18	45
ETI 26	7	8	15	37,5
ETI 27	12	10	22	55
ETI 28	11	9	20	50
ETI 29	12	12	24	60
ETI 30	8	10	18	45
ETI 31	12	9	21	52,5
ETI 32	10	12	22	55
ETI 33	12	11	23	57,5
ETI 34	10	13	23	57,5
ETI 35	12	7	19	47,5
ETI 36	9	12	21	52,5
ETI 37	12	10	22	55
ETI 38	13	11	24	60
EDI 19	13	9	22	55
EDI 20	10	13	23	57,5
EDI 21	11	9	20	50
EDI 22	11	12	23	57,5
EDI 23	12	12	24	60
EDI 24	10	7	17	42,5
EDI 25	8	12	20	50
EDI 26	6	9	15	37,5
EDI 27	8	14	22	55
EDI 28	11	13	24	60
EDI 29	6	9	15	37,5
EDI 30	8	11	19	47,5
EDI 31	10	9	19	47,5
EDI 32	6	12	18	45
EDI 33	11	12	23	57,5
EDI 34	7	9	16	40
EDI 35	10	11	21	52,5
EDI 36	7	11	18	45
EDI 37	10	14	24	60
EDI 38	7	14	21	52,5
EQI 1	8	15	23	57,5

Tabla 3.92. Análisis de usabilidad Realidad Virtual

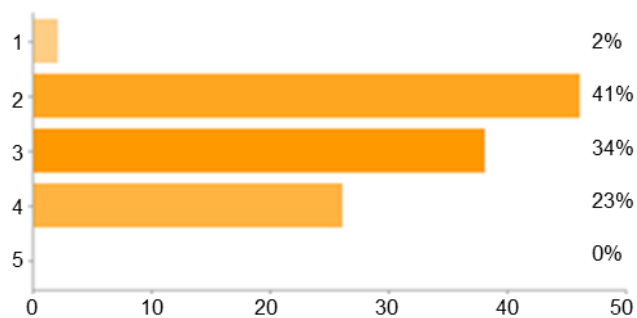
Estudiante	Σ impares	Σ pares	Σ (pares + impares)	* 2.5
EQI 2	6	13	19	47,5
EQI 3	8	14	22	55
EQI 4	9	12	21	52,5
EQI 5	7	9	16	40
EQI 6	8	13	21	52,5
EQI 7	9	10	19	47,5
EQI 8	4	11	15	37,5
EQI 9	13	14	27	67,5
EQI 10	5	11	16	40
EQI 11	7	14	21	52,5
EQI 12	8	13	21	52,5
EQI 13	11	13	24	60
EQI 14	8	15	23	57,5
EQI 15	8	9	17	42,5
EQI 16	8	9	17	42,5
Promedio				55,31

Tabla 3.92 (cont). Análisis de usabilidad Realidad Virtual

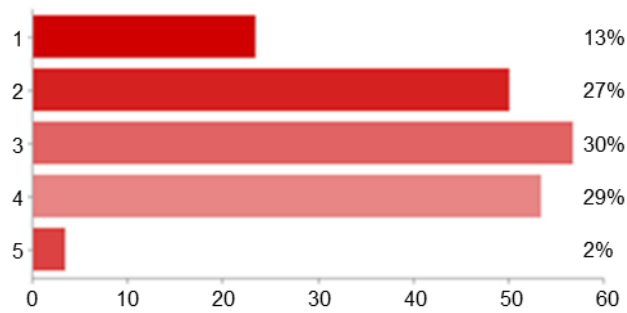
- 1. Creo que me gustará utilizar este sistema con frecuencia.



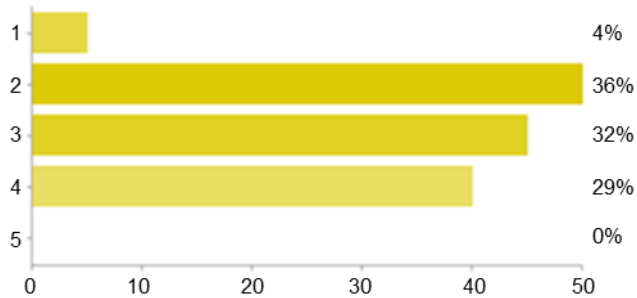
- 2. Encontré el sistema innecesariamente complejo.



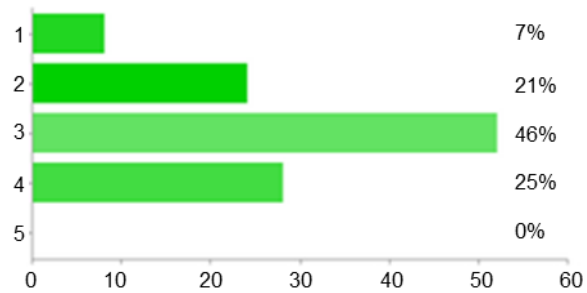
- 3. Pensé que el sistema era fácil de utilizar.



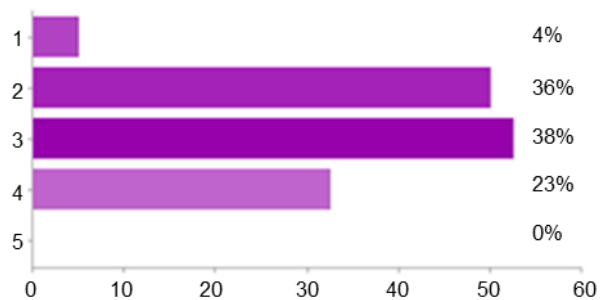
- 4. Creí que necesitaría el apoyo de un técnico para poder usar este sistema.



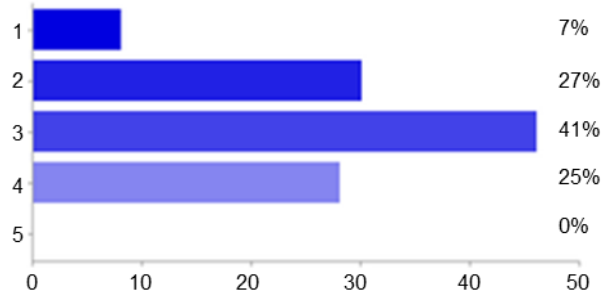
- 5. Me pareció que las diversas funciones en este sistema están bien integradas.



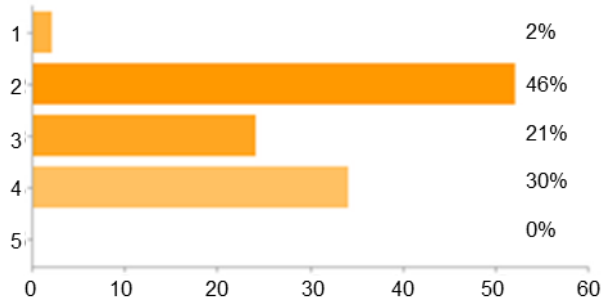
- 6. Creo que hay muchas inconsistencias en este sistema.



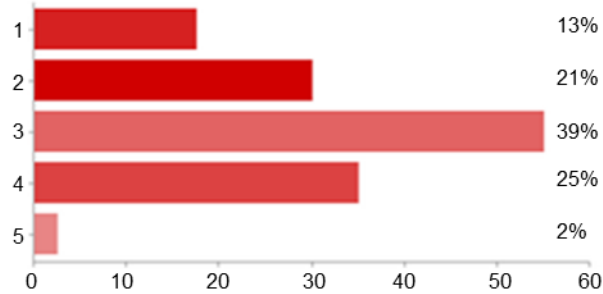
- 7. Creo que la mayoría de la gente aprenderá a utilizar este sistema muy rápidamente.



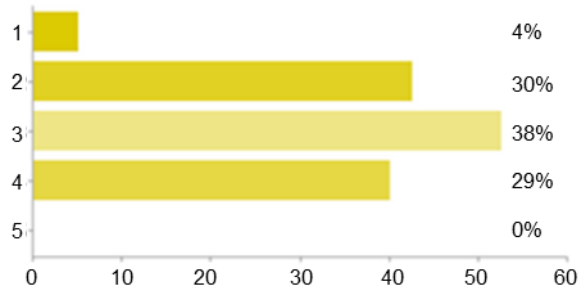
- 8. He encontrado el sistema engorroso de usar.



- 9. Me sentí muy seguro con el sistema.



- 10. Tuve que aprender muchas cosas antes de poder utilizar el sistema.



PDF3D

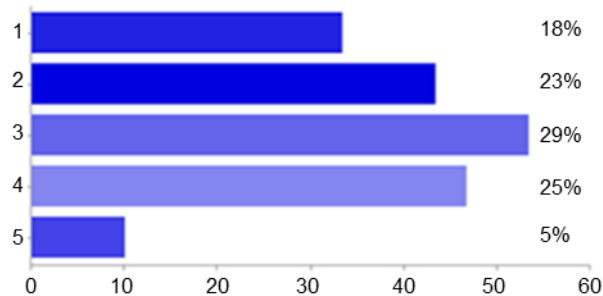
Estudiante	Σ impares	Σ pares	Σ (pares + impares)	* 2.5
ETI 39	12	11	23	57,5
ETI 40	9	10	19	47,5
ETI 41	12	11	23	57,5
ETI 42	5	16	21	52,5
ETI 43	15	10	25	62,5
ETI 44	10	14	24	60
ETI 45	11	8	19	47,5
ETI 46	15	10	25	62,5
ETI 47	11	9	20	50
ETI 48	12	12	24	60
ETI 49	9	16	25	62,5
ETI 50	12	9	21	52,5
ETI 51	12	12	24	60
ETI 52	12	11	23	57,5
ETI 53	13	13	26	65
ETI 54	12	12	24	60
ETI 55	9	12	21	52,5
ETI 56	12	10	22	55
ETI 57	13	16	29	72,5
ETI 58	11	14	25	62,5
EDI 39	10	11	21	52,5
EDI 40	13	14	27	67,5
EDI 41	11	13	24	60
EDI 42	11	16	27	67,5
EDI 43	11	12	23	57,5
EDI 44	12	14	26	65
EDI 45	11	7	18	45
EDI 46	8	12	20	50
EDI 47	6	9	15	37,5
EDI 48	8	15	23	57,5
EDI 49	10	13	23	57,5
EDI 50	6	9	15	37,5
EDI 51	13	13	26	65
EDI 52	10	9	19	47,5
EDI 53	6	13	19	47,5
EDI 54	11	12	23	57,5
EDI 55	12	9	21	52,5
EDI 56	10	15	25	62,5
EDI 57	14	11	25	62,5
EDI 58	10	12	22	55

Tabla 3.93. Análisis de usabilidad PDF3D

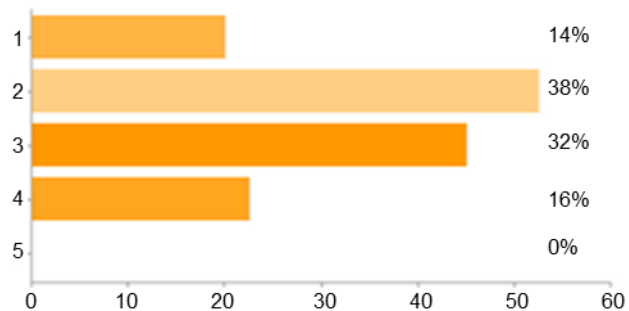
EOI 1	7	15	22	55
EOI 2	10	15	25	62,5
EOI 3	6	14	20	50
EOI 4	8	12	20	50
EOI 5	15	16	31	77,5
EOI 6	7	13	20	50
EOI 7	8	10	18	45
EOI 8	12	11	23	57,5
EOI 9	4	14	18	45
EOI 10	13	11	24	60
EOI 11	5	14	19	47,5
EOI 12	15	13	28	70
EOI 13	8	13	21	52,5
EOI 14	11	15	26	65
EOI 15	8	17	25	62,5
EOI 16	8	9	17	42,5
EOI 14	8	16	24	60
EOI 15	7	15	22	55
EOI 16	10	12	22	55
EOI 17	14	11	25	62,5
EOI 18	6	14	20	50
EOI 19	11	15	26	65
Promedio				56,36

Tabla 3.93 (cont). Análisis de usabilidad PDF3D

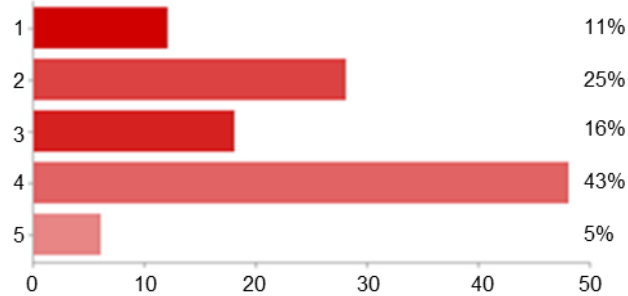
- 1. Creo que me gustará utilizar este sistema con frecuencia.



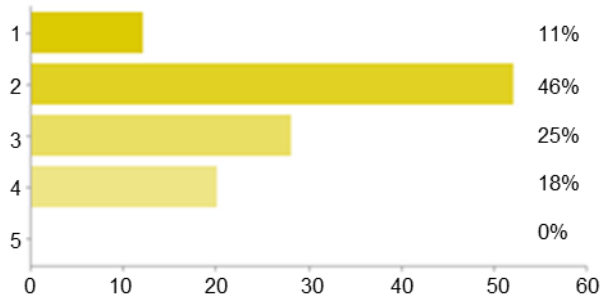
- 2. Encontré el sistema innecesariamente complejo.



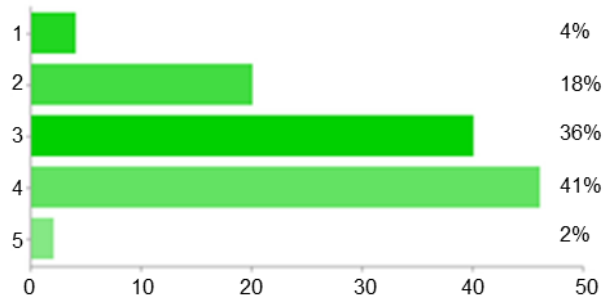
- 3. Pensé que el sistema era fácil de utilizar.



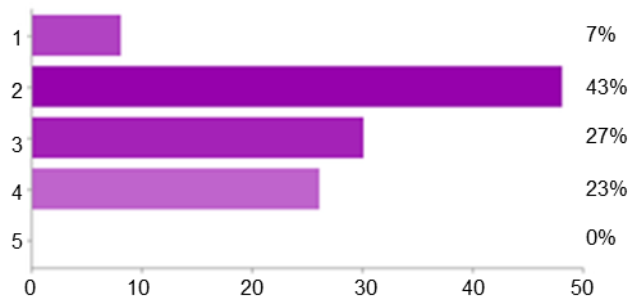
- 4. Creí que necesitaría el apoyo de un técnico para poder usar este sistema.



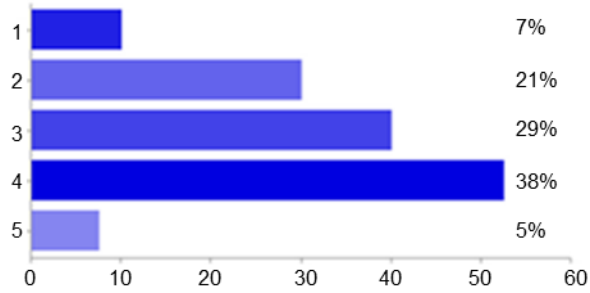
- 5. Me pareció que las diversas funciones en este sistema están bien integradas.



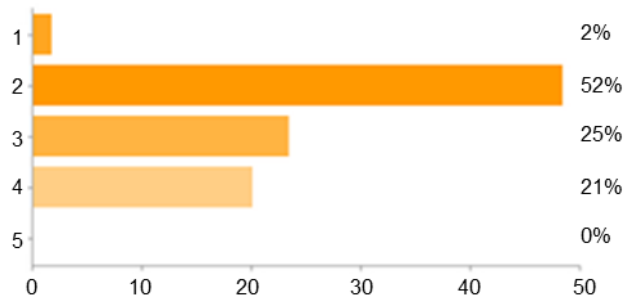
- 6. Creo que hay muchas inconsistencias en este sistema.



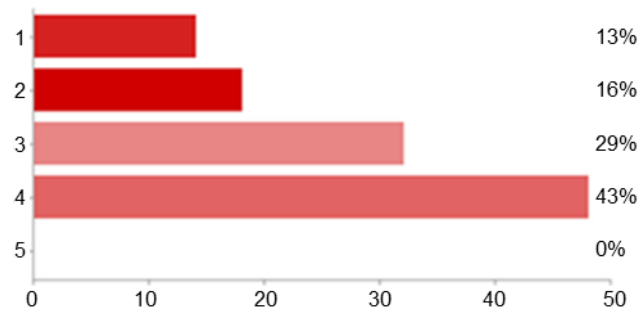
- 7. Creo que la mayoría de la gente aprenderá a utilizar este sistema muy rápidamente.



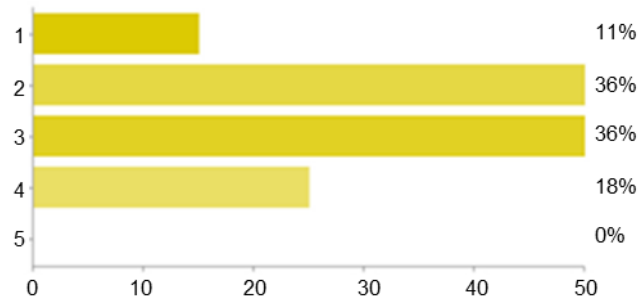
- 8. He encontrado el sistema engorroso de usar.



- 9. Me sentí muy seguro con el sistema.



- 10. Tuve que aprender muchas cosas antes de poder utilizar el sistema.



Estudio de la usabilidad

Establecemos las siguientes hipótesis de partida:

H_0 : No existen diferencias significativas entre los métodos de entrenamiento

H_1 : Existen diferencias significativas entre los métodos de entrenamiento

	N	Media	Desv. típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mín	Máx
					Límite inferior	Límite superior		
RA	54	66,4815	6,57896	0,89528	64,6858	69,2772	5,00	77,5
RV	53	50,2727	7,81251	1,05344	48,1607	52,3847	30,0	67,5
PDF	57	56,4919	8,07825	1,02594	54,4404	58,5434	37,5	77,5
Total	202	57,6462	9,95840	0,76154	56,1429	59,1495	30,0	77,5

Tabla 3.94. Estadísticos descriptivos (Usabilidad)

Prueba de homogeneidad de varianzas.

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,000	2	168	0,370

Tabla 3.95. Prueba de homogeneidad de varianzas (Usabilidad)

Se considera que las varianzas son iguales, pues el p-valor es superior a 0.05.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter grupos	7298,208	2	3644,104	63,967	0,000
Intra grupos	9570,637	168	56,968		
Total	16858,845	170			

Tabla 3.96. ANOVA de un factor (Usabilidad)

No podemos aceptar la hipótesis nula, por lo que existen diferencias significativas entre la usabilidad y el tipo de entrenamiento. Aplicaremos la prueba de Scheffé que nos indicará entre qué tipos de entrenamiento existen diferencias dos a dos.

Variable dependiente: USABILIDAD

Entren (i)	Entren (j)	Dif medias (i) - (j)	Error típico	Sig	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
RA	RV	16,20875*	1,44594	0,00	12,6377	19,7798
	PDF	9,98955*	1,40492	0,00	6,5198	13,4598
RV	RA	-16,2087*	1,44594	0,00	-19,7798	-12,6377
	PDF	-6,21921*	1,39808	0,00	-9,6721	-2,7663
PDF	RA	-9,98955*	1,40492	0,00	-13,4593	-6,5198
	RV	6,21921*	1,39808	0,00	2,7663	9,6721

* : La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

Tabla 3.97. Prueba de Scheffé de comparaciones múltiples

Según el p-valor obtenido, podemos afirmar que existen diferencias significativas entre todos los tipos de entrenamiento y la usabilidad.

Tipo entrenamiento	N	Subconjunto para alfa=0,05		
		1	2	3
RV	55	50,2727		
PDF	62		56,4919	
RA	54			66,4815
Sig		1,000	1,000	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 56,787
- Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo 1 no están garantizados

Tabla 3.98. Subconjuntos homogéneos

Resumiendo y ordenando de mayor a menor usabilidad de las tecnologías de entrenamiento, tenemos:

TECNOLOGÍA	USABILIDAD
1º REALIDAD AUMENTADA	66,4815
2º PDF3D	56,4919
3º REALIDAD VIRTUAL	50,2727

Tabla 3.99. Resumen análisis de usabilidad

Discusión de los resultados obtenidos y conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos, establecemos las siguientes conclusiones:

- La tecnología que presenta mejor usabilidad, de forma destacada, es la de Realidad Aumentada, seguida por la de PDF3D y finalmente por la Realidad Virtual, con poca diferencia en los resultados entre estas dos últimas.
- En cualquier caso, se deduce que las citadas tres tecnologías presentan buenos niveles de usabilidad.
- El hecho de que la tecnología de Realidad Aumentada integre en un mismo escenario al estudiante y a los modelos virtuales de entrenamiento la hacen, primero más atractiva y, segundo, mejor usable en el entrenamiento.
- No podemos confirmar la hipótesis de ordenación de las tres tecnologías en función de su antigüedad de aparición, ya que el orden obtenido finalmente no se corresponde con la hipótesis planteada.

3.9.- ENTRENAMIENTO EN HABILIDADES ESPACIALES

Diseño del estudio de investigación

Se llevó a cabo un estudio descriptivo y correlacional para determinar qué tecnología de entrenamiento de las tratadas en este estudio (RA, RV y PDF3D), presenta mejores resultados de mejora en habilidades espaciales en los estudiantes matriculados en primer curso de grado de ingeniería y cuál es su relación con su rendimiento y su satisfacción.

La primera parte de este estudio se basa en los resultados obtenidos al aplicar las herramientas de medición nada más terminar con el entrenamiento en habilidades espaciales. La segunda se basa en la correlación entre los datos obtenidos en la primera y las calificaciones finales. Por último, la tercera parte se basa en la correlación de datos obtenidos en la primera y los obtenidos en el estudio de satisfacción.

Objetivos generales

Con este estudio pretendemos:

- Cuantificar la magnitud de mejora en las habilidades espaciales de los estudiantes después de haber concluido el entrenamiento con cada una de las tres tecnologías objeto del estudio.
- Comparar entre sí las magnitudes de mejora en las habilidades espaciales de los estudiantes.
- Identificar aquella tecnología(s) con mejores índices de mejora.

- Relacionar la tecnología de entrenamiento utilizada con el rendimiento final de los estudiantes.
- Relacionar la tecnología de entrenamiento utilizada con la satisfacción final de los estudiantes después de haber terminado ese entrenamiento en habilidades espaciales.

Participantes

La muestra está compuesta por un total de 202 estudiantes de la asignatura Expresión Gráfica de primer curso de Grado de la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Los estudiantes fueron distribuidos en grupos en los que se utilizaron las tres tecnologías objeto de estudio más otros dos grupos, denominados de Control, en los que no se aplicó ninguna de ellas y que siguieron sus estudios de la manera tradicional, o sea tal y como se había venido haciendo tradicionalmente. La distribución de grupos y tecnologías en las distintas titulaciones fue de la siguiente manera:

Titulación	RA		RV		PDF3D		CONTROL		TOTAL
Industriales	✓	19	✓	18	✓	19	✓	20	76
Diseño	✓	18	✓	19	✓	19			56
Naval	✓	17							17
Química			✓	16					16
Organización					✓	19	✓	18	37
	54		53		57		38		202

Tabla 3.100. Distribución de grupos de entrenamiento por titulación y tecnología aplicada en el estudio de habilidades espaciales

Instrumento y Procedimiento

En el estudio se utilizaron los test siguientes ([Anexo 5](#)):

- Test de Rotación Mental (MRT) (Vanderberg & Kuse, 1978), para medir el factor de Relaciones Espaciales.
- Test Relaciones Espaciales (DAT–SR) (Bennett et al.,1982), para medir el factor de Visión Espacial.

Ambos test se aplicaron, siguiendo la metodología establecida por los autores, antes y después (para obtener datos Pre y Post), de efectuar el entrenamiento. Por su parte, en cuanto al rendimiento se tomaron los resultados de las evaluaciones finales de cada estudiante y en cuanto a la satisfacción, los resultados del estudio de satisfacción con el entrenamiento efectuado al final de este.

Una vez que se aplicaron los cuestionarios y se conocieron las calificaciones finales de los alumnos, se utilizó el paquete estadístico SPSS para el diseño de las bases de datos, y para la captura y análisis descriptivos y correlacionales de los datos.

Metodología. Objetivos e hipótesis

Este trabajo estuvo guiado por las siguientes preguntas:

- ¿Mejoran las habilidades espaciales de los estudiantes de la asignatura de Expresión Gráfica después de haberse sometido a un entrenamiento con una de las tres tecnologías objeto de estudio?
- En el caso de que exista mejoría, ¿podemos cuantificar esa magnitud?
- En el caso de poder cuantificar esa magnitud de mejora, ¿podremos concluir cuál de esas tecnologías consigue unos mejores resultados?

- ¿Existe alguna relación entre la tecnología de entrenamiento en habilidades espaciales que hayan seguido los estudiantes matriculados en la asignatura de Expresión Gráfica de primer curso de grado de ingeniería con su rendimiento en la asignatura y su satisfacción final?

Hipótesis

Partimos de las siguientes hipótesis, respecto de los estudiantes la asignatura de Expresión Gráfica de primer curso de grado de ingeniería.

- **Hipótesis 1.** Con el adecuado entrenamiento se consigue mejorar sus habilidades espaciales.
- **Hipótesis 2.** Las tres tecnologías en estudio ofrecen mejores resultados en cuanto a ganancia en habilidades espaciales, siguiendo el orden inverso a su momento de aparición, por lo que deberán ordenarse de mejor a peor de la siguiente forma: 1º: PDF3D; 2º: RA; 3º: RV.
- **Hipótesis 3.** Los estudiantes que han seguido el entrenamiento obtienen mejores resultados, de forma significativa, en sus calificaciones finales que aquellos que no lo siguieron.
- **Hipótesis 4:** Las puntuaciones de los estudiantes con menor puntuación en el test de Rotaciones Mentales (MRT) mejoran más que los que tienen mayores puntuaciones en dicho test.
- **Hipótesis 5:** Las puntuaciones de los estudiantes con menor puntuación en el test de Relaciones Espaciales (DAT-SR) mejoran más que los que tienen mayores puntuaciones en dicho test.

- **Hipótesis 6.** Existe una relación directa entre la tecnología de entrenamiento en habilidades espaciales que hayan seguido y su rendimiento en la asignatura.

Objetivos

Se plantearon los siguientes objetivos específicos de investigación respecto de los estudiantes la asignatura de Expresión Gráfica de primer curso de grado de ingeniería:

- Determinar cuáles son, en el caso de que las hubiera, las magnitudes de mejora de sus habilidades espaciales después de haber seguido un entrenamiento con alguna de las tres tecnologías estudiadas.
- Establecer la relación existente entre la tecnología de entrenamiento en habilidades espaciales utilizada y su rendimiento final en el curso.
- Establecer la relación existente entre la tecnología de entrenamiento en habilidades espaciales utilizada y su satisfacción final.

Análisis previo de homogeneidad entre los grupos estudiados

Para estudiar si existen diferencias significativas entre los grupos a través de la puntuación obtenida en el examen final realizaremos un análisis de la varianza (ANOVA) ya que es la técnica estadística que mejor se ajusta para la muestra elegida. Esta técnica precisa admitir las siguientes hipótesis:

- Las muestras deben ser aleatorias.
- Las distribuciones poblacionales deben ser normales.
- Las poblaciones deben ser independientes
- Las desviaciones típicas(σ) deben ser iguales

A continuación comprobaremos si las muestras cumplen las hipótesis requeridas:

1º.- COMPROBACION DE LA HIPÓTESIS DE ALEATORIEDAD DE LAS MUESTRAS. Es evidente que las muestras son aleatorias ya que los estudiantes que siguieron los distintos entrenamientos no pudieron elegir a cuál de ellos se sometían.

2º.-COMPROBACION DE LA HIPÓTESIS DE NORMALIDAD EN CADA UNA DE LAS MUESTRAS. Aplicaremos un contraste no paramétrico para averiguar si cada una de las muestras se distribuyen como una Distribución Normal. El contraste elegido es el de Kolmogorov-Smirnov, pues utiliza los datos observados directamente, porque ofrece mayor potencia que cualquier otro contraste para analizar la normalidad.

La hipótesis a contrastar en cada una de las muestras es:

H_0 : La muestra procede de una Distribución Normal

H_1 : La muestra no procede de una Distribución Normal

El estadístico de contraste de Kolmogorov-Smirnov es:

$$D_n = \max |F_0(x) - F_n(x)|$$

Utilizamos para ello el programa SPSS y los resultados obtenidos son:

		RA	RV	PDF	CONT
N		53	51	54	33
Parámetros normales ^{a,b}	media	5,1226	5,2216	5,0241	4,2970
	Desv tip	2,4132	2,1553	2,1883	2,0874
Diferenc más extremas	absoluta	0,173	0,141	0,179	0,186
	Positiva	0,110	0,087	0,094	0,090
	negativa	-0,173	-0,141	-0,179	-0,186
Z de kolmogorov - Smirnov		1,262	1,006	1,313	1,070
Sig asintótica (bilateral)		0,083	0,264	0,064	0,202

a: La distribución de contraste es la Normal

b: Se han calculado a partir de los datos

Tabla 3.101. Distribución de grupos de entrenamiento por titulación y tecnología

En todos los contrastes anteriormente mostrados se observa que el p-valor asociado al estadístico de contraste supera el nivel de significación del 5% por lo que podemos aceptar la hipótesis nula con un 95% de confianza, concluyendo que todos los métodos de entrenamiento se comportan según una Distribución Normal.

3°.-HIPOTESIS DE INDEPENDENCIA. Es evidente que las muestras son independientes, pues cada estudiante es sometido a un solo tipo de enseñanza.

4°.-COMPROBACION DE IGUALDAD DE VARIANZAS. El test de Barlett es especialmente recomendable cuando hay duda sobre la posible homogeneidad de las varianzas poblaciones y los tamaños muestrales son diferentes. Este test se realizó conjuntamente con la tabla ANOVA, pues el SPSS da ambos resultados a la vez.

A continuación realizaremos el análisis de la varianza cuyas hipótesis son:

$$H_0 : \mu_{RA} = \mu_{RV} = \mu_{PDF} = \mu_{CON}$$

H_1 : Al menos dos medias no son iguales

Por lo que aceptar H_0 implicaría que no existen diferencias entre los tres tipos de entrenamiento y la enseñanza convencional, o sea, sin ningún tipo de entrenamiento.

Los resultados obtenidos son:

	N	Media	Desv. típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mín	Máx
					Límite inferior	Límite superior		
RA	54	5,1226	2,41316	0,33147	4,4575	5,7878	0,60	8,20
RV	53	5,2216	2,15530	0,30180	4,6154	5,8278	0,20	8,90
PDF	57	5,0241	2,18830	0,29779	4,4268	5,6214	0,10	8,40
CON	38	4,2970	2,08739	0,36337	3,5568	5,0371	0,20	7,10
Total	202	4,9785	2,23355	0,16161	4,6597	5,2973	0,10	8,90

Tabla 3.102. Estadísticos descriptivos

Esta tabla muestra las medidas descriptivas por tipo de entrenamiento, destacándose los siguientes extremos:

- Las calificaciones medias obtenidas por los estudiantes sometidos a los métodos RA y RV son casi iguales, obteniendo estos estudiantes una calificación media de aprobado, mientras que las medias de los estudiantes sometidos a los tratamientos PDF obtuvieron una calificación algo menor, por lo que podemos afirmar que los estudiantes sometidos a este tratamiento suspendieron la signatura por término medio y los estudiantes sometidos a la enseñanza convencional fueron los que peores resultados obtuvieron suspendiendo también la asignatura. Respecto a la dispersión de los diferentes grupos se observa que prácticamente no existen diferencias entre ellas.

Prueba de homogeneidad de varianzas.

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0,932	3	187	0,427

Tabla 3.103. Prueba de homogeneidad de varianzas

Del anterior resultado concluimos que existe homogeneidad entre los diferentes métodos de entrenamiento, pues el p-valor supera el 0.05. El cumplimiento de esta hipótesis confirma que las

muestras cumplen con las exigencias requeridas para el análisis ANOVA.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Inter grupos	19,554	3	6,518	1,313	0,272
Intra grupos	928,308	187	4,964		
Total	947,862	190			

Tabla 3.104. ANOVA de un factor

No podemos rechazar la hipótesis nula, pues el p-valor asociado al estadístico F es mayor que 0.05, por lo que concluimos que no existen diferencias significativas entre los distintos tipos de entrenamiento en cuanto a la calificación obtenida por los estudiantes.

Por último recogemos, de forma gráfica las calificaciones medias según método de entrenamiento:

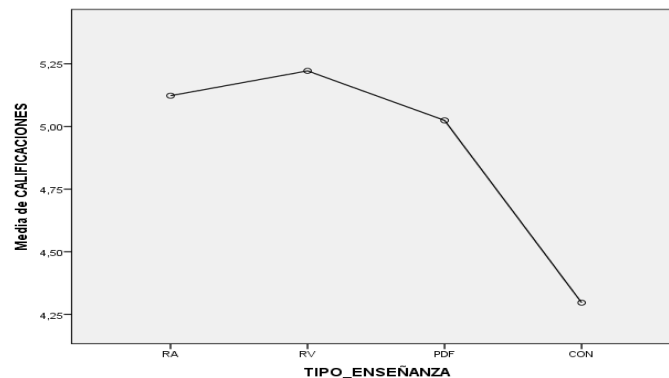


Figura 3.32. Gráfico de las medias

El gráfico muestra las calificaciones medias obtenidas a final de curso por los estudiantes según el método de entrenamiento que siguieron. En ella se observa que la mejor calificación se alcanza con el método RV, aunque la diferencia con la calificación obtenida con el método RA es muy pequeña, siendo los peores resultados los obtenidos con los métodos PDF y los alumnos del grupo de control.

Análisis de la hipótesis 1

Recogemos a continuación los datos obtenidos de la aplicación de los test MRT y DAT-SR.

REALIDAD AUMENTADA													
Estu diante	MRT			DAT			Estu diante	MRT			DAT		
	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ		PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ
ETI 1	12	21	9	16	29	13	ETI 11	26	36	10	36	48	12
ETI 2	29	37	8	14	27	13	ETI 12	4	10	6	12	19	7
ETI 3	23	30	7	26	36	10	ETI 13	21	18	-3	37	44	7
ETI 4	6	5	-1	15	24	9	ETI 14	3	11	8	7	7	0
ETI 5	13	16	3	21	28	7	ETI 15	28	37	9	19	26	7
ETI 6	19	28	9	23	26	3	ETI 16	40	42	2	34	36	2
ETI 7	11	26	15	32	42	10	ETI 17	12	20	8	23	32	9
ETI 8	21	33	12	34	42	8	ETI 18	31	36	5	38	39	1
ETI 9	19	34	15	28	38	10	ETI 19	5	9	4	14	17	3
ETI10	21	24	3	27	29	2							
EDI 1	8	23	15	15	29	14	EDI 10	16	20	8	20	29	9
EDI 2	20	37	17	12	27	15	EDI 11	18	28	18	28	48	20
EDI 3	18	30	12	20	36	16	EDI 12	4	10	6	10	19	9
EDI 4	6	19	13	10	24	14	EDI 13	3	7	4	7	14	7
EDI 5	10	18	8	19	28	9	EDI 14	20	15	17	15	26	11
EDI 6	15	29	14	15	26	11	EDI 15	25	25	17	25	36	11
EDI 7	10	26	16	20	42	22	EDI 16	10	20	10	20	32	12
EDI 8	15	33	18	24	42	18	EDI 17	25	26	11	26	39	13
EDI 9	14	34	20	22	38	16	EDI 18	5	12	7	12	20	8
ETN1	10	21	11	10	29	19	ETN10	19	24	5	23	29	6
ETN2	25	37	12	9	27	18	ETN11	22	36	14	24	48	24
ETN3	20	30	10	20	36	16	ETN12	4	10	6	10	19	9
ETN4	6	15	9	10	24	14	ETN13	17	28	11	25	44	19
ETN5	10	16	6	18	28	10	ETN14	3	11	8	7	12	5
ETN6	15	28	13	16	26	10	ETN15	20	37	17	12	26	14
ETN 7	11	26	15	24	42	18	ETN16	25	42	17	24	36	12
ETN 8	20	33	13	20	42	22	ETN17	10	20	10	20	32	12
ETN 9	15	34	19	25	38	13							

Tabla 3.105. Datos REALIDAD AUMENTADA

	MRT			DAT		
	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ
MED	15,52	24,69	10,31	18,80	31,15	12,35
DESV	8,31	9,78	5,21	8,03	9,45	5,51

Tabla 3.106. Estadísticos descriptivos REALIDAD AUMENTADA

REALIDAD VIRTUAL													
Estu diante	MRT			DAT			Estu diante	MRT			DAT		
	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ		PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ
ETI20	8	19	11	31	49	18	ETI29	20	22	2	25	46	21
ETI21	30	29	-1	35	42	7	ETI30	15	24	9	21	36	15
ETI22	27	31	4	41	39	-2	ETI31	18	28	10	36	36	0
ETI23	12	15	3	14	20	6	ETI32	24	29	5	17	24	7
ETI24	23	30	7	30	36	6	ETI33	12	22	10	33	37	4
ETI25	14	16	2	32	45	13	ETI34	17	20	3	29	37	8
ETI26	22	28	6	38	47	9	ETI35	20	29	9	39	40	1
ETI27	31	40	9	48	50	2	ETI36	12	13	1	26	37	11
ETI28	19	25	6	33	38	5	ETI37	18	36	18	16	32	16
EDI19	8	14	6	31	38	7	EDI28	18	22	4	25	30	5
EDI20	25	29	4	35	42	7	EDI29	14	24	10	21	26	5
EDI21	25	31	6	41	45	4	EDI30	13	20	7	36	38	2
EDI22	10	15	5	14	20	6	EDI31	19	23	4	17	24	7
EDI23	20	25	5	30	36	6	EDI32	10	15	5	33	37	4
EDI24	12	16	4	32	38	6	EDI33	12	20	8	29	32	3
EDI25	20	28	8	38	42	4	EDI34	18	20	2	39	40	1
EDI26	28	32	4	48	50	2	EDI35	12	15	3	26	32	6
EDI27	15	22	7	33	38	5	EDI36	18	24	6	16	25	9
EQI 1	8	15	7	28	35	7	EQI 9	18	25	7	30	38	8
EQI 2	20	29	9	25	32	7	EQI10	20	22	2	24	36	12
EQI 3	25	31	6	29	35	6	EQI11	15	19	4	20	36	16
EQI 4	12	15	3	14	20	6	EQI12	18	20	2	30	36	6
EQI 5	20	25	5	25	36	11	EQI13	24	29	5	17	20	3
EQI 6	14	16	2	32	45	13	EQI14	12	19	7	28	35	7
EQI 7	22	28	6	32	47	15	EQI15	17	20	3	29	37	8
EQI 8	19	30	11	28	35	7	EQI16	20	29	9	30	40	10

Tabla 3.107. Datos REALIDAD VIRTUAL

	MRT			DAT		
	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ
MED	17,75	23,52	5,77	29,02	36,29	7,27
DESV	5,64	6,27	3,28	8,19	7,63	4,69

Tabla 3.108. Estadísticos descriptivos REALIDAD VIRTUAL

PDF3D													
Estu diante	MRT			DAT			Estu diante	MRT			DAT		
	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ		PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ
ETI38	12	11	-1	19	28	9	ETI48	7	17	10	22	22	0
ETI39	7	29	22	27	40	13	ETI49	17	26	9	36	45	9
ETI40	10	22	12	15	30	15	ETI50	6	14	8	29	49	20
ETI41	17	29	12	24	36	12	ETI51	21	32	11	41	47	6
ETI42	19	22	3	23	30	7	ETI52	17	26	9	21	30	9
ETI43	8	30	22	36	45	9	ETI53	31	38	7	39	47	8
ETI44	5	12	7	17	28	11	ETI54	32	40	8	37	47	10
ETI45	21	23	2	25	34	9	ETI55	14	16	2	23	29	6
ETI46	17	34	17	17	39	22	ETI56	26	22	-4	31	37	6
ETI47	15	14	-1	37	46	9							
EDI39	9	11	2	15	28	13	EDI49	7	17	10	15	22	7
EDI40	5	18	13	20	40	20	EDI50	15	26	11	25	45	20
EDI41	9	15	6	10	30	20	EDI51	6	14	8	14	49	35
EDI42	12	25	13	20	36	16	EDI52	18	32	14	26	47	21
EDI43	15	22	7	20	30	10	EDI53	15	26	11	18	30	12
EDI44	7	25	18	12	45	33	EDI54	25	38	13	23	47	24
EDI45	5	12	7	9	28	19	EDI55	26	34	8	29	47	18
EDI46	15	23	8	20	34	14	EDI56	12	16	4	22	29	7
EDI47	13	34	21	15	39	24	EDI57	22	29	7	19	37	18
EDI48	12	24	12	26	46	20							
EOI1	10	11	1	19	25	6	EOI11	7	17	10	22	25	3
EOI2	10	25	15	27	30	3	EOI12	10	20	10	36	45	9
EOI3	10	18	8	15	25	10	EOI13	6	14	8	29	36	7
EOI4	12	20	8	24	28	4	EOI14	15	20	5	41	47	6
EOI5	15	22	7	23	30	7	EOI15	17	25	8	21	30	9
EOI6	15	25	10	36	39	3	EOI16	31	38	7	39	42	3
EOI7	5	12	7	17	25	8	EOI17	32	35	3	37	47	10
EOI8	15	20	5	25	32	7	EOI18	14	16	2	23	25	2
EOI9	10	22	12	17	24	7	EOI19	26	28	2	31	37	6
EOI10	12	14	2	37	46	9							

Tabla 3.109. Datos PDF3D

	MRT			DAT		
	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ
MED	14,42	22,81	8,39	24,49	36,07	11,58
DESV	7,31	7,88	5,47	8,39	8,47	7,38

Tabla 3.110. Estadísticos descriptivos PDF3D

CONTROL													
Estu diante	MRT			DAT			Estu diante	MRT			DAT		
	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ		PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ
ETI57	11	15	4	31	35	4	ETI67	19	36	17	23	36	13
ETI58	10	22	12	19	22	3	ETI68	8	15	7	17	25	8
ETI59	17	20	3	23	30	7	ETI69	13	20	7	6	17	11
ETI60	6	5	-1	5	12	7	ETI70	8	8	0	20	21	1
ETI61	15	23	8	24	32	8	ETI71	13	27	14	21	30	9
ETI62	12	18	6	12	18	6	ETI72	13	15	2	20	22	2
ETI63	26	36	10	30	38	8	ETI73	16	20	4	16	20	4
ETI64	12	23	11	21	36	15	ETI74	11	17	6	13	22	9
ETI65	21	40	19	28	43	15	ETI75	12	15	3	12	18	6
ETI66	5	9	4	11	14	3	ETI76	16	26	10	21	29	8
EOI20	11	15	4	25	30	5	EOI29	9	9	0	11	14	3
EOI21	10	16	6	19	22	3	EOI30	19	25	6	23	32	9
EOI22	17	20	3	23	27	4	EOI31	18	13	-5	17	25	8
EOI23	12	14	2	15	16	1	EOI32	13	20	7	10	17	7
EOI24	15	18	3	24	28	4	EOI33	15	18	3	20	21	1
EOI25	12	14	2	12	18	6	EOI34	13	20	7	21	30	9
EOI26	26	28	2	30	38	8	EOI35	13	19	6	20	22	2
EOI27	12	19	7	21	30	9	EOI36	16	20	4	16	20	4
EOI28	21	30	9	28	32	4	EOI37	11	17	6	13	22	9

Tabla 3.111. Datos CONTROL

	MRT			DAT		
	PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ
MED	13,87	19,61	5,74	18,97	25,37	6,39
DESV	4,72	7,55	4,75	6,49	7,72	3,60

Tabla 3.112. Estadísticos descriptivos CONTROL

Reunimos Los datos obtenidos en la siguiente tabla resumen.

		MRT			DAT		
		PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ
RA	MED	15,52	24,69	10,31	18,80	31,15	12,35
	DESV	8,31	9,78	5,21	8,03	9,45	5,51
RV	MED	17,75	23,52	5,77	29,02	36,29	7,27
	DESV	5,64	6,27	3,28	8,19	7,63	4,69
PDF3D	MED	14,42	22,81	8,39	24,49	36,07	11,58
	DESV	7,31	7,88	5,47	8,39	8,47	7,38
CONT	MED	13,87	19,61	5,74	18,97	25,37	6,39
	DESV	4,72	7,55	4,75	6,49	7,72	3,60

Tabla 3.113. Resumen estadísticos descriptivos

A simple vista de los resultados condensados en la tabla anterior, puede observarse que hay un aumento en las puntuaciones después de haber terminado el entrenamiento, independientemente de la tecnología utilizada.

Para comprobar que realmente el entrenamiento ha proporcionado una mejora de las habilidades espaciales de los estudiantes realizamos un análisis estadístico utilizando la prueba t-Student, considerando como hipótesis nula (H_0), el hecho de que los valores medios de las habilidades de visualización espacial no variaron después de la realización del entrenamiento. La t-Student compara el valor de las medias aritméticas obtenidas para Pre y Post test en la muestra. Las hipótesis sirven para comparar si los valores medios son significativamente diferentes:

- **Hipótesis nula (H_0):** las dos medias son iguales, es decir, la diferencia de la medias es igual a cero, $m_d = 0$, o sea, $m_{pre} = m_{post}$
- **Hipótesis alternativa (H_1):** las dos medias no son iguales, es decir, la diferencia de la media es distinta de cero, $m_d \neq 0$, es decir, $m_{pre} \neq m_{post}$

La t-Student evalúa la diferencia entre medias de dos grupos, para lo cual se calcula el estadístico $t_{cal} = d / (sd / \sqrt{N})$ y se rechaza H_0 si $|t_{cal}| > t_{N-1}(\alpha)$; donde, $t_{N-1}(\alpha)$ es un valor que se busca en tablas de distribución t-student, tal que $P |t_{N-1}| > t_{N-1}(\alpha) = \alpha$. Utilizamos un $\alpha = 0.01$ ó $\alpha = 0.05$ en función de la precisión buscada. Así, según las hipótesis formuladas un $\alpha = 0.01$, significaría que las medias son distintas con un 99% de probabilidad y un $\alpha = 0.05$, significaría lo mismo pero con una probabilidad del 95%.

Los valores de cálculo son:

Test	Tecnología	N	m	sd	t _{cal}	t _{N-1(α)}	p-valor	Conclusión
MRT	RA	54	10.31	5.21	14.54	2.39	7,96E-07	Rechazo H ₀
	RV	53	5.77	3.28	12.81	2.40	3,13E-06	Rechazo H ₀
	PDF3D	57	8.39	5.47	11.58	2.39	4,16E-08	Rechazo H ₀
	Control	38	5.74	4.75	7.45	2.43	1,63E-04	Rechazo H ₀
DAT	RA	54	11.28	5.51	15.04	2.39	1,11E-09	Rechazo H ₀
	RV	53	7.27	4.69	11.28	2.40	8,76E-06	Rechazo H ₀
	PDF3D	57	11.58	7.38	11.84	2.39	3,78E-11	Rechazo H ₀
	Control	38	6.39	3.60	10.94	2.43	2,02E-04	Rechazo H ₀

Tabla 3.114. Valores de cálculo t Student

En todos los casos se rechaza la hipótesis nula para $\alpha=0.01$, lo que quiere decir:

- Las medias PRE y POST MRT son distintas.
- Las medias PRE y POST DAT son distintas.
- Los p-valor en todos los casos son menores de 0.01

Conclusiones de la hipótesis 1

Con una probabilidad del 99%, se ha obtenido una mejora de los niveles de habilidades espaciales mediante el entrenamiento y, consecuentemente, queda confirmada la primera hipótesis.

Incluso puede observarse que los grupos de control, que siguieron su curso normal sin aplicárseles ninguna de las tecnologías en estudio, también mejoran sus niveles en habilidades espaciales, lo que sin duda se debe a que el método tradicional también consigue mejorar esos niveles. La cuestión será cuánto más, asunto que abordaremos más adelante.

Análisis de la hipótesis 2

Una vez determinado que existe mejora nos planteamos comparar las tres tecnologías para obtener cuál de ellas ha conseguido mejores resultados y consecuentemente ordenarlas en cuanto a su grado de mejoría. Para ello analizaremos el error estándar de la media (SEM) o desviación estándar de la variable “media”, definida como $SEM = sd/\sqrt{N}$

El error estándar de la media (SEM) es la desviación estándar del valor medio de la muestra. También puede definirse como la desviación estándar del error en la media muestral con respecto a la verdadera media, ya que la media muestral es un estimador imparcial. Es decir, se trabaja con una muestra que representa a la población total la cual tiene un valor medio “verdadero”. El valor medio de la muestra, tiene una diferencia con respecto a este valor medio “verdadero”, que es el error estándar de la media.

La desviación estándar (sd) nos indica cómo se distribuyen los datos individuales alrededor de la media, y el error estándar de la media (SEM) indica cómo de precisa es nuestra estimación de la media.

		MRT			DAT			
		PRE	POST	Δ	PRE	POST	Δ	
RA	54	MED	15,52	24,69	10,31	18,80	31,15	12,35
		DESV	8,31	9,78	5,21	8,03	9,45	5,51
		SEM	1,13	1,33	0,71	1,09	1,28	0,75
RV	53	MED	17,75	23,52	5,77	29,02	36,29	7,27
		DESV	5,64	6,27	3,28	8,19	7,63	4,69
		SEM	0,77	0,86	0,45	1,12	1,04	0,64
PDF3D	57	MED	14,42	22,81	8,39	24,49	36,07	11,58
		DESV	7,31	7,88	5,47	8,39	8,47	7,38
		SEM	0,97	1,04	0,72	1,11	1,12	0,97
CONT	38	MED	13,87	19,61	5,74	18,97	25,37	6,39
		DESV	4,72	7,55	4,75	6,49	7,72	3,60
		SEM	0,76	1,22	0,77	1,05	1,25	0,58

Tabla 3.115. Valores de cálculo SEM

La figura siguiente muestra la mejora de las puntuaciones en los test MRT y DAT para cada uno de los cuatro grupos.

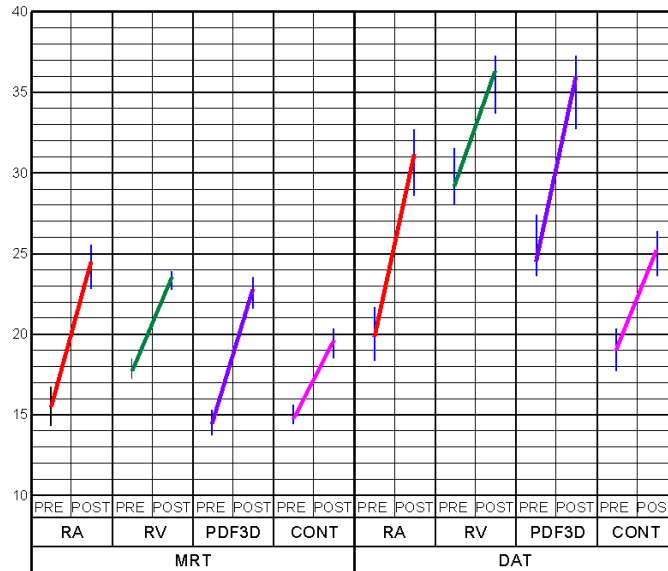


Figura 3.33. Mejora de las puntuaciones en los test MRT y DAT

Para determinar qué tecnología ofrece mejores resultados utilizamos el contraste estadístico t-Student para comprobar si las tres tecnologías proporcionan la misma mejoría o si por el contrario hay diferencias significativas entre ellas y en ese caso podremos saber cuál de ellas mejora en mayor medida.

La t-Student establece los intervalos de confianza para la ganancia en MRT y DAT en cada grupo experimental.

	Int. Conf 95% MRT	Int. Conf 95% DAT
Ganancia RA	7,69 – 13,42	7,88 – 15,27
Ganancia RV	3,33 – 8,14	4,91 – 9,62
Ganancia PDF3D	5,65 – 11,12	8,51 – 14,04
Ganancia CONTROL	4,12 – 7,41	4,56 – 8,21

Tabla 3.116. Intervalos de confianza para la ganancia en MRT y DAT

Conclusiones de la hipótesis 2

Ordenamos las tres tecnologías de mayor a menor cuantía de mejora de las habilidades espaciales de la siguiente manera:

1. REALIDAD AUMENTADA.
2. PDF3D.
3. REALIDAD VIRTUAL.

y por lo tanto no podemos confirmar la segunda hipótesis que las ordenaba en orden inverso a su aparición (PDF3D, RA, RV).

Análisis de la hipótesis 3

Esta tercera hipótesis plantea que los estudiantes que han seguido el entrenamiento obtienen mejores resultados, de forma significativa, en sus calificaciones finales que aquellos que no lo siguieron.

Para analizar esta tercera hipótesis la dividimos en dos partes:

- PRIMERA PARTE: Los estudiantes que han seguido el entrenamiento obtienen mejores resultados en sus calificaciones finales que aquellos que no lo siguieron.
- SEGUNDA PARTE: Esa mejoría en los resultados finales es significativamente mayor en aquellos que siguieron el entrenamiento que en aquellos que no lo siguieron.

Análisis de primera parte de la hipótesis 3

Una forma objetiva de medir el éxito de los estudiantes de una asignatura es a partir del número de aprobados. En concreto, en este estudio se utilizan las denominadas tasas de éxito y de rendimiento, definidas respectivamente como el porcentaje de aprobados respecto al de presentados y el porcentaje de aprobados respecto al de matriculados esto es,

$$\text{Tasa de rendimiento} = \frac{\text{Número de aprobados}}{\text{Número de matriculados}} \times 100$$

$$\text{Tasa de éxito} = \frac{\text{Número de aprobados}}{\text{Número de presentados}} \times 100$$

La consideración de estas dos tasas nos permite analizar el curso de una determinada asignatura, expresado por la diferencia entre los estudiantes matriculados y los finalmente presentados a examen.

En nuestro caso dividimos a los estudiantes en dos grandes categorías: Con y Sin entrenamiento para ver si existen diferencias en las tasas de rendimiento y éxito. Se obtuvieron los siguientes resultados:

	Con Entrenamiento			Sin Entrenamiento		
	>5	<5	NP	>5	<5	NP
Industrial	33	21	2	7	10	3
Diseño	32	22	2			
Naval	10	7	-			
Química	11	4	1			
Organización	10	8	1	9	7	2

Tabla 3.117. Resumen de calificaciones grupos CON y SIN entrenamiento

de los que se obtienen los siguientes valores:

	Con Entrenamiento		Sin Entrenamiento	
	Rendimiento	Éxito	Rendimiento	Éxito
Industrial	58,93	61,11	35,00	41,17
Diseño	57,14	59,26		
Naval	58,82	58,82		
Química	68,75	73,33		
Organización	52,63	55,55	50,00	56,25
Valores medios	59,25	61,61	42,50	48,71

Tabla 3.118. Tasas de rendimiento y éxito en grupos CON y SIN entrenamiento

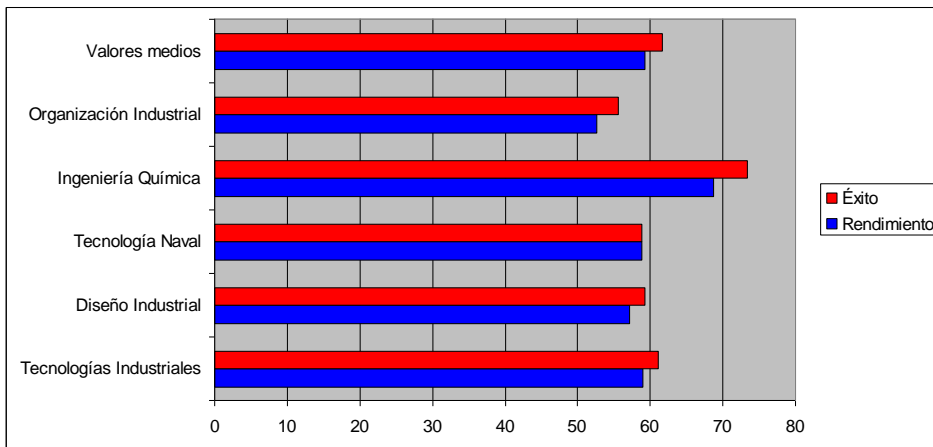


Figura 3.34. Tasas de rendimiento y éxito en grupos CON entrenamiento

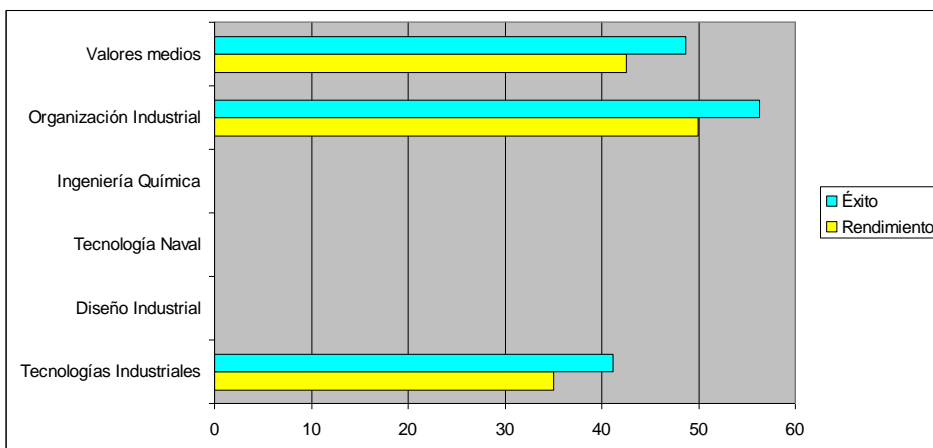


Figura 3.35. Tasas de rendimiento y éxito en grupos SIN entrenamiento

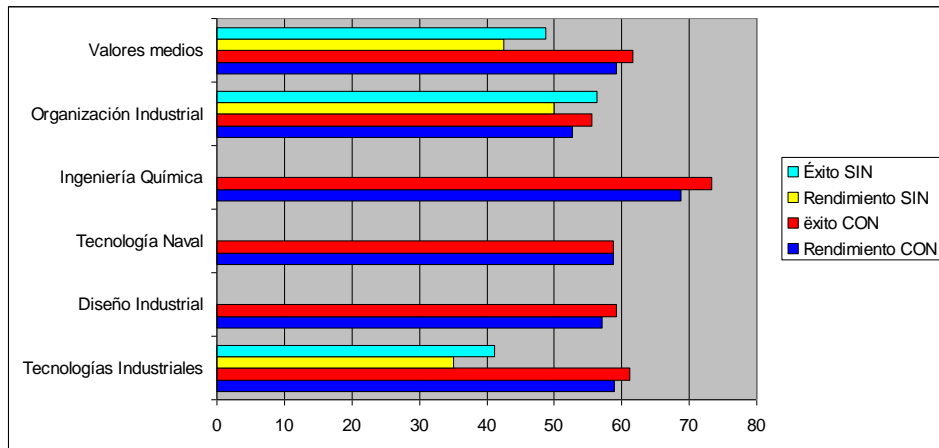


Figura 3.36. Tasas de rendimiento y éxito en grupos CON y SIN entrenamiento

Conclusiones de la primera parte de la hipótesis 3

De media se logran mejores tasas de rendimiento y éxito en los grupos que han tenido entrenamiento en habilidades espaciales que en los grupos que no lo tuvieron, confirmando esta primera parte de esta hipótesis.

Análisis de segunda parte de la hipótesis 3

Para ver si podemos afirmar que esa mejoría es significativa, definimos la variable NOTA, que contiene los resultados de las calificaciones finales de la convocatoria ordinaria de todos los estudiantes que intervinieron en este estudio para obtener conclusiones de su análisis. Este análisis lo realizamos mediante la prueba de las medias de muestras independientes, que exige que para que los resultados sean válidos, en la citada variable NOTA han de darse las condiciones de normalidad entre los grupos estudiados, es decir, que existe independencia, normalidad y homocedasticidad (igualdad de varianzas).

Dado que los tamaños muestrales en las titulaciones de Tecnologías Industriales y Diseño Industrial son mayores de 50,

aplicamos el test de Kolmogorov - Smirnov con la corrección de Lilliefors a los valores obtenidos en las calificaciones para determinar si existe normalidad o no, pero como en las titulaciones de Tecnología Naval, Ingeniería Química y Organización Industrial los tamaños muestrales son menores de 50 no se puede aplicar el test anterior, sino que hay que aplicar el test de Shapiro - Wilk. Para comprobar la homocedasticidad aplicamos la prueba de Levene a las mismas calificaciones. Los valores obtenidos son:

Titulación	Normalidad (α)	homocedasticidad (α)
Industrial	0,151	0,837
Diseño	0,175	0,782
Naval	0,146	0,843
Química	0,162	0,685
Organización	0,158	0,746

Tabla 3.119. Pruebas de normalidad y homocedasticidad de la variable NOTA

En consecuencia, se comprueba la normalidad y la homocedasticidad por ser el valor de significación (α) mayor de 0,05 en todos los casos.

Efectuamos entonces la prueba T, que arroja los siguientes resultados:

	Dif. medias	Int. de confianza (95%)		T
		Inferior	Superior	
Industrial – Diseño	0,12	-0,68	0,92	0,521
Industrial – Naval	0,19	-1,05	1,43	0,825
Industrial – Química	-0,41	-1,68	0,86	0,662
Industrial – Organización	0,77	-0,49	2,03	0,442
Diseño – Naval	0,07	-1,29	1,43	0,551
Diseño – Química	-0,53	-1,92	0,86	0,383
Diseño – Organización	0,65	-0,40	1,70	0,422
Naval – Química	-0,60	-2,54	1,34	0,563
Naval – Organización	0,58	-0,98	2,14	0,622
Química – Organización	1,18	-0,42	2,78	0,725

Tabla 3.120. Prueba T

Conclusiones de la segunda parte de la hipótesis 3

La diferencia de medias es no significativa ($\alpha > 0,05$ en todos los casos), por lo que no podemos rechazar la hipótesis nula y debemos considerar que todos los grupos tienen medias iguales. Consecuentemente no podemos afirmar que los estudiantes que siguieron el entrenamiento en habilidades espaciales con las distintas tecnologías en estudio hayan obtenido calificaciones significativamente mejores a los estudiantes del grupo de control y, en definitiva, queda rechazada la segunda parte de esta tercera hipótesis.

Análisis de la hipótesis 4

Esta cuarta hipótesis plantea que las puntuaciones de los estudiantes con menor puntuación en el test de Rotaciones Mentales (MRT) mejoran más que los que tienen mayores puntuaciones en dicho test después de haber realizado el entrenamiento con una de las tecnologías en estudio.

Dividimos esta hipótesis en tres casos diferentes según las tres tecnologías estudiadas. Para efectuar la comparación, clasificamos a los estudiantes en función de sus resultados en el PRE-MRT y los asignamos a dos subgrupos: menor y mayor puntuación. Teniendo en cuenta que la puntuación de este test varía entre un mínimo de 0 puntos y un máximo de 40 puntos, consideramos que la mejor manera de realizar la clasificación anterior es mediante los percentiles, de forma que los de menor puntuación quedarán clasificados en el percentil 30 y los de mayor en el 70. Así las puntuaciones de corte para cada percentil son:

Percentil	Puntuación	Percentil	Puntuación
30	12,00	55	22,00
35	14,00	60	24,00
40	16,00	65	26,00
45	18,00	70	28,00
50	20,00		

Tabla 3.121. Puntuaciones de corte test MRT

REALIDAD AUMENTADA								
Estu dian te	PRE MRT	Per centil	Estu dian te	PRE MRT	Per centil	Estu dian te	PRE MRT	Per centil
ETI 1	12	30	EDI 1	8	30	ETN1	10	30
ETI 2	29	70	EDI 2	20	50	ETN2	25	65
ETI 3	23	60	EDI 3	18	45	ETN3	20	50
ETI 4	6	30	EDI 4	6	30	ETN4	6	30
ETI 5	13	35	EDI 5	10	30	ETN5	10	30
ETI 6	19	50	EDI 6	15	35	ETN6	15	35
ETI 7	11	30	EDI 7	10	30	ETN 7	11	30
ETI 8	21	55	EDI 8	15	40	ETN 8	20	50
ETI 9	19	50	EDI 9	14	35	ETN 9	15	40
ETI10	21	55	EDI 10	16	40	ETN10	19	50
ETI 11	26	65	EDI 11	18	45	ETN11	22	55
ETI 12	4	30	EDI 12	4	30	ETN12	4	30
ETI 13	21	55	EDI 13	3	30	ETN13	17	45
ETI 14	3	30	EDI 14	20	50	ETN14	3	30
ETI 15	28	70	EDI 15	25	65	ETN15	20	50
ETI 16	40	70	EDI 16	10	30	ETN16	25	65
ETI 17	12	30	EDI 17	25	65	ETN17	10	30
ETI 18	31	70	EDI 18	5	30			
ETI 19	5	30						

Tabla 3.122. Clasificación por percentiles (RA_MRT)

REALIDAD AUMENTADA (menor puntuación)								
Estu dian te	PRE MRT	Δ MRT	Estu dian te	PRE MRT	Δ MRT	Estu dian te	PRE MRT	Δ MRT
ETI 1	12	9	EDI 1	8	15	ETN1	10	11
ETI 4	6	-1	EDI 4	6	13	ETN4	6	9
ETI 7	11	15	EDI 5	10	8	ETN5	10	6
ETI 12	4	6	EDI 7	10	16	ETN 7	11	15
ETI 14	3	8	EDI 12	4	6	ETN12	4	6
ETI 17	12	8	EDI 13	3	4	ETN14	3	8
ETI 19	5	4	EDI 16	10	10	ETN17	10	10
			EDI 18	5	7			

REALIDAD AUMENTADA (mayor puntuación)		
ETI 2	29	8
ETI 15	28	9
ETI 16	40	2
ETI 18	31	5

Tabla 3.123. Estudiantes seleccionados (RA_MRT)

	menor	mayor
Media	8,77	6,00
Desv típica	4,21	3,16

Tabla 3.124. Estadísticos descriptivos (RA_MRT)

REALIDAD VIRTUAL								
Estu dian te	PRE MRT	Per centil	Estu dian te	PRE MRT	Per centil	Estu dian te	PRE MRT	Per centil
ETI20	8	30	EDI19	8	30	EQI 1	8	30
ETI21	30	70	EDI20	25	65	EQI 2	20	50
ETI22	27	70	EDI21	25	65	EQI 3	25	65
ETI23	12	30	EDI22	10	30	EQI 4	12	30
ETI24	23	60	EDI23	20	50	EQI 5	20	50
ETI25	14	35	EDI24	12	30	EQI 6	14	35
ETI26	22	55	EDI25	20	50	EQI 7	22	55
ETI27	31	70	EDI26	28	70	EQI 8	19	50
ETI28	19	50	EDI27	15	40	EQI 9	18	45
ETI29	20	50	EDI28	18	45	EQI10	20	50
ETI30	15	40	EDI29	14	35	EQI11	15	40
ETI31	18	45	EDI30	13	35	EQI12	18	45
ETI32	24	60	EDI31	19	50	EQI13	24	60
ETI33	12	30	EDI32	10	30	EQI14	12	30
ETI34	17	45	EDI33	12	30	EQI15	17	45
ETI35	20	50	EDI34	18	45	EQI16	20	50
ETI36	12	30	EDI35	12	30			
ETI37	18	45	EDI36	18	45			

Tabla 3.125. Clasificación por percentiles (RV_MRT)

REALIDAD VIRTUAL (menor puntuación)								
Estu dian te	PRE MRT	Δ MRT	Estu dian te	PRE MRT	Δ MRT	Estu dian te	PRE MRT	Δ MRT
ETI20	8	11	EDI19	8	6	EQI 1	8	7
ETI23	12	3	EDI22	10	5	EQI 4	12	3
ETI33	12	10	EDI24	12	4	EQI14	12	7
ETI36	12	1	EDI32	10	5			
			EDI33	12	8			
			EDI35	12	3			

REALIDAD VIRTUAL (mayor puntuación)					
ETI21	30	-1	EDI26	28	4
ETI22	27	4			
ETI27	31	9			

Tabla 3.126. Estudiantes seleccionados (RV_MRT)

	menor	mayor
Media	5,62	4,00
Desv típica	2,93	4,08

Tabla 3.127. Estadísticos descriptivos (RV_MRT)

PDF3D								
Estu dian te	PRE MRT	Per centil	Estu dian te	PRE MRT	Per centil	Estu dian te	PRE MRT	Per centil
ETI38	12	30	EDI39	9	30	EOI1	10	30
ETI39	7	30	EDI40	5	30	EOI2	10	30
ETI40	10	30	EDI41	9	30	EOI3	10	30
ETI41	17	45	EDI42	12	30	EOI4	12	30
ETI42	19	50	EDI43	15	40	EOI5	15	40
ETI43	8	30	EDI44	7	30	EOI6	15	40
ETI44	5	30	EDI45	5	30	EOI7	5	30
ETI45	21	55	EDI46	15	40	EOI8	15	40
ETI46	17	45	EDI47	13	35	EOI9	10	30
ETI47	15	40	EDI48	12	30	EOI10	12	30
ETI48	7	30	EDI49	7	30	EOI11	7	30
ETI49	17	45	EDI50	15	40	EOI12	10	30
ETI50	6	30	EDI51	6	30	EOI13	6	30
ETI51	21	55	EDI52	18	45	EOI14	15	40
ETI52	17	45	EDI53	15	40	EOI15	17	45
ETI53	31	70	EDI54	25	65	EOI16	31	70
ETI54	32	70	EDI55	26	65	EOI17	32	70
ETI55	14	35	EDI56	12	30	EOI18	14	35
ETI56	26	65	EDI57	22	55	EOI19	26	65

Tabla 3.128. Clasificación por percentiles (PDF3D_MRT)

PDF3D (menor puntuación)								
Estu dian te	PRE MRT	Δ MRT	Estu dian te	PRE MRT	Δ MRT	Estu dian te	PRE MRT	Δ MRT
ETI38	12	-1	EDI39	9	2	EOI1	10	1
ETI39	7	22	EDI40	5	13	EOI2	10	15
ETI40	10	12	EDI41	9	6	EOI3	10	8
ETI43	8	22	EDI42	12	13	EOI4	12	8
ETI44	5	7	EDI44	7	18	EOI7	5	7
ETI48	7	10	EDI45	5	7	EOI9	10	12
ETI50	6	8	EDI48	12	12	EOI10	12	2
			EDI49	7	10	EOI11	7	10
			EDI51	6	8	EOI12	10	10
						EOI13	6	8
PDF3D (mayor puntuación)								
ETI53	31	7	EDI56	12	-4	EOI16	31	7
ETI54	32	8				EOI17	32	3

Tabla 3.129. Estudiantes seleccionados (PDF3D_MRT)

	menor	mayor
Media	9,62	4,20
Desv típica	5,64	4,97

Tabla 3.130. Estadísticos descriptivos (PDF3D_MRT)

Agrupamos los estadísticos obtenidos:

		menor	mayor
RA	Media	8,77	6,00
	Desv típica	4,21	3,16
RV	Media	5,62	4,00
	Desv típica	2,93	4,08
PDF	Media	9,62	4,20
	Desv típica	5,64	4,97
Valor Medio		8,00	4,73

Tabla 3.131. Estadísticos descriptivos MRT (RA, RV y PDF3D)

Conclusiones de la hipótesis 4

Las puntuaciones en el test MRT de los estudiantes con menor puntuación mejoran, de media, más que los de mayor puntuación, confirmando consecuentemente esta cuarta hipótesis. El siguiente gráfico muestra ese aumento.

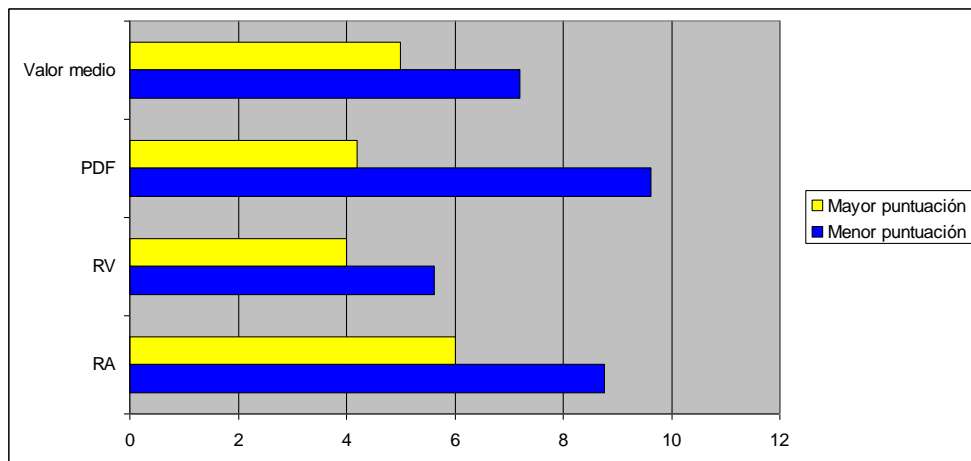


Figura 3.37. Comparativa ganancia MRT

En la figura también puede observarse que los alumnos que hicieron el entrenamiento con PDF3D mejoran en mayor medida, seguidos de los que lo hicieron con Realidad Aumentada y, por último, los que lo hicieron con Realidad Virtual.

Análisis de la hipótesis 5

Esta quinta hipótesis plantea que las puntuaciones de los estudiantes con menor puntuación en el test de Relaciones Espaciales (DAT-SR) mejoran más que los que tienen mayores puntuaciones en dicho test después de haber realizado el entrenamiento con una de las tecnologías en estudio.

Procedemos de igual forma que con la hipótesis anterior y ordenamos a los estudiantes en función de sus puntuaciones en el PRE-DAT para luego comparar los que queden clasificados en los percentiles 30 y 70. En el caso del test DAT – SR la puntuación varía desde un mínimo de 0 puntos a un máximo de 50, por lo que las puntuaciones de corte para cada percentil son:

Percentil	Puntuación	Percentil	Puntuación
30	15,00	55	27,50
35	17,50	60	30,00
40	20,00	65	32,50
45	22,50	70	35,00
50	25,00		

Tabla 3.132. Puntuaciones de corte test DAT - SR

REALIDAD AUMENTADA								
Estu diente	PRE DAT	Per centil	Estu diente	PRE DAT	Per centil	Estu diente	PRE DAT	Per centil
ETI 1	16	35	EDI 1	15	30	ETN1	10	30
ETI 2	14	30	EDI 2	12	30	ETN2	9	30
ETI 3	26	55	EDI 3	20	40	ETN3	20	40
ETI 4	15	30	EDI 4	10	30	ETN4	10	30
ETI 5	21	45	EDI 5	19	40	ETN5	18	40
ETI 6	23	50	EDI 6	15	30	ETN6	16	35
ETI 7	32	65	EDI 7	20	40	ETN 7	24	50
ETI 8	34	70	EDI 8	24	50	ETN 8	20	40
ETI 9	28	60	EDI 9	22	45	ETN 9	25	50
ETI10	27	55	EDI 10	20	40	ETN10	23	50
ETI 11	36	70	EDI 11	28	60	ETN11	24	50
ETI 12	12	30	EDI 12	10	30	ETN12	10	30
ETI 13	37	70	EDI 13	7	30	ETN13	25	50
ETI 14	7	30	EDI 14	15	30	ETN14	7	30
ETI 15	19	40	EDI 15	25	50	ETN15	12	30
ETI 16	34	70	EDI 16	20	40	ETN16	24	50
ETI 17	23	50	EDI 17	26	55	ETN17	20	40
ETI 18	38	70	EDI 18	12	30			
ETI 19	14	30						

Tabla 3.133. Clasificación por percentiles (RA_DAT)

REALIDAD AUMENTADA (menor puntuación)								
Estu diente	PRE DAT	Δ DAT	Estu diente	PRE DAT	Δ DAT	Estu diente	PRE DAT	Δ DAT
ETI 2	14	13	EDI 1	15	14	ETN1	10	19
ETI 4	15	9	EDI 2	12	15	ETN2	9	18
ETI 12	12	7	EDI 4	10	14	ETN4	10	14
ETI 14	7	0	EDI 6	15	11	ETN12	10	9
ETI 19	14	3	EDI 12	10	9	ETN14	7	5
			EDI 13	7	7	ETN15	12	14
			EDI 14	15	11			
			EDI 18	12	8			

REALIDAD AUMENTADA (mayor puntuación)		
ETI 8	34	8
ETI 11	36	12
ETI 13	37	7
ETI 16	34	2
ETI 18	38	1

Tabla 3.134. Estudiantes seleccionados (RA_DAT)

	menor	mayor
Media	10,53	6,00
Desv típica	4,94	4,53

Tabla 3.135. Estadísticos descriptivos (RA_DAT)

REALIDAD VIRTUAL								
Estu diante	PRE DAT	Per centil	Estu diante	PRE DAT	Per centil	Estu diante	PRE DAT	Per centil
ETI20	31	65	EDI19	31	65	EQI 1	28	60
ETI21	35	70	EDI20	35	70	EQI 2	25	50
ETI22	41	70	EDI21	41	70	EQI 3	29	60
ETI23	14	30	EDI22	14	30	EQI 4	14	30
ETI24	30	60	EDI23	30	60	EQI 5	25	50
ETI25	32	65	EDI24	32	65	EQI 6	32	65
ETI26	38	70	EDI25	38	70	EQI 7	32	65
ETI27	48	70	EDI26	48	70	EQI 8	28	60
ETI28	33	70	EDI27	33	70	EQI 9	30	60
ETI29	25	60	EDI28	25	50	EQI10	24	50
ETI30	21	45	EDI29	21	45	EQI11	20	40
ETI31	36	70	EDI30	36	70	EQI12	30	60
ETI32	17	35	EDI31	17	35	EQI13	17	35
ETI33	33	70	EDI32	33	70	EQI14	28	60
ETI34	29	60	EDI33	29	60	EQI15	29	60
ETI35	39	70	EDI34	39	70	EQI16	30	60
ETI36	26	55	EDI35	26	55			
ETI37	16	35	EDI36	16	35			

Tabla 3.136. Clasificación por percentiles (RV_DAT)

REALIDAD VIRTUAL (menor puntuación)								
Estu diante	PRE DAT	Δ DAT	Estu diante	PRE DAT	Δ DAT	Estu diante	PRE DAT	Δ DAT
ETI23	14	6	EDI22	14	6	EQI 4	14	6
REALIDAD VIRTUAL (mayor puntuación)								
ETI21	35	7	EDI20	35	7			
ETI22	41	-2	EDI21	41	4			
ETI26	38	9	EDI25	38	4			
ETI27	48	2	EDI26	48	2			
ETI28	33	5	EDI27	33	5			
ETI31	36	0	EDI30	36	2			
ETI33	33	4	EDI32	33	4			
ETI35	39	1	EDI34	39	1			

Tabla 3.137. Estudiantes seleccionados (RV_DAT)

	menor	mayor
Media	6,00	3,44
Desv típica	0,00	4,85

Tabla 3.138. Estadísticos descriptivos (RV_DAT).

PDF3D								
Estu dian te	PRE DAT	Per centil	Estu dian te	PRE DAT	Per centil	Estu dian te	PRE DAT	Per centil
ETI38	19	40	EDI39	15	30	EOI1	19	40
ETI39	27	70	EDI40	20	40	EOI2	27	55
ETI40	15	30	EDI41	10	30	EOI3	15	30
ETI41	24	50	EDI42	20	40	EOI4	24	50
ETI42	23	50	EDI43	20	40	EOI5	23	50
ETI43	36	70	EDI44	12	30	EOI6	36	70
ETI44	17	35	EDI45	9	30	EOI7	17	35
ETI45	25	50	EDI46	20	40	EOI8	25	50
ETI46	17	35	EDI47	15	30	EOI9	17	35
ETI47	37	70	EDI48	26	55	EOI10	37	70
ETI48	22	45	EDI49	15	30	EOI11	22	45
ETI49	36	70	EDI50	25	50	EOI12	36	70
ETI50	29	60	EDI51	14	30	EOI13	29	60
ETI51	41	70	EDI52	26	55	EOI14	41	70
ETI52	21	45	EDI53	18	40	EOI15	21	45
ETI53	39	70	EDI54	23	50	EOI16	39	70
ETI54	37	70	EDI55	29	60	EOI17	37	70
ETI55	23	50	EDI56	22	45	EOI18	23	45
ETI56	31	65	EDI57	19	40	EOI19	31	65

Tabla 3.139. Clasificación por percentiles (PDF_DAT)

PDF3D (menor puntuación)								
Estu dian te	PRE DAT	Δ DAT	Estu dian te	PRE DAT	Δ DAT	Estu dian te	PRE DAT	Δ DAT
ETI40	15	15	EDI39	15	13	EOI3	15	10
			EDI41	10	20			
			EDI44	12	33			
			EDI45	9	19			
			EDI47	15	24			
			EDI49	15	7			
			EDI51	14	35			
PDF3D (mayor puntuación)								
ETI39	27	13				EOI6	36	3
ETI43	36	9				EOI10	37	9
ETI47	37	9				EOI12	36	9
ETI49	36	9				EOI14	41	6
ETI51	41	6				EOI16	39	3
ETI53	39	8				EOI17	37	10
ETI54	37	10						

Tabla 3.140. Estudiantes seleccionados (PDF_DAT)

	menor	mayor
Media	19,76	8,00
Desv típica	9,70	2,83

Tabla 3.141. Estadísticos descriptivos (PDF_DAT)

Agrupamos los estadísticos obtenidos:

		menor	mayor
RA	Media	10,53	6,00
	Desv típica	4,94	4,53
RV	Media	6,00	3,44
	Desv típica	0,00	4,85
PDF	Media	19,76	8,00
	Desv típica	9,70	2,83
	Valor medio	12,10	5,81

Tabla 3.142. Estadísticos descriptivos DAT (RA, RV y PDF3D)

Conclusiones de la hipótesis 5

Las puntuaciones en test DAT – SR de los estudiantes con menor puntuación mejoran, de media, más que los de mayor puntuación, confirmando consecuentemente esta quinta hipótesis. El siguiente gráfico muestra ese aumento.

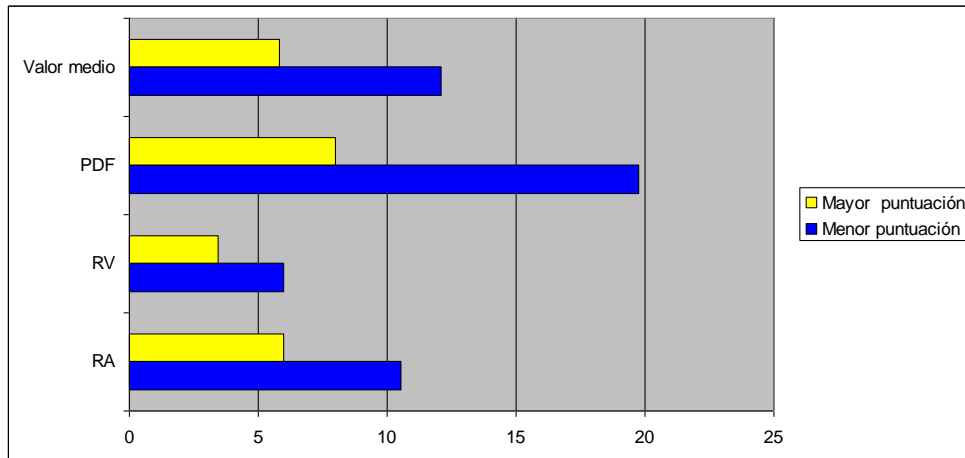


Figura 3.38. Comparativa ganancia DAT – SR

En la figura también puede observarse que los alumnos que hicieron el entrenamiento con PDF3D mejoran en mayor medida, seguidos de los que lo hicieron con Realidad Aumentada y, por último, los que lo hicieron con Realidad Virtual.

Análisis de la hipótesis 6.

Recordamos que esta sexta hipótesis establecía una relación directa entre la tecnología de entrenamiento y su rendimiento en la asignatura. Para ello, contrastamos los datos de entrenamiento y las calificaciones obtenidas.

Buscaremos las tasas de rendimiento y éxito por tecnología. Obtenemos los siguientes datos:

	Rendimiento			Éxito		
	RA	RV	PDF3D	RA	RV	PDF3D
Industrial	24,41	16,07	19,64	24,41	16,36	20,00
Diseño	17,86	14,28	19,64	21,18	14,28	20,00
Naval	58,82			58,82		
Química		68,75			73,33	
Organización			57,89			61,11
Valores medios	33,70	33,03	32,39	34,80	34,66	33,70

Tabla 3.143. Tasas de rendimiento y éxito en grupos CON entrenamiento por tecnología

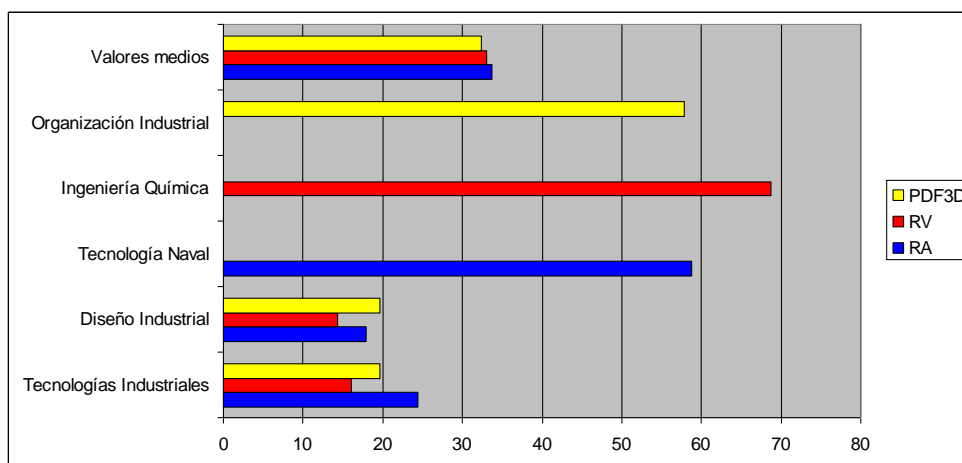


Figura 3.39. Tasas de rendimiento en grupos CON entrenamiento por tecnología

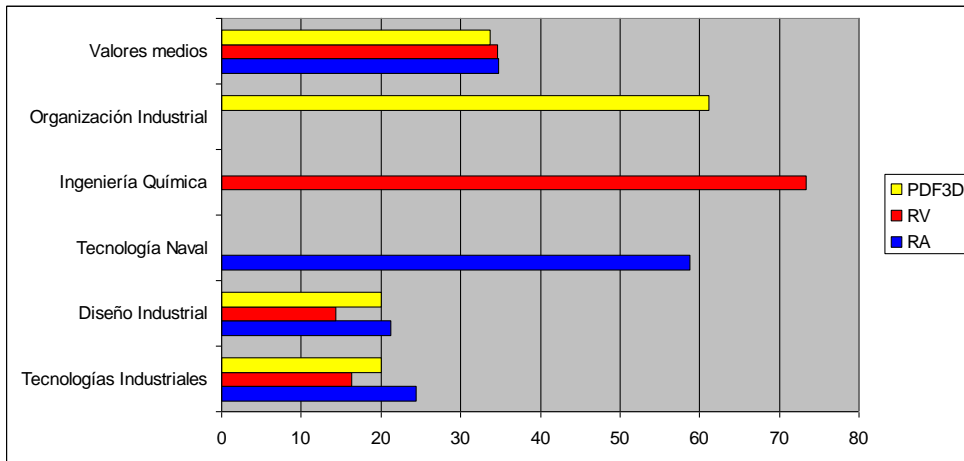


Figura 3.40. Tasas de éxito en grupos CON entrenamiento por tecnología

Conclusiones de la hipótesis 6

A la vista de los resultados de rendimiento y éxito obtenidos, y si bien las diferencias son mínimas, observamos una ligera ventaja de RA, seguida de RV y por último PDF. Por lo tanto, podemos establecer que los estudiantes que siguieron su entrenamiento con la tecnología de Realidad Aumentada han alcanzado mejores resultados académicos, seguidos de los que utilizaron Realidad Virtual y, por último, los de PDF3D. Y consecuentemente, queda confirmada esta sexta hipótesis.

CAPÍTULO 4

**CONCLUSIONES Y
TRABAJO FUTURO**

Conclusiones

Una vez concluida la fase experimental de esta tesis, es el momento de analizar en conjunto el grado de logro de los objetivos propuestos, al tiempo que se esbozan las posibles líneas de actuación futura.

El desarrollo de las habilidades espaciales utilizando distintos tipos de herramientas y estrategias ha sido objeto de estudio por numerosos investigadores, de los cuales se ha hecho referencia en capítulos previos. Sin embargo, en el ámbito de ingeniería, es la primera vez que se realizan algunas de las experiencias que en este trabajo doctoral se proponen.

- Es la primera vez que se utiliza la tecnología PDF3D, como herramienta de mejora de las habilidades espaciales en estudiantes de ingeniería gráfica.
- Hemos desarrollado herramientas basadas en las tres tecnologías objeto de estudio con ejercicios enfocados a la mejora de las habilidades espaciales.
- Hemos estructurado en todos sus detalles un curso de entrenamiento de corta duración y basado en la tecnología de Realidad Aumentada, que es la que mejores resultados arroja, para desarrollar las habilidades espaciales de nuestros estudiantes.

A continuación, exponemos el grado de cumplimiento de los objetivos que nos marcamos en el epígrafe 1.2. Así, nos propusimos:

- Desarrollar, comparar y validar herramientas y materiales didácticos, dentro del ámbito de la ingeniería gráfica contruidos mediante tecnologías de Realidad Virtual, Realidad Aumentada y PDF3D bajo el principio de mejora de las capacidades de visión espacial, el aprendizaje de los contenidos de Expresión Gráfica y la mejor adecuación de

cada una de esas tecnologías según el campo de la ingeniería al que aplique.

- Estudiar la magnitud de la mejora que puede llegar a conseguirse en los resultados académicos y en la satisfacción y en la motivación de los estudiantes de las materias de Ingeniería Gráfica.

Para dar cumplimiento a estos objetivos se realizaron entrenamientos de corta duración diseñados para mejorar las habilidades espaciales de los estudiantes de primer curso de grado de ingeniería gráfica. Cada entrenamiento se sustentaba en una tecnología distinta (RV, RA y PDF3D) y se confeccionaron materiales didácticos basados en contenidos de la materia para realizar el citado entrenamiento. Con los datos aportados por los participantes se obtuvieron resultados en cuanto a la mejora adquirida en sus niveles de habilidades espaciales, en el uso de las aplicaciones y en cuanto a la satisfacción experimentada con el entrenamiento realizado.

1.- Enfoques de aprendizaje

En primer lugar, obtuvimos resultados respecto a los enfoques de aprendizaje de nuestros estudiantes. Nos planteamos los siguientes objetivos específicos:

- Identificar el tipo de enfoque de aprendizaje que poseen.
- Analizar las características de los procesos de estudios utilizados.
- Comprobar si las características de los enfoques de aprendizaje son propias de enfoques puros o si, por el contrario, siguen una evolución más o menos continua.

A la vista de los resultados obtenidos, llegamos a las siguientes conclusiones:

- Más de la mitad de los estudiantes participantes no poseen un enfoque de aprendizaje definido.
- Hay un porcentaje muy pequeño que adopta un enfoque exclusivamente superficial o profundo.

En definitiva, los estudiantes sin enfoque definido buscan la comprensión del material de examen, sin preocuparse de ampliar el material por cuenta propia.

Un 19,5% de los estudiantes poseen un enfoque predominantemente superficial, es decir, están preocupados por pasar la asignatura, sin intención de comprender la tarea y los contenidos, y con el mínimo esfuerzo; por ello, utilizan fundamentalmente la memorización y la reproducción mecánica, limitándose a los contenidos que el profesorado establece como obligatorios.

El 18,6% de los estudiantes adoptan un enfoque predominantemente profundo, lo que significa que a la hora de comprender los contenidos y las tareas propuestos en clase estos estudiantes normalmente no escatiman esfuerzos, utilizan estrategias que les permiten relacionar estos contenidos con el conocimiento previo, y comprueban la relación de otros contenidos que ellos mismos se plantean, con lo que suelen ir más allá del material obligatorio y, a veces, también del recomendado por el profesorado, para comprender la materia en estudio.

Esta conclusión nos aporta valiosa información para el diseño de la asignatura de manera que los contenidos y las actividades de aprendizaje que implementemos aporten oportunidades para la exploración, la búsqueda de significados en la información que se transmite, la indagación, la obtención de conclusiones, entre otras,

de manera que puedan satisfacer las exigencias que presenten los estudiantes con formas profundas de realizar sus tareas académicas.

Por otro lado, también es importante tener en cuenta este hecho en el momento de programar los contenidos de las tutorías. Los profesores, al conocer las características de los estudiantes con un enfoque profundo, deben fomentar constantemente los procesos metacognitivos en los momentos de interacción con ellos, de manera que los conduzcan a reflexionar sobre su propio aprendizaje, y los ayuden a comprenderse a ellos mismos como estudiantes para mantener su interés permanente en su aprendizaje, el curso y sus contenidos.

2.- Motivación hacia el estudio de la asignatura

El segundo aspecto estudiado fue la determinación de la motivación hacia el estudio de la asignatura y las estrategias de aprendizaje que nuestros estudiantes ponen en juego. Para ello nos propusimos los siguientes objetivos específicos:

- Determinar cuál es la motivación de aprendizaje de los estudiantes matriculados en primer curso de grado de ingeniería.
- Determinar las estrategias de aprendizaje de los estudiantes matriculados en primer curso de grado de ingeniería.
- Determinar, en caso de que existan, las diferencias entre los distintos entrenamientos aplicados y la motivación y estrategia seguida por los estudiantes.

Nos interesaba dar respuestas a las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la motivación hacia el estudio de la asignatura de los estudiantes que se matriculan en primer curso de grado de ingeniería?
- ¿Cuál(es) son las estrategias de aprendizaje que aplican nuestros estudiantes?
- ¿Existe alguna relación entre los factores motivacionales y estratégicos y el tipo de entrenamiento?
- ¿Existen diferencias entre los distintos entrenamientos respecto de la motivación y la estrategia de los estudiantes?

Después de aplicar las herramientas de estudio podemos extraer las siguientes conclusiones:

- No existen diferencias entre los factores motivacionales y los métodos de entrenamiento utilizados.
- No existen diferencias entre los factores estratégicos y los métodos de entrenamiento utilizados, excepto en el caso del factor AUTOOC, que presenta diferencias mínimas.
- Los motivos que orientan a nuestros estudiantes en su estudio están dirigidos principalmente a metas intrínsecas, tienen confianza en sus propias capacidades de aprendizaje, valoran la importancia, interés y utilidad de la asignatura, consideran que el dominio que alcancen en ella depende de su propio esfuerzo y modo de estudiar y confían en que serán capaces de lograrlo y en que obtendrán buenos resultados.
- Han alcanzado un nivel favorable de motivación
- Hay un desempeño positivo, reflejado por los componentes motivacionales de sus enfoques de aprendizaje.
- Destacamos que el valor más elevado corresponde al factor ansiedad. Ello puede estar motivado por la inseguridad que

les proporciona no contar con los procedimientos adecuados para enfrentarse a la actividad de estudio, lo que afecta a su autoeficacia para el aprendizaje y, en general, a su motivación.

- En general, han alcanzado un buen nivel en el desarrollo de las estrategias de aprendizaje, pero hacen un uso inadecuado de las mismas, como queda reflejado en los valores de los factores estratégicos de los enfoques de aprendizaje.
- Otro aspecto que merece destacarse es que el factor estratégico más desarrollado es la ayuda, lo que puede estar originado por el trabajo en grupo y colectivo al que, en general, están acostumbrados desde sus estudios de enseñanza media. Así mismo se aprecia un buen desarrollo de estrategias de organización.
- También destacamos que los valores obtenidos para el aprovechamiento del tiempo y la concentración indican que es necesario fortalecer la orientación al estudio independiente.
- Por último, destacamos que las escalas de metacognición y autointerrogación muestran que nuestros estudiantes no han llegado a conseguir un nivel adecuado en el control de su estudio.

Las conclusiones obtenidas en estos dos primeros estudios, de enfoque de aprendizaje y de motivación, nos hicieron ver la importancia de contar con una serie de materiales didácticos adaptados y dirigidos a estos tipos de estudiantes. Así, elaboramos los materiales referenciados en el epígrafe 0.6

3.- Satisfacción con el entrenamiento realizado

En tercer lugar, nos propusimos indagar sobre la satisfacción que habían experimentado con el entrenamiento. En este caso, nos planteamos los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el grado de satisfacción final que poseen los estudiantes matriculados en primer curso de grado de ingeniería.
- Establecer la relación existente entre la tecnología de entrenamiento y la satisfacción de los estudiantes.
- Comparar los resultados de satisfacción obtenidos entre las tres tecnologías aplicadas en el entrenamiento.
- Determinar qué tecnología de entrenamiento obtiene mayores índices de satisfacción.

Al analizar los datos obtenidos, podemos decir que, si bien las diferencias encontradas no son grandes, la tecnología de Realidad Aumentada arroja una mejor valoración en cuanto a la satisfacción de los estudiantes como tecnología de entrenamiento.

4.- Usabilidad de los materiales de entrenamiento

En cuarto lugar, nos interesaba conocer la opinión de nuestros estudiantes en cuanto a la usabilidad de los materiales que habíamos preparado para llevar a cabo cada uno de los entrenamientos. Así, nos planteamos:

- ¿Cuál es la usabilidad de cada una de las tecnologías aplicadas a la mejora de las habilidades espaciales de los estudiantes de la asignatura Expresión Gráfica?
- ¿Cuál(es) es la tecnología que presenta mejor valoración en cuanto a su usabilidad?

Para ello nos propusimos

- Cuantificar la usabilidad de los sistemas aplicados con cada tecnología.
- Comparar la usabilidad de los sistemas aplicados.
- Identificar aquella tecnología(s) con mejores índices de usabilidad.

En relación con la hipótesis de partida:

- Cuanto más reciente es la tecnología, mejores valores de usabilidad tendrá, con lo que deberán ordenarse de mayor a menor usabilidad de la siguiente manera: 1º PDF3D, al ser la más reciente; 2º Realidad Aumentada; 3º Realidad Virtual, al ser la más antigua.

Llegamos a las siguientes conclusiones:

Según los estudiantes participantes en el entrenamiento en habilidades espaciales, la tecnología que presenta mejor usabilidad, de forma destacada, es la de Realidad Aumentada, seguida por la de PDF3D y finalmente por la Realidad Virtual, con poca diferencia en los resultados entre estas dos últimas.

- En cualquier caso, puede deducirse que las citadas tres tecnologías presentan buenos niveles de usabilidad.
- El hecho de que la tecnología de Realidad Aumentada integre en un mismo escenario al estudiante y a los modelos virtuales de entrenamiento la hacen, primero, más atractiva y, segundo, mejor usable en el entrenamiento.
- A la vista de los resultados, no podemos confirmar la hipótesis de ordenación de las tres tecnologías en función de su

antigüedad de aparición, ya que el orden obtenido finalmente no se corresponde con la hipótesis planteada.

5.- Comparación de las tres tecnologías de entrenamiento en habilidades espaciales.

Para terminar, nos centramos en el análisis de los datos obtenidos en el elemento central de nuestro trabajo, la comparación de las tres tecnologías puestas en juego para mejorar las habilidades espaciales de nuestros estudiantes.

Este estudio estuvo guiado por las siguientes preguntas:

- ¿Mejoran las habilidades espaciales de los estudiantes de la asignatura de Expresión Gráfica después de haberse sometido a un entrenamiento con una de las tres tecnologías objeto de estudio?
- En el caso de que exista mejoría, ¿podemos cuantificar esa magnitud?
- En el caso de poder cuantificar esa magnitud de mejora, ¿podremos concluir cuál de esas tecnologías consigue unos mejores resultados?
- ¿Existe alguna relación entre la tecnología de entrenamiento en habilidades espaciales que hayan seguido los estudiantes matriculados en la asignatura de Expresión Gráfica de primer curso de grado de ingeniería con su rendimiento en la asignatura y su satisfacción final?

Con este estudio pretendemos:

- Cuantificar la magnitud de mejora en las habilidades espaciales de los estudiantes después de haber concluido el entrenamiento con cada una de las tres tecnologías objeto del estudio.

- Comparar entre sí las magnitudes de mejora en las habilidades espaciales de los estudiantes.
- Identificar aquella tecnología(s) con mejores índices de mejora.
- Relacionar la tecnología de entrenamiento utilizada con el rendimiento final de los estudiantes.
- Relacionar la tecnología de entrenamiento utilizada con la satisfacción final de los estudiantes después de haber terminado ese entrenamiento en habilidades espaciales.
- Determinar cuáles son, en el caso de que las hubiera, las magnitudes de mejora de sus habilidades espaciales después de haber seguido un entrenamiento con alguna de las tres tecnologías estudiadas.
- Establecer la relación existente entre la tecnología de entrenamiento en habilidades espaciales utilizada y su rendimiento final en el curso.
- Establecer la relación existente entre la tecnología de entrenamiento en habilidades espaciales utilizada y su satisfacción final.

Partimos de las siguientes hipótesis y llegamos a las siguientes conclusiones:

- **Hipótesis 1:** Con el adecuado entrenamiento se consigue mejorar las habilidades espaciales de los estudiantes.
 - Podemos afirmar que, con una probabilidad del 99%, se ha obtenido una mejora de los niveles de habilidades espaciales mediante el entrenamiento y, consecuentemente, queda confirmada la primera hipótesis.

- **Hipótesis 2:** Las tres tecnologías en estudio ofrecen mejores resultados en cuanto a ganancia en habilidades espaciales, siguiendo el orden inverso a su momento de aparición, por lo que deberán ordenarse de mejor a peor de la siguiente forma: 1º: PDF3D; 2º: RA; 3º: RV.
 - Ordenamos las tres tecnologías de mayor a menor cuantía de mejora de las habilidades espaciales de la siguiente manera:
 - 1) REALIDAD AUMENTADA.
 - 2) PDF3D.
 - 3) REALIDAD VIRTUAL.
 - y, por lo tanto, no podemos confirmar la segunda hipótesis, que las ordenaba en orden inverso a su aparición (PDF3D, RA, RV).

- **Hipótesis 3:** Los estudiantes que han seguido el entrenamiento obtienen mejores resultados, de forma significativa, en sus calificaciones finales que aquellos que no lo siguieron.
 - De media, se logran mejores tasas de rendimiento y éxito en los grupos que han tenido entrenamiento en habilidades espaciales que en los grupos que no lo tuvieron.
 - La diferencia de medias es no significativa ($\alpha > 0,05$ en todos los casos), por lo que no podemos rechazar la hipótesis nula y debemos considerar que todos los grupos tienen medias iguales. Consecuentemente, no podemos afirmar que los estudiantes que siguieron el entrenamiento en habilidades espaciales con las distintas tecnologías en estudio hayan obtenido

calificaciones significativamente mejores a los estudiantes del grupo de control.

- **Hipótesis 4:** Las puntuaciones de los estudiantes con menor puntuación en el test de Rotaciones Mentales (MRT) mejoran más que los que tienen mayores puntuaciones en dicho test.
 - Las puntuaciones en test MRT de los estudiantes con menor puntuación mejoran, de media, más que los de mayor puntuación, confirmando consecuentemente esta cuarta hipótesis.

- **Hipótesis 5:** Las puntuaciones de los estudiantes con menor puntuación en el test de Relaciones Espaciales (DAT-SR) mejoran más que los que tienen mayores puntuaciones en dicho test.
 - Las puntuaciones en test DAT – SR de los estudiantes con menor puntuación mejoran, de media, más que los de mayor puntuación, confirmando consecuentemente esta quinta hipótesis.

- **Hipótesis 6:** Existe una relación directa entre la tecnología de entrenamiento en habilidades espaciales que hayan seguido los estudiantes y su rendimiento en la asignatura.
 - Observamos una ligera ventaja de RA, seguida de RV y por último PDF. Por lo tanto, podemos establecer que los estudiantes que siguieron su entrenamiento con la tecnología de Realidad Aumentada han alcanzado mejores resultados académicos, seguidos de los que utilizaron Realidad Virtual y, por último, los de PDF3D.

Y consecuentemente, queda confirmada esta sexta hipótesis.

6.- Reflexión final

Después de los resultados obtenidos, podemos concluir que la tecnología de Realidad Aumentada ha arrojado los mejores resultados en los distintos estudios que hemos realizado y, en consecuencia, afirmar que esta tecnología puede aportar una excelente herramienta de aprendizaje, no solo en la docencia de las materias de expresión gráfica, sino en otras materias de las distintas titulaciones de ingeniería, tales como mantenimiento de equipos, diseño de máquinas, etc.

La recopilación de trabajos e investigaciones que se ha realizado hace ver que la tecnología de Realidad Aumentada avanza hacia sistemas colaborativos, altamente interactivos, y con la integración de dispositivos que realizan un registro 3D en tiempo real. Los ordenadores, cada día más sofisticados y potentes, permiten que los objetos virtuales sean más realistas. Por otra parte, los dispositivos son cada vez más ligeros y ergonómicos, por lo que las aplicaciones de RA se están adaptando a PDAs o teléfonos móviles con cámaras integradas.

La utilización de marcas fiduciales (patrones planos) permite una interacción tangible, ya que los objetos virtuales, al relacionarse con marcas físicas, pueden ser literalmente cogidos con las manos para manejarlos de una forma natural (se pueden girar, mover, acercar o alejar), emulando incluso la forma en que se utilizan sus correspondientes objetos reales.

El diseño de aplicaciones sencillas hace más natural la comunicación persona-ordenador, permitiendo incluso que personas no familiarizadas con los ordenadores puedan interactuar con el sistema.

La configuración de equipos basados en proyecciones (proyectores) facilitan una visualización compartida, posibilitando la participación colaborativa con el uso de un único dispositivo (con lo que se reducen los costes).

La forma más extendida para realizar de aplicaciones de RA es la utilización de software basado en el reconocimiento de marcas fiduciales (patrones planos). Algunos de ellos como ARToolKit, MXRToolKit, AMIRE o Build_AR, están diseñados para la generación de escenas aumentadas.

Entre sus ventajas cabe destacar:

- La precisión alcanzada para incorporar objetos virtuales 3D en la escena real es del orden del cm.
- Los objetos generados por ordenador se pueden relacionar fácilmente con las marcas permitiendo interfaces tangibles.
- La economía de los sistemas, ya que son aplicaciones de licencia GPL (General Public Licence) y para el uso de aplicaciones RA únicamente es necesaria una cámara Web.

Sin embargo, también hay que tener en cuenta sus limitaciones:

- Fuerte dependencia de las condiciones de luminosidad.
- Escala local de trabajo (distancia cámara-marca).
- El entorno físico se ve alterado por las marcas.

Además, debemos plantear otro inconveniente importante. Nos referimos al que nos presenta la utilización de software libre debido a que, por el momento, carece de garantía de funcionamiento totalmente correcto y a la ausencia, en algunos casos, de un manual o de asistencia técnica al que recurrir ante cualquier problema o duda.

Trabajo futuro

A partir de la experiencia adquirida en los estudios experimentales, sería importante realizar nuevas investigaciones y desarrollar algunas cuestiones relevantes en el contexto de esta tesis.

Se pueden citar varias líneas de actuación:

- Realizar entrenamientos enfocados a niveles de educación secundaria para dotar de buenos niveles de capacidad espacial a edad temprana.
- Realizar medición de la capacidad espacial utilizando herramientas específicas de medición en el ámbito de ingeniería.
- Desarrollar nuevas metodologías y herramientas atractivas para los estudiantes que además les permitan desarrollar sus habilidades espaciales.
- Mejorar la calidad docente en las asignaturas de Expresión Gráfica introduciendo herramientas y metodologías atractivas para los estudiantes y adaptadas a las consideraciones del modelo Europeo de Educación Superior.
- Buscar nuevos yacimientos de trabajo donde desarrollar esta línea de investigación (mejora de la capacidad espacial en el ámbito de ingeniería) En los estudios experimentales se han realizado pruebas de usabilidad y satisfacción a los participantes, con la finalidad de evaluar las herramientas y materiales elaborados y establecer líneas futuras de actuación. Por este motivo, en futuros desarrollos se prevé de igual forma realizar dichos análisis.

Esta tesis ha proporcionado conocimientos en un campo en el que poder enfocar la labor investigadora y aportar a la sociedad

herramientas útiles y accesibles. Se podrían plantear las siguientes líneas de actuación:

- ESTUDIAR CAMPOS DE APLICACIÓN. Es importante el estudio de aspectos sociales a los que la tecnología de RA pueda aportar un beneficio, principalmente en los campos de la educación, entretenimiento y turismo.
- EXPLORAR OTROS DISPOSITIVOS O METODOLOGÍAS DE RA NO ABARCADAS DURANTE LA TESIS. Está cobrando importancia la realización de aplicaciones de RA en dispositivos móviles, como PDAs o teléfonos móviles, principalmente en el campo del entretenimiento. En este sentido, se considera relevante la exploración de las librerías Studierstube y el desarrollo de aplicaciones en este formato. Además, se pueden explorar otras configuraciones utilizando pizarras digitales y libros electrónicos como soporte de marcas y contenidos.
- COLABORACIONES CON ENTIDADES PÚBLICAS Y PRIVADAS. Proponer a organismos públicos el desarrollo de utilidades y aplicaciones en el sector turístico.
- DESARROLLO DE CONTENIDOS. Confeccionar contenidos y herramientas más sofisticadas que puedan ayudar a desarrollar las habilidades espaciales, proporcionando al usuario una mayor capacidad de interacción con las herramientas que se desarrollen.

CAPÍTULO 5

**REFERENCIAS
DOCUMENTALES**

Acuña, 2006. Factores de equipo que afectan al desarrollo de software en el aprendizaje. *VI Jornadas sobre Aprendizaje Cooperativo*. Barcelona: JAC'06.

Adánez & Velasco, 2002. Construção de um teste de visualização a partir da psicologia cognitiva. *Avaliação Psicológica*, 1(1), pp. 39-47.

Alias, Black & Gray, 2002. Effect of Instructions on Spatial Visualisation Ability in Civil Engineering Students. *International Education Journal*, 3 (1), pp. 1-12.

Alonso, Gallego & Honey, 2007. Estilos de enseñanza: conceptualización e investigación. *Revista de estilos de aprendizaje*, 3(3), pp. 3-19.

Alonso García, 1991. *Tecnología educativa*. Editorial Síntesis.

Amat Salas, 2010. *Aprender a enseñar: una visión práctica de la formación de formadores*. Bresca Editorial.

Ames, Andrea L., Nadeau, David R. & Moreland, John L. 1997. *VRML 2.0 Sourcebook*, second edition, John Wiley & Sons, New York.

Andrés Pueyo, 2001. *Manual de psicología diferencial*. McGraw-Hill Interamericana de España.

Andrés Pueyo & Jayme Zaro, 1998. La inteligencia de los hombres y las mujeres. *Mundo científico*, 196, pp.63-77.

Ardila, 1993. Historical evolution of spatial abilities. *Behavioural Neurology*, (2), pp. 18-30

Armentara Alcántara, 1999. *Asignación de comportamiento complejo a mundos virtuales vrml utilizando Java*, [Tesis] Instituto Politécnico Nacional. México. Julio 1999.

Arrieta, 2003. Capacidad espacial y educación matemática: tres problemas para el futuro de la investigación. *Educación Matemática*, 15(3), pp. 57-76.

Ausubel, Novak & Hanesian, 1983. Un punto de vista cognoscitivo. *Psicología educativa*. México. Trillas. (Publicación original en inglés).

Ausubel, Novak & Hanesian, 2005. *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo* (2ª, 16 reimpresión ed.). (M. Sandoval Pineda, Trad.) México, México: Trillas.

Avery DH, Holtzheimer PE 3rd, Fawaz W, Russo J, Neumaier J, Dunner DL., 2005. A controlled study of repetitive transcranial magnetic stimulation in medication-resistant depression. *Biol Psychiatry*

Azuma, 1997. A survey of augmented reality. *Presence-Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), pp. 355-385.

Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S. & MacIntyre, B., 2001. Recent Advances in Augmented Reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 21, N. 6, pp. 34-47

Baenninger & Newcombe, 1989. The role of experience in spatial test performance: A meta-analysis. *Sex roles*, 20(5-6), pp. 327-344.

Bandura, 1988. Organisational applications of social cognitive theory. *Australian Journal of Management*, 1988, pp. 54, 2-9

Barca, 1999. Atribuciones causales y enfoques de aprendizaje: la escala SIACEPA. *Psicothema*, 16(1), pp. 94-103.

Bara, 2005. *Estrategias metacognitivas y de aprendizaje: estudio empírico sobre el efecto de la aplicación de un programa metacognitivo, y el dominio de las estrategias de aprendizaje en estudiantes de E.S.O., B.U.P. y universidad. [Tesis]*. Universidad Complutense de Madrid.

Barca, Porto & Santorum, 1997. *Los enfoques de aprendizaje en contextos y situaciones educativas, una aproximación conceptual y metodológica*. Pp. 387-435. Madrid: Centro de Estudios Ramón Areces.

Beltrán, 1995. Conocimiento, pensamiento e interacción social. En C. Genovard; J. Beltrán y F. Rivas (Eds.). *Psicología de la instrucción III. Nuevas perspectivas*. pp. 131-171. Madrid: Síntesis.

Benford, S., Crabtree, A., Flintham, M., Drozd, A., Anastasi, R., Paxton, M., & Row-Farr, J., 2006. Can you see me now?. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 13(1), pp. 100-133.

Bennett, G. K., Seashore, H. G., & Wesman, A. G. 1982. *Differential Aptitude Tests, Forms V & W*. Psychological Corporation.

Bernad, 1990a. Las estrategias de aprendizaje: Nueva agenda para el éxito escolar. *Revista de Psicología general y aplicada*. 43 (3), pp. 401-409.

Bernad, 1990b. Tipología de estrategias de aprendizaje: su aplicación y resultados en la Universidad. En C. Monereo (Comp.). *Las estrategias de aprendizaje. Procesos, contenidos e interacción*. Barcelona: Domenech.

Bevan, 1994. Measuring usability as quality of use. *Journal of Software Quality*, 4, pp. 115-130.

Bevan, Kirakowski & Maissel, 1991. What is Usability? H.-J. Bullinger, (Ed.). *Human Aspects in Computing: Design and use of interactive systems and work with terminals*, Amsterdam: Elsevier.

Biggs, 1978. Individual and group differences in study processes. *British Journal of Education Psychology*, 48, pp. 266-279.

Biggs, 1979. Individual differences in study processes and the quality of learning outcomes. *Higher Education*, 8, pp. 381-394.

Biggs, 1985. The role of metalearning in study processes. *British Journal of Educational Psychology*, 55, pp. 185-212

Biggs, 1987. Study Process Questionnaire (SPQ) Manual. Melbourne: *Australian Council for Educational Research*.

Biggs, 1993. What do inventories of students' learning processes really measure? A theoretical review and clarification, *British Journal of Educational Psychology*, 63, pp. 3-19.

Biggs, 1994a. Student Learning Research and Theory- where do we currently stand? Reproduced with permission from Gibbs, G (Ed.). *Improving Student Learning. Theory and Practice*. Oxford: *Oxford Centre for Staff Development*.

Biggs, 1994b. Approaches to learning: nature and measurement of. *The international Encyclopedia of Education*, Vol. 1. Segunda edición. Oxford: Pergamon Press.

Biggs, 1996. Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher Education*, 32, pp. 347-364.

Biggs, 1988. The role of metacognition in enhancing learning. *Australian Journal of Education*, 32, pp. 127-138.

Biggs, 1999. Lo que los estudiantes llevan a cabo: enseñar para acrecentar el aprendizaje. *Higher Education. Research and Development*, 18 (1), pp. 57-75.

Biggs, 2001. Enhancing learning: a matter of style or approach? *Perspectives on Thinking, Learning and Cognitive Style*. pp. 73-102. London: LEA.

- Biggs, 2005. *Calidad del aprendizaje universitario*. Madrid: Narcea.
- Biggs, Kember & Leung, 2001. The revised two-factor study process questionnaire: R-SPQ-2F. *British Journal of Educational Psychology*, 71(1), pp. 133-149.
- Billinghurst, M., Kato, H., & Poupyrev, I. 2001. The magicbook-moving seamlessly between reality and virtuality. *Computer Graphics and Applications, IEEE*, 21(3), pp. 6-8.
- Bimber, 2005. *Spatial augmented reality*. Wellesley: AK Peters.
- Bimber, O., Emmerling, A., & Klemmer, T. 2005. Embedded entertainment with smart projectors. *Computer*, 38(1), pp. 48-55.
- Blanco, A., Prieto, L., Torre, J.C. y García, M. 2009. *Adaptación, validación y evaluación de la invarianza factorial del cuestionario revisado de procesos de estudio (R-SPQ-2F) en distintos contextos culturales: diseño del estudio y primeros resultados*. Actas del IX Congreso Nacional de Modelos de Investigación Educativa sobre "Educación, investigación y desarrollo social". Huelva: AIDIPE-Universidad de Huelva, pp. 1535-1543.
- Blumenfeld, 1992. Classroom learning and motivation: Clarifying and expanding goal theory. *Journal of Educational Psychology*, 84(3), pp. 272-81.
- Blumenfeld & Meece, 1988. Students' goal orientations and cognitive engagement in classroom activities. *Journal of Educational Psychology*, Vol 80(4), pp. 514-523
- Bodner & McMillen, 1986. Cognitive restructuring as an early stage in problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*.
- Bruce & Gerber, 1994. Towards university lectures' conceptions of student learning. *Higher Education*, 29(4), pp. 443-458.

Bruffee, 1995. Sharing our toys: Cooperative learning versus collaborative learning. *Change: The Magazine of Higher Learning*, 27(1), pp. 12-18.

Bryant & Oliver, 2008. El desarrollo de las competencias matemáticas en la primera infancia. *Revista Iberoamericana de Educación* n.º 47

Buendía & Olmedo, 2000. *Estrategias de aprendizaje y procesos de evaluación en la educación universitaria*. Bordón, 52 (2), pp. 151-163.

Buendía & Olmedo, 2001. Estrategias de aprendizaje en función del contexto cultural. En T. Pozo; R. López; B. García y E. Olmedo. *Investigación Educativa: Diversidad y escuela*. pp. 301-307. Granada: Grupo Editorial Universitario.

Buendía & Olmedo, 2002. El género: ¿constructo mediador en los enfoques de aprendizaje universitario? *Revista de Investigación Educativa*, 20 (2), pp. 511-524.

Buendía, & Olmedo, 2003. Estudio transcultural de los enfoques de aprendizaje en educación superior. *Revista de Investigación Educativa*, 21 (2), pp. 371-386.

Buendía, Olmedo & Berrocal, 2001. Los enfoques de aprendizaje en estudiantes universitarios españoles. *Revista de Investigación Educativa*, 19 (2), pp. 465-489.

Buendía, Olmedo & Pegalajar, 2001. Estrategias de aprendizaje en la realización de tareas. *Revista de Investigación Educativa*, 19 (2), pp. 497-498.

Buendía, Colás & Hernández, 2003. *Métodos de Investigación en Psicopedagogía*. Madrid: McGraw-Hill.

Buendía, Olmedo & González, 2004. *Approach to learning and peer task resolution*.

Cabanach, 2001. Metas de aproximación, metas de evitación y múltiples metas académicas. *Psicothema*, 13(4), pp. 546-550.

Campos & Cofan, 1986. Rotation of images and primary mental abilities: Influence of information and sex. *Perceptual and motor skills*, 63(2), pp. 644-646.

Cano & Justicia, 1988. Las estrategias de aprendizaje: Estado de la cuestión. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 2, pp. 89-106.

Cano & Justicia, 1994. Learning strategies, styles and approaches: an analysis of their interrelationships. *Higher Education*, 27, pp. 239-260.

Cano, 2000. Diferencias de género en estrategias y estilos de aprendizaje. *Psicothema*, 12 (3), 360-367.

Caplan, MacPherson & Tobin, 1985. Do sex-related differences in spatial abilities exist? A multilevel critique with new data. *American Psychologist*, 10 (1), pp. 58-72.

Carter, LaRussa & Bodner, 1986. Spatial ability and its role in organic chemistry: A study of four organic courses. *Journal of research in science teaching*, 24(3), pp. 229-240.

Casals, E., García, I., Noguera, E., Payà, M., & Tey, A., 2005. Innovación y mejora de la docencia universitaria mediante la metodología de aprendizaje basado en problemas (ABP). *Revista Iberoamericana de Educación*, 36(12), pp. 1-11.

Casey, Winner, Brabeck & Sullivan, 1990. *Visual-spatial abilities in art, maths and science majors: Effects of sex, family handedness and spatial experience*.

Cladellas, 2005. *Diferencias entre hombres y mujeres en una prueba computarizada de rotación mental en función de la velocidad y de la exactitud*. 2º congreso hispano-Portugués de Psicología.

Claudi Alsina, 2005. *La vuelta al mundo buscando las ocho competencias*. Barcelona: Editorial Rubes.

Clements & Battista, 1992. Geometry and spatial reasoning.

Collins & Kimura, 1997. A large sex difference on a two-dimensional mental rotation task. *Behavioral Neuroscience*, 63 (2), pp. 41- 55

Connolly & Maicher, 2005. The developing and testing of an interactive web-based tutorial for orthographic drawing instruction and visualization enhancement. In *2005 ASEE Annual conference & exposition*.

Contero, M., Company, P., Saorin, J. L., & Naya, F., 2006. Learning support tools for developing spatial abilities in engineering design. *International Journal of Engineering Education*, 22(3), pp. 470-477.

Contreras, Colom, Hernandez, & Santacreu, 2003. The assessment of spatial ability with a single computerized test. *European Journal of Psychological Assessment*, 19(2), pp. 92-100.

Cué, J. L. G., Rincón, J. A. S., & García, C. M. A., 2009. Instrumentos de medición de estilos de aprendizaje. *Revista de estilos de aprendizaje*, 4(4), pp. 1-23.

Cusi, Kirakowski y Corbett, 1988. Measuring user satisfaction. In *4. Conference of the British Computer Society Human-Computer Interaction Specialist Group*. pp. 329-338.

Dall'Alba, 1986. Learning strategies and the learner's approach to a problem solving task. *Research in Science Education*, 16(1), pp. 11-20.

Dall'Alba, 1990. Foreshadowing conceptions of teaching. Paper presented at the *Annual Conference of the Higher Education Research and Development Society of Australasia*, 6–9, July, 1990, Griffith University, Brisbane.

De la Fuente, J., Justicia, F., Archilla, I. & Soto, A., 1994. *Factores condicionantes de las estrategias de aprendizaje y del rendimiento en alumnos universitarios a través del ACRA*. Almería: Universidad de Almería.

De la Fuente, J., Justicia, F., Cano, F., Pichardo, M.C., Martínez, J.M. & Berbén, A.B., 2003-2006. *Mejora de la autorregulación del aprendizaje, en estudiantes universitarios, a través de estrategias de enseñanza reguladora "on-line"*. Proyecto I+D+i ref. BSO2003-06493. Madrid: Ministerio de Ciencia y Tecnología.

De la Fuente, & Martínez, 2003. *Cuestionario revisado del proceso de estudio*. Versión castellana. Universidad de Almería.

De la Fuente & Justicia, 2004. Regulación de la enseñanza para la autorregulación del aprendizaje en la Universidad. *Aula Abierta*, 82, pp. 161.

Devon, R., Engel, R.S., Foster, R.J., Sathianathan, D, & Turner, G.F.W., 1994. The effect of solid modelling on 3D visualization Skills. *Engineering Design Graphics Journal*, 6 (3), pp. 25-35

Díaz-Barriga & Hernández, 2002. *Estrategias docentes para el aprendizaje significativo, una interpretación constructivista*. México: McGraw-Hill.

Docampo, 2001. Educación centrada en el aprendizaje. En U. d. Granada (Ed.), *ISBN 84-338-2909-2*, pp. 37-41. Granada: Universidad de Granada.

D'Oliveira, 2004. Dynamic spatial ability: An exploratory analysis and a confirmatory study. *The International Journal of Aviation Psychology*, vol. 14, núm. 1, pp. 19-38.

Duesbury & O'Neil, 1996. Effect of type of practice in a computer-aided design environment in visualizing three-dimensional objects from two-dimensional orthographic projections. *Journal of Applied Psychology*, 81(3), pp.249-259.

Eals & Silverman, 1994. The hunter-gatherer theory of spatial sex differences: Proximate factors mediating the female advantage in recall of object arrays. *Ethology & Sociobiology*, 20, pp. 85-98.

Eccles, 1983. Expectancies values and academic behaviors.

Ekstrom, R. B., French, J. W., Harman, H. H., & Dermen, D., 1976. *Manual for kit of factor-referenced cognitive tests* pp. 109-113. Princeton, NJ: Educational testing service.

Eliot & Czarnolewsky, 2007. Development of an everyday Spatial Behavioral Questionnaire. *The Journal of General Psychology*, vol. 134, núm. 3, pp. 361-381.

Eliot & Smith, 1983. An international dictionary of spatial tests. *Winstor: Nelson Publishing Company*.

Entwistle, Hanley & Hounsell, 1979. Identifying distinctive approaches to studying. *Higher education*, 8(4), pp. 365-380.

Entwistle & Ramsden, 1983. *Understanding student learning*. London. Croom Helm.

Entwistle, 1988. Motivational factors in students' approaches to learning. En R.R. Schmeck (Ed.), *Learning Strategies and Learning Styles*, pp. 21-50. New York: Plenum Press.

Entwistle, & Tait, 1990. Approaches to learning, evaluations of teaching, and preferences for contrasting academic environments. *Higher Education*, 19, pp. 169-194.

Feden & Vogel, 2002. Applying Cognitive Science to Promote Student Learning with Powerweb. *Methods of Teaching*.

Fennema, 1985. The use of spatial visualization in mathematics by girls and boys. *Journal for Research in Mathematics Education*, pp. 184-206.

Fennema & Sherman, 1978. Sex-related differences in mathematics achievement and related factors: A further study. *Journal for Research in Mathematics Education*, pp. 189-203.

Ferguson, 1992. *Engineering and the Mind's Eye*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Ferreiro, 2006. *Estrategias didácticas del aprendizaje cooperativo: el constructivismo social, una nueva forma de enseñar y aprender*. Ed. Gravié

Fox, R., Macanus, I.C. & Winder, B., 2001. The shortened Study Process Questionnaire: An investigation of its structure and longitudinal stability using confirmatory factor analysis. *British Journal of Educational Psychology*, 71, pp. 511-530.

Frey & Baird 2000. Does rapid prototyping improve student visualization skills. *Journal of Industrial Technology*, 16(4), pp. 1-6.

G. Martín, J.P. Suárez y M. García, 2000. *Desarrollo de un Laboratorio Virtual para el Estudio y Simulación de Mecanismos en la Ingeniería*, CIIG-2000. Actas del XII Congreso Internacional de Ingeniería gráfica, Valladolid.

G. Martín, J.P. Suárez y M. García, *Laboratorio Virtual para el Estudio y Aprendizaje de Mecanismos en la Ingeniería* 2000. Actas del VIII Congreso de Innovación Educativa en Enseñanzas Técnicas, San Sebastián.

Gagne, 1997. *The Cognitive Psychology of School Learning* (2ª ed.). Washington, EEUU: Allyn & Bacon.

Galton, 1869. *Hereditary genius*. Macmillan and Company.

Gagne, Yekovich & Yekovich, 1997. *Estratégias de aprendizagem e desempenho escolar: considerações para a prática educacional*. Universidade Estadual de Campinas.

García, A., Salvador, L. y Zubieta, J.C., 1991. *Elementos para un análisis evaluativo de la Universidad. El caso de la Universidad de Cantabria*. Actas de las Jornadas "la investigación educativa sobre la universidad". Madrid: CIDE.

García Berbén, 2005. Estudio de los enfoques de aprendizaje en estudiantes de Magisterio y Psicopedagogía. *Electronic journal of research in educational psychology*, 3(6), pp.109-126.

García Rueda, 2002. Modelo de Evaluación de Competencias Docentes para la Educación Media y Superior. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, ISSN-e 1989-0397, pp.124-136

Gardner, 1993. *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. Basic Books; 10th Ann edition.

Gardner, 2005. *Inteligencias múltiples: la teoría en la práctica*.

Gardner, 2006. *Five Minds For The Future*. Harvard Business School Press

Gaughran, 1996. The Graphics Code, Visualisation and CAD. *The 6th International Conference FAIM'96 Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*. Atlanta, USA.

Geary, Gilger & Elliot-Miller, 1992. Gender differences in three-dimensional mental rotation: A replication. *Journal of Genetic Psychology*, 5 (2), pp. 123-135

Gerson, H. B., Sorby, S. A., Wysocki, A., & Baartmans, B. J., 2001. The development and assessment of multimedia software for improving 3-D spatial visualization skills. *Computer Applications in Engineering Education*, 9(2), pp. 105-113.

Goleman, 2012. *Inteligencia emocional*. Ed. Kairós.

Gómez Skarmeta & Ibáñez Martínez, J., 1999. *Un Entorno para la Edición y Simulación de Plantas de Producción Virtuales*. XI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Logroño. Pamplona. 2-4 junio 1999.

González y Tourón, 1992. *Autoconcepto y rendimiento académico*. Pamplona: EUNSA.

Gorgorió, 1998. Exploring the Functionality of Visual and Non-visual Strategies in Solving Rotation Problems, *Educational Studies in Mathematics* 35, pp. 207-231.

Gros Salvat, 2000. *El ordenador invisible. Hacia la apropiación del ordenador en la enseñanza* (1ª ed.). Barcelona, España: Gedisa, S.A. Biblioteca de educación.

Guay, 1976. *Purdue spatial visualization test*. Purdue University.

Guilford & R. Hoepfner, 1969. *The analysis of intelligence*. McGraw-Hill, New York

Guilford & Zimmerman, 1952. Guilford, J. P., Fruchter, B., & Zimmerman, W. S. Factor analysis of the Army Air Forces Sheppard Field Battery of experimental aptitude tests. *Psychometrika*, 17(1), pp. 45-68.

Gur, R. C., Gunning-Dixon, F., Bilker, W. B., & Gur, R. E., 2002. Sex differences in temporo-limbic and frontal brain volumes of healthy adults. *Cerebral Cortex*, 12(9), pp. 998-1003.

Guzmán, & Nuñez, 1998. Virtual Learning Spaces in Distance Education: Tools for the Eva Project. *International Journal Expert Systems with Applications (Special Issue)*, Pergamon Press.

Halpern, 2000. *Sex differences in cognitive abilities*. Psychology press.

Harman, Humphrey & Goodale, 1999. Active manual control of object views facilitates visual recognition. *Current Biology*, 9(22), pp. 1315-1318.

Harris, Wickline & Iliescu, 2004. *Construct Validation of Revised Study Process Questionnaire (R-SPQ-2F) with an American College Sample*.

<http://www.psychologicalscience.org/convention/program/search/results>

<http://www.psychologicalscience.org/convention/program/search/results.cfm?AbAuthor=40184>

Hegarty & Waller, 2004. A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. *Intelligence*, 32(2), pp. 175-191.

Hernández, 2000. La enseñanza de estrategias de aprendizaje. *Revista Actas Pedagógicas*, 20 (5), pp. 17-56.

Hernández, 2002. Las estrategias de aprendizaje como un medio de apoyo en el proceso de asimilación.

http://intranet.dict.uh.cu/Revistas/Educ_Sup/032002.Art050302.pdf.

Hernández, 1990. Enfoques de aprendizaje universitario como base para el diagnóstico de necesidades. *Revista de Investigación Educativa*, 8 (16), pp. 239-253.

Hernández Pina, 1993. Concepciones en el estudio del aprendizaje de los estudiantes universitarios. *Revista de Investigación Educativa*, 22, pp. 117-145.

Hernández Pina, 1996. La evaluación de los alumnos en el contexto de la evaluación de la calidad de las universidades. *Revista de Investigación Educativa*, 14 (2), pp. 25-50

Hernández Pina, 1997. El aprendizaje de los alumnos en el marco del Plan Nacional de Evaluación de las Instituciones Universitarias. En H. Salmerón (Ed.), *Evaluación Educativa*, pp.175-206. Granada: GEU

Hernández Pina, 2000. *La evaluación de estudiantes*. En Jornadas de Medición y Evaluación Educativas: Estándares e Indicadores para Analizar la Realidad Educativa. Universidad de Valencia.

Hernández Pina, F., García, M.P. y Maquilón, J.J., 2001. Estudio empírico de los enfoques de aprendizaje de los estudiantes universitarios en función del perfil de su titulación (profundo vs. superficial). *Revista de Orientación y Psicopedagogía*, 12 (22), pp. 303- 318.

Hernández Pina, 2002. Consistencia entre motivos y estrategias de aprendizaje en estudiantes universitarios. *Revista de Investigación Educativa*, 20 (2), pp. 487-510.

Hernández Pina, F., García, M.P., Martínez, P., Hervás, R.S. y Maquilón, J., 2002. Consistencia entre motivos y estrategias de aprendizaje en estudiantes universitarios. *Revista de Investigación Educativa*, 20 (2), pp. 487-510.

Hernández Pina, 2005. *Aprendizaje, Competencias y Rendimiento en la Educación Superior*. Madrid: La Muralla, S.A.

Hertzog & Rypma, 1991. Age differences in components of mental rotation task performance. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 54, pp. 65-82.

Hollyday-Darr, K., Blasko, D., & Dwyer, C., 2000. Improving Cognitive Visualization with a Web Based Interactive assessment and Training Program. *Engineering Design Graphics Journal*, 64 (1), pp. 4-9.

Höllerer, T., & Feiner, S., 1999. Mobile augmented reality. *Telegeoinformatics: Location-Based Computing and Services*. Taylor and Francis Books Ltd., London, UK.

Hsiao-Lin Tuana, Chi-Chin Chin & Shyang-Horng Shieh. Tuan, H. L., Chin, C. C., & Shieh, S. H., 2005. The development of a questionnaire to measure students' motivation towards science learning. *International Journal of Science Education*, 27(6), pp. 639-654.

Leach, 1992. *Utilization of Solid Modeling in Engineering Graphics Courses*. <http://www.proceedings.spiedigitallibrary.org>

Rojas Sola, 2001. Protocolo para la evaluación de software multimedia en el area de expresión grafica en la ingeniería. *Anales de Ingeniería Grafica*, nº 14, pp.14-22

Jakob Nielsen, 2010. Heuristic evaluation. *Usability inspection methods*, 17, pp. 25-62.

Jensen, 1986. The impact of Computer Graphics on Instruction in Engineering Graphics. *Engineering Design Graphics Journal*, 23, pp. 59-75.

Jerz & Strong, 2002. Redesigning engineering graphics to include CAD and sketching exercises. *ASEE Annual Conference Proceedings, Montreal, Canada, June 2002*, pp. 65-83.

Johnson, 1990. Speed of mental rotation as a function of problem solving strategies. *Perceptual and Motor Skills*, 3, pp. 28-45

Johnson & Johnson, 1999. Johnson, D. W., & Johnson, R. T. *Learning together and alone: Cooperative, competitive, and individualistic learning* (1^a ed.). Buenos Aires, Argentina: Aique (Paidós).

Joint Technical Committee ISO/IEC JTC 1 and The VRML Consortium, Inc. *The Virtual Reality Modeling Language. International Standard ISO/IEC 14772-1:1997, 1997. The ISO VRML 97 specification: VRML Repository.* <http://vrml.sdsc.edu>

Jonassen, 2004. *Handbook of research on educational communications and technology*. Mahwah: Lawrence Erlbaum.

Jonassen, Howland, Marra, & Crismond, 2007. *Virtual warrensburg: Using cooperative learning and the internet in the social studies classroom*. Pearson Prentice Hall, 63 (5), pp.125-143.

Jonassen, & Choa, 2009. Development of the human interaction dimension of the Self-Regulated Learning Questionnaire in asynchronous online learning environments. (Routledge, Ed.) *Educational Psychology*, 29(1), pp. 117-138.

Johnson, 1990. The development of visual attention: A cognitive neuroscience perspective. *Brain development and cognition: A reader*, pp. 134-150.

Jones & Anuza, 1982. Effects of sex, handedness, stimulus and visual field on "mental rotation". *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*.

Justicia & Cano, 1996. Los procesos y estrategias de aprendizaje. En J. González, J. Escoriza y R. González (Eds.). *Psicología de la instrucción II. Componentes cognitivos y afectivos del aprendizaje escolar*. Barcelona: EUB.

Justicia, 2000. El comportamiento experto. En D. González, J.A. Amezcua y F. Peñafiel. *El psicopedagogo en la organización y gestión de programas de formación*, pp. 89-103. Granada: GEU.

Kail & Park, 1990. Impact of practice on speeded mental rotation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2 (6), pp. 56-70.

Kaufmann, 2004. *Improving Spatial Abilities by Geometry Education in Augmented Reality - Application and Evaluation Design*. Institute of Software Technology and Interactive Systems, Vienna University of Technology.

Kember & Gow, 1994. Orientations to teaching and their effect on the quality of student learning. *Journal of Higher Education*. 65, pp. 59-74.

Kember, 1996. The intention to both memorise y understand: another approach to learning?. *Higher Education*, 31, pp. 341-351.

Kember, 2000. *Action learning and action research: improving the quality of teaching and learning*. London: Kogan Page.

Kember & Leung, 1998. The dimensionality of approach to learning: an investigation with confirmatory factor analysis on the SPQ and LPQ. *British Journal of Educational Psychology*, 68, pp. 395-407.

Kember, D., Wong, A. & Leung, D., 1999. Reconsidering the dimensions of approach learning. *British Journal of Educational Psychology*, 69, pp.323-343.

Kirakowski & Corbett, 1988. Measuring User Satisfaction. En D M Jones and R Winder (Eds.) *People and Computers IV*. Cambridge: Cambridge University Press.

Kolb, 1984. *Perspectives on cognitive, learning, and thinking styles*. NJ: Lawrence Erlbaum.

Kozhevnikov, Hegarty & Mayer, 2002. Revising the visualizer-verbalizer dimension: Evidence for two types of visualizers. *Cognition and Instruction*, 20(1), pp. 47-77.

Lappan & Houang, 1988. The effect of instruction on spatial visualization skills of middle school boys and girls. *American Educational Research Journal*, 25(1), pp. 51-71.

Lee & Brophy, 1996. Motivational patterns observed in sixth-grade science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(3), pp. 303-318.

Lemay, Murdock & Couch, 1996. *3D Graphics and VRML 2*. Sams.net.

Leung & Chan, 2001. *Construct Validity and Psychometric Properties of the Revised Two-factor Study Process Questionnaire (R-SPQ-2F) in the Hong Kong Context*. Paper presented at the AARE 201 Conference, 2-6 December, 2001 at the Notre Dame University, Perth, Australia.

Liben, 1988. Developing an understanding of graphic representations in children and adults: The case of GEO-graphics. *Cognitive Development*, 7(3), pp. 331-349.

Likert & Quasha, 1995. *Revised Minnesota Paper Form Board Test Manual*. The Psychological Corporation. San Antonio: Harcourt Brace & Company. pp. 23-30.

Linn & Petersen, 1985. *Emergence and characterisation of gender differences in spatial abilities: A meta-analysis*. Child Development.

Lohman, 1985. Spatial ability, In: I. Dennis P. Tapsfield (Eds.), *Human abilities: Their nature and assessment*, Erlbaum, Hillsdale, NJ, pp. 97–116.

Lord, 1985. Enhancing the Visuo-Spatial Aptitude of Students. *Journal of Research in Science Teaching*, 22 (5), pp. 395-405.

Lucero, 2003. Entre el trabajo colaborativo y el aprendizaje colaborativo. *Revista Iberoamericana de Educación*, pp. 1-21.

Lucero, M. M., Chiarani, M. C., & Pianucci, I. G., 2003. Modelo de Aprendizaje Colaborativo en Ambientes Colaborativos Inteligentes. En U. N. Plata, & RedUNCI (Ed.), *Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, pp. 160-173. La Plata (Argentina).

Luehring & Altman, 2000. Factors contributing to sex differences in the mental rotation task. *Psi Chi Journal*, 5 (3), pp. 124-140.

Maccoby & Jacklin, 1974. *The psychology of sex differences* (Vol. 1). Stanford University Press.

Macías, 2007. *Innovación educativa ¿Moda pasajera o un nuevo paradigma?* <http://es.shvoong.com/social-sciences/1624221-innovaci%C3%B3n-educativa/>

Mackay, 2005. MacKay, D. J. Encyclopedia of sparse graph codes.

Maier, 1994. *Räumliches vorstellungsvermögen*. Frankfurt a.M., Berlin, Bern, New York, Paris, Wien: Lang.

Marín, 2002. La investigación sobre diagnóstico de los estilos de aprendizaje en la enseñanza superior. *Revista de Investigación Educativa*, 20 (2), pp. 303-337.

Marina, 2001a. Profesores para un mundo ultramoderno. *Cuadernos de Pedagogía*, (304), pp. 18-21.

Marina, 2001b. *El vuelo de la inteligencia*. Editorial: Plaza

Marinoff, 2009. *Más Platón y menos Prozac*. Madrid, España: Ediciones B.

Marqués, 1999. Concepciones sobre el aprendizaje. URL: <http://dewey.uab.es/pmarques/tedidac>

Martín, & Camarero, 2001. Diferencias de género en los procesos de aprendizaje en universitarios. *Psicothema*, 13 (4), pp. 598-604.

Martín Dorta, 2009. *Análisis del uso de dispositivos móviles en el desarrollo de estrategias de mejora de las habilidades espaciales*. [Tesis]. Directores: Dr. D. Manuel Contero González y Dr. D. José Luis Saorín Pérez. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Martín Gutiérrez, 2010. *Estudio y evaluación de contenidos didácticos en el desarrollo de las habilidades espaciales en el ámbito de la ingeniería*. [Tesis]. Directores: Dr. D. Manuel Contero González y Dr. D. José Luis Saorín Pérez. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Martínez Rodrigo, F., Herrero de Lucas, L., González de la Fuente, J., & Domínguez Vázquez, J., 2006. Project based learning experience in industrial electronics and industrial applications design. *International Seminar on Innovative Teaching and Learning in Engineering Education*. pp. 207-215. Valladolid: Universidad de Valladolid: Escuela Universitaria Politécnica.

Marton 1981. Phenomenography - describing conceptions of the world around us. *Institutional Science*, 10, pp. 177-200.

Marton & Säljö, 1976. On qualitative differences in learning. II- Outcome and process. *British Journal of Educational Psychology*, 46, pp. 115-127.

Marton & Säljö, 1984. *Approaches to learning*. En F. Marton, D.J. Hounsell & N.J. Entwistle (Eds.), The experience of learning. Edinburgh: Scottish Academic Press.

Marton & Säljö, 1997. On qualitative differences in learning I- Outcome and process. *British Journal of Educational Psychology*, 46, pp. 4-11.

Meyer *et al.*, 1994. Meyer, J.H., Dune, T.T. & Richardson, J.T.E. (1994). A gender comparison of contextualized study behaviour in higher education. *Higher Education*, 27, pp. 469-485.

McGee, 1979. Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 35, pp. 254-273.

McKeachie, W. J., Pintrich, P. R., Smith, D. A., & García, T., 1993. Reliability and predictive validity of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ). *Educational and psychological measurement*, 53(3), pp. 801-813.

Michael, W. B., Zimmerman, W. S., & Guilford, J. P., 1951. An investigation of the nature of the spatial-relations and visualization factors in two high school samples. *Educational and Psychological Measurement*.

Milgram, P., & Kishino, F., 1994. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEEE Transactions on Information and Systems*, 77(12), pp. 1321-1329.

Miller, 1992. Enhancing Visual Literacy of Engineering Students Through the Use of Real and Computer Generated Models. *Engineering Design Graphics Journal*, 56 (1), pp. 27-38.

Miller & Bertoline, 1991. Spatial visualization research and theories: their importance in the development of an engineering and technical design graphics curriculum model. *Engineering Design Graphics Journal*, 22, pp.125-140.

Mintzes, 2002. Cognitive structure and the affective domain: on knowing and feeling in biology. *International Journal of Science Education*, 24(6), pp. 645-660.

Mohler, 1997. An instructional method for the AutoCAD modeling environment. *Engineering Design Graphics Journal*, 28, pp. 69-85.

Molina Martínez, I., Fernández Carballido, A., Pastoriza Abal, P., Bravo Osuna, I., & Herrero Vanrell, R., 2008. Aplicación del aprendizaje basado en problemas (ABP) a la operación básica de evaporación. *Edusfarm, revista d'educació superior en Farmàcia*(3), pp. 31-37.

www.publicacions.ub.es/revistes/edusfarm3/documentos/441.pdf

Molina Ortiz, J. A., García González, A., Pedraz Marcos, A., & Antón Nardiz, M. V., 2003. Aprendizaje basado en problemas: una alternativa al método tradicional. *I congreso de la Red Estatal de Docencia Universitaria*. Castellón de la Plana: RED-U'03.

Monagas, 1999. Mapas conceptuales como herramienta didáctica. *UNA Documenta*, 13(1-2).

Monereo, 1994. *Estrategias de enseñanza y aprendizaje, formación del profesorado y aplicación en la escuela*. Barcelona: Graó.

Monereo, 1999. *El asesoramiento psicopedagógico en el ámbito de las estrategias de aprendizaje: niveles de intervención*. En J. I. Pozo y C.

Monereo, 2000. *Las estrategias de aprendizaje*. Madrid: Aprendizaje/Visor.

Monereo & Castelló, 1997. *Las estrategias de aprendizaje. Cómo incorporarlas a la práctica educativa*. Barcelona: Edebé.

Morán, S., Rubio, R., Gallego, R., Suárez, J., & Martín, S., 2008. Proposal of interactive applications to enhance student's spatial perception. *Computers & Education*, 50(3), pp. 772-786.

Morer, P.; Fernández, A.; Insua, M.; Fernández, M.I., 1999. *Desarrollo de una Herramienta en el Entorno Virtual de la Expresión Gráfica*. XI Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. Logroño. Pamplona. 2-4 junio 1999.

Muñoz San Roque, Isabel; Prieto Navarro, Leonor y Torre Puente, Juan Carlos, 2012. *Enfoques de aprendizaje, autorregulación, autoeficacia, competencias y evaluación. Un estudio descriptivo de estudiantes de educación infantil y primaria*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas, pp. 237-266.

Narvaja, 1998. Cuestiones relativas a las estrategias de aprendizaje y su relación con el aprendizaje efectivo. *Revista Científica de Educación de la Universidad del Salvador*, 1(1), pp. 108-115.

Norman, 1994. Spatial visualization. A gateway to computer-based technology. *Journal of Special Educational Technology*, 65, pp. 10-26.

Novak & Golwin, 2004. *Learning How to Learn*. Cambridge. Cambridge University Press. 1984.

Nuñez, 1997. *Tecnologías avanzadas de información para soportar el aprendizaje: el proyecto EVA*. Proc. off the Int. Symposium on Information Technologies for Learning, D. F., México.

Ñeco Quiñones, 2005. El rol del maestro en un esquema pedagógico constructivista. *VI Encuentro Internacional y I Nacional de Educación y Pensamiento*. Jalisco, Guadalajara.

Olmedo, 2001. *Estrategias de aprendizaje y modelos de enseñanza en educación superior. [Tesis]*. Director L. Buendía. Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación. Universidad de Granada.

Pellegrino, J. W., Alderton, D. L., & Shute, V. J., 1984. Understanding spatial ability. *Educational Psychologist*, 19(4), pp. 239-253.

Pérez Cabaní, 2000. *Cómo y por qué enseñar y aprender estrategias de aprendizaje en la educación universitaria*. III Jornadas de Infancia y Aprendizaje. Madrid.

Pérez Cabaní, 2001. El aprendizaje escolar desde el punto de vista del alumno: los enfoques del aprendizaje. En C. Coll, J. Palacios, y A. Marchesi (Eds.). *Desarrollo psicológico y educación 2. Psicología de la educación escolar. Segunda Edición*, pp. 285-307. Madrid: Alianza.

Pérez & Serrano, 1998. Pérez Carrión, T., & Serrano Cardona, M. (1998). *Ejercicios para el desarrollo de la percepción espacial*. Alicante, España: Editorial Club Universitario ECU.

Pérez-Poch, 2006. Cuatro años aplicando AC: resultados de impacto en la docencia y prueba piloto de entorno virtual. *VI jornadas sobre aprendizaje cooperativo*. Barcelona: JAP'06.

Piaget & Inhelder, 1956. The child's concept of space. *New York: Humanities Pr.*

Piaget, 2001. *Psychology of Intelligence* (2^a ed.). London - New York: Routledge.

Picardo, 2002. *Pedagogía informacional: Enseñar a aprender en la sociedad del conocimiento*. Universitat Oberta de Catalunya, Ed.
<http://www.uoc.edu/web/esp/art/uoc/opicardo0602/opicardo0602.html>

Pintrich, 1988a. Taking control of research on volitional control: Challenges for future theory and research. *International Journal of Education*.11, pp. 335–354.

Pintrich, 1988b. The role of motivation in promoting and sustaining self-regulated learning. *International Journal of Education*. 31, pp. 459–470.

Pintrich, 1989. Educational psychology at the millennium: A look back and a look forward. *Journal of Education. Psychology*. 35, pp. 221–226.

Pintrich, Smith, Garcia & McKeachie, 1991. *A Manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)*, Report Number NCRIPTAL-91-B-004. Ann Arbor, MI: National Center for Research to Improve Postsecondary Teaching and Learning. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 338 122).

Pintrich & DeGroot, 1990. Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Education. Psychology*. 82, pp. 33–40.

Pintrich & García, 1991. Intraindividual differences in students' motivation and selfregulated learning. *German Journal of Educational Psichology*, 7 (3), pp. 99-107.

Pintrich & Schunk, 1988. *Motivation in education: Theory, research and applications* (2nd ed.). Englewood Cliffs, NJ: Merrill Company.

Pilcher, 2002. *Student Approaches to Learning in Accounting: An Embryonic Work-in-progress*. Faculty of Commerce, Charles Sturt University.

Porto, 1994. *Las aproximaciones al proceso de aprendizaje en estudiantes universitarios*. [Tesis] Universidad de Santiago de Compostela.

Porto, 1997. *Los enfoques de aprendizaje en contextos educativos: una aproximación conceptual*. En A. Barca, R. Cabanach, J. Marton, A. Porto y A. Valle, *Procesos básicos de aprendizaje y aprendizaje escolar*. La Coruña: Servicios de Publicaciones de la Universidad de La Coruña.

Pozo, 1990. Estrategias de aprendizaje. En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi (Eds.). *Desarrollo psicológico y educación II. Psicología de la educación*, pp. 199-221. Madrid: Alianza.

Previc, 1998. The neuropsychology of 3-D space. *Psychological bulletin*, 124(2), pp. 123.

Pribyl & Bodner, 1987. Spatial ability and its role in organic chemistry: a study of four organic courses. *Journal of Research in Science Teaching*.

<http://www.chem.purdue.edu/towns/Towns%20Publications/101%20Bodner%20and%20Towns%20JCST.pdf>

Prosser & Trigwell, 1999. *Understanding Learning and Teaching*. Buckingham: Open University Press.

Queen's University, 2007. *Problem-based learning. Student-Tutor Handbook*. School of Medicine:

<http://meds.queensu.ca/pbl/assets/pblhndbk2009.pdf>

Quesada, 2005. *¿Por qué formar profesores en estrategias de aprendizaje?*

http://www.sld.cu/galerias/doc/sitios/prevemi/estrategias_aprendizaje.doc

Rafi & Samsudin, 2009. Practising Mental Rotation using Interactive Desktop Mental Rotation Trainer (iDeMRT). *British Journal of Educational Technology*, 40 (5), pp. 889-900.

Rafi, Samsudin & Ismail, 2006. On Improving Spatial Ability through Computer-Mediated Engineering Drawing Instruction. *Educational Technology & Society*, 9 (3), pp. 149-159.

Rafi, Samsudin & Said, 2008. Rafi, A., Samsudin, K. A., & Said, C. S. Training in spatial visualization: The effects of training method and gender. *Educational Technology & Society*, 11(3), pp. 127-140.

Ribot, 1906. *Essay on the creative imagination*. Open Court.

Richardson, 1990. Reliability and Replicability of the Approaches to Studying Questionnaire. *Studies in Higher Education*, Vol. 15, Issue 2, pp. 155-169

Richardson, 1995. Mature students in higher education: II. An investigation of approaches to studying and academic performance. *Studies in Higher Education*, 20, pp. 5-17.

Reeve, J., Raven, A. M. L., & Besora, M. V., 1994. *Motivación y emoción*. Madrid: McGraw-Hill.

Redish, 2000. What is information design? *Technical communication*, 47(2), pp. 163-166.

Renz & Nebel, 2007. Qualitative spatial reasoning using constraint calculi. In *Handbook of spatial logics*, pp. 161-215. Springer Netherlands.

Roces, C., Tourón J. y M. C. González, 1995. Motivación, estrategias y rendimiento de los alumnos universitarios. *Bordón*, 47 (1), pp. 107-111.

Rodríguez, S., Cabanach, R.G., Piñeiro, I., Valle, A., Núñez, J.C. & González-Pienda, J.A., 2001. Metas de aproximación, metas de evitación y múltiples metas académicas. *Psicothema*, 13, pp. 546-550.

Rodríguez Palmero, M. L., Moreira, M. A., Caballero Sahelices, M^a. & Greca, I. M., 2008. *La Teoría del Aprendizaje Significativo en la perspectiva de la psicología cognitiva*. Barcelona, España: Octaedro.

Ruyra, 1938. *L'educació de la inventiva* (Vol. 66). Institut d'Estudis Catalans.

Sadler-Smith, 1996. Approaches to studying: age, gender and academic performance. *Educational Studies*, 22, pp. 367-379.

Sadler-Smith, & Tsang, 1998. A comparative study of approaches to studying in Hong Kong and the United Kingdom. *British Journal of Educational Psychology*, 68, pp. 81-93.

Sáenz, 2004. Estilos de vida y estilos de aprendizaje como variables en la orientación. *Actas del I Congreso Internacional de Estilos de Aprendizaje*. Madrid: UNED.

Sánchez Barrios, 1991. *Nuevas Estrategias de Enseñanza y Evaluación de la Electrotecnia en la Universidad*. [tesis]. Santander, España - Spain: Universidad de Cantabria: E.T.S.I.I.

Sánchez Robert & Casanella Alonso, 2004. ¿Cómo transformar una asignatura convencional en una asignatura basada en el aprendizaje cooperativo? <http://www.digsys.upc.es>

Sánchez Carlessi & Reyes Romero, 2003. *Psicología del aprendizaje y la educación superior*. Vision Universitaria, Santa Patricia

Sancho, 2002. En busca de respuestas para las necesidades educativas de la sociedad actual: una perspectiva transdisciplinar de la tecnología. *Revista fuentes*, 4, pp.23-52.

Saneugenio, A. (2001). *El aprendizaje estratégico en docencia universitaria*.

<http://www.revele.com.ve/pdf/docencia/voliin2/pag105.pdf>

Santamaria, 2004. *Adaptación española del sistema de evaluación de la conducta en niños y adolescentes*. Madrid: TEA Ediciones, 2004

Saorín, 2006. Estudio del efecto de la aplicación de tecnologías multimedia y del modelado basado en bocetos en el desarrollo de las habilidades espaciales. [Tesis]. Universidad Politécnica de Valencia, España.

Säljö, 1982. Learning and understanding: A study of differences in constructing meaning from a text. Goterburg: *Acta Universitatis Gotoburgensis*.

Schnädelbach, H., Koleva, B., Benford, S., Pridmore, T., Medina, K., & Smith, H., 2002. Camping in the digital wilderness: tents and flashlights as interfaces to virtual worlds. In *CHI'02 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 780-781.

Shepard & Metzler, 1971. Mental rotation of three-dimensional objects.

Shepard & Cooper, 1988. Mental rotation: Effects of stimulus complexity and familiarity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, Vol 14(1), pp. 12-23.

Sherman, F. F., Arias, F., Gartstein, V., Owens, G. D., Jevtitch, M. M., & Huang, C. C., 2003. *U.S. Patent No. 6,591,124*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Sherman, 2003. *The invisible web: uncovering sources search engines can't see*. <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/10046>

Serrano, 2003. Los mapas preconceptuales como estrategias de aprendizaje cooperativo en educación infantil. *Revista de educación*, (331), pp. 421-441.

Sexton, 1992. Effect on spatial visualization: Introducing basic engineering graphics concepts using 3D CAD technology. *Engineering Design Graphics Journal*, 56(3), pp. 36-43.

Silver, H. F., Strong, R. W., & Perini, M. J., 2000. *So Each May Learn: Integrating Learning Styles and Multiple Intelligences*. Association for Supervision and Curriculum Development, 1703 North Beauregard Street, Alexandria, VA 22311-1714.

Sjölander, 2006. *Towards a framework for design and evaluation of navigation in electronic spaces*.

<http://www.sics.se/humle/projects/persona/web/littsurvey/ch4.pdf>

Skogsberg, K. & Clump, M., 2003. *Do psychology and biology majors differ in their study processes learning styles?* *College Student Journal*.

http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m0FCR/is_1_37/ai_99816476

Small, & Morton, 1983. Research in College Science Teaching: Spatial Visualization Training Improves Performance in Organic Chemistry. *Journal of College Science Teaching*, 13(1), pp. 41-43.

Smith, 1964. *Spatial ability. Its educational and social significance*. London: University of London.

Sorby, 1999. Developing 3-D spatial visualization skills. *Engineering Design Graphics Journal*, 63(2).

Sorby, 2000. Spatial abilities and their relationship to effective learning of 3-D modeling software. *Engineering Design Graphics Journal*. <http://www.edgj.org/index.php/EDGJ>

Sorby & Baartmans, 2000. The Development and Assessment of a Course for Enhancing the 3-D Spatial Visualization Skills of First Year Engineering Students. *Journal of Engineering Education*, Vol. 89, No. 3, pp.301-307.

Sorby, Wysocky & Baartmans, 2003. Sorby, S. A., Wysocki, A. F., & Baartmans, B. G. *Introduction to 3D spatial visualization: An active approach*. Cengage Learning.

Spearman, 1927. *The abilities of man: Their nature and measurement*. New York: MacMillan.

Stern, 1911. *Intelligenzproblem und Schule*. Leipzig: Teubner.

Stumpf & Eliot, 1999. A structural analysis of visual spatial ability in academically talented students. *Learning and Individual Differences*, vol. 11, núm. 1, pp. 137-151.

Strong & Smith, 2002. Spatial visualization: fundamentals and trends in engineering graphics. *Journal of Industrial Technology*, 18, 1.

Suárez Rivero, J.P.; Martín Lorenzo, G; García Domínguez, M. SAD, Sistema de Apoyo al Dibujo. <http://www.gi.ulpgc.es/mgc/sad2004/>

Suárez Rivero, J.P.; Martín Lorenzo, G; García Domínguez, M. INDI, Ingeniería y Dibujo Industrial. <http://www.gi.ulpgc.es/mgc/indi/>

Sutherland, 1965. The ultimate display. *Multimedia: From Wagner to virtual reality*.

Szalavári, Z., Schmalstieg, D., Fuhrmann, A., & Gervautz, M., 1998. "Studierstube": An environment for collaboration in augmented reality. *Virtual Reality*, 3(1), pp. 37-48.

Tait, Entwistle & McCune, 1998. ASSIST: A Reconceptualisation of the Approaches to Studying Inventory. In e. Rust (Ed.), *Improving student learning: Improving Students as Learners*. pp. 262-271. Oxford: Oxford Centre for Staff and Learning Development.

Thurstone, 1938. Primary mental abilities. *Psychometric monographs*

Trigueros Cervantes, C., de la Torre Navarro, E., & Rivera García, E., 2010. El chat como estrategia para fomentar el aprendizaje colaborativo. Una experiencia práctica en el Practicum de Magisterio. *II Congreso internacional de didácticas*. Gerona: CiDc.

Trigwell, Prosser & Waterhouse, 1999. Relations between teachers' approaches to teaching and students' approaches to learning. *Higher Education*, 37, pp. 57-77.

Turos & Ervin, 2000. Training and gender differences on a web-based mental rotation task. The Penn State Behrend. *Psychology Journal*, vol. 4, núm. 2, pp. 3-12.

Uguroglu, M. E., Shah, J. H., & Tenhaken, J.D., 1981. Development and Implementation of a Diagnostic Evaluation Technique. *Medical Teacher*, 6(2), pp. 52-55.

Van Garderen, 2006. Spatial visualization, visual imagery, and mathematical problem solving of students with varying abilities. *Journal of Learning Disabilities*, 39(6), pp. 496-506.

Van Rossum & Schenk, 1984. The relationship between learning conception, study strategy and learning outcome. *British Journal of Educational Psychology*, 54(1), pp. 73-83.

Valle, A., González, R., Gómez, M. I., Vieiro, P., Cuevas, I. M. & González, R. M., 1997. Atribuciones causales y enfoques de aprendizaje en estudiantes universitarios. *Revista de Orientación y Psicopedagogía*, 8 (14), pp. 287-298.

Valle, A., González, L., Cuevas, A. y Fernández P., 1998. Las estrategias de aprendizaje: características básicas y su relevancia en el contexto escolar. *Revista de Ciencias de la Educación*. (175), pp. 319-332.

Vallino, 2008. Calibration-free augmented reality. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, 4(1), pp. 1-20.

Vanderberg & Kuse, 1978 Vanderberg S. G., Kuse, A. R, "Mental Rotation, a group test of three dimensional spatial visualization", *Perceptual and motor Skills*, Vol 47, pp 599-604.

Vicente & Williges, 1988. Accommodating individual differences in searching a hierarchical file system. *International Journal of Man-Machine Studies*, 29(6), pp. 647-668.

Vermunt, & Vermetten, 2004. Patterns in student learning: Relationships between learning strategies, conceptions of learning, and learning orientations. *Educational Psychology Review*, 16(4), pp. 359-384.

Vilaplana, F., Ribes, A., Vallés, A., Martínez, A., Contat, L., & Fuentes, P., 2004. Resultado de la aplicación del aprendizaje basado en problemas y el trabajo cooperativo en la calidad del aprendizaje de la asignatura de termodinámica aplicada. *XII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas*. Barcelona: XII CUIEET.

Von Glasersfeld, 1998. Why constructivism must be radical. *Constructivism and education*, pp. 23-28.

Voyer & Bryden, 1995. Magnitude of Sex Differences in Spatial abilities: A Meta-Analysis and Consideration of Critical Variables. *Psychological Bulletin* 117, pp.250–270.

Wanzel, 2002. Effect of visual-spatial ability on learning of spatially-complex surgical skills. *The lancet*, 359(9302), pp. 230-231.

Weiner, 1990. History of motivational research in education. *Journal of educational Psychology*, 82(4), pp. 616-628.

Wiley, 1989. Advocating the Development of Visual Perception as a Dominant Goal of Technical Graphics Curricula. *Engineering Design Graphics Journal*, 53 (1), pp. 1-12.

Yang, Andre & Greenbowe, 2003. Yang, E. M., Andre, T., Greenbowe, T. J., & Tibell, L. Spatial ability and the impact of visualization/animation on learning electrochemistry. *International Journal of Science Education*, 25(3), 329-349.

Zilberstein, & Solís, 2004. *Estrategias de aprendizaje para una educación superior de calidad con apoyo de las TIC*. XII Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura.

<http://www.cujae.edu.cu/eventos/Citel2004/Actividades/cursos.asp>

Zimmerman, 1989. Self-motivation for academic attainment: The role of self-efficacy beliefs and personal goal setting. *American educational research journal*, 29(3), pp. 663-676.

Zhang, 2000. University students' learning approaches in three cultures: an investigation of Biggs's 3P Model. *The Journal of Psychology*, 134 (1), pp. 37-55.

Zlatanova, 2002. 3D GIS: current status and perspectives. *International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 34(4), pp. 66-71.

<http://cmportal.itesm.mx/wps/portal>

<http://www.queensu.ca/homepage/>

<http://www.queensu.ca/homepage/>

<http://en.aau.dk/About+Aalborg+University/Academic+Profile>

<http://www.unimaas.nl>

<http://giac.upc.es/>

<http://www.co-operation.org/>

https://www.courses.psu.edu/metbd/metbd247b_dgb6/VIZ/

<http://crown.panam.edu/EG/games>

<http://kellenmaicher.com/portfolio/projects/multiview.html>

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

<http://illuminations.nctm.org/ActivityDetail.aspx?ID=125>

ANEXOS

ANEXO 1

CUESTIONARIO R-SPQ-2F

CUESTIONARIO REVISADO (R-SPQ-2F) SOBRE PROCESOS DE ESTUDIO, DOS FACTORES

Este cuestionario anónimo consta de una serie de preguntas sobre tu actitud hacia el entrenamiento en **habilidades espaciales** que acabas de realizar y tu forma habitual de estudiar. Todas tus respuestas son confidenciales.

No hay una única manera correcta de hacer este entrenamiento. Por consiguiente, es importante que contestes todas las preguntas lo más honestamente que puedas.

Por favor elije la respuesta que mejor se adapte a tu reacción inmediata.

- No gastes mucho tiempo en cada apartado, la primera reacción es la mejor.
- No te preocupes por proyectar una buena imagen.
- Recuerda que la encuesta es confidencial.

Gracias por tu cooperación.

Indica (X) de la siguiente lista aquello que crees que **es cierto sobre ti**. La escala de respuestas es:

1. Nunca o casi nunca
2. A veces
3. Aproximadamente la mitad de las veces
4. Frecuentemente
5. Siempre o casi siempre

		A	B	C	D	E
		Nunca o casi nunca	A veces	Aproximadamente la mitad de las veces	Frecuentemente	Siempre o casi siempre
1	Después de haber hecho los ejercicios tengo un sentimiento de profunda satisfacción personal.					
2	He tenido que profundizar mucho en estos ejercicios para poder formarme mis propias conclusiones antes de darme por satisfecho.					
3	Hice los ejercicios empleando el mínimo trabajo.					
4	Me limité a estudiar en profundidad los ejercicios que elegí.					

		A	B	C	D	E
5	Creo que los ejercicios fueron interesantes.					
6	Dediqué bastante tiempo a resolverlos.					
7	Los ejercicios no me resultaron muy interesantes así que trabajé lo mínimo.					
8	Me aprendí de memoria la forma de resolver los ejercicios y creo que no la entendí.					
9	El entrenamiento en habilidades espaciales, puede ser en la práctica tan excitante como una buena novela o película.					
10	Me esforcé en los ejercicios hasta que los entendí completamente.					
11	Siento que puedo arreglármelas en los exámenes memorizando las partes más importantes, en lugar de intentar comprenderlas.					
12	Generalmente restrinjo mi estudio a lo específico del examen, ya que creo que no es necesario hacer nada más.					
13	Trabajo duro en mis estudios cuando encuentro la materia interesante.					
14	Dedico mucho de mi tiempo libre recabando información sobre los temas interesantes, que han sido discutidos en las diferentes clases.					
15	Creo que no es práctico hacer los ejercicios en profundidad. Confunden y malgastas tiempo, cuando todo lo que necesito es un conocimiento general, para superar el curso.					
16	Creo que los profesores no deberían quitar tiempo a los estudiantes con temas que no entran en los exámenes.					
17	Voy a la mayoría de las clases con preguntas que quiero que me respondan.					
18	Me aseguro de ver la mayoría de las lecturas sugeridas que se recomiendan en cada tema.					
19	No encuentro sentido en aprender algo que casi seguro no va a entrar en el examen.					
20	Creo que la mejor manera de pasar los exámenes es tratar de recordar las respuestas a las preguntas más probables.					

ANEXO 2

CUESTIONARIO CEAM

CUESTIONARIO DE ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE Y MOTIVACIÓN (CEAM).

Parte A. Motivación

Las siguientes cuestiones indagan respecto a la motivación y actitudes en esta asignatura. Usa la escala de abajo para contestar las preguntas. Si piensas que un enunciado lo describe totalmente, marca el 7; si el enunciado no lo describe en absoluto, marca el 1. Si el enunciado lo describe más o menos, escoge el número entre el 1 y el 7 que mejor lo describa.

- A. No me describe en absoluto.
- B. Me describe un poco.
- C. Me describe moderadamente.
- D. No estoy seguro(a).
- E. Me describe suficientemente.
- F. Me describe mucho.
- G. Me describe totalmente.

		A	B	C	D	E	F	G
		en absoluto	un poco	moderadamente	No estoy seguro	suficientemente	mucho	totalmente
1	En una asignatura como esta prefiero que el contenido de la clase sea desafiante, de tal modo que pueda aprender cosas nuevas.							
2	Si estudio en la forma apropiada podré aprender el material o contenido de esta asignatura.							
3	Cuando me presento a una tarea, examen u otra actividad en esta asignatura pienso que mi desempeño es deficiente comparado con el de mis compañeros.							
4	Pienso que seré capaz de usar lo que aprenda en esta asignatura para otros cursos.							
5	Creo que recibiré una excelente calificación en esta asignatura.							
6	Estoy seguro de que puedo entender las lecturas más difíciles de esta asignatura.							
7	Conseguir una buena calificación en esta asignatura es muy satisfactorio para mí.							

8	Quando me presento a una prueba o tarea en esta asignatura, pienso en los items o preguntas de la misma que no he podido contestar.								
9	Es culpa mía si no aprendo el contenido de esta asignatura.								
10	Es importante para mí aprender el material de esta asignatura.								
11	Lo más importante para mí ahora es mejorar mi promedio general, por lo que mi principal interés en esta asignatura es conseguir una buena calificación.								
12	Confío en que puedo aprender los conceptos básicos enseñados en esta asignatura.								
13	Si quiero, puedo conseguir las mejores calificaciones en esta asignatura y superar a mis compañeros.								
14	Quando me presento a una tarea, examen o actividad en esta asignatura pienso en las consecuencias de un fracaso.								
15	Confío en que puedo entender el material más complejo presentado por el profesor en esta asignatura.								
16	En una asignatura como esta, prefiero que el material o contenido aliente mi curiosidad, aun si es difícil de aprender.								
17	Estoy muy interesado en el contenido de esta asignatura.								
18	Si me esfuerzo lo suficiente, entenderé el contenido de la asignatura.								
19	En esta asignatura, experimento una sensación desagradable como de "angustia".								
20	Confío en que puedo hacer un excelente trabajo respecto a las tareas y exámenes en esta asignatura.								
21	Espero que mi desempeño en esta asignatura sea bueno.								
22	Lo más satisfactorio para mí en esta asignatura es tratar de entender el contenido tan completamente como sea posible.								
23	Pienso que me es útil aprender el contenido de esta asignatura.								
24	Quando tengo la oportunidad escojo las tareas de la asignatura en las cuales pueda aprender, aun si ello no me garantiza una buena calificación.								

25	Si no entiendo el contenido de la asignatura es porque no me esfuerzo lo necesario.							
26	Me gusta esta asignatura.							
27	Entender esta asignatura es muy importante para mí.							
28	Siento angustia cuando presento un examen o tarea en esta asignatura.							
29	Estoy seguro(a) de que puedo dominar las habilidades que se enseñan en esta asignatura.							
30	Quiero emplearme a fondo en esta asignatura porque es importante para mí demostrar mi habilidad a mi familia, amigos, jefe a otros.							
31	Considerando la dificultad de esta asignatura, el profesor y mis habilidades; pienso que saldré bien en el resultado final.							

Parte B. Estrategias de Aprendizaje

Los siguientes enunciados investigan tres estrategias de aprendizaje y habilidades de estudio para esta asignatura. Aquí tampoco hay respuestas correctas ni incorrectas. Contesta estos enunciados acerca de cómo estudias para esta asignatura tan **fidedignamente** como lo sea posible. Usa la escala anterior. (1) Si piensas que el enunciado no lo describe en absoluto y hasta (7) si lo describe completamente.

		A	B	C	D	E	F	G
		en absoluto	un poco	moderadamente	No estoy seguro	suficientemente	mucho	totalmente
32	Cuando estudio las lecturas para esta asignatura subrayo el material para ayudarme a organizar mis pensamientos.							
33	Con frecuencia se me escapan puntos importantes, porque estoy pensando en otras cosas.							
34	Con frecuencia trato de explicar lo estudiado a un compañero o amigo.							
35	Usualmente estudio en un lugar donde pueda concentrarme.							
36	Cuando leo para esta asignatura, elaboro preguntas para ayudarme a enfocar mi lectura.							
37	Frecuentemente me siento tan perezoso(a) o aburrido(a) cuando estudio que lo abandono antes de finalizar lo que planeaba hacer.							
38	Frecuentemente me cuestiono cosas que he oído o leído en esta asignatura para decidir si las encuentro convincentes.							
39	Cuando estudio practico repitiendo el material para mí mismo una y otra vez.							
40	Aun si tengo problemas para aprender el material de esta asignatura, trato de hacerlo solo y sin la ayuda de nadie.							
41	Cuando estoy confundido acerca de algo que estoy leyendo, vuelvo a leerlo y trato de entenderlo.							
42	Cuando estudio me baso en las lecturas y mis apuntes y trato de encontrar las ideas más importantes.							
43	Uso bien mí tiempo de estudio							
44	Si las lecturas son difíciles de entender, cambio la forma de leer el material.							
45	Trato de trabajar con otros compañeros para completar las tareas asignadas.							
46	Cuando estudio leo las notas tomadas							

	en clase y las lecturas una y otra vez.								
47	Cuando una teoría, interpretación o conclusión se presenta en las lecturas asignadas, trato de decidir si hay una buena evidencia que la apoye.								
48	Trabajo duro para salir bien en esta asignatura, aun si no me gusta lo que estoy haciendo.								
49	Hago diagramas, gráficas o tablas simples para ayudarme a organizar el material de la asignatura.								
50	Con frecuencia dedico un tiempo para discutir el material con un grupo de compañeros de clase.								
51	Tomo el material de la asignatura como un punto de partida y trato de desarrollar mis propias ideas acerca de él.								
52	Se me hace difícil sujetarme a un horario de estudio.								
53	Cuando estudio reúno la información de diferentes fuentes como lecturas, discusiones y notas.								
54	Antes de estudiar a profundidad el nuevo material de la asignatura, frecuentemente lo reviso para ver cómo está organizado.								
55	Yo mismo me hago preguntas para asegurarme que entiendo el material que he estado estudiando.								
56	Trato de cambiar la forma en que estudio a fin de ajustarla a los requerimientos de la asignatura y al estilo de enseñanza del profesor.								
57	Frecuentemente me doy cuenta que he estado leyendo para esta asignatura pero no he comprendido bien las lecturas.								
58	Pregunto al profesor para clarificar conceptos que no entiendo bien.								
59	Memorizo palabras claves para recordar conceptos importantes.								
60	Cuando el material y/o las tareas son difíciles los abandono y sólo estudio las partes fáciles								
61	Trato de pensar sobre algo para decidir qué se supone que debo aprender sobre él, más que solamente leerlo y aprenderlo de memoria.								
62	Trato de relacionar las ideas de una asignatura con otras.								
63	Cuando estudio voy a mis apuntes y								

	subrayo los conceptos importantes.								
64	Cuando estudio trato de relacionar lo que leo con lo que ya conozco.								
65	Tengo un espacio privado para estudiar.								
66	Trato de elaborar mis propias ideas acerca de lo que estoy aprendiendo en esta asignatura.								
67	Cuando estudio escribo resúmenes breves de las principales ideas de las lecturas y de mis apuntes.								
68	Cuando no puedo entender la asignatura pido a otro estudiante de la clase que me ayude.								
69	Trato de entender el material de esta asignatura para hacer conexiones entre las lecturas y los conceptos estudiados.								
70	Me aseguro de mantener un ritmo continuo semanal de trabajo en las lecturas y tareas.								
71	Siempre que leo o escucho una afirmación o conclusión en esta asignatura, pienso acerca de posibles alternativas.								
72	Hago listas de puntos importantes para esta asignatura y las memorizo.								
73	Asisto a esta asignatura regularmente.								
74	Aun cuando el contenido de esta asignatura es (o fuera) monótono, pesado y nada interesante, persisto (o persistiría) en trabajar sobre él hasta finalizarlo.								
75	Trato de identificar en esta asignatura a los estudiantes a los que puedo pedir ayuda si es necesario.								
76	Cuando estudio para esta asignatura trato de determinar qué conceptos no entiendo bien.								
77	Frecuentemente me percato de que no dedico mucho tiempo a esta asignatura debido a otras actividades.								
78	Cuando estudio establezco mis propios objetivos, para organizar mis actividades en cada período de estudio.								
79	Cuando tomo notas que me confunden o no entiendo, las señalo para releerlas más tarde y tratar de entenderlas.								
80	Raramente encuentro tiempo para revisar mis notas o leer sobre esta asignatura, antes de las clases.								
81	Trato de aplicar las ideas de las lecturas de esta asignatura en otras actividades, tales como exposiciones y discusiones.								

ANEXO 3

CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN

SATISFACCIÓN PDF

Sexo Hombre Mujer

Edad: _____

¿Es la primera vez que realizas un entrenamiento en Habilidades Espaciales?

Si No

¿Cuántas horas totales has dedicado a hacer los ejercicios de entrenamiento?

2 4 6 8 10 12 14

¿Crees que ha sido provechoso este entrenamiento de cara a los contenidos de la asignatura de Expresión Gráfica?

Si No

¿Cuántas horas diarias dedicas a trabajos con un ordenador?

Menos de 1 Entre 1 y 2 Entre 2 y 4 Entre 4 y 8 Mas de 8 No lo uso

Utilizas el ordenador para:

Trabajar Estudiar Entretenimiento No lo uso

En los últimos 6 meses, ¿Qué tipo de software has utilizado? (Seleccione las casillas que estén de acuerdo con tu experiencia)

Mi grado de experiencia como usuario es.....

	Nada	Principiante	Intermedio	Avanzado
Sistema operativo LINUX – UNIX				
Sistema Operativo Windows				
Sistema Operativo Macintosh				
Lenguajes de programación				
Procesadores de Texto				
Hojas de Calculo				
Bases de Datos				
Sistemas corporativos				
Sistemas de Información geográficos				
Edición Gráfica (fotografía)				
CAD – Dibujo por ordenador				
Aplicaciones multimedia				
Navegadores y buscadores por Internet				
Correo electrónico				
Chats				
Juegos				
Películas en DVD / avi, mpg, ...				
Música				
Otras aplicaciones				

APLICACIÓN DE LA TECNOLOGIA “PDF 3D” EN EL ENTRENAMIENTO.

Valora el grado de acuerdo en las siguientes cuestiones.

1	2	3	4	5	6
Totalmente Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de Acuerdo	No sabe / No contesta

CUESTIONES		GRADO DE ACUERDO
		1 2 3 4 5 6
C1	Manipular los objetos virtuales ha sido fácil.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
C2	Al manipular las figuras virtuales no hay retardo en la pantalla, la imagen virtual no produce “saltos de imagen”.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
C3	Las figuras virtuales tridimensionales se ven perfectamente y no presentan dificultades de definición.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
C4	La forma de utilizar el material y la tecnología PDF 3D es fácil e intuitiva.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

TU OPINIÓN SOBRE EL ENTRENAMIENTO REALIZADO.

CUESTIONES		GRADO DE ACUERDO
D1	¿Crees que el entrenamiento realizado cumple la finalidad para la que ha sido diseñado? (para desarrollar la visión espacial)	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
D2	El sistema PDF 3D utilizado en el entrenamiento es agradable de usar.	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
D3	El entrenamiento realizado mediante PDF 3D ¿te parece útil para mejorar tu nivel de visión espacial?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
D4	Para realizar este entrenamiento, ¿podrías haber trabajado de forma autónoma?, es decir sin necesidad de asistencia del profesor.	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
D5	¿Crees que es necesario material teórico adicional para realizar los ejercicios?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
D6	¿Dónde preferirías realizar los ejercicios planteados en PDF 3D?	<input type="checkbox"/> En el aula de la asignatura <input type="checkbox"/> En aulas de informática de la universidad <input type="checkbox"/> En ordenador de casa <input type="checkbox"/> Otra
D7	¿Como valoras la tecnología de PDF 3D para trabajar con modelos tridimensionales?	<input type="checkbox"/> Muy buena <input type="checkbox"/> Buena

		<input type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Muy mala
D8	La tecnología de PDF 3D me parece....	<input type="checkbox"/> Muy interesante <input type="checkbox"/> Interesante <input type="checkbox"/> Poco interesante
D9	La tecnología de PDF 3D me parece....	<input type="checkbox"/> Muy Original <input type="checkbox"/> Original <input type="checkbox"/> Poco Original
D10	La tecnología de PDF 3D me parece....	<input type="checkbox"/> Muy útil <input type="checkbox"/> útil <input type="checkbox"/> Poco útil
D11	La tecnología de PDF 3D me parece....	<input type="checkbox"/> Estimulante <input type="checkbox"/> Termino medio <input type="checkbox"/> Frustrante
D12	La tecnología de PDF 3D me parece....	<input type="checkbox"/> Flexible <input type="checkbox"/> Termino medio <input type="checkbox"/> Rígida
D13	Opinión Global del entrenamiento	<input type="checkbox"/> Excelente <input type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Muy Mala

OPINION QUE NOS AYUDARÁ EN EL FUTURO...

E1	¿Crees que el uso de herramientas tridimensionales puede mejorar tu atención y motivación para el estudio de los contenidos de la asignatura de Expresión Grafica?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
E2	¿Crees adecuado impartir cursos intensivos a los estudiantes para mejorar los conocimientos de dibujo técnico?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé
E3	¿Te parece importante para un ingeniero(a) adquirir destreza en el croquizado?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
E4	¿En qué otro soporte te hubiera gustado realizar este entrenamiento?	<input type="checkbox"/> Dibujo con regla. <input type="checkbox"/> Programa de ordenador. <input type="checkbox"/> Teléfono móvil. <input type="checkbox"/> Por Internet en casa. <input type="checkbox"/> Cualquiera basada en tecnologías informáticas o

		entretenimiento. <input type="checkbox"/> Ninguna anterior, me gustó en PDF 3D.
E5	Si hubieras podido tocar y manipular las piezas físicamente (tenerlas en la mano) ¿Crees que te habría ayudado mejor a visualizar y entender la pieza?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé
E6	¿Crees adecuado impartir cursos intensivos a los estudiantes para mejorar los conocimientos de dibujo técnico?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé

E7	Indícanos los problemas que has encontrado utilizando PDF 3D (si lo deseas puedes hacer su aportación)
E8	Indícanos tus sugerencias, cambios a realizar, posibles mejoras en el entrenamiento con PDF 3D

Gracias por tu colaboración, que seguro que nos ayudará a mejorar en el futuro.

SATISFACCIÓN RA

Sexo Hombre Mujer

Edad: _____

¿Es la primera vez que realizas un entrenamiento en **Habilidades Espaciales**?

Si No

¿Cuántas horas totales has dedicado a hacer los ejercicios de entrenamiento?

2 4 6 8 10 12 14

¿Crees que ha sido provechoso este entrenamiento de cara a los contenidos de la asignatura de **Expresión Grafica**?

Si No

¿Cuántas horas diarias dedicas a trabajos con un ordenador?

Menos de 1 Entre 1 y 2 Entre 2 y 4 Entre 4 y 8 Mas de 8 No lo uso

Utilizas el ordenador para:

Trabajar Estudiar Entretenimiento No lo uso

En los últimos 6 meses, ¿Qué tipo de software has utilizado? (Seleccione las casillas que estén de acuerdo con tu experiencia)

Mi grado de experiencia como usuario es

	Nada	Principiante	Intermedio	Avanzado
Sistema operativo LINUX – UNIX				
Sistema Operativo Windows				
Sistema Operativo Macintosh				
Lenguajes de programación				
Procesadores de Texto				
Hojas de Calculo				
Bases de Datos				
Sistemas corporativos				
Sistemas de Información geográficos				
Edición Grafica (fotografía)				
CAD – Dibujo por ordenador				
Aplicaciones multimedia				
Navegadores y buscadores por Internet				
Correo electrónico				
Chats				
Juegos				
Películas en DVD / avi, mpg, ...				
Música				
Otras aplicaciones				

APLICACIÓN DE LA TECNOLOGIA “RA” EN EL ENTRENAMIENTO.

Valora el grado de acuerdo en las siguientes cuestiones.

1	2	3	4	5	6
Totalmente Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de Acuerdo	No sabe / No contesta

CUESTIONES		GRADO DE ACUERDO
		1 2 3 4 5 6
C1	La familiarización con los gestos y manipular los objetos virtuales ha sido fácil.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
C2	Al manipular las figuras virtuales no hay retardo en la pantalla, la imagen virtual no produce “saltos de imagen”.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
C3	Las figuras virtuales tridimensionales se ven perfectamente y no presentan dificultades de definición.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
C4	La forma de utilizar el material (cuadernillo) y la tecnología de Realidad Aumentada es fácil e intuitiva.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

TU OPINIÓN SOBRE EL ENTRENAMIENTO REALIZADO.

CUESTIONES		GRADO DE ACUERDO
D1	¿Crees que el entrenamiento realizado cumple la finalidad para la que ha sido diseñado? (para desarrollar la visión espacial)	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
D2	El sistema de Realidad Aumentada, utilizado en el entrenamiento es agradable de usar.	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
D3	El entrenamiento realizado mediante Realidad Aumentada ¿te parece útil para mejorar tu nivel de visión espacial?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
D4	Para realizar este entrenamiento, ¿podrías haber trabajado de forma autónoma?, es decir sin necesidad de asistencia del profesor.	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
D5	¿Crees que es necesario material teórico adicional para realizar los ejercicios?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
D6	¿Dónde preferirías realizar los ejercicios planteados en RA?	<input type="checkbox"/> En el aula de la asignatura <input type="checkbox"/> En aulas de informática de la universidad <input type="checkbox"/> En ordenador de casa <input type="checkbox"/> Otra
D7	¿Como valoras la tecnología de Realidad Aumentada para trabajar con modelos tridimensionales?	<input type="checkbox"/> Muy buena <input type="checkbox"/> Buena

		<input type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Muy mala
D8	La tecnología de Realidad Aumentada me parece....	<input type="checkbox"/> Muy interesante <input type="checkbox"/> Interesante <input type="checkbox"/> Poco interesante
D9	La tecnología de Realidad Aumentada me parece....	<input type="checkbox"/> Muy Original <input type="checkbox"/> Original <input type="checkbox"/> Poco Original
D10	La tecnología de Realidad Aumentada me parece....	<input type="checkbox"/> Muy útil <input type="checkbox"/> útil <input type="checkbox"/> Poco útil
D11	La tecnología de Realidad Aumentada me parece....	<input type="checkbox"/> Estimulante <input type="checkbox"/> Termino medio <input type="checkbox"/> Frustrante
D12	La tecnología de Realidad Aumentada me parece....	<input type="checkbox"/> Flexible <input type="checkbox"/> Termino medio <input type="checkbox"/> Rígida
D13	Opinión Global del entrenamiento	<input type="checkbox"/> Excelente <input type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Muy Mala

OPINION QUE NOS AYUDARÁ EN EL FUTURO...

E1	¿Crees que el uso de herramientas tridimensionales puede mejorar tu atención y motivación para el estudio de los contenidos de la asignatura de Expresión Grafica?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
E2	¿Crees adecuado impartir cursos intensivos a los estudiantes para mejorar los conocimientos de dibujo técnico?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé
E3	¿Te parece importante para un ingeniero(a) adquirir destreza en el croquizado?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
E4	¿En qué otro soporte te hubiera gustado realizar este entrenamiento?	<input type="checkbox"/> Dibujo con regla. <input type="checkbox"/> Programa de ordenador <input type="checkbox"/> Teléfono móvil <input type="checkbox"/> Por Internet en casa. <input type="checkbox"/> Cualquiera basada en tecnologías informáticas o entretenimiento. <input type="checkbox"/> Ninguna anterior,

		me gustó en Realidad Aumentada.
E5	Si hubieras podido tocar y manipular las piezas físicamente (tenerlas en la mano) ¿Crees que te habría ayudado mejor a visualizar y entender la pieza?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé
E6	¿Crees adecuado impartir cursos intensivos a los estudiantes para mejorar los conocimientos de dibujo técnico?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé

E7	Indícanos los problemas que has encontrado utilizando la Realidad Aumentada (si lo deseas puedes hacer su aportación)
E8	Indícanos tus sugerencias, cambios a realizar, posibles mejoras en el entrenamiento con Realidad Aumentada

Gracias por tu colaboración, que seguro que nos ayudará a mejorar en el futuro.

SATISFACCIÓN RV

Sexo Hombre Mujer

Edad: _____

¿Es la primera vez que realizas un entrenamiento en Habilidades Espaciales?

Si No

¿Cuántas horas totales has dedicado a hacer los ejercicios de entrenamiento?

2 4 6 8 10 12 14

¿Crees que ha sido provechoso este entrenamiento de cara a los contenidos de la asignatura de Expresión Grafica?

Si No

¿Cuántas horas diarias dedicas a trabajos con un ordenador?

Menos de 1 Entre 1 y 2 Entre 2 y 4 Entre 4 y 8 Mas de 8 No lo uso

Utilizas el ordenador para:

Trabajar Estudiar Entretenimiento No lo uso

En los últimos 6 meses, ¿Qué tipo de software has utilizado? (Seleccione las casillas que estén de acuerdo con tu experiencia)

Mi grado de experiencia como usuario es.....

	Nada	Principiante	Intermedio	Avanzado
Sistema operativo LINUX – UNIX				
Sistema Operativo Windows				
Sistema Operativo Macintosh				
Lenguajes de programación				
Procesadores de Texto				
Hojas de Calculo				
Bases de Datos				
Sistemas corporativos				
Sistemas de Información geográficos				
Edición Grafica (fotografía)				
CAD – Dibujo por ordenador				
Aplicaciones multimedia				
Navegadores y buscadores por Internet				
Correo electrónico				
Chats				
Juegos				
Películas en DVD / avi, mpg, ...				
Música				
Otras aplicaciones				

TU OPINIÓN SOBRE EL ENTRENAMIENTO REALIZADO.

	CUESTIONES	GRADO DE ACUERDO
D1	¿Crees que el entrenamiento realizado cumple la finalidad para la que ha sido diseñado? (para desarrollar la visión espacial)	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
D2	El sistema de Realidad Virtual, utilizado en el entrenamiento es agradable de usar.	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
D3	El entrenamiento realizado mediante Realidad Virtual ¿te parece útil para mejorar tu nivel de visión espacial?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
D4	Para realizar este entrenamiento, ¿podrías haber trabajado de forma autónoma?, es decir sin necesidad de asistencia del profesor.	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
D5	¿Crees que es necesario material teórico adicional para realizar los ejercicios?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
D6	¿Dónde preferirías realizar los ejercicios planteados en RV?	<input type="checkbox"/> En el aula de la asignatura <input type="checkbox"/> En aulas de informática de la universidad <input type="checkbox"/> En ordenador de casa <input type="checkbox"/> Otra
D7	¿Como valoras la tecnología de Realidad Virtual para trabajar con modelos tridimensionales?	<input type="checkbox"/> Muy buena <input type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Muy mala
D8	La tecnología de Realidad Virtual me parece....	<input type="checkbox"/> Muy interesante <input type="checkbox"/> Interesante <input type="checkbox"/> Poco interesante
D9	La tecnología de Realidad Virtual me parece....	<input type="checkbox"/> Muy Original <input type="checkbox"/> Original <input type="checkbox"/> Poco Original
D10	La tecnología de Realidad Virtual me parece....	<input type="checkbox"/> Muy útil <input type="checkbox"/> útil <input type="checkbox"/> Poco útil
D11	La tecnología de Realidad Virtual me parece....	<input type="checkbox"/> Estimulante <input type="checkbox"/> Termino medio <input type="checkbox"/> Frustrante
D12	La tecnología de Realidad Virtual me parece....	<input type="checkbox"/> Flexible <input type="checkbox"/> Termino medio <input type="checkbox"/> Rígida
D13	Opinión Global del entrenamiento	<input type="checkbox"/> Excelente

		<input type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Muy Mala
--	--	--

OPINION QUE NOS AYUDARÁ EN EL FUTURO...

E1	¿Crees que el uso de herramientas tridimensionales puede mejorar tu atención y motivación para el estudio de los contenidos de la asignatura de Expresión Grafica?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
E2	¿Crees adecuado impartir cursos intensivos a los estudiantes para mejorar los conocimientos de dibujo técnico?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé
E3	¿Te parece importante para un ingeniero(a) adquirir destreza en el croquizado?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
E4	¿En qué otro soporte te hubiera gustado realizar este entrenamiento?	<input type="checkbox"/> Dibujo con regla. <input type="checkbox"/> Programa de ordenador. <input type="checkbox"/> Teléfono móvil. <input type="checkbox"/> Por Internet en casa. <input type="checkbox"/> Cualquiera basada en tecnologías informáticas o entretenimiento. <input type="checkbox"/> Ninguna anterior, me gustó en Realidad Virtual.
E5	Si hubieras podido tocar y manipular las piezas físicamente (tenerlas en la mano) ¿Crees que te habría ayudado mejor a visualizar y entender la pieza?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé
E6	¿Crees adecuado impartir cursos intensivos a los estudiantes para mejorar los conocimientos de dibujo técnico?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé

E7	Indícanos los problemas que has encontrado utilizando la Realidad Virtual (si lo deseas puedes hacer su aportación)	
----	---	--

E8	Indícanos tus sugerencias, cambios a realizar, posibles mejoras en el entrenamiento con Realidad Virtual

Gracias por tu colaboración, que seguro que nos ayudará a mejorar en el futuro.

ANEXO 4

CUESTIONARIO SUS

CUESTIONARIO S.U.S. DE USABILIDAD DE LA TECNOLOGÍA DE ENTRENAMIENTO

Este cuestionario anónimo consta de una serie de preguntas sobre tu opinión sobre la usabilidad de la tecnología que has aplicado en el entrenamiento en **habilidades espaciales** que acabas de realizar. Todas tus respuestas son confidenciales.

Es importante que contestes todas las preguntas lo más honestamente que puedas.

Si sientes que no puedes responder a un ítem en particular, elige el punto central de la escala (3).

Por favor elije la respuesta que mejor se adapte a tu reacción inmediata.

No gastes mucho tiempo en cada apartado, la primera reacción es la mejor.

No te preocupes por proyectar una buena imagen.

Recuerda que la encuesta es confidencial.

La escala de respuestas es:

- A. Total desacuerdo
- B. Desacuerdo
- C. No opino
- D. Acuerdo
- E. Total acuerdo

		A	B	C	D	E
		Total desacuerdo	Desacuerdo	Ni acuerdo ni desacuerdo	acuerdo	Total acuerdo
1	Creo que me gustará utilizar este sistema con frecuencia.					
2	Encontré el sistema innecesariamente complejo.					
3	Pensé que el sistema era fácil de utilizar.					
4	Creí que necesitaría el apoyo de un técnico para poder usar este sistema.					
5	Me pareció que las diversas funciones en este sistema están bien integradas.					
6	Creo que hay muchas inconsistencias en este sistema.					
7	Creo que la mayoría de la gente aprenderá a utilizar este sistema muy rápidamente.					
8	He encontrado el sistema engorroso de usar.					
9	Me sentí muy seguro con el sistema.					
10	Tuve que aprender muchas cosas antes de poder utilizar el sistema.					

ANEXO 5

**CUESTIONARIOS MRT
Y DAT-SR**

TEST DE ROTACION MENTAL MRT

(Vanderberg et Kuse 1978)

Este test mide la capacidad de realizar rotaciones mentales en el espacio 3D.

Está compuesto de 20 ejercicios compuestos cada uno de ellos de cinco figuras.

La primera es la que tomamos como referencia y el objetivo es localizar dentro de las otras cuatro, las que dos que corresponden a la de figura de referencia después de haber girado alrededor de uno o dos de sus ejes.

Tiempo:

El tiempo límite es de 6 minutos.

Se divide en dos periodos de 3 minutos. Es decir el alumno empieza, realiza las dos primeras páginas y no continua con el ejercicio hasta que se acaban los tres minutos.

Puntuación:

2 puntos por cada línea de figuras correctamente resueltas

1 punto si sólo se localiza una de las rotaciones por línea y no se marca ninguna otra figura.

0 punto si alguna de las marcas es incorrecta.

Las respuestas correctas son las siguientes:

LÍNEA	SOLUCION	LÍNEA	SOLUCIÓN
1	1-3	11	2-4
2	1-4	12	2-4
3	2-4	13	2-4
4	2-3	14	1-4
5	1-3	15	2-4
6	1-4	16	2-3
7	2-4	17	1-3
8	2-3	18	1-4
9	2-4	19	2-4
10	1-4	20	2-3

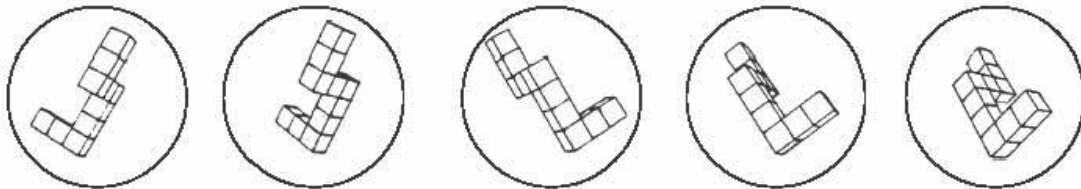
TEST DE ROTACION MENTAL

Nombre _____ DNI _____

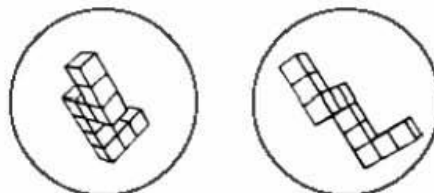
Carrera _____

Fecha _____

Este test está destinado a medir la aptitud para reconocer un objeto dado en una muestra de objetos diferentes. La única diferencia entre el objeto original y el objeto a localizar consiste en una modificación del ángulo de visión. En la imagen inferior tenemos un ejemplo de una misma figura vista desde cinco posiciones distintas.



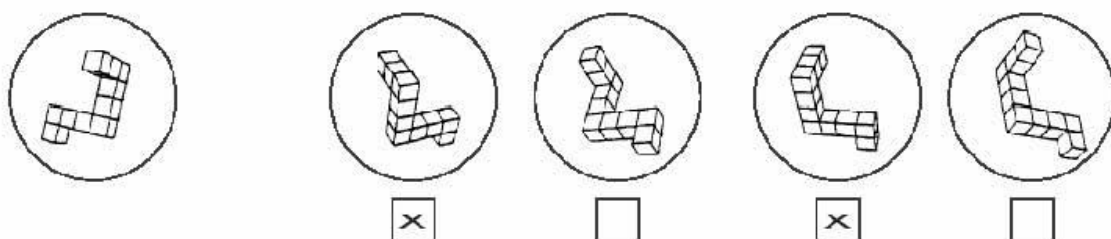
En el ejemplo siguiente podemos ver dos figuras que representan un objeto diferente al anterior. Es decir, aunque lo giráramos no podríamos verlo como los anteriores.



Ahora podrás realizar algunos ejercicios a modo de ejemplo. Para cada problema hay una figura de referencia a la izquierda y cuatro figuras alineadas a la derecha. El problema consiste en localizar entre esas cuatro imágenes, las dos que corresponden a la figura de la izquierda.

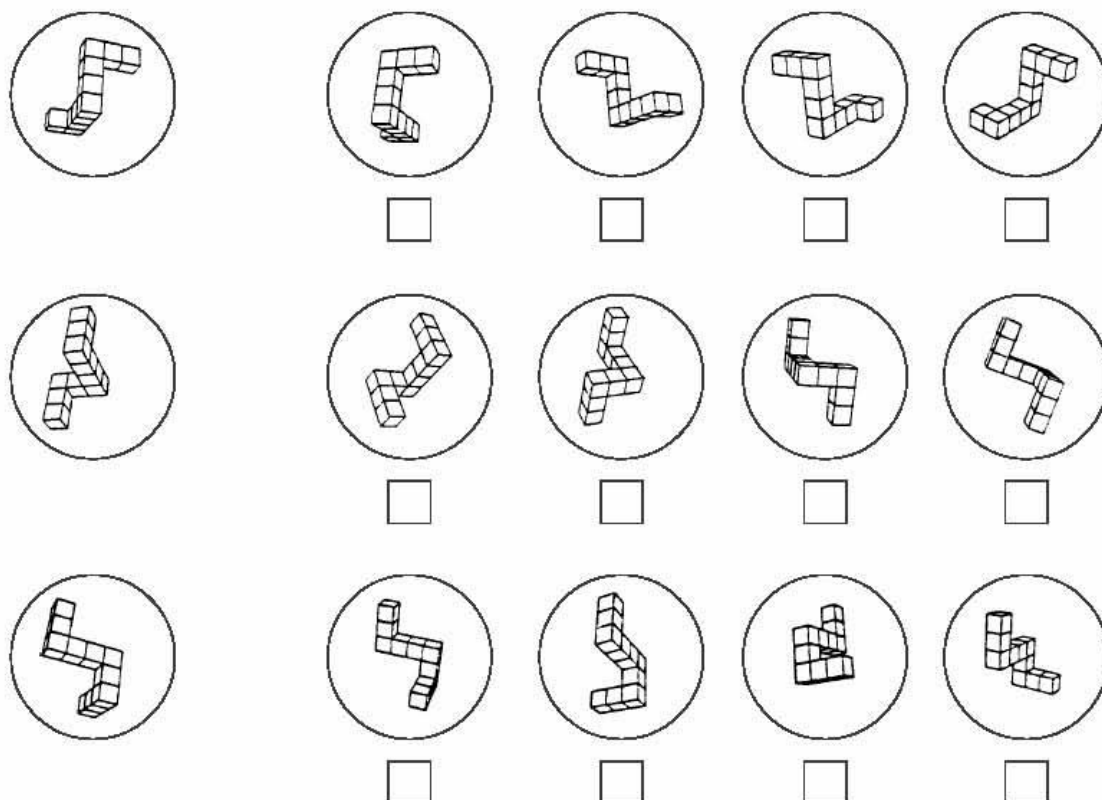
En todos los problemas, hay dos soluciones correctas. Hay que marcar con una X, las casillas correspondientes (como en el ejemplo).

En el caso de que no se localicen las dos soluciones, se puede marcar sólo una de ellas y el ejercicio puntúa la mitad. Si alguna de ellas es errónea el ejercicio estará mal por completo.



Pasa a la página siguiente

Completar los siguientes ejercicios por vosotros mismos. ¿Cuáles son los dos gráficos, entre los cuatro de la izquierda, que representan la misma estructura que la figura de la derecha? Siempre hay dos y solamente dos respuestas correctas para cada problema. Escriba una X debajo de los dibujos correctos. (Los tres ejemplos siguientes tienen las respuestas al final de la página para corregir inmediatamente)



Respuestas correctas:

- 1.- Dibujos primero y segundo
- 2.- Dibujos primero y tercero
- 3.- Dibujos segundo y tercero

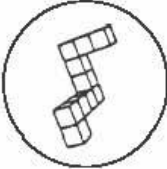
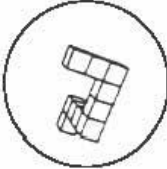
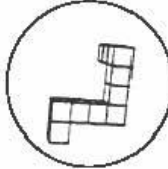

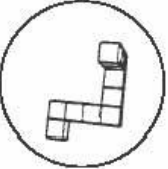
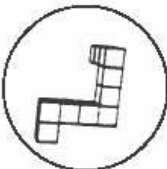
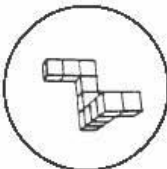
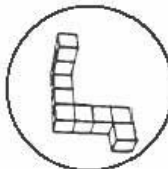
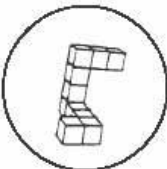

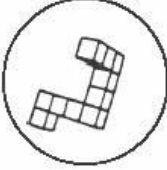
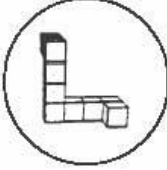
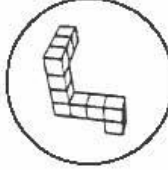
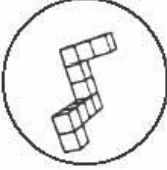
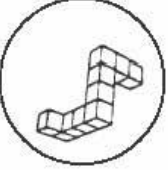
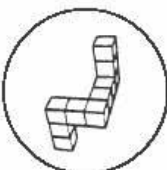
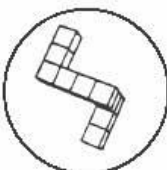
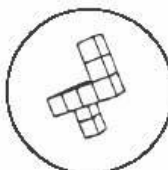
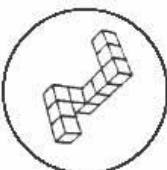
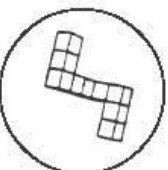
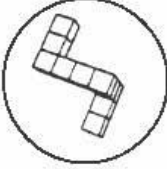
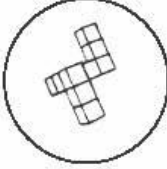
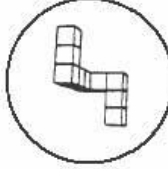
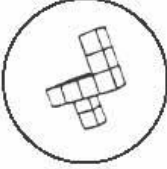
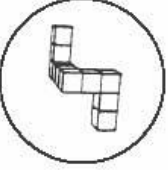
Este test está compuesto de dos partes. Dispone de 3 minutos para cada parte. Si termina la primera parte antes de tiempo, deténgase y espere a que le avisen para continuar.

Recuerde que existen dos y solamente dos respuestas correctas en cada ejercicio. La puntuación de cada ejercicio será cero si alguna de las respuestas es incorrecta, pero será la mitad si sólo marca una casilla y ésta es correcta.

No pase la página hasta que se le indique

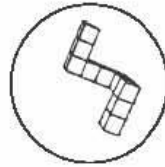
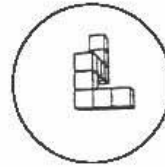
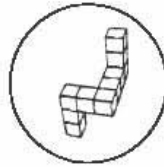
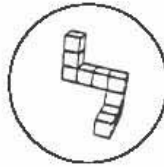
1					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pase a la página siguiente

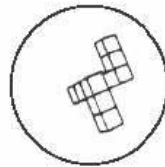
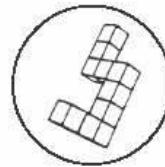
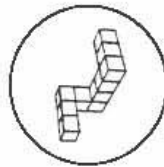
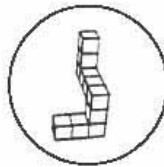
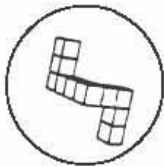
6					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

No pase la página hasta que se le indique

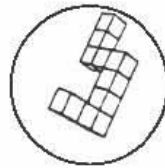
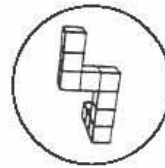
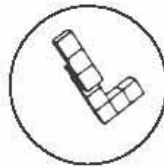
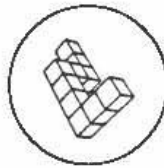
11



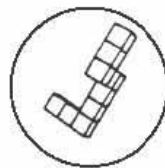
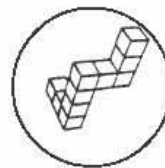
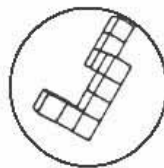
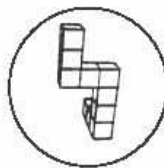
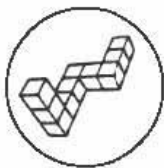
12



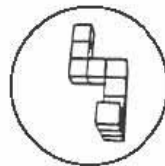
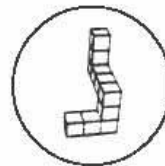
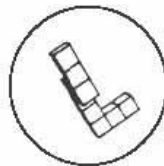
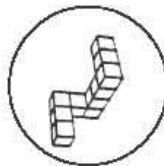
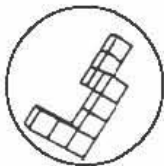
13



14

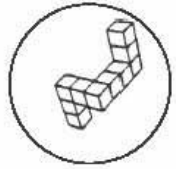
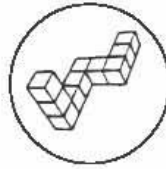
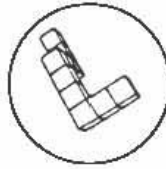
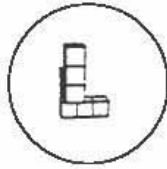
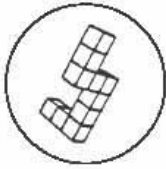


15

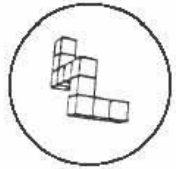
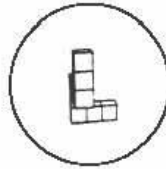
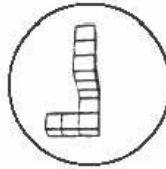
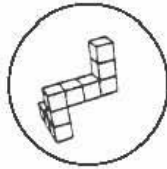
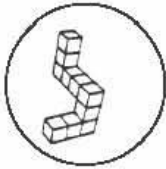


Pase a la página siguiente

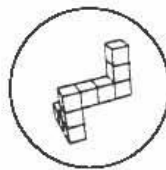
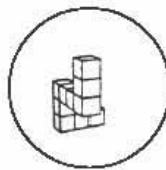
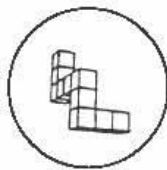
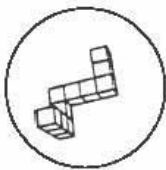
16



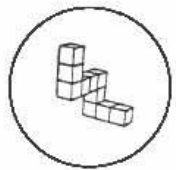
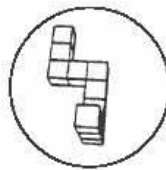
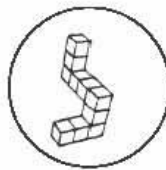
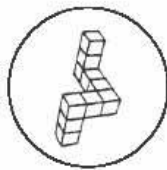
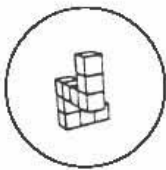
17



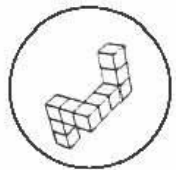
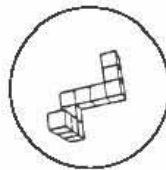
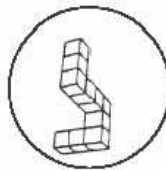
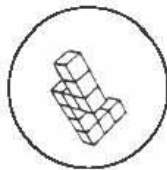
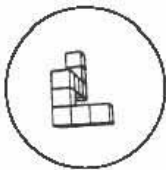
18



19



20



FINAL

DAT -5 SR
INSTRUCCIONES QUE DEBE PASAR EL EVALUADOR
Por favor siga al pie de la letra estas instrucciones.

1.- Deben disponer de lapicero y goma de borrar.

2.- Se distribuyen las HOJAS DE RESPUESTA para que sea vista por el alumno y se dice:

“ En esta hoja deben dar todas sus contestaciones del modo que ahora les explicaré. No Escriban ni hagan ninguna marca hasta que yo que les diga el lugar y modo de hacerlo. En la línea superior de la hoja escriban los datos que se solicitan: Nombre, Apellidos, edad, universidad... .y escriban en la parte superior de la Hoja: PRE-TEST.”

3.- Una vez rellenado los datos decir:

“ Ahora voy a entregarles un cuadernillo como este (MOSTRAR). En este cuadernillo están los ejercicios que deben realizar. Déjenlo sobre la mesa tal y como lo entrego y no escriban ni hagan marcas sobre él.”

4.- Repartir los cuadernillos.

“Abran la primera página del cuadernillo y vamos a leer las instrucciones. Voy a leerlas en alto y ustedes sigan la lectura en voz baja”

5.- Leer las instrucciones explicando un poco en qué consisten los ejercicios.

“La respuesta correcta de cada ejercicio se marcará en la HOJA DE RESPUESTAS con una X, en el cuadernillo NO HAGAN NINGUNA MARCA, pues será utilizado en pruebas con otras personas”

“Si utilizan bolígrafo para marcar las X, y se equivocan, tachan la respuesta y hacen la nueva marca con la X”

“¿ESTAN PREPARADOS? --- Disponen de 20 minutos para realizar la prueba.”

6.- Cronometrar el tiempo. Y pasados 20 minutos

“Deténganse. Dejen el lápiz sobre la mesa, cierren el cuadernillo dejando la portada hacia arriba y coloquen la Hoja de respuestas en el lateral de la mesa para recogerla”

Nombre y Apellidos: _____

Edad: _____ Hombre

Titulación: _____

Curso: _____ Mujer

Universidad: _____

Fecha: _____

HOJA DE SOLUCIONES DAT - SR NIVEL 2

Rellene marcando X el recuadro de la alternativa elegida

A B C D
Ejemplo

	A	B	C	D
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A	B	C	D
11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	A	B	C	D
26	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	A	B	C	D
36	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
40	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
41	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
42	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
43	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
44	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
45	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
46	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
47	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
49	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

DAT -5 -SR
CUADERNILLO

No abra este CUADERNILLO hasta que se le indique.

Escriba todas sus contestaciones en la HOJA DE
RESPUESTAS.

Espere nuevas instrucciones.

NO ESCRIBA NADA EN ESTE CUADERNILLO

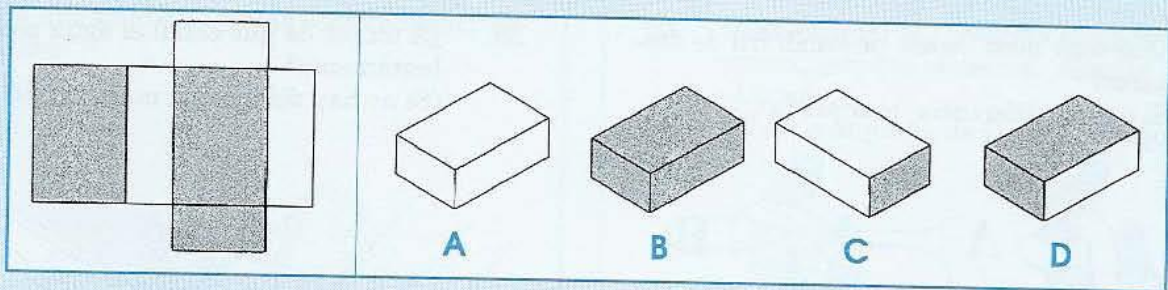
RELACIONES ESPACIALES

INSTRUCCIONES

Esta prueba consta de 50 ejercicios. En cada uno de ellos se presenta un modelo o patrón en el que algunas zonas están sombreadas y en otras aparecen pequeños dibujos. A la derecha de cada modelo se ofrecen cuatro figuras de tres dimensiones. Su tarea consiste en averiguar cuál de esas figuras es la **única** que ha podido formarse a partir del modelo. Éste siempre presenta la parte exterior de la figura.

Una vez que haya elegido su respuesta, debe marcar, en la Hoja de respuestas, el espacio correspondiente a la contestación elegida. Fíjese en el **Ejemplo E1**:

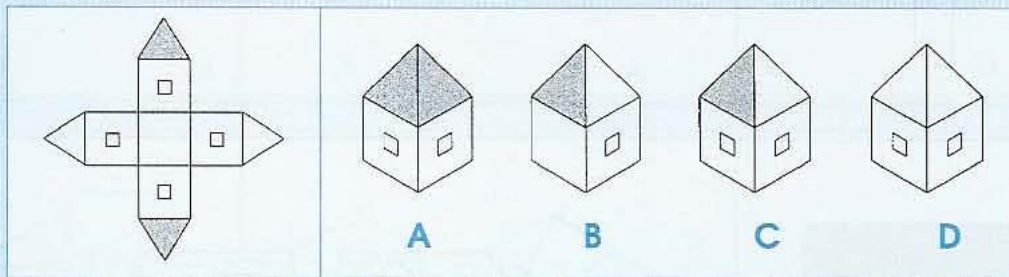
EJEMPLO E1



En el **Ejemplo E1** el modelo formará una caja rectangular con las dos caras mayores y una de las pequeñas laterales sombreadas. Fíjese en las respuestas **A**, **B**, **C** y **D**. Las respuestas A y C son incorrectas porque la cara superior no está sombreada. La respuesta B, tampoco es correcta porque tiene sombreados uno de los laterales largos. La respuesta correcta es **D** porque la cara superior y uno de los laterales cortos están sombreados. La cara inferior está oculta a la vista. Por eso, en la Hoja de respuestas, se ha marcado el recuadro que está debajo de la letra **D** en la línea correspondiente al **Ejemplo E1**.

Fíjese ahora en el **Ejemplo E2**:

EJEMPLO E2



En el **Ejemplo E2**, a partir del modelo se puede construir un objeto semejante a una casa. La parte central del modelo será el fondo de la figura y cuando el modelo se doble, el tejado tendrá dos lados opuestos sombreados. Fíjese en que en hay una ventanita en cada uno de los cuatro lados de la casa. Analice las figuras correspondientes a las respuestas **A**, **B**, **C** y **D**. Sólo una de ellas puede construirse a partir del modelo. La respuesta **A** es incorrecta porque las dos vertientes sombreadas del tejado son contiguas y debían ser opuestas. La respuesta **B** es mala porque las cuatro paredes laterales de la casa deberían tener ventana. La **D** no es válida porque no queda a la vista una de las vertientes sombreadas del tejado. La respuesta correcta es la **C** porque se ve una de las vertientes sombreadas del tejado y en cada una de las paredes visibles de la casa hay una ventana.

Por eso ha debido marcar el espacio correspondiente a la letra **C** frente al **Ejemplo E2**.

El modelo siempre muestra la superficie **exterior** de la figura construida. Todas las figuras tienen la forma correcta, pero sólo **una** puede construirse a partir del modelo.

Tiene que marcar todas sus contestaciones en la Hoja de respuestas. **No** escriba nada ni haga ninguna señal en este Cuadernillo.

Si tiene dificultad en contestar a algún ejercicio, déjelo y pase a otros que le parezcan más fáciles. Luego, si tiene tiempo, vuelva a los ejercicios que dejó sin contestar en esta prueba. **No** continúe con la prueba siguiente hasta que se lo indiquen.

DETÉNGASE. NO VUELVA LA HOJA HASTA QUE SE LE INDIQUE

ESPERE

1

A B C D

2

A B C D

3

A B C D

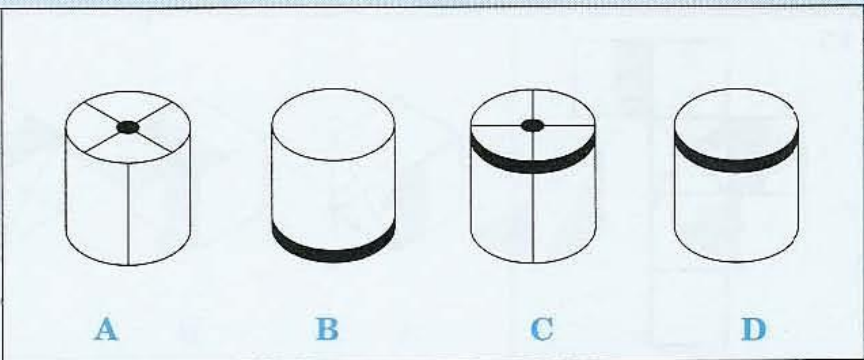
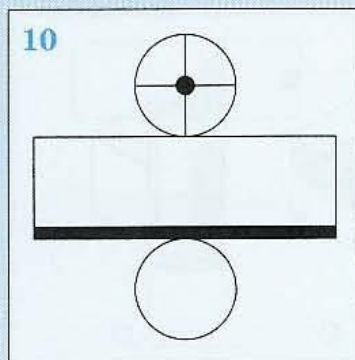
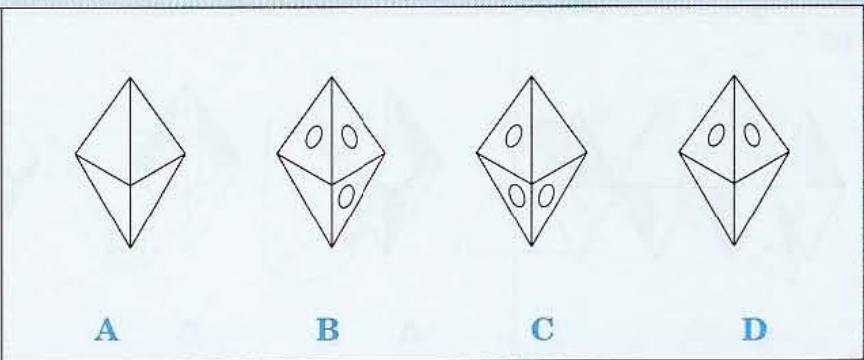
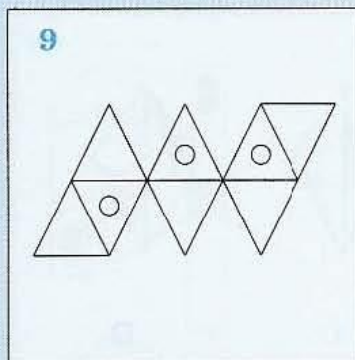
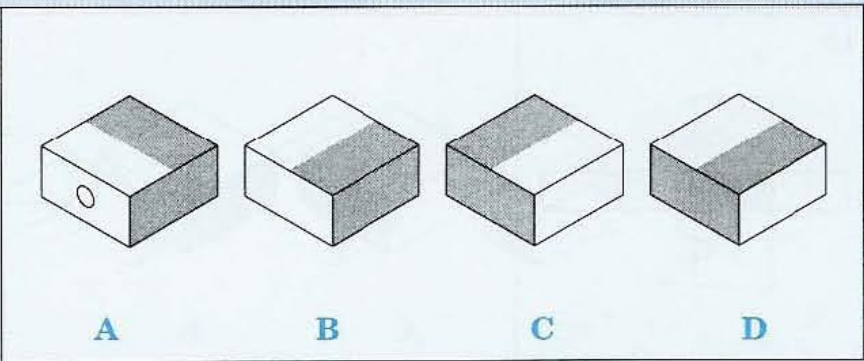
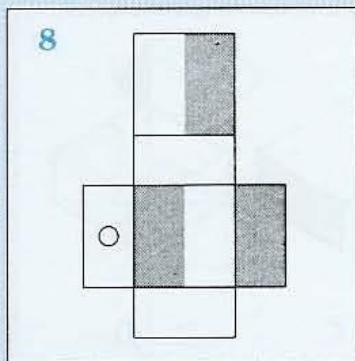
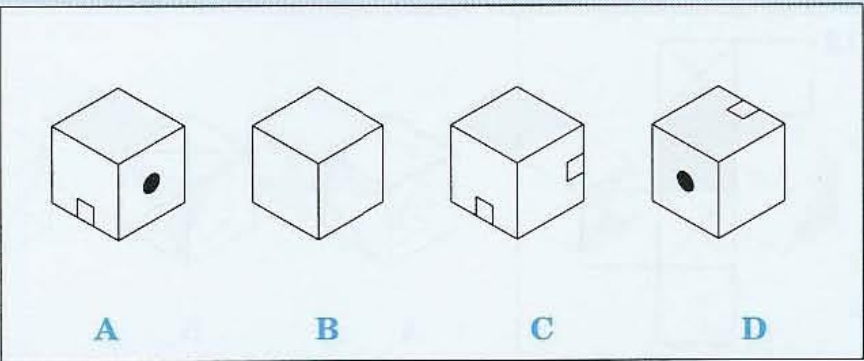
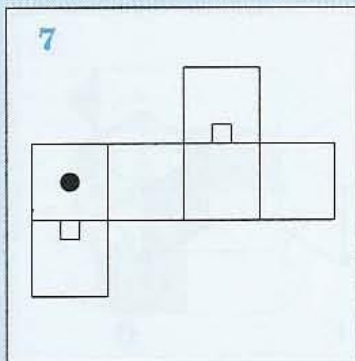
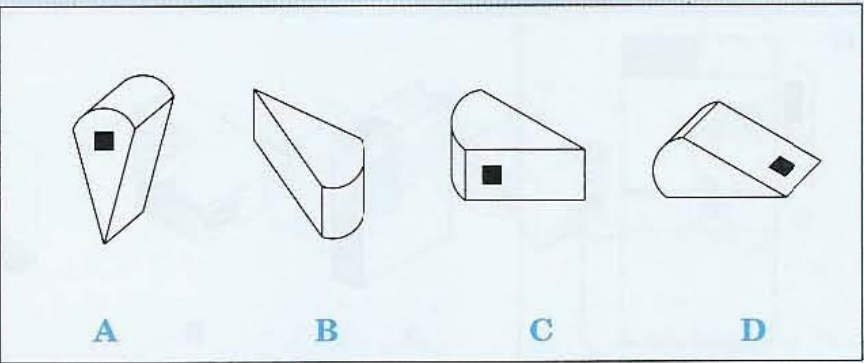
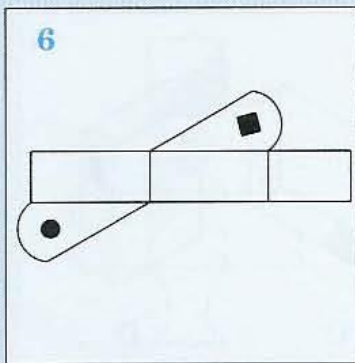
4

A B C D

5

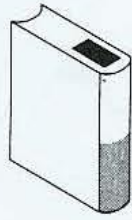
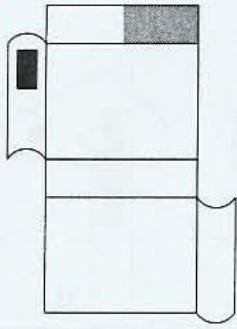
A B C D

NO SE DETENGA, CONTINÚE EN LA PÁGINA SIGUIENTE

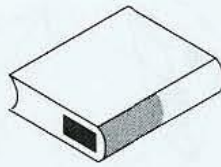


NO SE DETENGA, CONTINÚE EN LA PÁGINA SIGUIENTE

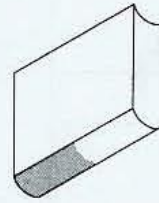
11



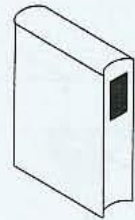
A



B

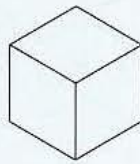
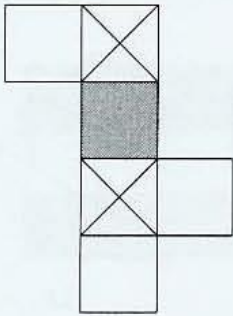


C

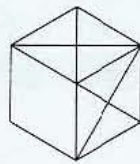


D

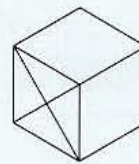
12



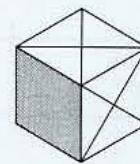
A



B

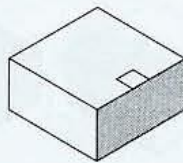
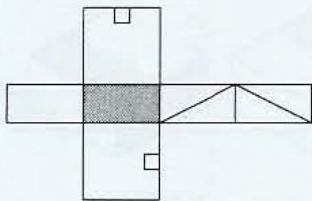


C

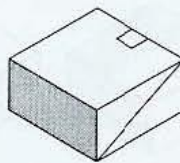


D

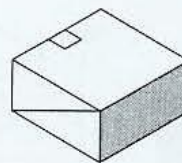
13



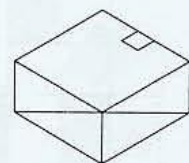
A



B

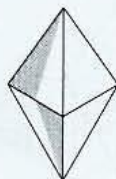
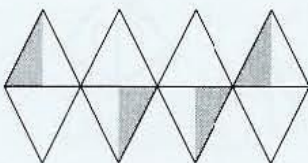


C

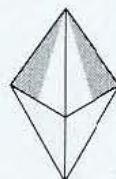


D

14



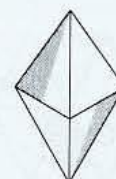
A



B

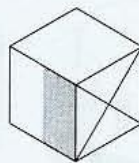
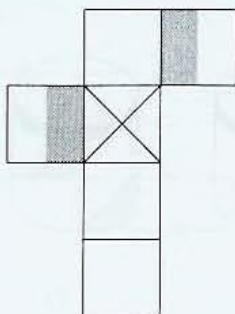


C

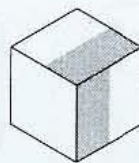


D

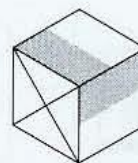
15



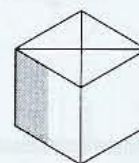
A



B



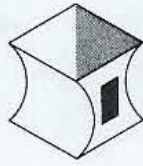
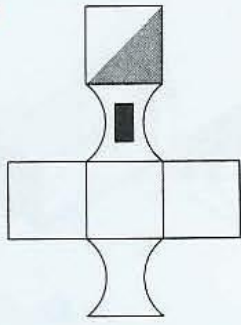
C



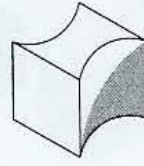
D

NO SE DETENGA, CONTINÚE EN LA PÁGINA SIGUIENTE

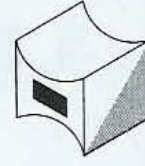
16



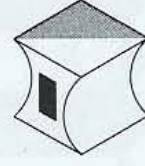
A



B

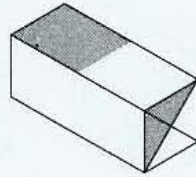
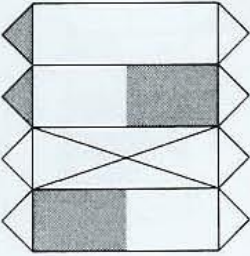


C

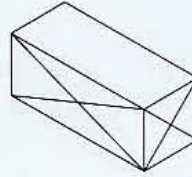


D

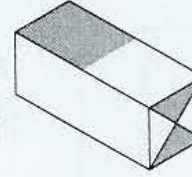
17



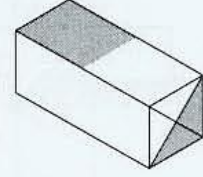
A



B

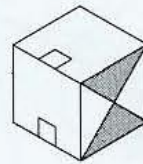
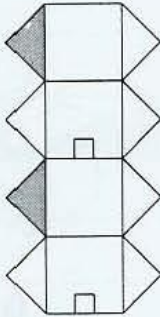


C

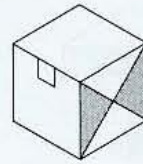


D

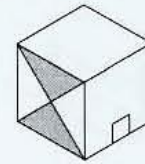
18



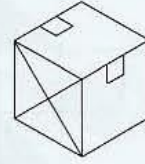
A



B

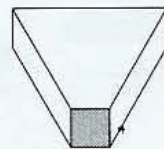
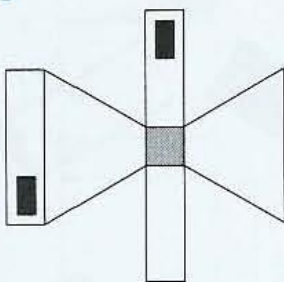


C

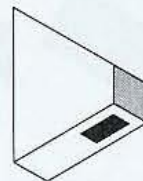


D

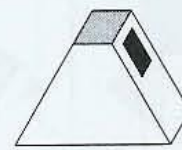
19



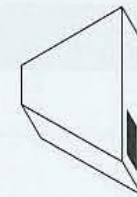
A



B

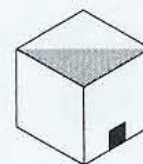
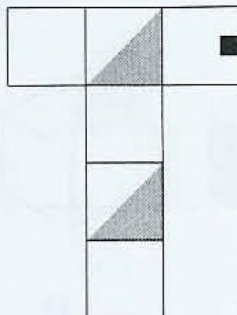


C

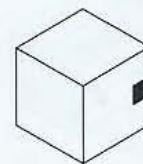


D

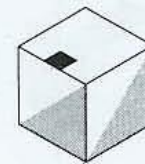
20



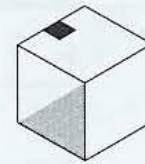
A



B



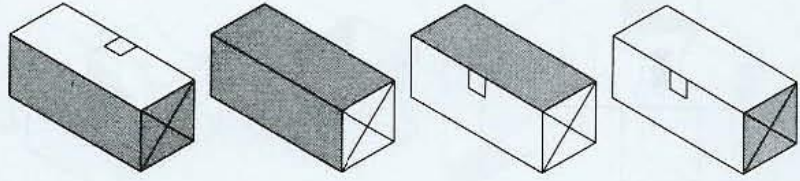
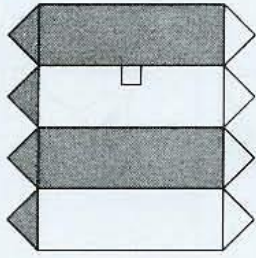
C



D

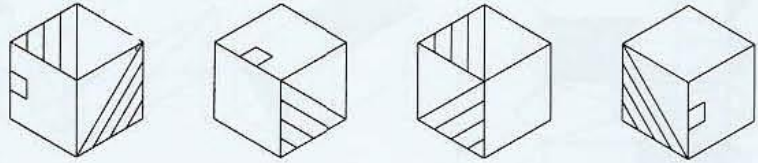
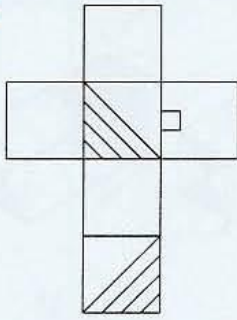
NO SE DETENGA, CONTINÚE EN LA PÁGINA SIGUIENTE

21



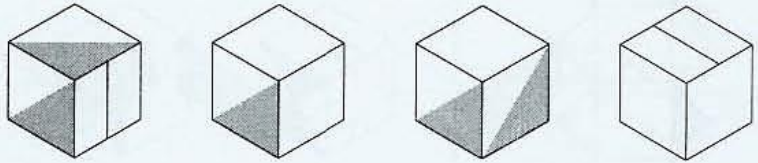
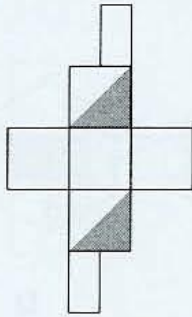
A B C D

22



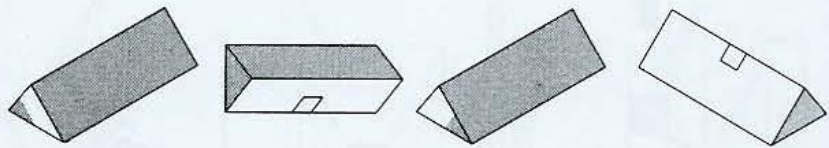
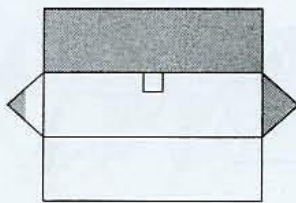
A B C D

23



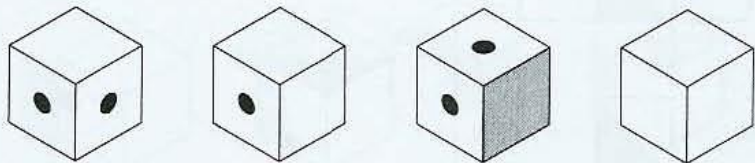
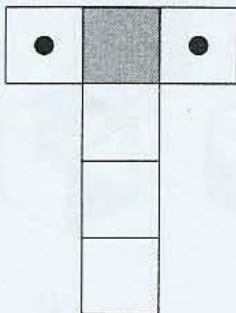
A B C D

24



A B C D

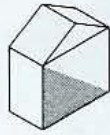
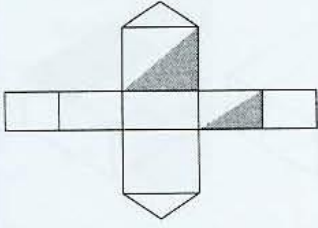
25



A B C D

NO SE DETENGA, CONTINÚE EN LA PÁGINA SIGUIENTE

26



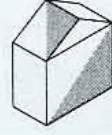
A



B

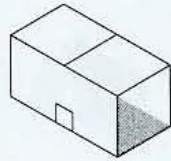
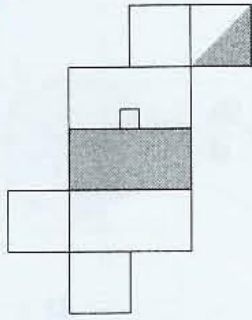


C

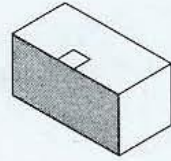


D

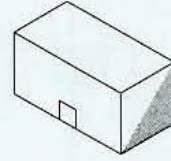
27



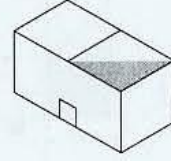
A



B

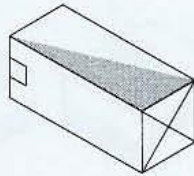
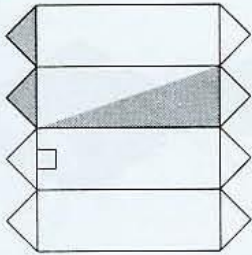


C

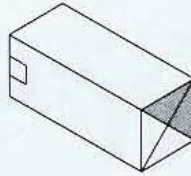


D

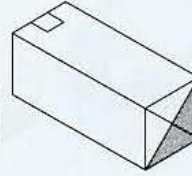
28



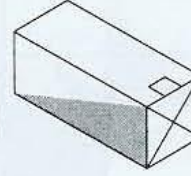
A



B

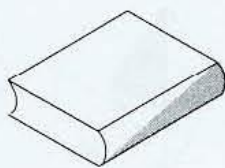
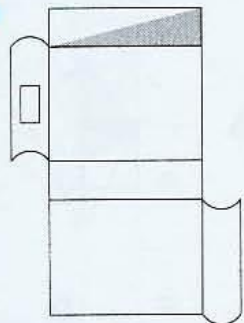


C

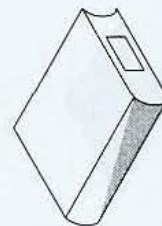


D

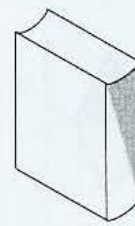
29



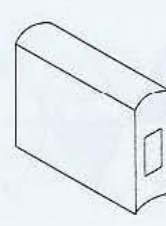
A



B

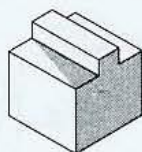
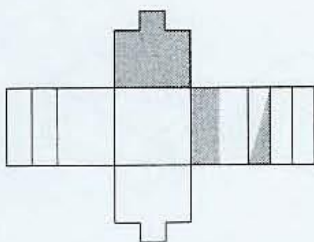


C

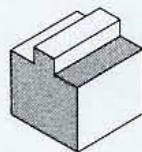


D

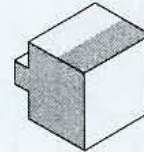
30



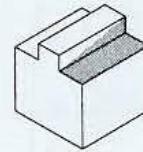
A



B



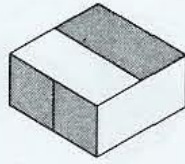
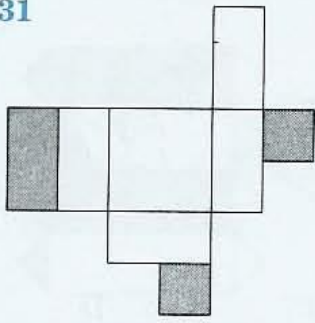
C



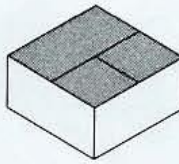
D

NO SE DETENGA, CONTINÚE EN LA PÁGINA SIGUIENTE

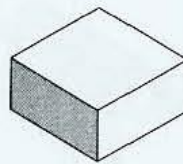
31



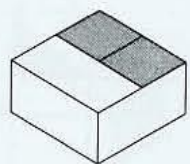
A



B

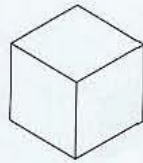
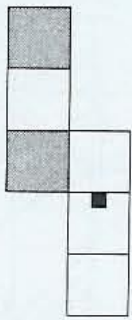


C

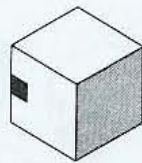


D

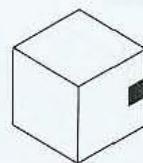
32



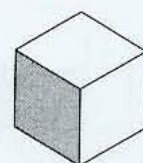
A



B

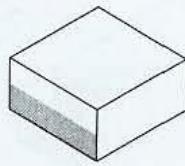
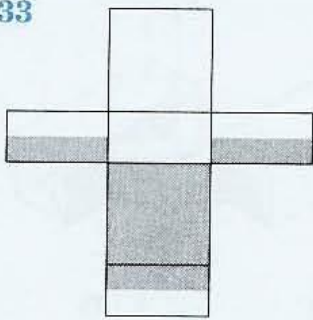


C

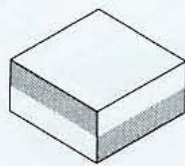


D

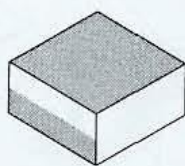
33



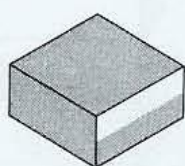
A



B

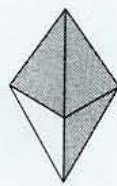
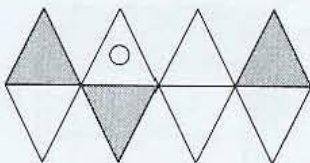


C

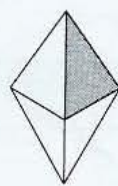


D

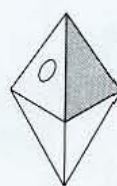
34



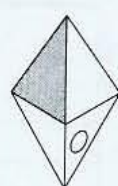
A



B

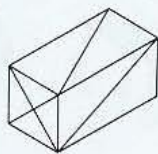
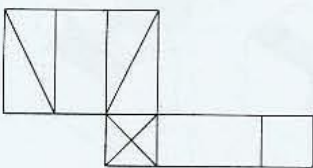


C

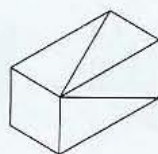


D

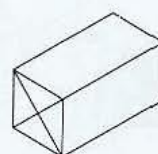
35



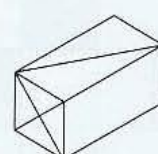
A



B



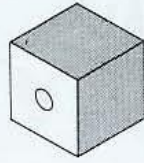
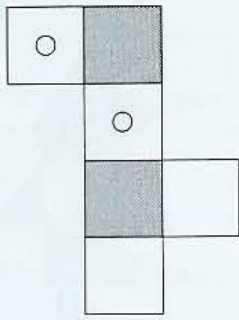
C



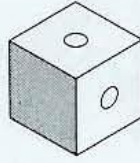
D

NO SE DETENGA, CONTINÚE EN LA PÁGINA SIGUIENTE

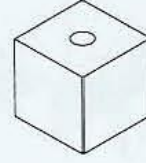
36



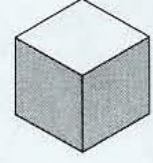
A



B

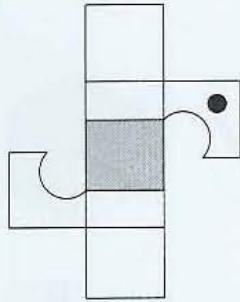


C

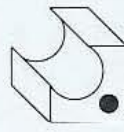


D

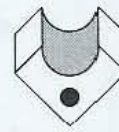
37



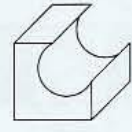
A



B

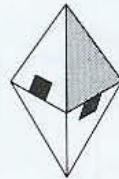
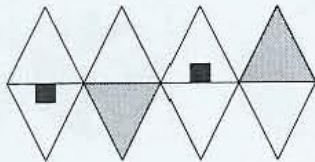


C



D

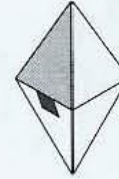
38



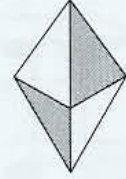
A



B

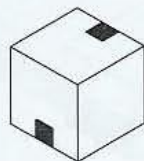


C

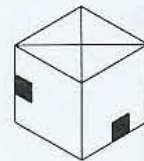


D

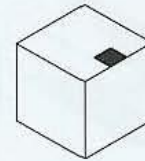
39



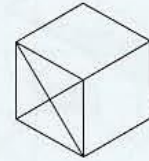
A



B

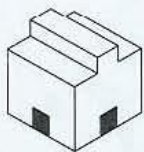
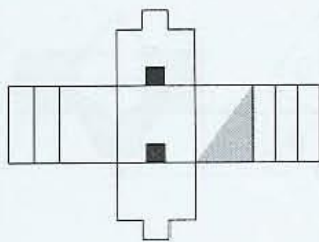


C

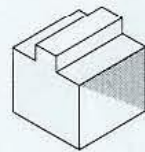


D

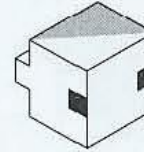
40



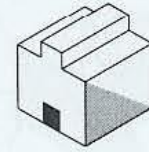
A



B



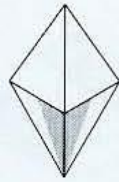
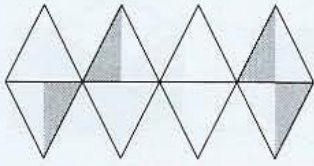
C



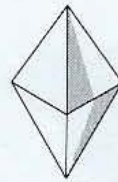
D

NO SE DETENGA, CONTINÚE EN LA PÁGINA SIGUIENTE

41



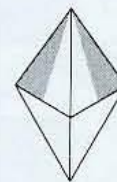
A



B

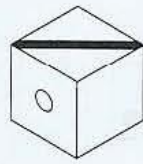
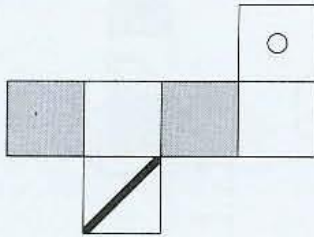


C

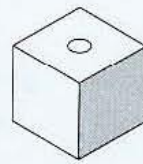


D

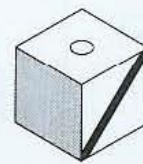
42



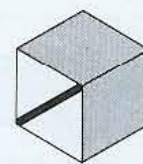
A



B

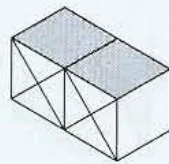
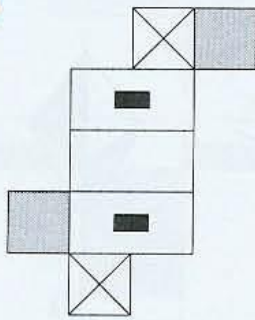


C

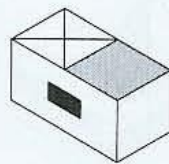


D

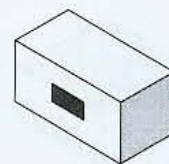
43



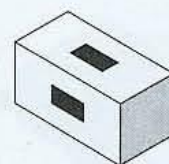
A



B

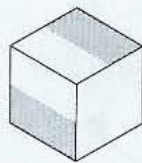
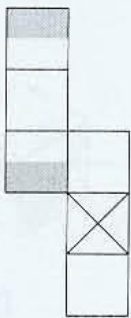


C

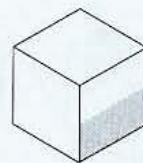


D

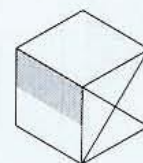
44



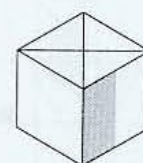
A



B

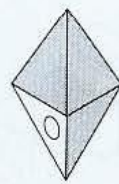
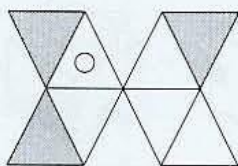


C

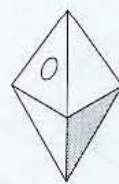


D

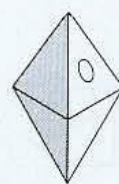
45



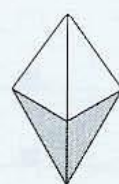
A



B



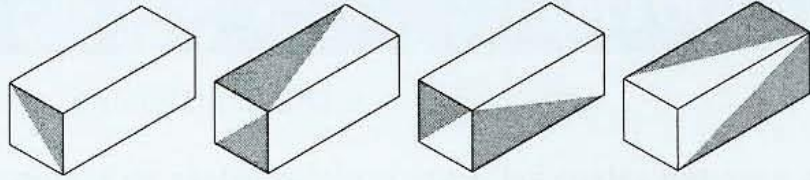
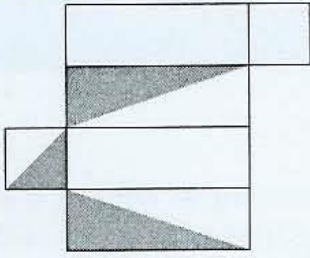
C



D

NO SE DETENGA, CONTINÚE EN LA PÁGINA SIGUIENTE

46



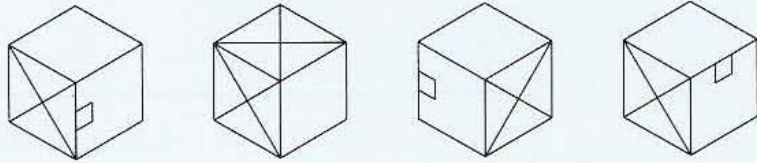
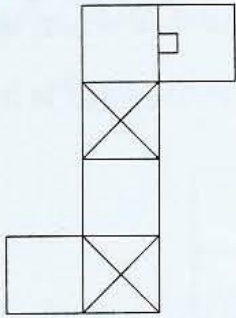
A

B

C

D

47



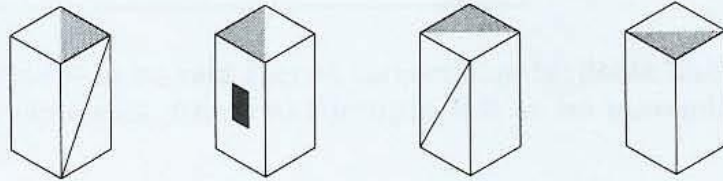
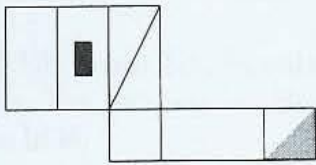
A

B

C

D

48



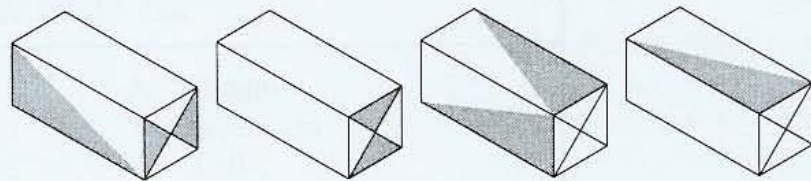
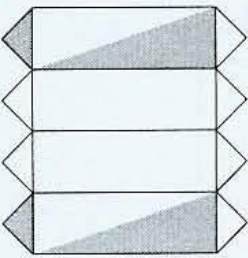
A

B

C

D

49



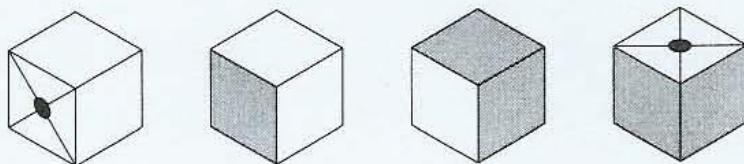
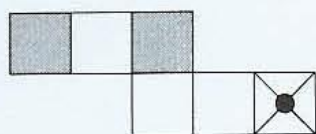
A

B

C

D

50



A

B

C

D

DETÉNGASE. SI HA TERMINADO, REPASE SUS CONTESTACIONES

