



UNIVERSIDAD DE BURGOS

Escuela Politécnica Superior
Departamento de Ingeniería Civil

Tesis doctoral:

**DISEÑO Y EFICACIA DE UN GESTOR WEB INTERACTIVO DE
APRENDIZAJE EN INGENIERÍA GRÁFICA PARA EL DESARROLLO DE LA
CAPACIDAD DE VISIÓN ESPACIAL**



Tesis doctoral de: Carlos Melgosa Pedrosa

Burgos 2012

Director de tesis: Dr. Basilio Ramos Barbero



Universidad de Burgos
Escuela Politécnica Superior
Programa de doctorado: Investigación en Ingeniería

Tesis doctoral

Diseño y eficacia de un gestor web interactivo de aprendizaje en
ingeniería gráfica para el desarrollo de la capacidad de visión espacial

Realizada por:

D. Carlos Melgosa Pedrosa

Dirigida por:

Dr. Basilio Ramos Barbero

Burgos
Febrero 2012

Agradecimientos

Quisiera expresar mi agradecimiento:

Al Doctor Basilio Ramos Barbero, director de este trabajo, por su apoyo y dedicación, y sin el cual no hubiera podido realizar el mismo.

A mis compañeros de área en general y a Arturo de Román, Esther Baños y Esteban García, en particular, por ceder amablemente su tiempo y sus alumnos para la realización de la experimentación, y por su gran colaboración en todo momento.

A todos los estudiantes que han colaborado desinteresadamente en esta experiencia sin los cuales hubiera sido imposible la realización de la investigación.

A todas aquellas personas que de alguna u otra forma han colaborado en algún momento de la realización de este trabajo, por su apoyo y contribución.

A mi familia y amigos, por la comprensión y la paciencia tenida durante todo el tiempo transcurrido hasta la culminación de este trabajo.

A todos ellos, muchas gracias.

A María Jesús, Mónica y Javier

Resumen

Se ha diseñado y desarrollado un gestor web interactivo para el aprendizaje de la expresión gráfica en la ingeniería especializado en el desarrollo de la capacidad de visión espacial. Se ha denominado ILMAGE_SV. Partiendo de la metodología utilizada en un taller de visualización desarrollado con anterioridad, se ha construido un sistema que gestiona una base de datos y tres perfiles de usuario (alumno, profesor y administrador) para realizar el seguimiento del aprendizaje en visualización espacial.

Mediante una experimentación con dos grupos de estudiantes, uno experimental (Grupo E) y otro de control (Grupo T), de primer curso de ingeniería, se ha validado ILMAGE_SV. La experimentación se desarrolló durante dos cursos académicos, los años 2009-2010 y 2010-2011. La primera experimentación se realizó con los alumnos de primer año de Ingeniería Técnica Industrial Mecánica y Electrónica. La segunda, con los nuevos planes de estudio según las directrices de Bolonia, se realizó con los Grados en Mecánica, Electrónica y Organización.

Se administró también una encuesta al finalizar la experimentación a todos los estudiantes que utilizaron ILMAGE_SV para conocer la eficacia, eficiencia y satisfacción obtenidas tras su uso. De los resultados de la encuesta se ha determinado que ILMAGE_SV tiene calidad suficiente de forma significativa para ser utilizado como recurso para desarrollar la capacidad de visión espacial y que los contenidos tienen también la suficiente calidad.

De los resultados de la experimentación se puede decir que todos los alumnos mejoran de forma significativa su capacidad de visión espacial. Aunque el grupo E obtiene mayor incremento de visualización que el grupo T, esta diferencia no es significativa.

Además el grupo E no consigue mejores resultados, de forma significativa, que el grupo T en el control de visualización y en el test final de visualización. Sin embargo, a pesar de dedicar menos horas al dibujo a mano alzada, el grupo E no obtiene peores resultados que el grupo T, de forma significativa, en croquización.

También se puede asegurar que los alumnos de menores capacidades espaciales mejoran más su capacidad espacial que los alumnos de mayores capacidades espaciales. Lo mismo se puede decir de los alumnos del grupo E estudiados por separado. Comparados el grupo E y el grupo T por categorías de capacidad espacial, los alumnos de ambos grupos, obtienen resultados similares en el control de visualización y en el test final de visualización, de forma significativa y categoría por categoría.

Por otra parte, el rendimiento académico en el control de visualización y el incremento de capacidad espacial de los alumnos del grupo E no tiene relación lineal, de forma significativa, con el tiempo empleado por éstos en el gestor ILMAGE_SV.

El incremento de capacidad de visión espacial para los alumnos del grupo E sin conocimientos previos de dibujo técnico no es mayor, de forma significativa, que el de los alumnos del grupo T sin conocimientos previos de dibujo técnico. Pero existen menos diferencias, de forma significativa, entre los alumnos del grupo E, que tienen y no tienen, conocimientos previos de dibujo técnico, que entre los alumnos del grupo tradicional en las mismas circunstancias.

Índice de contenidos

AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVII
CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Introducción.....	3
1.2 Justificación	5
1.3 Nuestros antecedentes.....	6
1.3.1. El taller virtual de visualización de piezas.....	8
1.4 Objetivos.....	11
1.5 Hipótesis.....	12
1.6 Contribuciones y difusión de la investigación	14
CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 Inteligencia y habilidad espacial	19
2.1.1 El cerebro.....	19
2.1.2 Investigación en inteligencia.....	20
2.1.3 Definiciones de inteligencia	23
2.1.4 Teorías sobre inteligencia	25
2.1.4.1Teorías factoriales que componen la inteligencia	25
2.1.4.2Teorías cognitivas.....	28
2.1.5 La habilidad espacial como componente de la inteligencia.....	29
2.2 Definiciones de habilidad espacial	30
2.3 Revisión de la investigación en habilidad espacial	32
2.3.1 Fase I (1880-1940)	33

2.3.2	Fase II (1940-1960).....	34
2.3.3	Fase III (1960-1980).....	37
2.3.4	Fase IV (1980-)	39
2.4	Componentes de la habilidad espacial.....	41
2.5	La importancia de la habilidad espacial	46
2.6	La habilidad espacial y la ingeniería.....	48
2.7	Instrumentos de medición de la habilidad espacial.....	50
2.8	Diferencias de habilidad espacial entre individuos.....	54
2.9	Diferencias entre sexos en la habilidad espacial	57
2.9.1	Teorías biológicas y de procesamiento de la información visual.....	59
2.9.2	Teorías culturales, de influencia con el entorno y de experiencias previas	61
2.10	Desarrollo de la habilidad de visión espacial.....	63
2.11	Recursos utilizados para desarrollar la capacidad de visualización espacial	66
2.12	Herramientas web para el desarrollo de la capacidad de visión espacial	68
2.12.1	Aplicaciones docentes en internet.....	69
2.13	Visualizadores 3D para el aprendizaje de la Expresión Gráfica	74
CAPITULO 3 DESCRIPCIÓN DE ILMAGE_SV		77
3.1	Introducción	79
3.2	Objetivos de ILMAGE_SV.....	79
3.3	Metodología pedagógica de desarrollo del taller de visualización	80
3.4	Estructura del desarrollo del ILMAGE_SV	82
3.4.1	Perfil de alumno	84
3.4.2	Perfil de profesor	92
3.4.3	Perfil de administrador	96
3.5	Tecnología empleada y recursos de software en ILMAGE_SV	104
3.5.1	Recursos de software.....	104
3.5.2	Tecnología utilizada	105
3.5.3	Selección adecuada del visualizador 3D.....	106
3.6	Niveles de aprendizaje	111

CAPITULO 4	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	119
4.1	Metodología	121
4.2	Formulación del problema de investigación	122
4.3	Puesta a punto de ILMAGE_SV.....	124
4.4	Formación de los grupos, comprobación de que son iguales.....	125
4.5	Instrumentos de medición de la capacidad espacial	127
4.5.1.	DAT SR (Differential Aptitude Test).....	127
4.5.2.	MRT (Mental Rotation Test)	128
4.5.3.	Control de visualización.....	129
4.5.4.	Test final de visualización	130
4.6	Comparativa de resultados en los test DAT-SR y MRT en distintas universidades.....	130
4.7	Encuesta de satisfacción, eficacia y eficiencia de ILMAGE_SV	132
4.7.1.	Objetivos de la encuesta.....	133
4.7.2.	Elaboración de la encuesta	134
4.7.3.	Estadísticos de fiabilidad y validez	136
4.7.4.	Población	137
4.7.5.	Indicios de fiabilidad y validez de la encuesta	139
4.8	Desarrollo de la experiencia	141
CAPÍTULO 5	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE EFICACIA, EFICIENCIA Y SATISFACCIÓN	145
5.1	Hipótesis planteadas	147
5.2	Estudio descriptivo del primer bloque: Experiencia en Internet.....	147
5.3	Estudio descriptivo del segundo bloque: Dificultades técnicas encontradas.....	150
5.4	Estudio descriptivo del tercer bloque: Diseño, estructura, facilidad de uso.....	153
5.4.1.	Análisis de la hipótesis 1.....	159
5.5	Estudio descriptivo del cuarto bloque: Valoración de contenidos	160
5.5.1.	Análisis de la hipótesis 2.....	162
5.6	Estudio descriptivo de los ítems finales.....	163

CAPITULO 6 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACIÓN	169
6.1 Consideraciones previas.....	171
6.2 Análisis de la HIPÓTESIS 3	172
6.3 Análisis de HIPÓTESIS 4.....	176
6.4 Análisis de la HIPÓTESIS 5	177
6.4.1. Los dos cursos de experimentación juntos.....	178
6.4.2. Experimentación del curso 2009-2010	180
6.4.3. Experimentación del curso 2010-2011	182
6.5 Análisis de la HIPÓTESIS 6	184
6.5.1. Los dos cursos juntos	184
6.5.2. Experimentación del curso 2009-2010	185
6.5.3. Experimentación del curso 2010-2011	186
6.6 Análisis de la HIPÓTESIS 7	187
6.6.1. Los dos cursos de experimentación juntos.....	187
6.6.2. Curso de experimentación 2009-2010	188
6.6.3. Curso de experimentación 2010-2011	189
6.7 Análisis de la HIPÓTESIS 8	190
6.7.1. Primer caso: 25/75.....	192
6.7.2. Segundo caso: 35/65.....	195
6.7.3. Tercer caso: 50/50	197
6.8 Análisis de la HIPÓTESIS 9	199
6.8.1. Primer caso: 25/75.....	199
6.8.2. Segundo caso: 35/65.....	201
6.8.3. Tercer caso: 50/50	204
6.9 Análisis de la HIPÓTESIS 10	206
6.9.1. Comparación del rendimiento en el control de visualización por grupos y categorías de capacidad espacial.....	207
6.9.2. Comparación del rendimiento en el test final de visualización por grupos y categorías de capacidad espacial.....	208
6.10 Análisis de la HIPÓTESIS 11	210

6.10.1. Análisis de los dos cursos de experimentación juntos.....	211
6.10.2. Análisis por cursos de experimentación	213
6.11 Análisis de la HIPÓTESIS 12	215
6.12 Análisis de la HIPÓTESIS 13	216
6.13 Análisis de la HIPÓTESIS 14	218
CAPITULO 7 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN	223
7.1 Conclusiones	225
7.1.1. Conclusiones del diseño de ILMAGE_SV	225
7.1.2. Conclusiones de la encuesta de eficacia, eficiencia y satisfacción	226
7.1.3. Conclusiones de los resultados de la experimentación	227
7.2 Líneas futuras de trabajo	229
CAPITULO 8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	231
ANEXO I TESTS, PRUEBAS Y ENCUESTA.....	245
ANEXO II PRÁCTICAS	265
ANEXO III DATOS INICIALES	287

Índice de figuras

Fig. 1 Pantalla de menús del taller virtual.....	8
Fig. 2 Ejemplo de uno de los ejercicios del taller virtual	9
Fig. 3 División hemisférica del cerebro. Fuente.....	19
Fig. 4 Áreas del cerebro y su especialización. Fuente.....	19
Fig. 5 Alfred Binet. Fuente	20
Fig. 6 Cubo de Guilford	27
Fig. 7 Ejemplo de Test MCT (CEEB, 1939)	52
Fig. 8 Ejemplo de rotaciones del Test PSVT (Guay, 1977)	52
Fig. 9 Ejemplo del Test MRT (Vanderberg & Kuse, 1978).....	52
Fig. 10 Test DAT-SR (Bennett, Seashore, & Wesman, 1997).....	53
Fig. 11 Ejemplo del test de Lappan (Lappan, 1981).....	53
Fig. 12 Proceso mental de croquizado. Fuente Technical Graphics Communication, (Bertoline et al., 1997)	66
Fig. 13 Piezas generadas por prototipado rápido. Fuente Czapka (2002).....	67
Fig. 14 Maletín de piezas educativo. Fuente propia.....	67
Fig. 15 Realidad virtual inmersiva. Fuente Kaufmann et al. (2000)	68
Fig. 16 Ejemplo de anotación en Adobe Acrobat Pro Extended. Fuente propia.....	75
Fig. 17 Estructura general de sistema gestor del taller de visualización	82
Fig. 18 Pantalla de inicio del perfil de alumno	84
Fig. 19 Detalle del formulario de registro	85
Fig. 20 Pantalla después del registro.....	85
Fig. 21 Primera pantalla del test de nivel.....	86
Fig. 22 Esquema de funcionamiento del Test de nivel de comienzo.....	87
Fig. 23 Pantalla de inicio cuando se tienen prácticas y/o exámenes pendientes	88
Fig. 24 Detalle pantalla con los ejercicios de una práctica/examen	89
Fig. 25 Detalle de pantalla de un ejercicio resuelto y su valoración	89
Fig. 26 Detalle de la pantalla de Teoría y ejemplos	90
Fig. 27 Detalle de la pantalla de una práctica/examen terminada.....	91
Fig. 28 Pantalla de estadísticas del alumno	91
Fig. 29 Pantalla de inicio del perfil profesor.....	92
Fig. 30 Pantalla de opciones del usuario profesor.....	93
Fig. 31 Detalle de pantalla de estadísticas de alumno	93
Fig. 32 Detalle de pantalla de estadísticas de grupos.....	94
Fig. 33 Detalle de estadísticas por datos de registro.....	94
Fig. 34 Detalle de estadísticas de ejercicios.....	95
Fig. 35 Detalle de estadísticas de duración de sesiones.....	95
Fig. 36 Detalle de la pantalla nivel propuesto vs nivel seleccionado	96
Fig. 37 Pantalla de registro del administrador.....	97
Fig. 38 Opciones del perfil Administrador	98

Fig. 39 Detalle de pantalla de asignar un grupo a un alumno.....	99
Fig. 40 Formulario de alta de profesor.....	99
Fig. 41 Detalle del primer paso para crear un examen	100
Fig. 42 Segundo paso para crear un examen.....	100
Fig. 43 Detalle de pantalla de alta de nuevos recursos teóricos.....	101
Fig. 44 Detalle del primer paso de composición de ejercicios	101
Fig. 45 Detalle del paso 2 de composición de ejercicios	102
Fig. 46 Detalle de pantalla de incorporación de vídeo al ejemplo o ejercicio	102
Fig. 47 Detalle del paso 4 de composición de ejercicios	103
Fig. 48 Detalle del paso 6 de composición de ejemplos.....	103
Fig. 49 Esquema de confección de un ejercicio.....	104
Fig. 50 Dos alternativas de los visualizadores.....	108
Fig. 51 Ejemplo de herramienta de corte con eDrawings. Fuente propia.....	108
Fig. 52 Configuración A.....	108
Fig. 53 Ejemplo de animación en 3D XML. Fuente propia	109
Fig. 54 Configuración B	109
Fig. 55 Ejemplo de animación en Adobe 3D Reviewer. Fuente propia	109
Fig. 56 Configuración C.....	109
Fig. 57 Identificación de las superficies de las vistas normalizadas en la perspectiva	112
Fig. 58 Identificación de las superficies de la perspectiva en las vistas normalizadas	113
Fig. 59 Comprensión.....	114
Fig. 60 Aplicación de desarrollo de objetos	114
Fig. 61 Aplicación de desarrollo del cubo	115
Fig. 62 Aplicación de giros de objetos.....	116
Fig. 63 Análisis de prismas en contacto	116
Fig. 64 Análisis de vistas.....	117
Fig. 65 Ejemplo del test DAT SR.....	127
Fig. 66 Ejemplo del test MRT.....	128
Fig. 67 Ejemplo de un control de visualización.....	129
Fig. 68 Ejemplo de una pregunta del test final de visualización	130
Fig. 69 Imagen del aula donde trabajó el grupo experimental	141
Fig. 70 Ejemplo de una práctica del grupo tradicional	142
Fig. 71 Estudiante realizando un ejercicio de una práctica	143
Fig. 72 Ejemplo de un ejercicio del grupo experimental	144
Fig. 73 Uso diario de Internet.....	147
Fig. 74 Internet diario por titulaciones.....	148
Fig. 75 Internet diario por tipo de Ingeniería.....	148
Fig. 76 Internet con fines educativos por titulaciones	149
Fig. 77 Internet diario con fines educativos por tipo de Ingeniería	149
Fig. 78 Dificultades técnicas encontradas.....	151
Fig. 79 Tiempo tardado en solucionar dificultad	152

Fig. 80 Software/plugins necesarios	153
Fig. 81 Media y error típico de ganancia de capacidad espacial por categorías (percentiles 25 y 75)	192
Fig. 82 Media y error típico de ganancia de capacidad espacial por categorías (percentiles 35 y 65)	195
Fig. 83 Media y error típico de ganancia de capacidad espacial por categorías (percentiles 50 y 50)	197
Fig. 84 Media y error típico de ganancia de capacidad espacial por categorías (percentiles 25 y 75)	200
Fig. 85 Media y error típico de ganancia de capacidad espacial (percentiles 35 y 65)	202
Fig. 86 Media y error típico de ganancia de capacidad espacial (percentiles 50 y 50)	204
Fig. 87 Media y error típico de ganancia de capacidad espacial (percentiles 35 y 65) para VISIÓN	207
Fig. 88 Media y error típico de ganancia de capacidad espacial (percentiles 35 y 65) para TEST_FINAL	208
Fig. 89 Gráficos de dispersión CONTROL/TIEMPO	211
Fig. 90 Gráficos de dispersión VISIÓN/TIEMPO	212
Fig. 91 Gráficos de dispersión CONTROL/TIEMPO por cursos de experimentación	213
Fig. 92 Gráficos de dispersión VISIÓN/TIEMPO por cursos de experimentación	214
Fig. 93 Gráfico de dispersión INCR_MRT/Tiempo	216
Fig. 94 Media y error típico VISIÓN según categorías de GRUPO y DT_NDT	219

Índice de tablas

Tabla 1 Relaciones espaciales (Fuente Saorín Pérez, 2006 y Sjölander, 1998).....	51
Tabla 2 Visión espacial (Fuente Saorín Pérez, 2006 y Sjölander. 1998)	51
Tabla 3 Herramientas Web y requerimientos que cumplen.....	72
Tabla 4 Normalidad de DAT_SR para los grupos E y T.....	126
Tabla 5 Prueba de Levene de DAT_SR para los grupos E y T.....	126
Tabla 6 Prueba T para DAT_SR por grupos E y T.....	127
Tabla 7 Capacidad de visión espacial por universidades y países	132
Tabla 8 Bloques y agrupación de ítems.....	136
Tabla 9 Población y Tasa de respuesta (2009-2010)	138
Tabla 10 Población y Tasa de respuesta (2010-2011)	138
Tabla 11 Población y Tasa de respuesta (2 cursos)	139
Tabla 12 Consistencia interna del cuestionario (α de Cronbach)	139
Tabla 13 Indicadores de validez del constructo.....	140
Tabla 14 Porcentaje de uso diario de Internet	147
Tabla 15 Uso diario de Internet con fines educativos	148
Tabla 16 Uso diario de Internet por Titulaciones	148
Tabla 17 Uso diario de Internet por tipo de Ingeniería	149
Tabla 18 Disponibilidad de Internet en casa.....	149
Tabla 19 Uso de la aplicación web en casa	150
Tabla 20 Ítems y componentes de usabilidad	150
Tabla 21 Dificultades técnicas encontradas.....	151
Tabla 22 Frecuencia por semana de dificultades	152
Tabla 23 Problemas de audio y vídeo	152
Tabla 24 Software/Plugins necesitados	153
Tabla 25 Medias (Error típico) de Diseño y estructura.....	154
Tabla 26 Pruebas de normalidad de los ítems 35 y 13	154
Tabla 27 Prueba T para los ítems 35 y 13	155
Tabla 28 Diseño y estructura	155
Tabla 29 Usabilidad en Diseño y estructura.....	155
Tabla 30 Medias (error típico) de Calidad de los recursos	156
Tabla 31 Calidad de los recursos	156
Tabla 32 Medias (error típico) de utilidad de los recursos	156
Tabla 33 Utilidad de los recursos	157
Tabla 34 Media (error típico) de facilidad de uso.....	158
Tabla 35 Facilidad de uso.....	158
Tabla 36 Diseño, estructura y facilidad de uso	158
Tabla 37 Usabilidad en Diseño, estructura y facilidad de uso.....	158
Tabla 38 Pruebas de normalidad de USO_MEDIA.....	159
Tabla 39 Prueba T para una muestra de USO_MEDIA	159

Tabla 40 Media (error típico) de Motivación y utilidad.....	160
Tabla 41 Motivación y utilidad de los contenidos	161
Tabla 42 Usabilidad en Motivación y utilidad de los contenidos.....	161
Tabla 43 Media (error típico) de Adecuación de contenidos.....	161
Tabla 44 Adecuación de los contenidos.....	162
Tabla 45 Valoración de contenidos	162
Tabla 46 Usabilidad en Valoración de los contenidos	162
Tabla 47 Pruebas de normalidad de CONT_MEDIA	163
Tabla 48 Prueba T para una muestra de CONT_MEDIA.....	163
Tabla 49 Frecuencia uso vídeos.....	164
Tabla 50 Aumento capacidad de visualización	164
Tabla 51 Valoración general de la aplicación.....	164
Tabla 52 Volver a usar y recomendar	165
Tabla 53 Resumen experimentación 2009-2010.....	165
Tabla 54 Resumen experimentación 2010-2011.....	166
Tabla 55 Resumen 2 cursos juntos.....	166
Tabla 56 Estudiantes por sexo y cursos	171
Tabla 57 Resumen de estudiantes por especialidad y grupo.....	171
Tabla 58 Resumen de resultados de los tests DAT-SR y MRT	171
Tabla 59 Pruebas de normalidad para PRE-MRT y POST-MRT	173
Tabla 60 Correlaciones de PRE y POST MRT por grupos	174
Tabla 61 Prueba T para PRE y POST MRT por grupos.....	174
Tabla 62 Rangos de PRE y POST MRT por grupos.....	174
Tabla 63 Prueba de los rangos con signo de Wilkason para PRE y POST MRT por grupos.....	175
Tabla 64 Pruebas de normalidad para INCR_MRT	175
Tabla 65 Prueba T para una muestra de INCR_MRT	175
Tabla 66 Normalidad de INCR_MRT por grupos.....	176
Tabla 67 Estadísticos de INCR_MRT por grupos	177
Tabla 68 Prueba T para la igualdad de medias de INCR_MRT	177
Tabla 69 Pruebas de normalidad para CONTROL.....	178
Tabla 70 Estadísticos de grupo de Control.....	178
Tabla 71 Prueba T de muestras independientes para CONTROL.....	179
Tabla 72 Pruebas de normalidad para VISIÓN por grupos E y T	179
Tabla 73 Estadísticos de grupo de VISIÓN	179
Tabla 74 Prueba T de muestras independientes para VISIÓN	180
Tabla 75 Rangos para VISIÓN	180
Tabla 76 Prueba U de Mann-Whitney	180
Tabla 77 Pruebas de normalidad de CONTROL	181
Tabla 78 Estadísticos de grupo del Control.....	181
Tabla 79 Prueba T para la igualdad de medias del Control	181
Tabla 80 Pruebas de normalidad de VISIÓN	181

Tabla 81 Estadísticos de grupo de VISIÓN	182
Tabla 82 Prueba de muestras independientes para VISIÓN	182
Tabla 83 Pruebas de normalidad para CONTROL.....	182
Tabla 84 Estadísticos de grupo para CONTROL	182
Tabla 85 Prueba T de muestras independientes para CONTROL.....	183
Tabla 86 Pruebas de normalidad de VISIÓN por grupos	183
Tabla 87 Estadísticos de grupo de VISIÓN	183
Tabla 88 Prueba T de muestras independientes para VISIÓN	183
Tabla 89 Pruebas de normalidad de CROQUIZACIÓN	184
Tabla 90 Estadísticos de grupo para CROQUIZACIÓN	185
Tabla 91 Prueba T de muestras independientes para CROQUIZACIÓN	185
Tabla 92 Pruebas de normalidad de CROQUIZACIÓN	185
Tabla 93 Estadísticos de grupo para CROQUIZACIÓN	185
Tabla 94 Prueba T de muestras independientes para CROQUIZACIÓN	186
Tabla 95 Pruebas de normalidad de CROQUIZACIÓN por grupos	186
Tabla 96 Estadísticos de grupo para CROQUIZACIÓN	186
Tabla 97 Prueba T de muestras independientes para CROQUIZACIÓN	186
Tabla 98 Pruebas de normalidad de TEST_FINAL.....	187
Tabla 99 Estadísticos de grupo para TEST_FINAL	188
Tabla 100 Prueba T de muestras independientes para TEST_FINAL	188
Tabla 101 Prueba U de Mann-Whitney	188
Tabla 102 Pruebas de normalidad de TEST_FINAL.....	188
Tabla 103 Rangos para TEST_FINAL.....	189
Tabla 104 Prueba U de Mann-Whitney	189
Tabla 105 Pruebas de normalidad de TEST_FINAL.....	189
Tabla 106 Estadísticos de grupo para TEST_FINAL.....	189
Tabla 107 Prueba T de muestras independientes para TEST_FINAL	190
Tabla 108 Rangos para TEST_FINAL.....	190
Tabla 109 Prueba U de Mann-Whitney	190
Tabla 110 Percentiles de PRE_MRT.....	191
Tabla 111 Normalidad por categorías de INCR_MRT (25/75).....	193
Tabla 112 ANOVA para INCR_MRT (25/75)	193
Tabla 113 Rangos para INCR_MRT (25/75).....	193
Tabla 114 Kruskal-Wallis para INCR_MRT (25/75)	193
Tabla 115 Contraste entre mayor y menor capacidad espacial (25/75).....	194
Tabla 116 Comparaciones múltiples por categorías de INCR_MRT (25/75)	194
Tabla 117 Prueba de Student-Newman-Keuls ^{a,b} por categorías de INCR_MRT (25/75).....	194
Tabla 118 Normalidad por categorías de INCR_MRT (35/65).....	195
Tabla 119 ANOVA para INCR_MRT (35/65)	196
Tabla 120 Rangos para INCR_MRT (35/65).....	196
Tabla 121 Kruskal-Wallis para INCR_MRT (35/65)	196

Tabla 122 Contraste entre mayor y menor capacidad espacial (35/65).....	196
Tabla 123 Comparaciones múltiples por categorías de INCR_MRT (35/65)	197
Tabla 124 Prueba de Student-Newman-Keuls ^{ab} por categorías de INCR_MRT (35/65)	197
Tabla 125 Normalidad por categorías de INCR_MRT (50/50).....	198
Tabla 126 Estadísticos de grupo por categorías de INCR_MRT (50/50)	198
Tabla 127 Prueba T de muestras independientes para INCR_MRT por categorías (50/50)	198
Tabla 128 Prueba U de Mann-Whitney	199
Tabla 129 Percentiles de Pre_MRT	199
Tabla 130 Normalidad por categorías de INCR_MRT (25/75).....	200
Tabla 131 Rangos para INCR_MRT 25/75	200
Tabla 132 Kruskal-Wallis para INCR_MRT (25/75)	200
Tabla 133 Rangos de INCR_MRT (25/75) por pares	201
Tabla 134 Prueba U de Mann-Whitney para INCR_MRT (25/75).....	201
Tabla 135 Normalidad por categorías de INCR_MRT (35/65).....	202
Tabla 136 ANOVA para INCR_MRT (35/65)	202
Tabla 137 Rangos para INCR_MRT (35/65).....	203
Tabla 138 Kruskal-Wallis para INCR_MRT (35/65)	203
Tabla 139 Contraste entre mayor y menor capacidad espacial (35/65).....	203
Tabla 140 Comparaciones múltiples para INCR_MRT (35/65).....	203
Tabla 141 Prueba S-N-K ^{a,b} para INC_MRT (35/65)	204
Tabla 142 Normalidad por categorías de INC_MRT (50/50).....	205
Tabla 143 Estadísticos de grupo por categorías de INCR_MRT (50/50)	205
Tabla 144 Prueba T de muestras independientes por categorías de INC_MRT (50/50).....	205
Tabla 145 Prueba U de Mann-Whitney	205
Tabla 146 Normalidad por categorías y grupos de VISIÓN	207
Tabla 147 ANOVA de VISIÓN por categorías (35/65)	208
Tabla 148 Comparaciones múltiples para VISIÓN por categorías (35/65)	208
Tabla 149 Normalidad por categorías y grupos de TEST_FINAL	209
Tabla 150 Rangos de TEST_FINAL por categorías y grupos.....	209
Tabla 151 Prueba de Kruskal-Wallis	209
Tabla 152 Comparaciones entre categorías análogas para TEST_FINAL.....	210
Tabla 153 Prueba U de Mann-Whitney para TEST_FINAL por categorías y grupos	210
Tabla 154 Pruebas de normalidad de CONTROL y TIEMPO	211
Tabla 155 Correlación Rho de Spearman para CONTROL y TIEMPO	212
Tabla 156 Correlación Rho de Spearman para VISIÓN y TIEMPO.....	212
Tabla 157 Normalidad de CONTROL y TIEMPO por cursos.....	213
Tabla 158 Correlación CONTROL/TIEMPO.....	214
Tabla 159 Correlación CONTROL/TIEMPO.....	214
Tabla 160 Normalidad de VISIÓN y TIEMPO por cursos.....	214
Tabla 161 Correlación VISIÓN/TIEMPO	215
Tabla 162 Correlación VISIÓN/TIEMPO	215

Tabla 163 Normalidad de INCR_MRT y TIEMPO	216
Tabla 164 Correlación Rho de Spearman para INCR_MRT y TIEMPO	216
Tabla 165 Tabla de contingencia Conocimiento de DT * Grupo experimentación.....	217
Tabla 166 Medias de Ganancia en capacidad espacial por grupos y conocimientos de Dibujo Técnico	217
Tabla 167 Normalidad de INCR_MRT por categorías de Grupo_DTNT	218
Tabla 168 Rangos de INCR_MRT por categorías de Grupo_DTNT	218
Tabla 169 Prueba de Kruskal-Wallis para INCR_MRT por categorías de Grupo_DTNT	218
Tabla 170 Normalidad para VISIÓN por categorías de ET_DTNDT	220
Tabla 171 ANOVA con la prueba de Welch para VISIÓN.....	220
Tabla 172 Comparaciones múltiples de Games-Howell para VISIÓN.....	220

CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

La expresión gráfica está en continua evolución, en parte como consecuencia de las nuevas tecnologías de la comunicación y la información (TIC's) y en parte debido a las reestructuraciones a las que se ha visto sometida con motivo de la implantación de dos nuevos planes de estudios en poco más de una década.

Si el diseño asistido por ordenador marcó el primer hito en esta evolución, y la multimedia el segundo, las tecnologías web y los dispositivos móviles marcarán el tercero. Sin todavía estar totalmente implantado el e-Learning ya se está superponiendo lo que algunos autores llaman el Mobile-Learning debido a las nuevas plataformas existentes. No solo se puede aprender en cualquier momento sino también en cualquier lugar.

Por este motivo la innovación educativa se debe realizar apoyándose en este tipo de soportes, los recursos que se generen deben poder ser utilizados dentro de estas plataformas.

Se presenta en este trabajo un gestor web de contenidos interactivo para el desarrollo de la habilidad espacial dentro del aprendizaje de la ingeniería gráfica. A lo largo de los diferentes capítulos de los que consta este trabajo se irán describiendo los pasos a seguir para el diseño, evaluación y validación del citado gestor de contenidos.

En este primer capítulo se centrará el trabajo tratando de justificar el porqué de esta investigación, se indicarán cuáles son mis antecedentes en la investigación sobre aplicaciones educativas y sobre habilidades espaciales. Además se formularán los objetivos de este trabajo de investigación para así poder plantear las diferentes hipótesis o preguntas de la investigación. Por último, se destacarán las contribuciones más importantes debidas a la investigación.

En el capítulo 2 se realizará una fundamentación teórica con el ánimo de incrementar el conocimiento que se tiene sobre las habilidades espaciales y todo lo relacionado con ellas. Se pretende describir y explicar la capacidad de visión espacial. Para ir centrando el estudio se comenzará por el cerebro que es donde surgen las habilidades y a través de la inteligencia, como una componente de ésta, se llegará a la habilidad espacial. Después de destacar algunas de las definiciones de habilidad espacial, se realizará un repaso a toda la historia de investigación en habilidades espaciales, que como son casi cien años de investigación se tratará de resumir con los hechos más relevantes. Se conocerá la importancia que tiene esta habilidad para diferentes carreras y profesiones. Se informará de los instrumentos de medida utilizados para medir esta habilidad, mostrando únicamente los más utilizados. Debido a las diferentes puntuaciones obtenidas en estos tests se comentará que existen diferencias individuales en el desarrollo de esta capacidad, y que además estas diferencias son más notorias entre sexos. Por último, se comentará

cómo desarrollar la habilidad espacial y los recursos didácticos utilizados para ello, haciendo especial hincapié en las herramientas web y los visualizadores 3D, dado que están claramente relacionados con el diseño del gestor de contenidos.

En el siguiente capítulo se procederá a la descripción pormenorizada de la estructura, metodología y características del gestor de contenidos diseñado para este trabajo doctoral. Partiendo de la metodología ya utilizada en un antiguo taller web¹ de visualización espacial de nuestro área, se desarrollará la estructura del gestor de contenidos web y se describirán los tres perfiles de acceso, perfil de alumno, profesor o administrador. A la hora de comentar la tecnología empleada para desarrollar este gestor se prestará una especial atención a la elección del visualizador 3D utilizado. Por último, se explicarán los niveles de aprendizaje que posee este gestor de contenidos mostrando un ejercicio de cada uno de estos niveles.

El capítulo 4 está dedicado a considerar el procedimiento experimental llevado a cabo. Comenzando por la metodología empleada en la investigación y acabando por comentar como se ha desarrollado la experimentación. Se formulará el problema existente en las titulaciones de ingeniería de la Universidad de Burgos, y que es extensible a otras muchas universidades, relacionado con el bajo desarrollo de la capacidad de visión espacial con el que acceden los estudiantes a la universidad. Se indicará la forma en la que se han creado los grupos de experimentación, el grupo experimental y el grupo de control. Se comentarán los instrumentos de medición utilizados y se compararán los resultados obtenidos en alguno de estos tests con los de otros países y universidades. Con mayor detenimiento se explicará el diseño de la encuesta de eficacia, eficiencia y satisfacción realizada, que cumplimentaron al finalizar la experimentación los estudiantes que utilizaron el gestor de contenidos. Para terminar este capítulo, como se ha mencionado, se indicará cómo se ha desarrollado la experiencia, las actividades realizadas y los días en que se realizaron y también el tipo de prácticas programadas.

Los dos siguientes capítulos estarán dedicados a realizar el análisis y discusión de los resultados obtenidos en la investigación. En el capítulo 5 los obtenidos en la encuesta de eficacia, eficiencia y satisfacción, y en el capítulo 6 los de la experimentación realizada con los dos grupos.

En el capítulo 5 se comprobará el cumplimiento de las dos hipótesis de investigación relacionadas con la encuesta. Para ello, se analizarán los resultados de la encuesta desglosándola en los diferentes apartados o bloques de los que consta. Al final del capítulo se mostrarán dos tablas resumen de los resultados de la encuesta y se comentarán las observaciones realizadas por los estudiantes en la encuesta.

Por su parte, en el capítulo 6 se analizarán una a una las demás hipótesis de la investigación realizando los contrastes necesarios una vez que se hayan traducido las hipótesis a variables de la investigación.

¹ <http://www2.ubu.es/expgraf/expgrain/visualizacion3d/>

En el capítulo 7 se procederá a establecer las conclusiones del trabajo de investigación así como a marcar las correspondientes líneas futuras de investigación.

El último capítulo está dedicado a las referencias bibliográficas, en las que se incluirán todas las referencias utilizadas en los distintos capítulos de la tesis y además toda la bibliografía utilizada para su realización.

Se acompañan al final unos anexos como complemento informativo de los tests y pruebas administradas, también de las prácticas propuestas tanto al grupo experimental como al grupo tradicional y de los resultados obtenidos en los diferentes tests y pruebas.

1.2 Justificación

El grupo de investigación “Innovación en docencia e Ingeniería Gráfica” (IDIGRA) está formado por varios profesores, entre los cuales me encuentro, del área de Expresión Gráfica en la Ingeniería de la Universidad de Burgos. La innovación en la docencia de las asignaturas del área es una de las actividades de este grupo, sobre todo el diseño y desarrollo de aplicaciones multimedia que desarrollen las habilidades de visión en 3D, mejoren la visión de las partes internas de piezas y ayuden a comprender el funcionamiento de mecanismos y dispositivos con la finalidad de mejora de la calidad docente. El diseño en 3D asistido por ordenador en la ingeniería gráfica es otra actividad del grupo de investigación.

Una de las mayores preocupaciones de todos los profesores de nuestro área, y en particular de los miembros de IDIGRA, es el desarrollo de las habilidades espaciales de los alumnos, sobre todo para los de nuevo ingreso. Además del conocimiento de las reglas y las normas propias de la expresión gráfica, se deben desarrollar las habilidades espaciales, para poder comprender las asignaturas relacionadas con la expresión gráfica. La progresiva reducción del número de horas asignadas a desarrollar los contenidos de expresión gráfica, ha llevado a reducir, e incluso a eliminar, en algunos casos, ciertos contenidos de nuestros temarios que está demostrado (Leopold, 2005; Jorge Martín-Gutiérrez *et al.*, 2010; E. Tsutsumi *et al.*, 2005) que desarrollan la capacidad de visión espacial. Para suplir estas carencias se comenzó hace unos años a utilizar el ordenador como herramienta de mejora de esta capacidad, llegando algunos autores a demostrar que el ordenador mejoraba la capacidad de visión espacial (Király, 2006; Rafi *et al.*, 2005; S. B. Sorby & Baartmans, 1996). Pero en cambio otros autores cuestionaban tal mejora (Godfrey, 1999; Koch, 2006). En nuestro grupo, al detectar que los alumnos seguían con problemas de visualización en 3D, se pensó que son necesarias además, otras herramientas creadas de forma específica para el desarrollo de esta capacidad. También está demostrado que las aplicaciones web son una alternativa válida para la mejora del pensamiento visual (Blasko *et al.*, 2004; P. Connolly & Maicher, 2005; Rafi *et al.*, 2005).

Además en la nueva regulación de los estudios de ingeniería en España según el EEES (Espacio Europeo de Educación Superior) está citado expresamente, dentro de la formación básica, que el desarrollo de la capacidad de visión espacial es una competencia que los estudiantes deben adquirir, *“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”* (BOE_num.42-44, 2009).

Por otra parte, es posible obtener mejores resultados en la enseñanza de la visualización cambiando algunos procesos educativos, siguiendo el modelo educativo de orientación constructivista (Garmendia, Guisasola, & Sierra, 2007).

Por todo esto, el autor de este trabajo piensa que son necesarias herramientas alojadas en la web, de acceso libre y que tengan la capacidad de recibir y mandar información a través de una base de datos, de tal forma, que dicha base de datos permita almacenar, buscar, ordenar y obtener información de forma eficiente (Melgosa *et al.*, 2009).

1.3 Nuestros antecedentes

En los años 1997/98 se lleva a cabo un proyecto titulado “Mejora de la calidad docente en dibujo técnico, mediante aplicaciones multimedia” y como consecuencia se desarrolla una aplicación multimedia enfocada al dibujo y diseño de esquemas neumáticos en dibujo técnico (Ramos Barbero, 1999). Se continuó el desarrollo de la aplicación multimedia gracias a la ayuda para la elaboración de recursos de apoyo a la Enseñanza Universitaria, concedida por la Consejería de Educación y Cultura de la Junta de Castilla y León en el año 1999, el proyecto llevaba por título “Innovación en la formación en Dibujo y Diseño de Instalaciones Neumáticas con una Aplicación Multimedia”. Esta aplicación se creó en soporte CD-ROM.

Durante los años 2001 y 2002 se trabajó en el proyecto final de carrera titulado “Evaluación de sistemas de maquetado digital”, este proyecto fue realizado a petición de la empresa Grupo Antolín para satisfacer sus necesidades de utilización de un sistema de maquetado digital a la hora de realizar la revisión de sus diseños (Ortega Izquierdo, 2002). Se justificó la elección del sistema de maquetado digital adecuado para el Grupo Antolín y se evaluaron de forma exhaustiva los dos sistemas elegidos.

Como continuación y fruto de ese trabajo, en junio de 2002, se presentó una comunicación al XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica que llevó por título “Análisis de visualizadores de los sistemas de CAD” (García Maté *et al.*, 2002).

En el periodo 2001-2002 dentro de un proyecto de innovación educativa, financiado por la Junta de Castilla y León, y titulado “Aprendizaje Innovador de visualización de piezas y dispositivos, en la formación de dibujo técnico mediante aplicación hipermedia” se realizó una aplicación hipermedia interactiva que sirviera de iniciación al aprendizaje de visualización espacial dentro de la expresión

gráfica. Y como consecuencia de este proyecto de innovación educativa en junio de 2002 se presentó el proyecto final de carrera titulado “Taller virtual de expresión gráfica a través de la web”. Esta aplicación funciona en la red de Internet y en CD-ROM y lleva por título “Aprendizaje innovador de visualización de piezas mediante taller virtual” (Ramos Barbero, García Maté, Baños García, Melgosa Pedrosa *et al.*, 2003). Puede ser consultado en la dirección URL: <http://www2.ubu.es/expgraf/expgrain/visualizacion3d/>.

Dentro de nuestro interés por utilizar el máximo de herramientas de apoyo a la docencia durante el año 2004 y parte del 2005 el grupo de innovación docente se dedicó a investigar en las posibilidades de utilización del vídeo interactivo para la mejor comprensión de los ensamblajes y mecanismos, así como su representación normalizada. El vídeo interactivo aporta una solución a la navegación e interacción entre modelos CAD 3D ayudando de esta manera a la interpretación y visualización de piezas y mecanismos (García Maté *et al.*, 2005).

Fruto del trabajo y la experiencia obtenida con el taller virtual se planteó la necesidad de realizar un seguimiento del aprendizaje de nuestros alumnos y también de que es necesario recoger más información de nuestros alumnos. Se tenía que mejorar el taller virtual conectándolo a una base de datos.

Por ello en el curso 2007-2008 se renovó el taller virtual, mejorándolo y ampliándolo y se añadió la utilización de una base de datos, creando una nueva aplicación basada en la anterior, mediante la realización del proyecto fin de estudios, titulado “Evaluación del Aprendizaje Asistido por Computador de Diseño” (González Navarro & González Villafranca, 2008).

Ante la necesidad de depurar y poner en funcionamiento la nueva aplicación en un servidor de la Universidad de Burgos, durante los meses de abril y mayo de 2009 se contó con la ayuda de un becario.

Finalmente en septiembre de 2009 se empezaron a realizar pruebas y en octubre de ese año se comienza una experiencia docente utilizando la aplicación con alumnos de primer curso de las titulaciones de Ingeniería Técnica Industrial Mecánica e Ingeniería Técnica Industrial en Electrónica Industrial. La aplicación se bautizó con el nombre: “Gestor Interactivo de Aprendizaje en Ingeniería Gráfica: Visión Espacial”, “Interactive Learning Manager for Graphics Engineering: Spatial Vision (ILMAGE_SV)”, de ahora en adelante ILMAGE_SV.

Por último, comentar que está en marcha una segunda fase de desarrollo del gestor interactivo de aprendizaje en ingeniería gráfica (ILMAGE), tratando otros temas de la expresión gráfica, en concreto: cortes, secciones y roturas, vistas auxiliares y mecanismos.

1.3.1. El taller virtual de visualización de piezas

Como se ha indicado en el apartado anterior dentro de un proyecto de innovación educativa, nuestro grupo de innovación educativa, realizó una aplicación hipermedia interactiva para que sirviera de iniciación al aprendizaje de visualización espacial dentro de la expresión gráfica y ajustándose a los principios generales de representación en dibujo técnico recogidos en la norma UNE 1032-82 o ISO 128-82. Y como consecuencia se realizó el proyecto final de carrera titulado “Taller virtual de expresión gráfica a través de la web”. El objetivo del proyecto (García García & Sainz Bascones, 2002) fue crear una metodología de auto evaluación mediante el diseño de un entorno de trabajo que sirviera como complemento didáctico en la enseñanza de la expresión gráfica en la parte correspondiente a la visualización de piezas en tres dimensiones siguiendo la normativa existente en este campo. Se pretendía que la aplicación sirviera de ayuda principalmente a los alumnos que comienzan una carrera técnica y que no poseyeran los conocimientos básicos sobre visión espacial, es decir, que no tuvieran desarrolladas suficientemente las habilidades y destrezas de visualización e interpretación de piezas. Esta aplicación, como ya se ha comentado, indistintamente puede utilizarse en la red de Internet y en CD-ROM y lleva por título “Aprendizaje innovador de visualización de piezas mediante taller virtual” (Ramos Barbero, García Maté, Baños García, Melgosa Pedrosa *et al.*, 2003). En la Fig. 1 se muestra la pantalla de menús que aparece después de entrar en la aplicación.

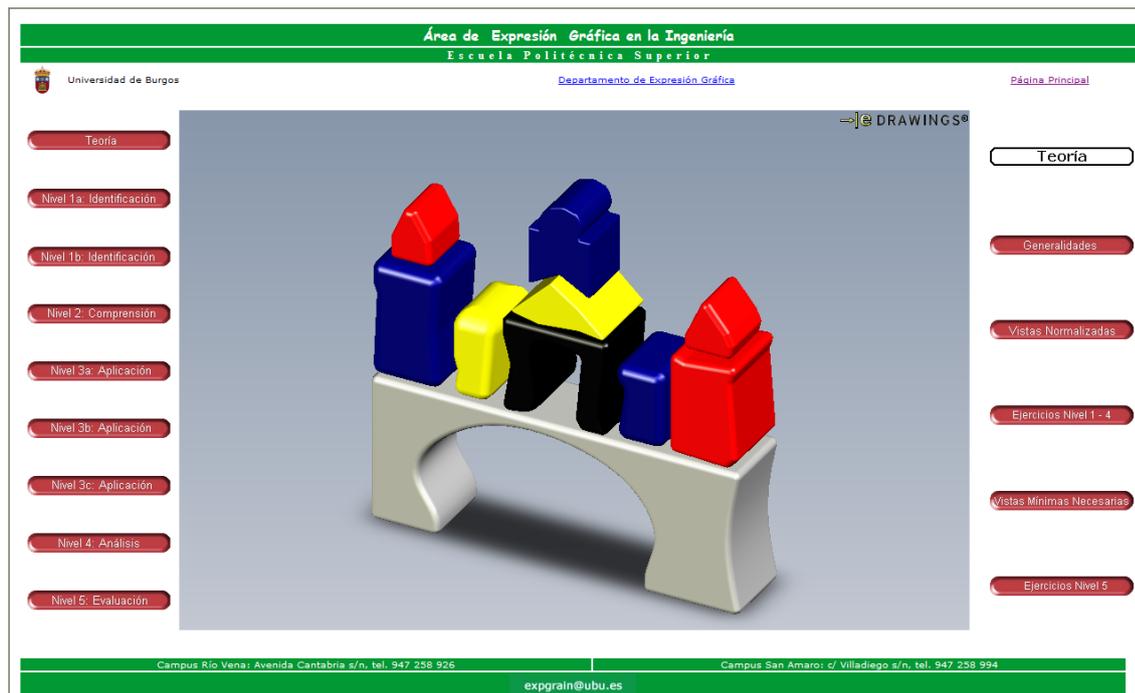


Fig. 1 Pantalla de menús del taller virtual

La aplicación se divide en dos partes diferenciadas: en primer lugar, se explican los conceptos de visualización por medio de animaciones, con narración incorporada con ficheros tipo “avi”; en segundo lugar, se plantean ejercicios interactivos de dificultad creciente en los distintos niveles de

aprendizaje de: identificación, comprensión, aplicación, análisis y evaluación. En cada tipo de ejercicio se resuelve un ejemplo para guiar el aprendizaje.

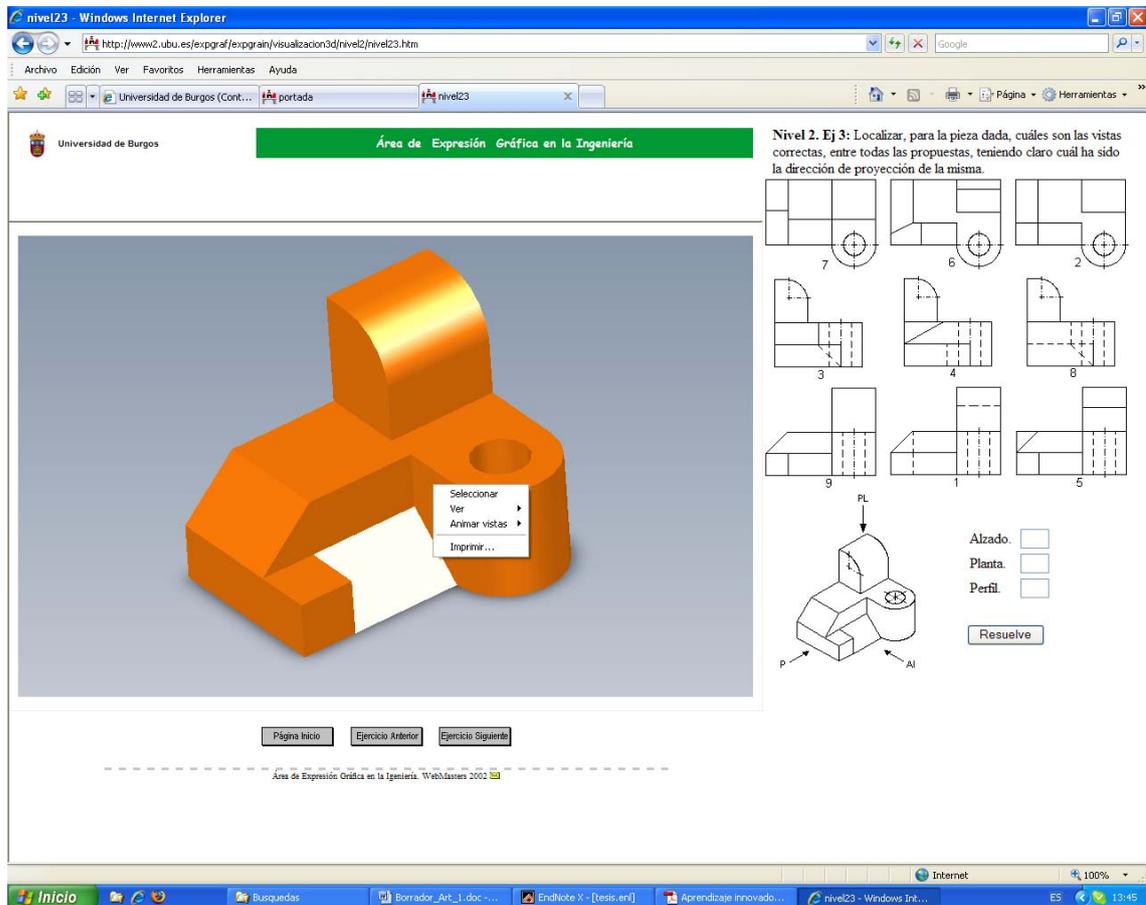


Fig. 2 Ejemplo de uno de los ejercicios del taller virtual

La aplicación está compuesta por 40 ejercicios ordenados en cinco niveles de aprendizaje progresivos, alguno de ellos subdividido a su vez en dos o tres subniveles (Ramos Barbero, García Maté, Baños García, & Melgosa Pedrosa, 2003). En la Fig. 2 se puede observar un ejercicio del taller y como está distribuida la pantalla.

La tecnología empleada en este taller virtual es compatible con la web y se utilizaron los lenguajes de programación HTML, VRML y JavaScript. Además se utilizaron ficheros de imágenes bitmap, y animaciones AVI para vídeo digital. El diseño de las piezas 3D se realizó con el software SolidWorks y los escenarios virtuales y la interactividad se realizó con el editor de VRML CosmoWorlds. Las animaciones de vídeo se generaron con el software de animación y visualización IPA, que es compatible con SolidWorks. La edición de vídeo se realizó con Premier.

En el año 2006 y debido a problemas con la utilización del visualizador de VRML CosmoSoftware fue necesario sustituir este visualizador por otro. Se eligió Cortona como nuevo visualizador de VRML. La elección del visualizador Cortona no satisface plenamente nuestras necesidades y se

comenzó la búsqueda de un nuevo visualizador. Dado que el formato “wrl” no ha evolucionado, fue conveniente buscar un nuevo formato para nuestras piezas y ensamblajes en 3D. En febrero de 2007 se hacen pruebas con el 3D Web Instant, una opción de menú de SolidWorks. El resultado final después de adaptar los archivos a nuestras necesidades es exitoso. A los pocos meses ya se empezó a utilizar eDrawings como visualizador para nuestro taller virtual.

Se comprobó el buen funcionamiento del taller con un grupo reducido de alumnos y de profesores de la Universidad de Burgos y se experimentó durante el curso 2002/2003 con los alumnos de 1º de Ingeniería Técnica Industrial de la Universidad de Burgos. Durante el mismo periodo se realizaron diversas pruebas con alumnos de 2º de Bachillerato de un Instituto de enseñanza secundaria de Burgos y también con alumnos de primer año de Ingeniería Técnica Industrial Mecánica.

Los indicios de calidad de este taller de visualización son avalados por:

- La concesión del primer premio de docencia, por la Comisión de Calidad de la Universidad de Burgos en el año 2003, por la acción: “Taller virtual de autoaprendizaje de visualización espacial”. Son premios concedidos a las actuaciones para el desarrollo de propuestas de mejora, derivadas de los Planes de Calidad de las Universidades.
- Navarro *et al.* (2004), ponen de ejemplo el taller como aplicación del manejo de figuras 3D y dibujo normalizado.
- En este mismo año Gómez-Fabra *et al.* (2004) en su artículo ponen de manifiesto lo interesante del taller virtual en un contexto entonces todavía bidimensional.
- Contero *et al.* (2005), realizaron un estudio piloto para mejorar la visión espacial de alumnos, para ello crearon tres cursos diferentes, el primero basado en lápiz y papel, el segundo utilizando una aplicación web y el tercero con la aplicación “eCigro”. Como aplicación web eligieron el taller “Aprendizaje innovador de visualización de piezas mediante taller virtual”, demostrando que los alumnos que utilizaron el taller virtual lograron mejorar su habilidad espacial de forma medible y positiva, con un nivel de significación del 95%.
- De nuevo, Gómez-Fabra (2007) cita el taller virtual como ejemplo de aplicación web que intenta paliar la dificultad intrínseca del sistema diédrico.
- Jordi Font Andreu (2007) en su tesis doctoral, que versa sobre el impacto del CAD en la docencia en la ingeniería gráfica, cita el taller virtual como ejemplo de aplicaciones docentes en Internet.
- Saorín (2006), en su tesis, incluye el taller virtual como una de las herramientas desarrolladas por universidades con el fin de mejorar la visión espacial de los alumnos.
- Garfias (2006), utiliza algunos ejercicios del taller como prototipo de ejemplos publicados en la web para el entrenamiento de las habilidades espaciales.
- En la comunicación de Martín *et al.* (2008) el taller es citado entre otras aplicaciones desarrolladas por Universidades de todo el mundo, como una herramienta web diseñada para la mejora de la visión espacial.

- El taller virtual ha sido citado por Saorín *et al.* (2009) como una de las herramientas de mejora de la capacidad espacial a nivel nacional.
- Martín Gutiérrez (2010) en su trabajo de tesis doctoral, hace varias referencias al taller virtual, y comenta que en el ámbito nacional es uno de los referentes, en cuanto a actividades y tipología de ejercicios, para desarrollar las habilidades espaciales. Utiliza algunos ejercicios del taller para uno de sus cursos de desarrollo de la habilidad espacial mediante ejercicios de volúmenes con realidad aumentada.
- Recientemente, Martín Dorta *et al.* (2011) indican que el taller virtual es una de las herramientas de mejora de la visión espacial en España.

Pero este taller no tiene ninguna propiedad externa al mero uso de la realización de ejercicios sobre vistas por parte del alumno. Por otra parte, no realiza ningún tipo de conteo de tiempo, dado que no se inicia sesión en ningún momento con un usuario identificado y tampoco lleva incorporado ningún contador de los accesos que se producen en dicha página.

Así mismo, se ha podido comprobar que todos los ejercicios se encuentran dentro de una batería, ubicados en carpetas, y se dispone siempre de los mismos ejercicios, con posibilidad de ampliar el número de éstos tan sólo introduciendo sus archivos correspondientes en la carpeta de cada nivel y codificando de nuevo la presentación continua de ejercicios por niveles. Este es un procedimiento muy laborioso que proporciona al sistema pocas expectativas de ampliación.

1.4 Objetivos

El objetivo principal de esta tesis es diseñar y medir la eficacia de la aplicación informática denominada ILMAGE_SV.

Objetivos generales:

- Diseñar un gestor de contenidos interactivo que gestione el seguimiento del aprendizaje para el desarrollo de la capacidad de visión espacial dentro del aprendizaje de la expresión gráfica.
- Validar la eficacia, eficiencia y la satisfacción que produce el gestor de contenidos ILMAGE_SV.
- Medir la ganancia de visualización espacial de los estudiantes que han utilizado ILMAGE_SV.
- Proporcionar un recurso web para que los usuarios en general, y nuestros alumnos en particular desarrollen su capacidad de visión 3D. Y además, lo deben conseguir de una forma progresiva, autónoma o guiada, adaptándose al nivel inicial de cada uno, y proporcionándoles información relativa a su proceso de aprendizaje.
- Disponer por parte del profesor de una herramienta de evaluación automática del aprendizaje del alumno.

Objetivos específicos:

- Determinar si el gestor de contenidos ILMAGE_SV tiene calidad suficiente para ser utilizado como recurso en el desarrollo de la capacidad de visión espacial.
- Comprobar si los contenidos de ILMAGE_SV son adecuados a los objetivos propuestos en su diseño.
- Conocer la situación actual de herramientas web enfocadas al desarrollo de la habilidad espacial. Sobre todo aquellas de libre acceso y fácilmente accesibles.
- Detectar y corregir los errores de la herramienta y comprobar sus limitaciones.
- Averiguar si los estudiantes que emplean ILMAGE_SV desarrollan su capacidad de visión espacial y comparar sus resultados con un grupo de control con metodología tradicional.
- Determinar si ILMAGE_SV ayuda en mayor medida a los estudiantes con mayores dificultades de visión espacial.
- Comprobar la influencia de los conocimientos previos de dibujo técnico en los estudiantes que utilizan ILMAGE_SV y en los que siguen el método tradicional.
- Realizar una revisión bibliográfica para conocer el estado actual de las investigaciones realizadas sobre el tema de la habilidad espacial, explorando sobre los contenidos, teorías, metodologías y recursos utilizados en la citada investigación.

1.5 Hipótesis

Para cumplir con los objetivos antes expuestos se han planteado 14 hipótesis de investigación:

- Hipótesis 1: "El taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV tiene calidad suficiente para ser utilizado como herramienta en el desarrollo de la capacidad de visión espacial".
- Hipótesis 2: "Los contenidos del taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV son adecuados para el aprendizaje y el desarrollo de la capacidad de visión espacial".
- Hipótesis 3: "Los dos grupos de experimentación, el tradicional y el experimental, mejoran significativamente su capacidad de visión espacial después de la experimentación".
- Hipótesis 4: "El incremento o ganancia de la visualización espacial de los alumnos del grupo experimental es mayor que el de los alumnos del grupo tradicional y además de forma significativa".
- Hipótesis 5: "Los alumnos que siguen la experimentación con el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV obtienen mejores resultados de forma significativa, en el control de visualización, que los alumnos que siguen el método tradicional".
- Hipótesis 6: "Los alumnos que han utilizado el gestor ILMAGE_SV en la experimentación (Grupo E) no han obtenido peores resultados que los alumnos del grupo tradicional (Grupo

T) en el control final de croquización y de forma significativa, a pesar de dedicar menos horas a la croquización durante la experimentación”.

- Hipótesis 7: “Los alumnos que siguen la experimentación con el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV obtienen mejores resultados en el test final de visualización y de forma significativa, que los alumnos que siguen el método tradicional”.
- Hipótesis 8: “Los alumnos de menores capacidades espaciales mejoran más su capacidad de visión espacial que los alumnos de mayores capacidades espaciales y de forma significativa”.
- Hipótesis 9: “Si se apoya el aprendizaje en el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV, los alumnos de menores capacidades espaciales mejoran más su capacidad de visión espacial que los alumnos de mayores capacidades espaciales y de forma significativa”.
- Hipótesis 10: “Divididos los alumnos en tres categorías de capacidad espacial (mayor capacidad, capacidad normal y menor capacidad), los alumnos del grupo que ha utilizado el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV de la misma categoría de capacidad espacial que los alumnos del grupo tradicional, obtienen mejores resultados de forma significativa que éstos últimos, en visión espacial”.
- Hipótesis 11: “El rendimiento académico en el control de visualización es independiente del tiempo empleado en la aplicación ILMAGE_SV por los alumnos del grupo experimental durante la realización de todo el experimento”.
- Hipótesis 12: “El incremento de capacidad de visión espacial experimentado por los alumnos que realizaron la experimentación con el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV no tiene relación lineal con el tiempo empleado por ellos en el taller y gestor de contenidos”.
- Hipótesis 13: “Los alumnos del grupo experimental (utilizando el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV) sin conocimientos previos de dibujo técnico, tienen una ganancia superior y de forma significativa en capacidad espacial respecto a los alumnos del grupo T (metodología tradicional) con conocimientos previos de dibujo técnico”.
- Hipótesis 14: “Existen menores diferencias de visión espacial entre los alumnos del grupo experimental, que tienen y no tienen conocimientos previos de dibujo técnico, que entre los alumnos del grupo tradicional, que tienen y no tienen conocimientos previos de dibujo técnico, y esas diferencias son significativas”.

No se han estudiado hipótesis que pudieran haber sido interesantes, por ejemplo las relacionadas con el sexo, procedencia (bachillerato o FP), etc. por el bajo número de mujeres, alumnos de FP, etc., que ofrecerían en consecuencia unos resultados poco representativos.

1.6 Contribuciones y difusión de la investigación

Se ha creado un gestor interactivo de aprendizaje en ingeniería gráfica para el desarrollo de la visión espacial, denominado ILMAGE_SV², que es de libre acceso, es decir, está disponible para que cualquier persona o institución interesada en el desarrollo de la capacidad de visión espacial pueda utilizarlo.

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

Comunicaciones a Congresos, Jornadas, etc.:

- Comunicación presentada al Congreso Internacional Conjunto XXI INGEGRAF- XVII ADM, celebrado en Lugo (España) los días 10, 11 y 12 de junio de 2009. El título de la comunicación es *“Herramientas web para el desarrollo de la visión espacial y el seguimiento del aprendizaje”* (Melgosa et al., 2009).
- Cotutor del proyecto fin de carrera de la titulación de Ingeniería Técnica Industrial en Mecánica, titulado: *“Análisis de Visualizadores 3d para Plataformas Educativas Web de Ingeniería Gráfica”*. Presentado en la Universidad de Burgos en julio de 2010 (Varona Temiño, 2010).
- Participación en las V JORNADAS DE INNOVACIÓN DOCENTE de la Universidad de Burgos, celebradas en Burgos, el 21 y 22 de noviembre de 2010, con la aportación titulada: *“El uso de los modelos 3D interactivos en documentos”*.
- Comunicación presentada al Congreso Internacional Conjunto INGEGRAF-ADM, IMPROVE 2011 International Conference on Innovative Methods in Product Design, celebrado en San Servolo, Venecia (Italia) los días 15, 16 y 17 de junio de 2011. El título de la comunicación es *“Designing an interactive web manager applied to the development of spatial abilities”* (Melgosa et al., 2011).

Artículos en revistas indexadas en el JCR:

- Ramos Barbero, B., Melgosa Pedrosa, C., & García Maté, E. (en prensa). *“Assessment of 3D viewers for the display of interactive documents in the learning of graphic engineering.”* Educational Technology & Society. Aceptado el 18 mayo de 2011 y a la espera de su publicación.
- Melgosa Pedrosa, C., Ramos Barbero, B., & Baños García, E. (en revisión). *“Design, Development and Validation of a Graphic Engineering Content Management System for Web-based Learning of Spatial Visualization”*. Educational Technology & Society. Actualmente está en proceso de primera revisión.

² <http://www2.ubu.es/calculbu/>

- Melgosa Pedrosa, C., Ramos Barbero, B., & de Román Miguel, A. (en revisión). *“Spatial visualization learning in Graphic Engineering: a comparison between traditional methods and ILMAGE_SV”*. Computers & Education. Actualmente está en proceso de primera revisión.

CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO

2.1 Inteligencia y habilidad espacial

2.1.1 El cerebro

El cerebro es el órgano más complejo, característico y desconocido del cuerpo humano. Gracias al cerebro todo el cuerpo funciona de forma correcta. Está compuesto de un número de células nerviosas, llamadas neuronas, que puede alcanzar un total de unos cien mil millones. Estas neuronas están conectadas entre sí, de tal manera que la información pasa entre ellas por puntos de contacto especializados que son las sinapsis. De estas conexiones depende nuestra memoria, el habla, el aprendizaje de nuevas habilidades, el pensamiento, los movimientos conscientes y en definitiva, el funcionamiento de nuestra mente.

Tiene dos hemisferios (Fig. 3), separados por un surco central, y en cada uno de estos hemisferios las neuronas se encargan de diferentes tareas. El hemisferio derecho tiene neuronas que se encargan de lo sensorial, lo no racional, lo espacial, lo visual y hasta de la creatividad de cada persona. El izquierdo es el de los conceptos, la lógica, la matemática, el análisis y lo verbal. El hecho de tener claramente definidos estos dos hemisferios no quiere decir que sean independientes, todo lo contrario, son complementarios. Pero, dependiendo de la persona, uno de ellos predomina.

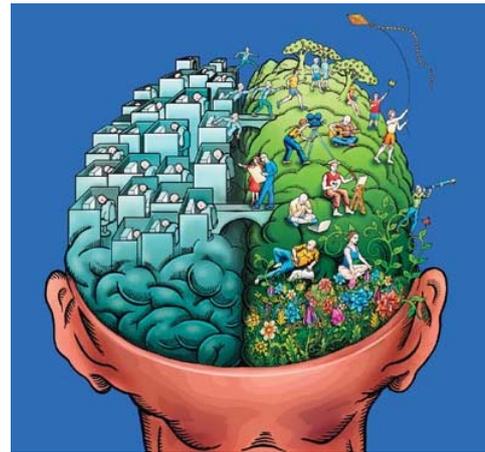


Fig. 3 División hemisférica del cerebro. Fuente³

La inteligencia y la capacidad cognitiva están correlacionadas de alguna manera con la estructura y el funcionamiento de regiones específicas del cerebro (Fig. 4). El tipo de inteligencia que posee cada individuo, brillante o torpe, rápida o lenta, depende principalmente del cerebro heredado de los padres. En determinadas áreas del cerebro se ha observado alta heredabilidad (Thompson et al., 2001) y también se ha observado correlación entre determinadas áreas del cerebro, su volumen y el nivel de inteligencia (Haier et al., 2004).

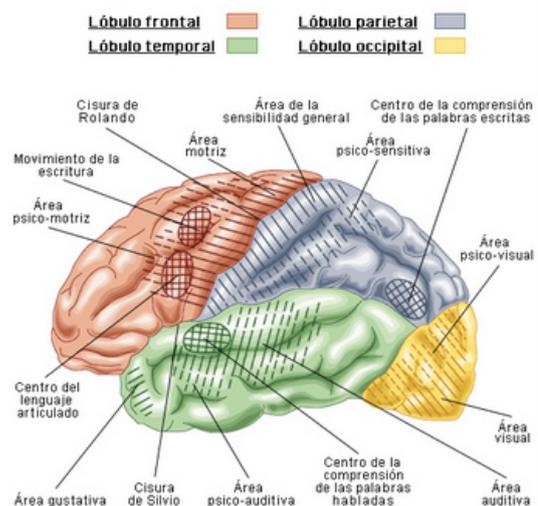


Fig. 4 Áreas del cerebro y su especialización. Fuente⁴

Sin embargo, estos factores genéticos deben de desarrollarse dentro de un mundo de experiencias. Como indica Rodríguez (2009), si el cerebro tiene una base genética, ¿cómo se desarrolla el cerebro? En el desarrollo del cerebro se conocen muchos factores que juegan un papel

³ <http://www.saludaldia.info/mitos-y-creencias-erroneas/como-cuidar-la-salud-de-tu-cerebro.html>

⁴ http://www.pediatraldia.cl/01BODEGA2/pagina_nueva_1.htm

decisivo en ese proceso: evolución de los sentidos, habilidades motrices, conductas sociales y emocionales, y funciones mentales como la atención, la memoria, el razonamiento y la inteligencia.

La posible correlación entre la inteligencia y el tamaño del cerebro se debe a una combinación entre varios factores. Lo que no se puede olvidar es que la experiencia altera al cerebro. Se observa que es más complicado de lo que parece afirmar o negar que la inteligencia sea solo fruto de la herencia o del ambiente.

2.1.2 Investigación en inteligencia

En el siglo XIX se llegó a la conclusión de que el conocimiento seguía una distribución normal, solamente unas pocas personas están por encima y por debajo de los valores medios. Además se creía que la herencia genética hacía que si los padres eran sobresalientes intelectualmente los hijos debieran serlo también. El principal defensor de estas teorías fue Francis Galton (1822-1911). Sus conclusiones le llevaron a afirmar que la inteligencia se transmitía por el factor hereditario, pero no tuvo en cuenta el entorno ni la educación adquirida (Galton, 1880, 1883).

Durante este siglo los investigadores trataron de encontrar herramientas de medida que les determinaran el nivel de inteligencia. Se trató de medir, equivocadamente, aspectos que poco tenían que ver con la inteligencia, como la fuerza o la rapidez.

Los primeros estudios más consistentes sobre la medida de la inteligencia se debieron a Alfred Binet (1857-1911) en 1905, el cual tuvo la necesidad de establecer un diagnóstico en los niveles más bajos de inteligencia. Esto fue debido a la obligación en Francia de escolarizar a todos los niños, aunque se sospechara de su retraso mental, eso sí, creando para los de menor nivel de inteligencia clases especiales. Para ello era necesaria una herramienta de medición del nivel de inteligencia. Alfred Binet comenzó a desarrollar una herramienta de medición centrándose en la inteligencia general, teniendo en cuenta aspectos médicos, pedagógicos y psicológicos para determinar si el niño era normal o subnormal. Juzgar bien, comprender bien y razonar bien, son las actividades esenciales de la inteligencia según Binet. Las pruebas psicológicas constaban de 30 tareas que consistían en actividades sencillas que los niños debían realizar. En el año 1909 apareció la escala de medición "Escala 1908" de inteligencia graduada por años (Binet & Simon, 1916). Binet consideraba que en el desarrollo de la inteligencia influían factores ambientales y que los resultados de sus pruebas a través de su escala graduada no pretendían clasificar seres humanos, sino detectar niños que precisaran de ayuda. Fue el primero en introducir el concepto de edad mental.



Fig. 5 Alfred Binet. Fuente (Binet & Simon, 1916)

En el año 1912 William Stern (1871-1938) desarrolla el Cociente intelectual (CI) como un valor numérico dado a la inteligencia, el cual se determina a partir del resultado obtenido en una prueba de inteligencia. Hasta entonces solo se hablaba de edad mental y no se relacionaba con la edad cronológica.

En 1916 Henry Goddard (1866-1957) como director del “*Vineland Research Laboratory*” dedicado al estudio psicológico de los “débiles mentales”, en New Jersey, editó todos los trabajos de Binet, sobre la escala de Binet-Simon, en la obra “*The development of intelligence in children*”. Con ello se divulgó ampliamente el trabajo de Binet por América y Europa. A diferencia de Binet, Goddard sostenía que la herencia era fundamental en el desarrollo de la inteligencia y se apoyaba en la escala de Binet-Simon para clasificar a los seres humanos (Goddard, 1912).

El test de Binet-Simon en Estados Unidos fue adaptado por Lewis Terman (1877-1956), el cual añadió nuevas pruebas y eliminó otras. Fue publicado en 1916 en la obra “*The measurement of intelligence*” (Terman, 1916). La primera vez que un test se administró de forma masiva fue en el ejército americano, para detectar habilidades intelectuales entre reclutas y militares de la primera guerra mundial, con el objetivo de asignar el hombre apropiado al puesto apropiado. Para el año 1919 ya se había administrado el test del ejército, a más de 1.175.000 personas. Entre las personas encargadas de desarrollar este test estaban Goddard y Terman.

Durante los años 30, con el auge del conductismo, se concibe la inteligencia como meras asociaciones entre estímulos y respuestas, de tal forma que cuanto mayor sea el número de conexiones entre estímulos y respuestas mayor inteligencia se posee. Algunos autores que apoyaron esas teorías fueron Watson, Thorndike y Guthrie (Molero Moreno, Sáiz Vicente, & Esteban Martínez, 1998).

En 1939 David Wechsler (1896-1981) prepara la escala Wechsler-Bellevue como una alternativa, para adultos, de la escala de Stanford-Binet, que era mas adecuada para niños. Desde la teoría de la Gestalt se introdujo el concepto del discernimiento, dándole más importancia que a la memoria.

En la década de los años 50 nace el estructuralismo, sus defensores son psicólogos cognitivos que divergen en sus pensamientos respecto de los pensamientos psicométricos en que consideran la inteligencia desde un punto de vista cualitativo, y también divergen de las teorías de procesamiento de la información, en que les interesa más el funcionamiento de la inteligencia. El psicólogo estructuralista más destacado es Piaget (1896-1980). La teoría psicológica elaborada por Piaget recibe la denominación de Epistemología Genética dado que el núcleo central y la estructura argumental de la misma describe y explica como el hombre alcanza un conocimiento muy elaborado (en forma de pensamiento abstracto) de la realidad a partir de las interacciones perceptivas y motoras elementales que lleva a cabo con los elementos de su entorno desde su infancia más temprana.

Otra rama del estructuralismo de gran importancia e influencia en la educación es el constructivismo social, cuyo exponente más representativo fue el filósofo ruso Lev Semionovich Vygotsky (1896-1934). Cuya obra se conoció años después de su muerte debido al aislamiento ruso con la guerra fría. Aunque sus ideas son similares a las de Piaget, Vygotsky adelantándose a su tiempo, se centra en el aspecto social del constructivismo, es decir, no estamos aislados y tenemos vínculos con lo social que afectan a nuestra inteligencia y aprendizaje. También rechaza los enfoques que reducen la Psicología y el aprendizaje a una simple acumulación de reflejos o asociaciones entre estímulos y respuestas.

La investigación sobre la inteligencia humana se estancó en los años 60 por diversos motivos, entre ellos la crisis de los métodos de análisis de datos, las críticas a los tests de inteligencia, poca convergencia en los modelos de estructura de la inteligencia y el desconocimiento de los mecanismos de funcionamiento de la inteligencia.

En las décadas de los años 80 y 90 la investigación psicológica sobre la inteligencia humana recobró la fuerza que había tenido durante los años 30 y 50 (Colom Marañón & Andrés-Pueyo, 1999). En esta época, y dentro de la psicología cognitiva, es cuando más se desarrolla la teoría del procesamiento de la información, donde se parte de la idea de que el hombre es un manipulador de símbolos. Cabe destacar a Sternberg (1949-), que pone énfasis en las operaciones cognitivas que forman parte de la inteligencia y desarrolla la teoría que se puede llamar tridimensional de Sternberg. Dentro de las teorías del procesamiento de la información se puede destacar la inteligencia artificial. La idea de si una máquina puede emular la inteligencia humana se convierte en el centro de la ciencia cognitiva. La inteligencia artificial tuvo gran auge, pero el intento de comparar la inteligencia humana con la de los computadores fracasó y provocó un resurgir de la psicología cognitiva.

En este campo merece la pena destacar a Howard Gardner (1943-). Sus líneas de investigación se han centrado en el análisis de las capacidades cognitivas en menores y adultos, a partir del cual ha formulado la teoría de las "inteligencias múltiples" (Gardner, 1983). Considera la inteligencia como una capacidad y en consecuencia es un potencial que se puede desarrollar.

Mayer y Salovey en el año 1990 utilizan el término de inteligencia emocional, como un tipo de inteligencia social, que engloba la habilidad de controlar nuestras emociones y las de los demás, para discriminarlas y utilizar la información que proporcionan para guiar nuestro pensamiento y en consecuencia nuestras acciones. Goleman en 1996 en su "best-seller" "*Inteligencia Emocional*" introduce el concepto de coeficiente de inteligencia emocional. El coeficiente intelectual (CI) contribuye con apenas un 20% a nuestro éxito en la vida, el 80% restante es el resultado de la inteligencia emocional, que incluye factores como la habilidad de auto motivación, la persistencia, el control de los impulsos, la regulación del humor, la empatía, etc. (Goleman, 1996)

Tras la publicación del libro de Herrnstein y Murray, *"The Bell Curve"* (1994), se suscitó tal debate en los EE.UU. que el Wall Street Journal, pocos meses después, publicó una declaración formal de 52 psicólogos, denominada *"Mainstream science on intelligence"* (Gottfredson, 1997), todos ellos reconocidos expertos internacionales en el campo de la inteligencia, en la que se resumía en 25 puntos lo que científicamente se puede avalar acerca de la inteligencia humana. El Informe Oficial de la APA (American Psychological Association) (Neisser et al., 1996) amplía, de forma más extensa y justificada, los puntos ya enumerados anteriormente. Según el Comité redactor de ese informe, presidido por Ulric Neisser y compuesto por expertos reconocidos en el tema de la inteligencia, el debate público suscitado por *"The Bell Curve"* ha estado plagado de declaraciones y sentimientos que han ido mucho más allá de las evidencias disponibles.

En estos últimos años el problema de la existencia de diferentes modelos de inteligencia se ha resuelto y se ha llegado a la formulación de un solo modelo integrador aceptado mayoritariamente (Colom Marañón & Andrés-Pueyo, 1999).

2.1.3 Definiciones de inteligencia

Durante muchos años las investigaciones se centraron en la búsqueda de escalas de medición de la inteligencia y en pocos casos se abordaban cuestiones relacionadas con la naturaleza de la inteligencia y la definición de ésta. Para definir la inteligencia se debe tener en cuenta el enfoque que se quiera dar a esta definición. La realidad es que existe un gran desacuerdo respecto al concepto y definición de inteligencia. Vernon en 1960 sugirió una clasificación de las principales definiciones. Esta clasificación la realizó en base a tres grupos: a) las psicológicas, mostrando la inteligencia como la capacidad cognitiva, de aprendizaje y relación; b) las biológicas, que consideran la capacidad de adaptación a nuevas situaciones; y c) las operativas, que son aquellas que dan una definición circular diciendo que la inteligencia es *"...aquello que miden las pruebas de inteligencia"*.

Alfred Binet define la inteligencia como la totalidad de los procesos mentales implicados en la adaptación al entorno.

Para Jean Piaget la inteligencia es la adaptación mental más avanzada; es decir el equilibrio que alcanza el individuo mediante las interacciones que realiza el organismo y el entorno.

Haggerty declara que la inteligencia es un concepto práctico que connota un grupo de complejos procesos, tradicionalmente definida en psicología sistemática, como sensación, percepción, asociación, memoria, imaginación, discriminación, juicio y razonamiento.

Según Stern y Claparede la inteligencia se dice que es el poder mental que produce la adaptación consciente a las nuevas situaciones.

“El poder de una buena respuesta desde el punto de vista de la verdad” (Thorndike).

“La capacidad para actuar con eficacia en determinadas condiciones” (Buckingham).

“Lo que se puede juzgar por el grado de imperfección de las alternativas en el ensayo y error de la vida de la persona” (Thurstone).

Según Terman, una persona es inteligente en la medida que es capaz de llevar a cabo el pensamiento abstracto. Esta definición es similar a la de los Escolásticos.

Charles Spearman (1924) indica que la inteligencia es 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.

Humphreys (1962) considera que la inteligencia es *“un repertorio entero de habilidades adquiridas, conocimiento y tendencias de generalización que están disponibles en cualquier período de tiempo”*.

Sternberg (1985) define la inteligencia como un conjunto de aptitudes de autogobierno mental que permite a las personas adaptarse a su medio natural.

Según Gardner (1987) la inteligencia es: *“An intelligence is an ability to solve a problem or to fashion a product which is valued in one or more cultural settings”*, es la habilidad de resolver un problema o elaborar un producto que sea valioso en uno o más contextos culturales.

Ahora bien, ¿cómo se asemeja esta definición a otras definiciones de inteligencia y en qué se diferencia? No dice nada acerca de si es innata o adquirida esa habilidad. No dice nada acerca de si se puede “testear” en un minuto o una hora, con un formato de sí o no, o con las ondas cerebrales. Se habla de resolver problemas que los tests de inteligencia también hacen, y también se habla de elaborar productos, hacer cosas como escribir una sinfonía o un poema o pintar un cuadro o la creación de teorías científicas. La creación de una teoría científica no es la solución de un problema. En realidad, es un problema de investigación. Se trata de hacer algo nuevo y no hay nada nuevo en un test de inteligencia que se refiera a esto. ¿Cómo se puede en una hora, el tiempo que dura un test, saber si alguien va a desarrollar algo en una teoría científica? Simplemente no sería válido.

Pero de todos estos enfoques han sido el psicológico, en concreto desde un punto de vista psicométrico y cognitivo, el que más atención ha dedicado al estudio de su medición y de los factores que forman la inteligencia, y como consecuencia que ha conseguido explicar las diferencias individuales. Además para nuestro trabajo el punto de vista psicométrico es el que más interesa, dado que la investigación se apoyará en herramientas de medición de aptitudes para comprobar los incrementos en visualización espacial.

En un Simposium celebrado en 1986 se consideró que aunque se ha producido convergencia en muchos aspectos relacionados con la inteligencia, no existe todavía un acuerdo en aceptar una única definición de inteligencia.

2.1.4 Teorías sobre inteligencia

2.1.4.1 Teorías factoriales que componen la inteligencia

Así como aparecen muchas definiciones de la inteligencia según los diversos enfoques que se den, también aparecen diferentes modelos de inteligencia: factoriales, computacionales, globales, de desarrollo y culturales.

Para este trabajo se optará por un enfoque factorial. Este enfoque lo da la psicología diferencial o psicométrica. Las diferencias entre individuos en el desarrollo cognitivo pueden obtenerse a través de tests de inteligencia y también se puede medir la inteligencia de cada individuo a través del coeficiente intelectual (CI).

Teoría bifactorial de Spearman (1927)

En el trabajo de Spearman (1927) titulado "*The abilities of man. Their nature and measurement*", se llega a la conclusión de que cada medida individual de cada capacidad se puede dividir en dos partes independientes que poseen las propiedades trascendentales siguientes. Por una parte se ha llamado el factor general y se denota por la letra G, que se llama así porque, aunque varía libremente de un individuo a otro, sigue siendo el mismo para cualquier individuo en relación con todas las habilidades relacionadas. La segunda parte ha sido llamada el factor específico y se denota por la letra S. No sólo varía de individuo a individuo, sino incluso para un solo individuo de una habilidad a otra. La prueba de este teorema matemático, de suma importancia, ha ido evolucionando a través de sucesivas etapas de la integridad, y ahora puede ser considerada como completa.

Spearman realiza un análisis factorial de componentes principales. Se consideran, por tanto, dos factores que componen la inteligencia, el factor G y el factor S, predominando el factor G sobre los factores específicos. El factor G (inteligencia general), participa en cualquier tarea que requiera actividad cognoscitiva. El factor S (inteligencia específica) participa en el conocimiento específico y las habilidades que sólo se emplean cuando se desempeñan tareas específicas.

Teoría multifactorial de Thurstone (1938)

El modelo de inteligencia de Louis Leon Thurstone (1887-1955) se conoce con el nombre de aptitudes mentales primarias. Las aptitudes primarias que se reconocen de forma habitual son siete y se denominan: (V) comprensión verbal, (W) fluidez verbal, (R) razonamiento inductivo, (N) capacidad numérica, (P) velocidad perceptiva, (S) capacidad espacial y (M) memoria.

Los factores, aún después de ser rotados gráficamente hasta obtener la estructura factorial más simple, mostraron estar también correlacionados y que analizados en un análisis factorial de segundo orden replicaban la aparición del factor G. En este sentido, el modelo de Thurstone no es esencialmente distinto del de Spearman.

Pero no encontró soluciones de factores independientes y que además, se ajustarán al criterio de estructura simple. Así pues, Thurstone optó por buscar otra forma de definir los factores de tal manera que pudieran estar relacionados entre sí.

El trabajo de Thurstone no pudo rebatir el de Spearman, ya que en el fondo la correlación entre factores que representan aptitudes primarias muestra la influencia de un factor general que por su posición en la jerarquía factorial, se puede considerar de segundo orden o más general que los anteriores.

Esta labor de identificación del factor general que emerge en análisis factoriales de segundo orden a partir de las matrices de correlaciones de los factores primarios (aptitudes específicas) la llevó a cabo Cattell. En los años posteriores, gracias a la labor de Cattell, se pudieron congeniar las propuestas de Spearman y Thurstone en un único y atractivo modelo de inteligencia.

Tanto Spearman como Thurstone llegaron a conclusiones distintas acerca de la estructura de la inteligencia, en parte porque desarrollaron técnicas de análisis factorial diferentes.

Teoría bifactorial de Cattell (1946)

Esencialmente, el modelo de Raymond Bernard Cattell (1905-1998) parte de analizar factorialmente las matrices de correlaciones que van emergiendo jerárquicamente a través de tres niveles. En el nivel inferior están situadas las aptitudes específicas (factores primarios de Thurstone), en el nivel inmediato superior (nivel secundario) emergen dos factores principales que Cattell denomina inteligencia general fluida y cristalizada, y por fin, en el tercer nivel aparece un factor único (general y común) que ocupa el lugar más preeminente de la jerarquía y que corresponde al factor G definido por Spearman.

Cattell realiza su principal aportación definiendo dos tipos de inteligencia general: la fluida G_f y la cristalizada G_c. Según el propio Cattell, la inteligencia fluida G_f es aquella que se mide por medio de test que evalúan la potencialidad biológica del individuo para adquirir conocimiento; por el contrario, la inteligencia cristalizada G_c queda delimitada por los tests que evalúan la influencia de la escolarización y los conocimientos adquiridos por interacción con el medio sociocultural. En términos de relación entre factores primarios y la inteligencia fluida y cristalizada, se puede decir que las aptitudes verbales ponderan muy alto en la G_c, mientras que la aptitud de razonamiento inductivo pondera en G_f. La G_c involucra la cristalización de la aptitud fluida mediante su aplicación en el ámbito cotidiano.

Cattell desarrolló varios tests que se conocen con el nombre de test culturalmente imparciales, que permiten evaluar el factor Gf y diseñados para que en su resolución únicamente se empleen capacidades cognitivas en las cuales, los conocimientos y experiencia sociocultural acumulados por los sujetos, no tengan ninguna o muy poca influencia.

Teoría multifactorial de Guilford (1971)

Joy Paul Guilford (1897-1987) desarrolló un modelo de inteligencia que no era jerárquico, considera que son múltiples las aptitudes intelectuales, inicialmente identifica 120, luego 150 y finalmente 180. Cada una de las aptitudes intelectuales podría identificarse como una expresión de tres categorías que se cruzan en un sistema tridimensional formando un cubo con 180 pequeños cubos. Estas tres categorías son las operaciones mentales, los contenidos y el producto.

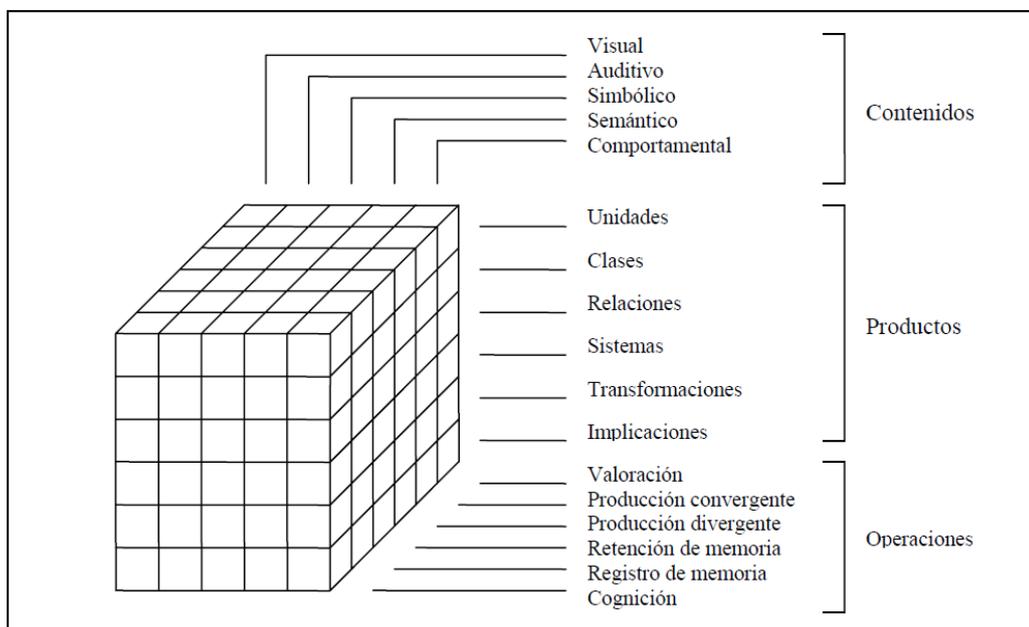


Fig. 6 Cubo de Guilford

Las operaciones mentales son:

- Cognición: Lo que el individuo conoce o puede descubrir fácilmente a partir de lo que ya sabe.
- Memoria como grabación de datos: almacenar información.
- Retención de memoria: conservada con el tiempo.
- Producción divergente: cantidad y variedad de información producida a partir de una misma fuente.
- Producción convergente: consecución de resultados únicos o considerados como los mejores.
- Valoración: alcanzar decisiones que estén de acuerdo con un criterio dado.

Los contenidos son:

- Visual: información visual de una forma concreta.
- Auditiva: información auditiva de una forma concreta.
- Simbólico: información en forma de signos que no tienen significado por sí mismos.
- Semántico: números y letras.
- Del comportamiento: conocimiento de qué percibe la otra persona, qué siente, qué piensa, etc.

Y los productos:

- Unidades: cosas a las que se aplican nombres.
- Clases: serie de objetos con una o más propiedades en común.
- Relaciones: conexión entre dos cosas.
- Sistemas: conjuntos de elementos de información organizados o estructurados.
- Transformaciones: cambios en el estado de un producto de información.
- Implicaciones: elementos de información sugeridos por otros elementos de información.

Mediante su propuesta trató de conciliar los planteamientos diferenciales con los experimentales. El modelo de Guilford supone un acercamiento al enfoque cognitivo.

2.1.4.2 Teorías cognitivas

Ser inteligente se interpreta como capaz de comprender. No tratan de medir capacidades sino de resaltar los factores no cuantificables que la determinan.

Teoría triárquica de la inteligencia de Sternberg (1985)

Robert Jeffrey Sternberg (1949-) define la inteligencia como un grupo de capacidades mentales necesarias para que el individuo se adapte a cualquier contexto ambiental. También para que seleccione y moldee el contexto en el que se desenvuelve. Concepto que limita la Inteligencia a las capacidades mentales “universalmente” necesarias.

Distingue tres tipos de inteligencia: analítica, creativa y práctica. Cada uno de estos tipos conforman tres subteorías parciales que se complementan entre sí:

- Componencial: (analítica) la habilidad para adquirir nuevos conocimientos y solucionar problemas en forma efectiva. Determina la eficacia con que la gente procesa la información. Capacidad de pensar de forma abstracta.
- Experiencial: (dilucidativa o creativa) la habilidad para adaptarse de manera creativa en situaciones nuevas. Comparar la nueva información con la que ya se tiene, e idear nuevas formas de reunir los datos (pensar originalmente).
- Contextual: (práctica) la habilidad para seleccionar contextos en los que uno puede sobresalir. Rediseñar el ambiente para sacar beneficio de las oportunidades.

Teoría de las inteligencias múltiples de Gardner (1985)

Howard Earl Gardner (1943-) parte de la idea de que existen diferentes inteligencias y la composición de todas, como si fueran módulos, genera el todo. La inteligencia no es una entidad simple. La inteligencia es un concepto plural. Amplia el campo de la inteligencia. La brillantez académica no lo es todo. Define la inteligencia como una capacidad. No niega el factor genético. Todas las inteligencias son igual de importantes (Gardner, 1987).

Define inicialmente 7 inteligencias, a las que posteriormente añade la naturalista:

- Lingüística: sensibilidad al significado y orden de las palabras, así como a las funciones del lenguaje.
- Lógico-matemática: habilidad para manejar cadenas de razonamiento, relaciones numéricas y relaciones jerárquicas.
- Espacial: habilidad para percibir el mundo con exactitud y para transformar y recrear las percepciones.
- Musical: sensibilidad al volumen, tono, timbre y patrones musicales.
- Cinestésica-corporal: habilidad para usar nuestro cuerpo o para trabajar con objetos en formas sumamente diferenciadas y diestras.
- Intrapersonal: habilidad para entender nuestros sentimientos y utilizarlos para guiar nuestra conducta.
- Interpersonal: habilidad para notar y diferenciar los estados de ánimo, temperamentos, motivaciones e intenciones de otros.
- Naturalista: capacidad para distinguir especies.

2.1.5 La habilidad espacial como componente de la inteligencia

La habilidad espacial es una componente de la inteligencia, todos los investigadores coinciden en la existencia de dicha componente, bien como factor de la inteligencia, o bien como aptitud de la inteligencia o tipo de inteligencia. Si se consideran los autores de las teorías descritas en el apartado anterior sobre la inteligencia, todos ellos de alguna manera tienen en cuenta la habilidad espacial como componente de la inteligencia.

Spearman en su teoría bifactorial de la inteligencia introduce las relaciones espaciales como una habilidad específica aunque no la define claramente, por ejemplo, cita que la capacidad más primitiva hasta la fecha medida parece ser la de distinguir dos puntos táctiles de otro. Además considera que se adquiere en la realización de tareas habituales, estando más desarrollada en los hombres que en las mujeres (Spearman, 1927).

Por su parte, Thurstone, en su teoría multifactorial de la inteligencia identifica claramente la capacidad espacial como una de las siete aptitudes mentales primarias. En su test de habilidades mentales primarias define la aptitud espacial como la aptitud que permite crear o manipular representaciones mentales de objetos o figuras de dos o tres dimensiones.

Catell dentro de la inteligencia fluida engloba habilidades como la imaginería espacial y visual, y la habilidad para advertir los detalles visuales y la memorización. Consideraba que la inteligencia fluida era casi 100% heredada.

Para Guilford, dentro de las 180 aptitudes que clasifica finalmente, destaca dentro de la categoría de contenidos, la aptitud visual como la percibida a través de la vista. Para medir la habilidad espacial entonces compone tests que denomina de medida de CFT (Cognitive operation, Figural content y Transformational product), por ejemplo, la rotación de bloques es un ejemplo de tarea en este tipo de tests.

Sternberg considera la habilidad espacial incluida dentro de los tres tipos de inteligencia (analítica, creativa y práctica). En su test de habilidades triárquicas "*Sternberg Triarchic Abilities Test*" (STAT), considera para cada inteligencia tres categorías: verbal, numérica y espacial. El test tiene por lo tanto 9 escalas (Sternberg, Prieto, & Castejón, 2000).

Por último, para Gardner, una de sus ocho inteligencias es la inteligencia espacial y dice que es la capacidad de formar una representación del mundo (Gardner, 1987). Es la capacidad de percibir con precisión las relaciones visuales-espaciales, de transformar estas percepciones, y de recrear algunos aspectos de la experiencia visual sin la presencia de los estímulos correspondientes.

2.2 Definiciones de habilidad espacial

Al igual que ocurría con la inteligencia las definiciones de habilidad espacial son muy numerosas. Muchas de las definiciones en el fondo, definen los componentes o factores en los que, según el autor que las define, están compuestas.

El término genérico de la capacidad espacial se ha asociado con la cognición espacial, el razonamiento espacial, la inteligencia espacial y el sentido espacial. Estas diversas definiciones hacen que sea difícil precisar su significado que añade más complejidad y sofisticación a su discusión (Khairul & Azniah, 2004).

La capacidad espacial de una persona a menudo se refiere a la capacidad de manipular o transformar la imagen de los patrones espaciales en otros estructurados de forma diferente (Ekstrom *et al.*, 1976).

Lohman en 1979 definió la capacidad espacial como: "*la capacidad de generar, retener y manipular imágenes visuales abstractas*". En el nivel más básico del pensamiento espacial requiere de la capacidad de codificar, recordar, transformar y combinar los estímulos espaciales (Carroll, 1993). El mismo Lohman, años mas tarde en "*Spatial Ability and G*", introduce un pequeño matiz en su definición afirmando que la capacidad espacial es "*la capacidad de generar, retener, recuperar y transformar la imágenes visuales bien estructuradas*" (Lohman, 1993).

El término habilidad espacial se refiere a la capacidad de construir, examinar y manipular representaciones internas de representaciones visuales, según HUNT, pero añade que se podría modificar el concepto de habilidad espacial teniendo en cuenta la visualización dinámica y la orientación geográfica, aunque quizá el precio a pagar sería demasiado alto (Hunt & Pellegrino, 1985).

Según Sjölander las habilidades espaciales son funciones cognitivas que capacitan a las personas para tratar eficazmente las relaciones espaciales, las tareas visuales espaciales y la orientación de los objetos en el espacio. Además considera que son una parte de la inteligencia fluida, que generalmente se evalúa con pruebas de habilidad de razonamiento general y con las matemáticas (Sjölander, 1998).

Por su parte, Vélez indica que se acepta que en relación con las habilidades espaciales se involucren la recuperación, conservación y transformación de la información visual en un contexto (Vélez, Silver, & Tremaine, 2005).

Más recientemente, Saorín (2006) propone una definición para la capacidad espacial más completa teniendo en cuenta los factores de la habilidad espacial propuestas por Guilford, Pellegrino y Lin. Según lo dicho, su definición es la siguiente: *“la habilidad de manipular mentalmente los objetos y sus partes en un espacio bidimensional y tridimensional. Desde la perspectiva de su medición se puede entender como la habilidad de realizar rotaciones y comparaciones de cubos bidimensionales y tridimensionales (Relaciones espaciales) y la habilidad de reconocer piezas tridimensionales mediante plegado y desplegado de sus caras (Visualización espacial)”*.

Strong y Smith (Strong & Smith, 2001) hicieron la afirmación de que hay muchas definiciones que se aplican a menudo a este término, y que en la capacidad espacial a menudo se utilizan indistintamente descripciones tales como la visualización y la visualización espacial. Otros sinónimos utilizados son las destrezas espaciales, la inteligencia espacial y la capacidad de visualización espacial (Nathan W. Hartman *et al.*, 2006).

Las habilidades de visualización espacial están definidas por McGee como la habilidad de manipular mentalmente, rotar, girar o invertir gráficamente presentado estímulos visuales. Aunque, como se ha visto, se encuentran en la literatura muchas definiciones de las habilidades de visualización espacial, esta definición es generalmente aceptada por los investigadores de la pedagogía de la ingeniería. Más concretamente, el objetivo para el diseño de primer año y/o cursos de expresión gráfica es que los estudiantes sean capaces de ver las relaciones espaciales en las ilustraciones de dos dimensiones, como una gráfica isométrica o multivisión. Además, también se espera que los estudiantes sean capaces de construir relaciones espaciales en su mente y comunicar esas ideas a través del ordenador o en papel (Fleisig, Robertson, & Spence, 2004).

Como se ha podido comprobar existe cierta confusión en los términos utilizados para definir la capacidad espacial, en parte, por problemas debidos a las traducciones y en parte, por una utilización poco precisa del lenguaje. Es necesario distinguir entre aptitud, destreza, habilidad y capacidad espacial. La consulta a diccionarios acerca del significado de estos términos, suele originar un problema que podría llamarse “de circularidad”: algunos de los términos mencionados son definidos recurriendo a los otros y es difícil lograr establecer una clara diferenciación entre ellos, o explicitar la forma en que se vinculan y/o complementan (Moreno Bayardo, 1998).

Se entiende la aptitud como una disposición innata, un potencial natural con el que cuenta una persona y que puede ejercerse. Se podría decir que la aptitud es la “materia prima” a partir de la cual es posible el desarrollo de habilidades, y se acepta que el punto de partida no es exactamente el mismo en todas las personas.

Las destrezas pueden considerarse como aquellas habilidades que la persona ha desarrollado con un alto nivel de eficiencia lo que proporcionará que realice tareas de una forma eficiente.

La habilidad se conceptualiza como la destreza para ejecutar algo que una persona está capacitada.

En cuanto a aptitud espacial se podría definir como el potencial innato que un individuo tiene para visualizar mentalmente un objeto de forma que sea capaz de hacerlo antes de haber realizado cualquier tipo de entrenamiento o tarea que pueda afectarle, de modo que esta aptitud contiene un cierto componente genético o hereditario (Jorge Martín-Gutiérrez *et al.*, 2010).

Moreno Bayardo (1998), comenta que la vinculación de los conceptos anteriores (aptitud, destreza y habilidad) constituyen un rasgo intrínseco al ser humano (la capacidad), que hacen posible, a partir de un potencial inicial, un ejercicio que conlleva al individuo a aprender interactuando, tanto en su entorno familiar y social como en los procesos educativos formales.

2.3 Revisión de la investigación en habilidad espacial

En esta revisión a través de la historia se pretende destacar únicamente los principales temas y contribuciones relacionadas con la habilidad espacial, pasando por alto lógicamente muchos aspectos y detalles que se pudieran considerar en más de un siglo de historia.

La historia de la investigación sobre las habilidades espaciales se va a realizar considerando cuatro fases fundamentales tal y como indica Mohler (2008) en su artículo “*A review of spatial ability research*”. Molher a su vez se basa en el trabajo de Eliot y Smith (1983).

En la primera fase (1880-1940), los investigadores estudiaron la evidencia a favor y en contra de la existencia de un factor espacial más allá de un factor general de inteligencia. En la segunda fase (1940-1960), trataron de determinar el grado en que los factores espaciales difieren el uno del otro. En la tercera fase (1960-1980), los investigadores han intentado designar el estado de las

habilidades espaciales dentro de la compleja interrelación de las habilidades de otros, y para examinar una serie de fuentes de variación que afectan al rendimiento en las pruebas espaciales. En la cuarta fase (1980-) sobre todo se tendrán en cuenta los efectos de las nuevas tecnologías en la medida, el estudio y mejora de la habilidad espacial.

2.3.1 Fase I (1880-1940)

Aunque las primeras publicaciones sobre habilidad espacial no aparecen hasta 1920, se puede considerar que durante el siglo XIX comenzaron a crecer las investigaciones sobre habilidad espacial pero unidas a las que se realizaban sobre la inteligencia. En el año 1880 Sir Francis Galton se centró en investigaciones relacionadas con las imágenes mentales (Galton, 1883). Según Galton la imaginación mental esta formada por los *“diferentes grados de intensidad con que personas diferentes tienen la facultad de recordar situaciones que les son familiares bajo la forma de imágenes mentales, y las peculiaridades de las visiones mentales de personas diferentes”*.

Se realizaron cientos de tests sobre el sentido espacial pero dentro de estudios sobre deficiencias mentales, de diferencias psicológicas sobre el fenómeno sensorial y de percepción, y en los incipientes estudios sobre inteligencia. Los trabajos son llevados a cabo por psicólogos y médicos.

A partir de 1900 algunas evidencias de la existencia de un factor espacial se encontraron en los primeros estudios sobre la habilidad práctica o mecánica, aptitud separada de la inteligencia general. Ante la necesidad de adaptar los tests, en su mayoría con tareas verbales, a personas con dificultades de interpretación y comunicación de forma verbal se empezaron a crear los primeros tests solo con imágenes. En el año 1918 el ejército de los Estados Unidos realizó tests para reclutar y promocionar soldados durante la Primera Guerra Mundial. Para las personas sin educación o con problemas de lenguaje se creó un test específico solo con imágenes. Este test fue la primera batería de tests totalmente gráficos que se administró a un gran número de personas (Eliot & Smith, 1983).

En la década de 1920 se desarrollaron algunos métodos para realizar análisis factorial que permitió aislar un factor diferente de la inteligencia general que se denominó factor espacial. En esta primera fase de investigación se encontraron multitud de factores y terminología que no condujo a una clara taxonomía de las habilidades espaciales (Harle & Towns, 2010).

En 1921 Thorndike publica la identificación de un factor espacial y es el inicio de la investigación en habilidad espacial. Él hizo una distinción importante entre las tres clases generales de funcionamiento intelectual, argumentó que las pruebas estándar de inteligencia miden sólo *“la inteligencia abstracta”*. Aunque Thorndike incluyen la inteligencia abstracta en su triple modelo, destacó que la inteligencia mecánica y la social eran igualmente importantes. Define la inteligencia mecánica, como la capacidad de visualizar las relaciones entre objetos y entender cómo funciona el mundo físico (N. W. Hartman & Bertoline, 2005; Mohler, 2006).

El desarrollo de estos tests gráficos entró en controversia frente a los puramente verbales y su relación con la naturaleza de la inteligencia. Terman, por ejemplo, declaró enfáticamente que las pruebas no lingüísticas o de rendimiento no miden la inteligencia como él la define, ya que *“una persona es inteligente en la medida que es capaz de llevar a cabo el pensamiento abstracto”* (Terman, 1916). Los tests de inteligencia de más éxito tendrían que ser los que incluyen el uso del lenguaje y otros símbolos en la medida en que los tests no lingüísticos no pueden llegar a los niveles intelectuales más altos.

En Estados Unidos, Kelley, informó en su *“Crossroads in the Mind of Man”* (1928) que había encontrado evidencias de un factor estadístico de la participación de “detección y retención de las formas visuales”, que se distingue de otro de los factores que describió como “que requieren la manipulación de las relaciones espaciales”. La distinción de Kelley es importante porque sugiere que la capacidad espacial puede requerir algo más que la “facilidad para manipular las imágenes espaciales”.

En Inglaterra, no fue sino hasta 1931, cuando Stephenson demostró la existencia de un factor de grupo de la habilidad verbal a diferencia de un factor de capacidad general, y los investigadores finalmente comenzaron a prestar seria atención al desarrollo de las pruebas no verbales, en general, y para el desarrollo de pruebas espaciales, en particular. Brown y Stephenson (1933) desarrollaron una serie de tests en papel y lápiz, que incluía tests que fueron empleados posteriormente por El Koussy dos años más tarde (Blakey, 1940).

En 1931, Thurstone introdujo una metodología de múltiples factores. Esta metodología, como la de Spearman (1927), fue el resultado de un conjunto de suposiciones sobre la naturaleza de la inteligencia. Thurstone argumentó que la inteligencia humana se compone de muchos factores independientes o primarios en lugar de un factor de capacidad general. Thurstone publicó su primer estudio a gran escala de las habilidades de uso de su metodología en 1938.

El Koussy (1935) con una modificación de la técnica de Spearman, encontró evidencia de un factor de grupo que él llamó “K”. El Koussy concluye que este factor “K” representa *“la capacidad de obtener y la facilidad para utilizar las imágenes espaciales visuales”*. Smith (1938) confirmó las conclusiones principales de El Koussy, utilizando para los tests materiales muy similares.

En 1937 se empieza a publicar e investigar sobre habilidades espaciales desde el punto de vista de la ingeniería. Claire V. Mann realizó un estudio para determinar la relación entre un test de visualización y el éxito en la ingeniería. Maurice Grancy de la universidad de Purdue, en 1938, realiza un estudio similar y obtiene que no hay correlación. (Saorín Pérez, 2006)

2.3.2 Fase II (1940-1960)

En la segunda fase de investigación se distinguen claramente dos tipos de actividades, en primer lugar, la realización de varias investigaciones a gran escala para especificar las diferencias entre las

subdivisiones del factor espacial, y en segundo lugar, la generación de muchos de los actuales test espaciales de lápiz y papel.

Inicialmente los investigadores tuvieron dificultades para distinguir los factores de habilidad espacial de la inteligencia porque varios de los factores espaciales tienen gran peso en la inteligencia general (dado que se incluían pruebas de visualización espacial dentro de los tests de inteligencia general, por ejemplo). Normalmente, la inteligencia ha sido visto de manera jerárquica y taxonómica (Mohler, 2008).

Muchos consideran la capacidad de poca importancia y veían el funcionamiento espacial como una capacidad menor. Añadiendo a esta subvaloración, la confusión dentro de la creciente comunidad creó más dificultad (D'Oliveira, 2004).

En Inglaterra, Slater (1940) intentó probar la hipótesis de que los procesos críticos en los tests espaciales eran, el reconocimiento de formas y la manipulación mental de formas visuales. El hecho de no poder demostrar que sus hipótesis eran ciertas pudo haber sido debido a que no incluyó suficientes tests espaciales de tipos diferentes en su estudio, o porque tanto el reconocimiento como la manipulación de formas estaban presentes en todos los tests que utilizó.

Con el inicio de la Segunda Guerra Mundial, como sucedió con la Primera gran Guerra, se crearon y administraron muchos tests. En Estados Unidos, la primera evidencia sólida de la existencia de varios factores espaciales proviene de una serie de estudios de análisis factorial realizados por el ejército de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos. Los resultados de estos estudios, basados en análisis repetidos de los datos de un gran número de tests de percepción, mecánicos y espaciales, fueron interpretados como un apoyo para demostrar la existencia de dos o posiblemente tres factores espaciales. La división de factores más persistente parecía separar un grupo de tests que medían las relaciones espaciales de otro que medía la visualización. Las relaciones espaciales se describieron como la habilidad para determinar: a) las relaciones entre los diferentes estímulos espacialmente organizado y las respuestas, y b) la comprensión de la disposición de elementos dentro de un patrón de estímulo visual, y la visualización se describió como una exigencia de capacidad de imaginar la rotación de los objetos representados, el plegado y desplegado de los patrones de plano, y los cambios relativos de posición de objetos en el espacio (Michael, Zimmerman, & Guilford, 1950).

En 1947 se elaboró la batería de tests DAT (Differential Aptitude Tests) por K. Bennet, Harold G. Sheashore y Alexander G. Wesman (1997). Fue elaborada inicialmente con el objeto de proporcionar un instrumento científico, adecuadamente tipificado, para la apreciación de las aptitudes de los estudiantes del High School americano. Las aptitudes que mide son el razonamiento verbal, la aptitud numérica, razonamiento abstracto, relaciones espaciales, razonamiento mecánico, rapidez y precisión perceptivas, uso del lenguaje (ortografía y sintaxis).

Mary Plumb Blade (1949), desde el punto de vista de la ingeniería, es la primera que basa sus estudios en las investigaciones psicológicas sobre habilidades espaciales. Observó diferencias en los resultados según el sexo y destacó que el factor motivación era lo más importante para desarrollar la visión espacial (Saorín Pérez, 2006).

De un estudio realizado por Thurstone en 1949 se encontró un factor espacial denominado S1 y fue descrito como la representación de la capacidad de visualizar una configuración rígida cuando se mueve en diferentes posiciones. También se encontró un factor S2 y fue descrito como la capacidad de visualizar una configuración en la que hay un movimiento o desplazamiento de las partes de la configuración. Las características que distinguen entonces a los factores S1 y S2, parecen haber sido la cualidad estática o dinámica de las imágenes en cuestión. La percepción espacial (S3) surgió como la capacidad de utilizar la orientación del propio cuerpo para relacionarse con preguntas sobre la orientación espacial (Mohler, 2008).

J.W. French, en 1951, llegó a la conclusión de que había pruebas suficientes para apoyar la existencia de al menos tres factores espaciales separados. El primero de ellos, el factor espacial, como *“una habilidad para percibir con precisión los patrones espaciales y compararlos entre sí”*. A su juicio, el segundo, el factor de orientación, que representaba *“la capacidad de permanecer sin confusión por las orientaciones distintas en las que puede estar un patrón espacial presentado”*. El tercer factor, la visualización, como la representación de *“la capacidad de comprender el movimiento imaginario en el espacio tridimensional o para manipular objetos en la imaginación”*.

Después de la Segunda Guerra Mundial, los psicólogos en el Reino Unido, debido a la necesidad de diferenciar a los niños en las escuelas a los 11 años entre escuelas de gramática y escuelas técnicas inspiraron la creación de nuevos tests, y ello también planteó importantes cuestiones relacionados con la edad y el sexo. Burt en 1949, hizo una distinción entre dos subfactores del factor práctico: uno espacial y otro mecánico.

El Koussy en 1955, desde el punto de vista de contenido, llegó a la conclusión de que la aptitud espacial se puede dividir en aspectos bidimensionales y tridimensionales y en aspectos dinámicos y estáticos.

En Estados Unidos, la cuestión de si podría existir una jerarquía entre los factores espaciales fue respondida en parte por Zimmerman en 1954, que realizó varias pruebas en las que progresivamente se iba aumentando la dificultad y argumentó que cada uno de los factores espaciales requiere un procedimiento de respuesta algo diferente y que la capacidad de visualizar las relaciones espaciales requiere más esfuerzo intelectual que la capacidad para llevar a cabo tareas que requieren solo la orientación espacial.

En 1955 R.R. Worsencroft realiza un estudio para medir estadísticamente la mejora de las habilidades espaciales durante el primer año de ingeniería y compararlo con otras carreras. Se

pone énfasis en trabajar las habilidades espaciales mediante el bocetado e interpretación de planos (Saorín Pérez, 2006).

En 1957, Michael *et al.* revisaron la literatura existente e identificaron tres factores: a) una combinación de las relaciones espaciales y el factor de orientación, b) un factor de visualización, y c) un factor de imágenes dinámicas. En este año, la situación era confusa por la rápida proliferación de las pruebas y por el hecho de que factores similares, reciben diferentes nombres por diferentes analistas y, por el contrario, los mismos nombres se utilizan a veces para describir factores diferentes.

2.3.3 Fase III (1960-1980)

Se caracteriza por una disminución en el número de estudios a gran escala, por los esfuerzos para establecer el estado de las habilidades espaciales en términos de la interrelación de muchas habilidades diferentes, y por un gran aumento en el número de estudios a fin de determinar las diferentes fuentes de variación en el rendimiento en los tests espaciales. Entre los acontecimientos más importantes en esta fase se pueden citar la popularización de la explicación evolutiva de Piaget sobre la representación espacial, la presentación de los diferentes modelos de organización de la capacidad espacial, y, más recientemente, los esfuerzos de los psicólogos experimentales, empleando un enfoque de procesamiento de información, sobre todo el proceso involucrado en la solución de las tareas de rotación de bloques o desarrollos de superficies. En esta fase se desarrollan los diferentes modelos de la inteligencia.

En la década de 1960, las investigaciones sobre las habilidades espaciales se separaron en tres direcciones diferentes, un enfoque en el desarrollo de las habilidades espaciales, identificación de las fuentes de variación, y el reanálisis de los datos utilizando marcos metodológicos comunes. En esta década no es de destacar la investigación realizada por ingenieros, porque prácticamente no existió.

Se estudian diferencias entre sexos, resultando por ejemplo, en los análisis de Wenderlin que si bien no hubo diferencias relacionadas con el sexo en la capacidad de manipular objetos visuales y estructuras, hubo diferencias en la capacidad de comprender una estructura visual, para organizarla y para volverla a organizar. Las diferencias en el rendimiento de los tests en función del sexo han tenido en esta fase un volumen considerable de investigación espacial.

También se realizaron estudios relacionados con la edad y las diferencias en la habilidad espacial, sobre todo con la publicación de la explicación evolutiva de Piaget (1967) sobre la representación espacial. Piaget describe el desarrollo de los niños como la evolución desde un espacio de percepción estática a la consecución de un espacio móvil conceptual, siendo este último logro cuando los niños descubren que tienen su propio punto de vista.

Piaget (1971) también escribió sobre la imaginación mental de los niños. De hecho, realiza la distinción entre el pensamiento figurativo de los niños pequeños, y el pensamiento operativo de los niños mayores.

Al mismo tiempo que los trabajos de Piaget empezaban a ser conocidos, se presentaron diferentes modelos de habilidad de organización. En 1971 Guilford publica su modelo de estructura tridimensional de la inteligencia no jerárquico. La habilidad espacial ya no era considerada como una familia de factores relacionados, pero fue medida por tests en los que había diferentes combinaciones de las operaciones, contenidos y productos, que eran las tres categorías fundamentales de Guilford. Por lo tanto, una de sus 180 aptitudes se compone de una operación mental, un contenido y un producto. Para la habilidad espacial Guilford, para demostrar su modelo, compone tests CFT (Cognitive operation, Figural content, Transformational product). Una tarea de rotación de bloques es un ejemplo de un test de CFT.

A mediados de la década de 1970 comienzan aparecer artículos relacionados con las habilidades espaciales realizados por ingenieros. Paul Dejong en 1977 describe un experimento centrado en la visualización. Los artículos que aparecen describen la importancia de las habilidades espaciales para los estudiantes de ingeniería y la sitúan como un objetivo central de la ingeniería gráfica.

El test MRT (Mental Rotation Test) es elaborado por Vandenberg & Kuse (1978) para medir la visualización espacial y está basado en el estudio de Shepard & Metzler de 1971 sobre rotación mental.

Lohman en 1979 reportó los resultados de una revisión sistemática de análisis de los datos de un gran número de estudios factoriales realizados años atrás, desde una perspectiva teórica y metodológica común. Describe el factor de las relaciones espaciales como uno definido por el rendimiento en tareas que requieren la rotación mental de figuras u objetos. Describió la orientación espacial como representación de la capacidad de imaginar desde una perspectiva diferente. La visualización, el tercer elemento importante, era un factor complejo definido por el rendimiento en tareas tales como las pruebas de desarrollo de superficies.

Además de estos tres factores espaciales importantes, Lohman encontró algunos factores de menor importancia, estos factores de menor importancia fueron definidos por el desempeño de tareas, que hacen hincapié en la memoria visual, velocidad de emparejamiento de los estímulos visuales, velocidad en la realización de discriminaciones de izquierda a derecha y similares (Carroll, 1993).

Debido a la diversidad de enfoques en este período, el conocimiento de la capacidad espacial, el desarrollo y la diferenciación florecieron.

El estudio de las habilidades espaciales sigue siendo de interés en la investigación y los esfuerzos recientes para describir las capacidades espaciales han ido más allá de la metodología del análisis factorial, hasta el punto de que ahora las caracterizaciones ponen énfasis en las diferentes combinaciones de elementos de estímulo y requisitos de las tareas.

2.3.4 Fase IV (1980-)

En esta fase se ha continuado investigando sobre los temas de las fases anteriores, pero desde 1980 hasta hoy los investigadores se han centrado en el impacto de la tecnología en la medición, análisis y mejora de la capacidad espacial. Además, se ha dedicado mucha atención a la comprensión de la capacidad espacial desde la perspectiva del procesamiento de la información.

Trabajos científicos y empíricos en esta fase han intentado definir modelos jerárquicos de la inteligencia y aspectos específicos de estos modelos. Por ejemplo, la discusión de Carroll (1993) de una estructura jerárquica en la “*teoría de los tres estratos*” de la habilidad cognitiva que podría tener cabida dentro las teorías Radex de Gutmann, que es más bien taxonómica. Carroll identifica tres estratos para las habilidades cognitivas, uno estrecho, otro ancho y otro general. Mientras que Carroll discute los argumentos en contra de esta teoría, pero la magnitud de los datos y estudios posteriores presentan un argumento para apoyar el modelo Radex taxonómico. Algunos autores piensan que ambas teorías son complementarias (Mohler, 2008).

También se han definido nuevos factores de la habilidad espacial. Por ejemplo en 1993 Carroll define un hipotético factor de imaginación como la habilidad de formar representaciones mentales internas de patrones visuales y utilizar tales representaciones para la resolución de problemas espaciales. Burton y Fogarty (2003) se propusieron determinar si este factor existe. En su investigación, encontraron que la imaginación podría ser un componente fiable cuando las pruebas realizadas sobre esta capacidad estén relacionadas con algo más que las imágenes normales y cotidianas. Sin embargo, también recomiendan un mayor estudio y la confirmación de otros estudios. Otro factor examinado es el que Pellegrino & Hunt en 1991 definieron como habilidad dinámica espacial. D’Oliveira (2004) la definió como la capacidad para hacer frente a los elementos en movimiento y al movimiento relativo.

Varios estudios se han centrado en las diferencias de habilidad espacial con la edad, como cambia con la edad, la velocidad de procesamiento, conocimiento y experiencia (Coleman & Gotch, 1998; Newcombe & Bandura, 1983; Salthouse, 1987). También se han estudiado las diferencias entre sexos en el factor dinámico espacial (Saccuzzo *et al.*, 1996). Otros estudios tratan de ver estas diferencias a edades tempranas (Vederhus & Kreklinga, 1996).

La habilidad espacial y la lateralidad también ha sido objeto de investigación por varios autores. Deloss Bowers en 1986 presenta las teorías sobre el lado izquierdo y derecho del cerebro. Los investigadores se esfuerzan por comprender la fisiología del cerebro y su relación con la

habilidad espacial (Rileaa, Roskos-Ewoldsenb, & Boles, 2004). Hay acuerdo general en que las personas con predominio del hemisferio derecho se desempeñan mejor en tareas espaciales y tienen más desarrolladas las habilidades espaciales (Crucian & Berenbaum, 1998).

En una encuesta de 1986 realizada entre los profesionales de la ingeniería, en el ámbito educativo e industrial, Jon Kenneth Jensen encontró que la habilidad espacial es la capacidad más importante que una persona debe poseer para tener éxito en la profesión de ingeniería. Incluso para la obtención de un conocimiento básico de los conceptos rudimentarios de cualquier especialidad de la ingeniería se requiere un cierto grado de visualización espacial y capacidad de orientación (Mohler, 2001).

J.A. Leach en 1992 afirma que el uso del modelado sólido genera habilidades espaciales que son diferentes de las de crear o leer planos de ingeniería convencionales. En 1993 algunos autores comienzan a proponer el uso de realidad virtual para mejorar su capacidad de visión espacial.

Devon en 1994 compara trabajar con modelos alámbricos y modelado sólido, llegando a la conclusión de que el modelado sólido mejora más las habilidades espaciales que el modelado alámbrico. Por el contrario, Koch (2006) argumenta en su tesis que no hay diferencia significativa entre los métodos de diseño basados en el croquizado y el modelado de sólidos, utilizados para resolver problemas técnicos.

Gary R. Bertoline (1998) indica que hay un renacimiento de los gráficos como consecuencia del desarrollo de los ordenadores y de los gráficos por computador. Habla de ciencia visual y de que está compuesta de al menos tres categorías: geometría, conocimiento espacial e imaginación.

Son varias las experimentaciones que se han realizado para mejorar esta habilidad, unas de forma significativa, como en las que los alumnos disponen de los modelos reales en sus manos, que servirán de apoyo a los alumnos, para comprender lo que tengan que visualizar (Ferguson *et al.*, 2008).

Piburn en 2005, afirma que la manipulación en el ordenador de objetos 3D en el terreno virtual puede mejorar significativamente la habilidad espacial de los estudiantes.

Las últimas tecnologías también se han aplicado a la mejora de las habilidades espaciales como por ejemplo, con dispositivos móviles (Fang, Chao, & Jong, 2008; Martín Dorta, 2009), videojuegos (Youa, Chuanga, & Chenb, 2008), realidad aumentada (Kaufmann *et al.*, 2005a), etc.

Las investigaciones sobre técnicas y sistemas educacionales asociados al uso de Web3D son muy limitadas y tiene un gran potencial para un amplio número de aplicaciones educativas que necesitan la comprensión visual (Harper, Hedberg, & Wright, 2000; "Web 3D Consortium," 1999). Rafi (2005) comprueba significativamente que el uso de aplicaciones Web3D como herramienta

pedagógica con modelos 3D en formato VRML mejora el desarrollo de habilidades espaciales. Sin embargo, Konukseven (2010) que compara una aplicación web con el método tradicional, indica que los resultados son de la misma calidad para ambos métodos.

Un último campo de investigación es el relacionado con el procesamiento de la información. Lo que se pretende con estos estudios es averiguar como se realiza el proceso cognitivo, las estrategias seguidas y la velocidad de procesamiento de la información recibida (Kyllonen, Woltz, & Lohman, 1981). Muchas de estas investigaciones están relacionadas con la velocidad y eficiencia en el procesamiento de la información espacial y su influencia en el desarrollo de la habilidad espacial (Salthouse *et al.*, 1990). También se ha dedicado tiempo, a la investigación sobre las estrategias utilizadas para determinar mejor la solución al problema espacial (Juan-Espinosa *et al.*, 2000).

A partir de esta historia de 100 años de la investigación una cosa sigue estando clara: la capacidad espacial es un conjunto de habilidades complejas, habilidades cognitivas sobre las que hay todavía muchas preguntas. Cada uno de los enfoques de investigación proporciona una contribución única (Mohler, 2006).

2.4 Componentes de la habilidad espacial

El estudio de los componentes de la habilidad espacial se vio limitado por las restricciones inherentes a la metodología del análisis factorial de la época y, quizás lo más importante, por un fuerte sesgo a favor de las habilidades verbales (Eliot&Smith).

Como se ha comentado en el apartado 2.3 varios autores han investigado sobre los componentes o factores de la habilidad espacial, resultando poco el acuerdo sobre el número de factores, solapamiento de factores y en definitiva, creando una gran confusión.

J.W. French (1951) llevó a cabo una serie de investigaciones factoriales antes de 1951. Identificó tres factores espaciales: el factor de espacio, orientación espacial y la visualización espacial, respectivamente. El factor espacio representa *“la capacidad para percibir con precisión los patrones espaciales y compararlos entre sí”*. El factor de orientación es *“la capacidad de una persona a permanecer sin confusión por las orientaciones distintas en las que puede ser un patrón espacial presentado”*. Factor de visualización espacial fue interpretado como *“la capacidad de comprender el movimiento imaginario en el espacio tridimensional, o la capacidad de manipular objetos en la imaginación”*.

En 1957, Michael, Guilford, Fruchter y Zimmerman trataron de sintetizar los resultados de la investigación sobre las habilidades espaciales. Se formaron tres grupos de factores de los que los psicólogos distinguen entre tres categorías de habilidades espaciales, es decir, las relaciones espaciales y la orientación (SR-O), visualización (Vz), y las imágenes cinestésicas (K). Michael *et al.* sugirieron que su factor SR-O era un factor *“más o menos”* compuesto del S1 de Thurstone

y los factores de S3, mientras que su factor Vz era idéntico con el factor S2 de Thurstone. Su factor K puede ser considerado idéntico al identificado tentativamente por Thurstone como factor K (Gorska & Sorby, 2008).

Cattell (1971) no acepta la visualización como un factor primordial. Sugiere que es un factor de segundo orden, que incluye la capacidad espacial, flexibilidad de adaptación de figuras, velocidad de cierre, y la flexibilidad de cierre (Ekstrom *et al.*, 1976).

McGee (1979) distingue cinco componentes de la habilidad espacial: percepción espacial, visualización espacial, rotaciones mentales, relaciones mentales y orientación espacial.

Algunas de las teorías más aceptadas son el trabajo de Lohman (1996) "*Spatial ability: A review and reanalysis of the correlational literature, in aptitude research Project*", y el de Carroll (1993), "*Human cognitive abilities: a survey of factor analysis studies*". Lohman identifica como componentes principales de la habilidad espacial los tres siguientes:

- **Relaciones espaciales:** tareas que representan rotaciones mentales, pero no miden la velocidad de realizar rotaciones mentales, sino más bien, la rapidez de resolver el problema del modo que sea.
- **Orientación espacial:** este factor consiste en la capacidad de imaginar como un objeto o conjunto de objetos se vería desde una perspectiva diferente mediante la reorientación del observador. Estas tareas son difíciles de diseñar porque muchos pueden ser resueltos por la rotación en lugar de modificar la perspectiva.
- **Visualización:** está compuesto de tareas que tienen un componente de figuras espaciales tales, que el movimiento o desplazamiento de partes de ellas y es más complejo que las relaciones u orientaciones espaciales.

También identifica otros factores espaciales menores, pero indica que no representan lo que habitualmente se entiende por habilidad espacial, estos factores son "la velocidad de cierre" (es decir, la velocidad de emparejar estímulos visuales incompletos con sus representaciones de memoria a largo plazo), la "velocidad de percepción" (la velocidad de emparejar estímulos visuales), "la memoria visual" (memoria a corto plazo de estímulos visuales), y la cinestésica (velocidad de realizar la discriminación izquierda-derecha).

Carroll (1993), en cambio, considera un conjunto de 230 grupos de datos y obtiene cinco factores principales. Los factores de relaciones espaciales y de visualizaciones son idénticos a las descripciones de Lohman. Los tres restantes son:

- **Velocidad de cierre:** la capacidad de identificar un objeto parcialmente oculto o vagamente visible sin conocer la identidad del objeto con antelación.
- **Flexibilidad de Cierre:** la capacidad de encontrar una figura concreta oculta u oscurecida o figuras (o patrones) dentro de una figura más grande y más compleja. Esto se refiere a veces por otros investigadores, como la independencia de campo o desenchaje.

- **La velocidad perceptiva:** la velocidad en la búsqueda de un elemento único en un grupo de elementos idénticos, un patrón visual específico en un campo visual, o comparación con precisión de uno o más patrones cuando los ítems o los patrones no están ocultos.

Pellegrino (Pellegrino & Hunt, 1991) coincide con Lohman y Carroll y además establece la siguiente relación, el componente más claramente identificado es la habilidad de relaciones espaciales, el segundo en identificar es la habilidad de visualización espacial y el tercero la habilidad de orientación espacial.

Por otra parte, el meta-análisis de Linn&Petersen distingue tres componentes de la habilidad espacial (AWE, 2005):

- **La percepción espacial:** es la capacidad de una persona para determinar las relaciones espaciales con respecto a la orientación de su cuerpo propio, a pesar de existir información de distracción.
- **Rotación mental:** es la capacidad de rotar con la imaginación, de forma rápida y acertada las figuras bidimensionales u objetos tridimensionales.
- **Visualización espacial:** se refiere a la capacidad de manipular la información espacial compleja cuando son necesarias varias operaciones para obtener la solución correcta. Esta tarea requiere un análisis de la relación entre las diferentes representaciones del espacio.

Los autores Halpern & LaMay (2000), añaden otros dos tipos o categorías: habilidad espacio-temporal y memoria de imagen espacial. El primero se refiere a la capacidad de identificar cambios producidos por aspectos dinámicos en los que actúa el tiempo con referencia al espacio. El segundo se refiere a generar en la mente una imagen y utilizarla para realizar una determinada tarea cognitiva.

Otros investigadores (Olkun, 2003; Saorín Pérez, 2006) simplifican ésta clasificación a dos categorías:

- **Relaciones espaciales,** se define como la habilidad para imaginar rotaciones en 2D y 3D. (Según los autores, esta capacidad incluye las categorías “rotaciones mentales” y “percepción espacial”).
- **Visualización espacial,** es la habilidad de reconocer objetos tridimensionales mediante el plegado y desplegado de sus caras.

Maier en 1994, propone al igual que McGee cinco componentes principales en las habilidades espaciales y los define de la siguiente forma (S. A. Sorby, 1999):

- **Relaciones espaciales:** se refiere a la percepción de la posición de un objeto en relación a una posición anterior, considerando tamaño, distancias, volumen o cualquier otro signo distintivo.
- **Percepción espacial:** es la capacidad para determinar las relaciones espaciales entre objetos, a pesar de la existencia de información que no es significativa.

- **Visualización espacial:** es la capacidad de manipular mentalmente, las imágenes visuales. Esto puede implicar imaginar las rotaciones de objetos en el espacio.
- **Rotación mental:** se refiere a la capacidad de rotar mentalmente imágenes visuales. Estas imágenes pueden ser bidimensionales o tridimensionales.
- **Orientación espacial:** es la capacidad de orientarse física o mentalmente en el espacio. La posición espacial de una persona es esencial para esta tarea.

Otros autores han realizado la identificación de componentes teniendo presentes las diferencias existentes entre el hombre y la mujer, así por ejemplo, Kimura (2000) establece 6 componentes de la habilidad espacial:

- **Orientación espacial** es la capacidad de estimar con precisión los cambios en la orientación de un objeto.
- **Ubicación de memoria espacial** es la capacidad de recordar la posición de objetos en una estructura.
- **Targeting** se refiere a la capacidad para interceptar proyectiles o tirar a un blanco.
- **Visualización espacial** es la capacidad de reconocer y cuantificar los cambios de orientación en una escena. También se define como la capacidad de imaginar un resultado después de doblar o montar las partes de un objeto.
- **Desencaje** es la habilidad que permite a una persona encontrar un objeto sencillo cuando se incorpora en una figura más compleja. Este factor también se conoce como la flexibilidad de cierre o la independencia de campo.
- **Percepción espacial** se refiere a la capacidad de una persona para determinar las direcciones dominantes (horizontal y vertical) en una escena donde los patrones de distracción están presentes.

Los resultados de los análisis estructurales de la habilidad espacial son muy convergentes. Además de algunos aspectos simples de funcionamiento básico, por lo menos dos factores son constantemente relatados: “relaciones espaciales”, es decir, rotación mental, y “visualización”, que incluye todas las tareas espaciales de múltiples pasos y complejas (Kaufmann *et al.*, 2005b).

A menudo se consideran la orientación espacial y la visualización espacial englobadas en un mismo factor. En contraste con la literatura psicométrica, se ha encontrado una fuerte disociación en la literatura cognitiva experimental entre las tareas que dependen de objetos basadas en las transformaciones espaciales y los que dependen de transformaciones espaciales desde el punto de vista del observador. Es decir, entre la visualización espacial y la orientación espacial (Hegarty & Waller, 2004).

Bodner and Guay (1997), consideran que la orientación y la visualización son las dos categorías principales, como resultado del análisis factorial de distintas pruebas utilizadas para medir la capacidad espacial.

Tartre en 1990, estudió la obra anterior de McGee, y propuso un esquema de clasificación de las habilidades espaciales sobre la base de los procesos mentales que se espera que sean utilizados en la realización de una tarea dada. Él cree que hay dos categorías distintas de habilidades espaciales 3D, la visualización espacial y la orientación espacial. El componente de visualización espacial consiste en mover un objeto mental, mientras que el componente de orientación espacial implica ser capaz de mover su punto de vista mental, mientras que el objeto permanece fijo en el espacio. El componente de visualización espacial se subdivide en dos categorías de rotación mental y transformación mental. La diferencia entre estas dos categorías es que con la rotación mental, todo el objeto se transforma girando en el espacio, mientras que con la transformación mental, sólo una parte del objeto se transforma de alguna manera (S. A. Sorby, 1999).

Sarah Titus (2009) indica que en el campo de la geología es útil la división en tres componentes:

- **Relación espacial**, es la habilidad de rotar un objeto mentalmente sobre su centro.
- **Manipulación espacial**, según la definición de Ekstrom en 1976 de orientación espacial, es la habilidad de manipular mentalmente una imagen y colocarla en otra disposición.
- **Habilidad de penetración visual**, es la habilidad de imaginar mentalmente que está dentro de un objeto sólido.

Esta última componente no es habitual en las divisiones de habilidad espacial pero es crítica para los geólogos que habitualmente utilizan secciones transversales, secciones delgadas, cortes de carreteras, rebanadas de terreno para interpretar la historia y los procesos geológicos. Sin embargo, y como indica Kali (1996) la habilidad de penetración visual no es una habilidad necesaria exclusivamente en ciencias de la tierra. Cualquier tema que implique problemas que requieran imaginar formas de intersecciones a través de objetos tridimensionales debe involucrar esta habilidad.

Para el caso de la Química es interesante la habilidad espacial dinámica. Esta habilidad fue inicialmente detectada por Pellegrino y es habitualmente medida en test por ordenador en los que hay que determinar tiempos de llegada de objetos en movimiento o el alcance entre objetos (Hunt *et al.*, 1988).

La caracterización de las habilidades espaciales puede proporcionar un instrumento útil, aunque probablemente de transición, como base para la organización de un gran número de tests espaciales en un esquema clasificatorio (Eliot & Smith, 1983).

Para concluir, se puede indicar que a lo largo de más de ochenta años, diversos analistas han utilizado diferentes palabras para describir más o menos factores similares de maneras similares. Al menos dos factores coinciden de manera consistente: “relaciones espaciales”, que se identifica con la rotación mental y “visualización”, que incluye todas las tareas espaciales realizadas mentalmente. Precisamente estas dos componentes de la habilidad espacial son las que se tendrán en cuenta en nuestra experimentación.

2.5 La importancia de la habilidad espacial

En primer lugar, como Drever y Collins, Werdelin, Smith y otros autores han señalado, las habilidades espaciales, a diferencia de las habilidades verbales, fueron una preocupación relativamente tardía en el estudio de la inteligencia. Las habilidades espaciales no han recibido la atención que se merecen, porque no han sido fáciles de identificar como diferentes de otras habilidades del razonamiento visual, de la percepción, o de habilidades no verbales, y porque durante años parecían menos importantes en la predicción del éxito en las ocupaciones que exigían habilidades literarias, académicas, etc. (Eliot & Smith, 1983).

Pero desde hace muchos años la habilidad espacial se ha mostrado repetidamente como un importante factor de éxito en un gran número de ocupaciones científicas, técnicas y matemáticas.

Como se ha podido ver en el apartado 2.3 las habilidades espaciales han sido un área significativa de investigación en psicología de la educación desde los años 20 y 30. También en ingeniería desde el año 1937. Las habilidades espaciales han sido ampliamente estudiadas y se sabe que son fundamentales para el pensamiento de orden superior, el razonamiento y los procesos creativos.

Arnheim (1986) afirmaba que la mayoría de los psicólogos educacionales erróneamente creían que había una dicotomía entre percepción (pensamiento visual) y razonamiento (pensamiento cognitivo). Indica que la percepción y el razonamiento son necesarios en el proceso del pensamiento y poner el pensamiento cognitivo por encima del pensamiento visual es ignorar la manera en que funciona la mente humana.

La literatura que pone de relieve la importancia de la capacidad espacial abunda. Los investigadores en campos que van desde el arte y la educación a la ciencia y la ingeniería se han centrado en la habilidad espacial. Los investigadores indican que, sin habilidad espacial, el éxito dentro de ámbitos específicos de conocimiento es limitado. Estos ámbitos, aunque no es una lista exhaustiva, incluyen la arquitectura, la astronomía, bioquímica, biología, cartografía, química, ingeniería, geología, matemáticas, música, la odontología, la metalurgia y la física (N. W. Hartman & Bertoline, 2005). Según Smith se estima que existen al menos 84 carreras en las que las habilidades espaciales juegan un importante papel. También otros autores estudiaron la relación entre la habilidad espacial y la informática, las bases de datos, en el manejo de software 3D (S. Sorby, 2009).

Los científicos e ingenieros se caracterizan por ser pensadores y comunicadores “visuo-espaciales”. La visualización de Michael Faraday de las “líneas de fuerza” en torno a los objetos cargados y los polos magnéticos se cita frecuentemente como un ejemplo de la utilización de imágenes en las explicaciones de los fenómenos. El inventor Nikola Tesla fue capaz de visualizar todo los modelos de trabajo de los dispositivos en su cabeza. Albert Einstein utilizó “experimentos mentales” muy visuales para explorar sus ideas y se describe su estilo mental como “juego combinatorio” con imágenes. Friedrich Kekulé, un pionero de la química orgánica estructural (que originalmente había

estudiado para ser arquitecto), afirmó que había pensado en la estructura cíclica del benceno al soñar despierto. La visualización también puede desempeñar un papel en la generación de falacias, cuando los científicos hacen afirmaciones extravagantes sobre la base de percepciones erróneas. Un ejemplo bien conocido es el “hallazgo” de los canales en la superficie de Marte por Percival Lowell. El trabajo científico no se hace ciencia hasta que se comunica y se somete al escrutinio público. La ciencia y la tecnología se desarrollan a través del intercambio de información y en casi todos los casos se presenta como diagramas, ilustraciones, mapas, esquemas, etc. que resumen la información y ayuda a otros a entender (Mathewson, 1999).

Bodner & Guay (1997) indican que es necesario manejar tareas espaciales en la química, por ejemplo cuando se trata de distinguir entre los enantiómeros R y S de una molécula, el reconocimiento de los elementos de simetría necesarios para asignar un grupo espacial a una molécula, o la visualización tridimensional de la estructura de las moléculas orgánicas a partir de representaciones bidimensionales que aparecen en una pantalla de ordenador.

Los estudios han demostrado claramente que los estudiantes con altas puntuaciones en la habilidad espacial se desempeñaron mejor en cuestiones de química orgánica que requieren habilidades para resolver problemas. Esto fue particularmente cierto para tareas relacionadas con la elaboración o manipulación de las representaciones moleculares, y se observó que los estudiantes con mayores habilidades espaciales eran más propensos a dibujar las estructuras correctas y diagramas, que aquellos con menor capacidad espacial (S. A. Sorby *et al.*, 2005).

La habilidad de desarrollar complejas manipulaciones mentales de objetos ha sido establecida como una habilidad esencial en otras disciplinas de tecnología, sobre todo en ingeniería civil y diseño de arquitectura (Feng, Morgan, & Ahmed, 2004).

En las ciencias de la tierra, las habilidades espaciales desempeñan un papel fundamental en varios temas diferentes. Chadwick argumenta que para producirse el pensamiento geológicamente eficiente y adaptable, es necesario un requisito previo de valor universal e independientemente de la naturaleza del contenido geológico. Este requisito es la habilidad para pensar en tres dimensiones, para la visualización de las formas en la mente, rotar, trasladar y cortar, y para imaginar cambios complejos en el tiempo, de la misma manera que una imagen cinematográfica. Una de las áreas de ciencias de la tierra que requiere de las habilidades espaciales, en particular, es la geología estructural. Esta rama de las ciencias de la tierra se refiere a las estructuras de deformación de la corteza terrestre y su relación con las fuerzas internas de la tierra (Kali & Orion, 1996). De la misma opinión son Titus y Baldwin, indicando que las estructuras geológicas como fallas y pliegues son intrínsecamente características tridimensionales, los estudiantes deben ser capaces de visualizar cómo estas estructuras interactúan con la topografía, cómo están representados en los mapas geológicos, y cómo se extienden hasta la profundidad en el subsuelo (Titus & Horsman, 2009) y también deben traducir mentalmente los gráficos y mapas

para interpretar los complejos procesos que varían en el espacio y el tiempo (Baldwin & Hall-Wallace, 2003).

En la industria, el razonamiento espacial representa el noventa por ciento del proceso de investigación de ingeniería y diseño. En mayor escala, consultores de la industria como Marks y Riley informaron de que, el ochenta por ciento del producto de fabricación nacional bruto en algún momento pasa a través de sistemas CAD, CAM, CAE. La importancia de la capacidad de visualización espacial ha emergido en la última década debido a los esfuerzos de investigadores de ingeniería, ciencias, tecnología y matemáticas para abordar plenamente las necesidades de aprendizaje de los estudiantes. La competitividad de la industria depende en gran medida de las habilidades y conocimientos al graduarse de los estudiantes de ingeniería y de la transferencia de tecnología a los lugares de trabajo y utilizarlos como base para el crecimiento profesional a lo largo de su carrera. La mejora de la capacidad de visualización espacial de los estudiantes de ingeniería y tecnología y profesionales de la industria es un reto que requiere más investigación (Ferguson *et al.*, 2008).

Por su parte el Consejo Nacional de Profesores de Matemáticas indicó que la comprensión espacial es necesaria para interpretar, comprender y apreciar nuestro mundo, que es intrínsecamente geométrico (N. W. Hartman & Bertoline, 2005).

Según indican Scribner & Anderson (2005) los cirujanos deben ser capaces de reconocer los órganos por su forma, los investigadores en medicina deben ser capaces de identificar la composición cristalina de los materiales. Eyal y Tendick encontraron que la habilidad espacial de una persona está relacionada con su capacidad para aprender de forma efectiva la utilización del moderno equipamiento laparoscópico empleado en la profesión médica (S. Sorby, 2009).

Por otra parte, hoy en día, hay una tendencia hacia la excesiva dependencia de las herramientas informáticas actuales de visualización espacial para representar objetos, componentes y sistemas. En paquetes de software actuales los procesos visuales se producen dentro del entorno informático. Esta dependencia de la tecnología está poco a poco ignorando las capacidades innatas de visualización espacial (Feng, Morgan, & Ahmed, 2004).

2.6 La habilidad espacial y la ingeniería

Anteriormente a los años 50 los ingenieros se formaban como aprendices, su trabajo era sobre todo manual. Posteriormente ciencia y matemáticas jugaron un papel más importante en la educación en ingeniería, llegando a borrarse la separación entre pura ciencia e ingeniería.

Los ingenieros han investigado sobre la visión espacial 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

“visión espacial” y el correcto desempeño de la profesión de ingeniero (Saorín Pérez *et al.*, 2009).

En los años 50, en Estados Unidos, el informe Grinter produjo un cambio radical en la educación en ingeniería y por lo que respecta a la ingeniería gráfica indicaba lo siguiente: *“La expresión gráfica es una forma de comunicación y un medio para el análisis y la síntesis. Se debe hacer hincapié en la visualización espacial, experiencia en el pensamiento creativo y la habilidad de convertir ideas, sobre todo por el croquisado, que es el modo habitual de expresión en los primeros estadios de un trabajo creativo”*. Aunque estos comentarios fueron escritos hace más de medio siglo, se puede decir que están plenamente vigentes (S. Sorby, 2009).

En una encuesta de 1986 de ingenieros profesionales en el ámbito educativo e industrial, Jensen encontró que la habilidad espacial es la capacidad más importante que una persona debe poseer para tener éxito en la profesión de ingeniería. Incluso la obtención de un conocimiento básico de los conceptos rudimentarios de cualquier número de especialidades de la ingeniería requiere un cierto grado de visualización espacial y la capacidad de orientación. A medida que se avanza, la habilidad espacial es cada vez más importante (Mohler, 2001).

El razonamiento espacial y la habilidad de visualización son cruciales para ayudar a los ingenieros a conceptualizar las relaciones entre los objetos y sus representaciones en los modelos de diseño virtual (Onyanha & Kinsey, 2007).

En el ámbito de la Ingeniería, los estudiantes necesitan imaginar objetos en diferentes orientaciones, manipular modelos tridimensionales, reconstruir mentalmente dibujos de dos a tres dimensiones, en papel o en programas de diseño asistido por ordenador. Por este motivo la capacidad espacial se revela como una habilidad necesaria para que los estudiantes aborden con éxito los contenidos docentes; 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 (Saorín Pérez *et al.*, 2009).

El uso de líneas y símbolos para representar los pensamientos y las ideas de los ingenieros, diseñadores y tecnólogos a menudo proporciona un medio más eficaz de comunicar estos conceptos que las descripciones verbales. Dibujos de una casa, un puente, una herramienta o una vía para describir estos objetos son mucho mejores que las palabras. De acuerdo con Bertoline, Wiebe, Miller y Mohler(1997), el 92% del proceso de diseño lo constituye la parte gráfica, el 8% restante está dividido entre las matemáticas, el lenguaje escrito y/o la comunicación verbal (Scribner & Anderson, 2005).

También hay referencias en la literatura a la relación entre la visualización y dibujo técnico y diseño, lo que sugiere que las personas con capacidad de visualización alta tienen una ventaja en contextos relacionados con el diseño y resolución de problemas en ingeniería, con las

imágenes se proporciona un puente entre las ideas de diseño y su representación en el croquisado y el dibujo (Potter & Merwe, 2003).

Claramente la visualización espacial es un elemento establecido de la ingeniería gráfica y del diseño en ingeniería y es parte integral de las aplicaciones de gráficos e ingeniería en general (Feng, Morgan, & Ahmed, 2004).

2.7 Instrumentos de medición de la habilidad espacial

A lo largo de 100 años de investigación en inteligencia y habilidades espaciales son muy numerosos los test que se han diseñado para medir las distintas componentes de la habilidad espacial. Eliot & Smith (1983) realizaron una recopilación de más de 394 tipos de test diferentes relacionados con la visualización, de los cuales más de 85 proponen tareas de manipulación compleja y rotación en dos dimensiones y 158 tests proponen tareas relacionadas con la manipulación mental de formas visuales en 3D. Muchos de estos tests son para niños, otros muchos tests son combinación de alguno de ellos o distintas versiones de un tipo, por ello los tests que se pueden utilizar para jóvenes de 18 años y que previamente se hayan validado no son muchos.

En el *“Manual for Kit of Factor-Referenced Cognitive Tests”* se recopilan 72 tests con referencia a los factores cognitivos de 23 factores y su objetivo es proporcionar a los investigadores un medio de identificar ciertos factores de aptitud en los estudios analíticos de factores. De estos 72 tests 20 se corresponden con 7 componentes de la habilidad espacial. Los componentes son la flexibilidad de cierre, la velocidad de cierre, la memoria visual, la velocidad perceptiva, la orientación espacial, el escaneado espacial y la visualización (Ekstrom *et al.*, 1976).

Linn and Peterson en 1985 realizaron un meta-análisis en el que realizaron una clasificación de tests de habilidades espaciales, posteriormente Sjölander en 1998 y más tarde Saorín completaron esta clasificación con algún test más (Saorín Pérez, 2006; Sjölander, 1998).

Extraídos de los trabajos de Saorín y Sjölander se presentan las tablas de tests que miden respectivamente, las componentes de la habilidad espacial: relaciones espaciales (Tabla 1) y visión espacial (Tabla 2).

Tabla 1 Relaciones espaciales (Fuente Saorín Pérez, 2006 y Sjölander, 1998)

Test	Nombre	Autores	Descripción
Spatial Relation subset of Primary Mental Abilities Test	PMA-SR	Thurstone, 1958	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales
Cards Rotation Test	CRT	Ekstrom, French y Harman, 1976	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales
Mental Rotation Test	MRT	Vanderber y Kuse, 1976	Una versión de lápiz y papel del test de Shepard y Metzler (1971) denominado Mental Rotation Task, que utiliza objetos de tres dimensiones
Mental Cutting Test	MCT	College Entrance Examination Board. USA	Dada una figura seccionada por un plano, hay que determinar el resultado de la sección
Generis Mental Rotación Tasks		Voyer, Voyer y Bryden, 1995	Incluye las variantes de Shepard y Metzler (1971) del test denominado Chronometric Task, y el formato se ha realizado para ordenador
Rotation of images		Duerman – Sälde test battery Psykologiförlaget 1971	Hay que elegir, mediante rotaciones mentales, la imagen que es idéntica a la que se presenta en el ejercicio
Left 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
Rod-and-frame test	RFT	Witkin y Asch, 1948	Rotaciones en el espacio. Requiere ajustar una barra a la vertical
The Water Level Test	WLT	Piaget e Inhelder, 1956	Se requiere determinar la orientación de un líquido en un contenedor

Tabla 2 Visión espacial (Fuente Saorín Pérez, 2006 y Sjölander. 1998)

Test	Nombre	Autores	Descripción
Paper Form Board	PFB	Likert y Quasha, 1941	Hay que decidir entre cinco opciones, cuál 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 qué bloque entre varias opciones, es el mismo que el estándar, dadas una serie de pistas
The Block Design Subset of the Weschler Intelligence Scale (Adult and Children), Intelligence Scale-Revised	BD	Weschler, 1946, 1949, 1955, 1974, 1981	Hay que reconstruir una forma utilizando bloques tridimensionales
Paper Folding	PF	Ekstrom, French y Harman, 1976	Hay que indicar cuál, entre cuatro piezas desarrolladas de papel, es la misma que el modelo plegado
Embedded Figures Test (Various adult and children’s versions)	EFT and CEFT	Witkin, 1950	Hay que encontrar una figura simple incluida dentro de una imagen más compleja
Hidden Figures Test	HFT	Ekstrom, French y Harman, 1976	Hay que encontrar una figura simple incluida dentro de una imagen más compleja
Middle Grades Mathematics Project	Spatial Visualization Test	Department of Mathematics, Michigan State University, USA, 1983	Los ítems consisten en vistas con figuras de una, dos y tres dimensiones se muestra en los dibujos lineales.
Revised Minnesota Paper Form Board Test	RMPFB	Rensis Likert y Quasha, 1995	Hay que determinar si una pieza se puede realizar con una serie de trozos de papel recortados

Pero en la literatura consultada (Gorska & Sorby, 2008; S. A. Sorby, 1999) y sobre todo en las investigaciones realizadas por ingenieros los instrumentos de medida más usualmente utilizados son los siguientes:

- Mental Cutting Test (**MCT**) presenta un objeto 3D con un plano de corte imaginario y cinco posibles soluciones para la forma de la sección producida por el plano (CEEB, 1939). Ver Fig. 7.

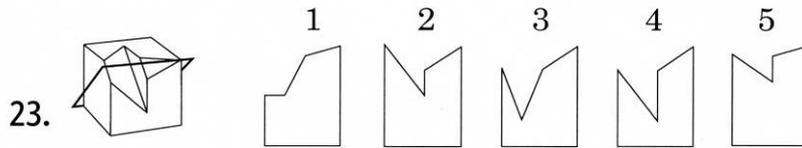


Fig. 7 Ejemplo de Test MCT (CEEB, 1939)

- Purdue Spatial Visualization Test (**PSVT**) incluye tres secciones: desarrollos, rotaciones de objetos y rotación de perspectivas (Guay, 1977). Ver Fig. 8.

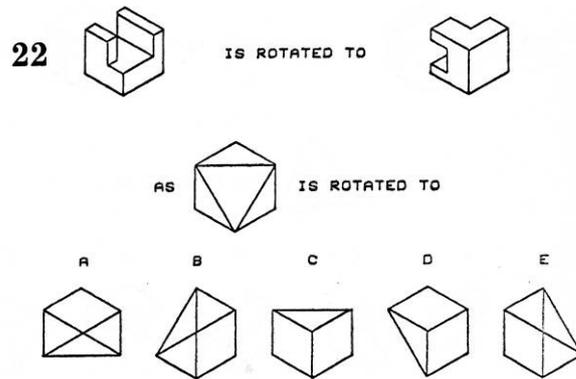


Fig. 8 Ejemplo de rotaciones del Test PSVT (Guay, 1977)

- Mental Rotations Test (**MRT**) que presenta en cada ítem una figura modelo con otras cuatro posibles figuras solución, dos de las cuales representan a la figura modelo en una posición rotada (Vanderberg & Kuse, 1978). (Fig. 9).

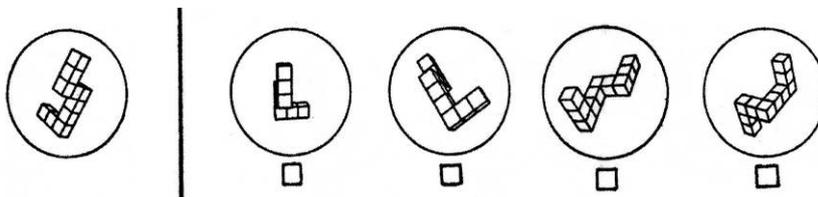


Fig. 9 Ejemplo del Test MRT (Vanderberg & Kuse, 1978)

- Test de Aptitudes Diferenciales para medir la aptitud de relaciones espaciales (**DAT-SR**) (Bennett, Seashore, & Wesman, 1997). Este test requiere una manipulación mental de objetos en un espacio tridimensional, y consiste en averiguar cuál de los cuatro objetos

presentados como opciones, al desarrollarse, se corresponde con el desarrollo en superficie situado a la izquierda (Fig. 10).

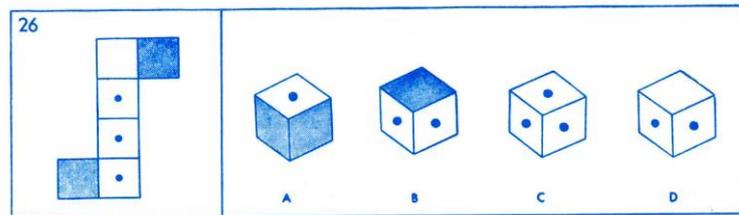


Fig. 10 Test DAT-SR (Bennett, Seashore, & Wesman, 1997)

- Test **Lappan** utiliza croquisados isométricos (representación 3D) y vistas ortográficas (representación 2D) para evaluar en qué puntos de vista diferentes de un objeto éste se puede visualizar (Lappan, 1981). Ver Fig. 11.

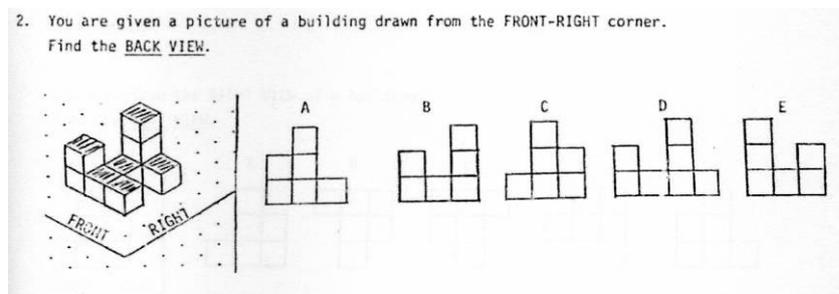


Fig. 11 Ejemplo del test de Lappan (Lappan, 1981)

Más recientemente han aparecido versiones computerizadas de algunos de estos tests, por ejemplo, del test MCT, MRT y TVZ (Test de Visualización).

En un trabajo realizado con una versión en realidad virtual del test MCT, Hartman llegó a la conclusión de que el test MCT basado en realidad virtual era al menos tan efectivo como el test MCT en papel (Nathan W. Hartman et al., 2006).

En otro estudio llevado a cabo por Seabra y Santos (2006) se utilizaron versiones computerizadas de los tests MRT y TVZ. La conclusión obtenida es que se puede inferir que el uso de una versión computerizada de los tests no influyó en los resultados, en comparación con la aplicación de una versión tradicional (papel y lápiz), ya que los resultados obtenidos se correlacionan bien con los resultados esperados.

Por su parte, Tsutsumi (1999) realizó una experimentación utilizando dos modalidades del test MCT, la primera era una versión estereográfica del test y la segunda una versión computerizada en red. En su estudio no había diferencias significativas entre las medias obtenidas en ambos tests.

Prieto (1993) analiza las estrategias seguidas en la resolución de una versión informatizada del test TVZ, para ello controla los tiempos de realización y los aciertos. También Shiina (2001) estudia el proceso de resolución con una versión informatizada del test MRT.

En algunos estudios los investigadores han utilizado sus propios tests, contruidos en algunos casos como mezcla de varios ítems de otros tests estandarizados encontrando en los resultados altas correlaciones con las componentes de la habilidad espacial que se querían medir (S. A. Sorby, Drummer, & Molzon, 2006).

Por último, comentar que también se han analizado los errores que presentan los tests más utilizados habitualmente en las investigaciones sobre habilidades espaciales. Por ejemplo, Yue (2006) estudia las vistas isométricas de los tests y realiza una serie de recomendaciones para mejorar estas vistas en los tests.

2.8 Diferencias de habilidad espacial entre individuos

A través de la experimentación realizada durante años se puede afirmar que la comprensión de la visualización puede variar ampliamente dependiendo de las habilidades del usuario y las características de la visualización (Vélez, Silver, & Tremaine, 2005). Varios autores han realizado estudios en los que indican que las actividades realizadas con anterioridad a su entrada en la universidad están presentes en estudiantes con una habilidad espacial bien desarrollada (Medina, Gerson, & Sorby, 1998; Peters *et al.*, 1995; Rafi & Samsudin, 2007).

La gran diversidad de los estudios previos que realizan los estudiantes de los distintos países antes de cumplir 18 años y acceder a un centro de educación superior influye en el desarrollo de la capacidad de visualización espacial cambiando mucho de unos países a otros. Por ejemplo, en los Estados Unidos (Branoff, 2007), en la “Middle School” (12-14) los estudiantes reciben algunos conceptos de ingeniería gráfica en las clases de tecnología, conociendo incluso las tecnologías CAD 3D, luego en la “High School” (15-18) los que eligen la rama de ingeniería gráfica tienen tres asignaturas propias de ingeniería gráfica. En España (BOE_num.266, 2007) en la ESO (11-15) tienen algunos conceptos de ingeniería gráfica dentro de las asignaturas de Tecnología y en el Bachillerato (16-18) los que optan por ciencias y tecnología tienen dos asignaturas de dibujo técnico.

Los factores que han sido encontrados en estudiantes con un buen desarrollo de sus habilidades espaciales son: a) Jugar con juguetes de construcciones, b) Participar en clases del colegio en talleres, dibujo o mecánica, c) Jugar con juegos 3D de ordenador, d) Participar en determinados deportes y e) tener bien desarrollados las destrezas en matemáticas (S. Sorby, 2009). Aunque otros autores afirman que el rendimiento previo en matemáticas tiene una relación débil en la predicción de las percepciones de los estudiantes en su capacidad para aprender el contenido del dibujo de ingeniería en general (Rafi & Samsudin, 2007).

En algunos estudios se ha encontrado una relación entre las capacidades de los estudiantes y la latitud de su país de origen. Smith (1970), por ejemplo, halló que estudiantes africanos y del Caribe tenían unos resultados relativamente malos en los tests espaciales en comparación con los estudiantes del sur de Europa, a pesar de que obtuvieron mejores resultados en tests verbales. Mas tarde, Smith (1974) argumentaba que existía relación entre la habilidad espacial, la independencia de campo y el clima. La dependencia del campo se caracteriza por la tendencia a percibir un fenómeno como un todo unitario, sin atender a las diferentes partes que lo integran; la independencia, por el contrario, consiste en la capacidad de aislar un determinado rasgo que se percibe como relevante, del contexto en el que se integra. Para determinar esta independencia de campo el test más utilizado es el de las figuras ocultas.

Numerosos estudios se han centrado en las diferencias entre sexos, obteniendo mejores resultados los hombres que las mujeres, el apartado siguiente se ha dedicado a las diferencias entre sexos en habilidad espacial. Algunos estudios argumentan que estas diferencias entre sexos son debidas a la lateralización, es decir, el hemisferio derecho de los hombres está primitivamente más especializado para la habilidad espacial y el de las mujeres para la percepción de emociones (Crucian & Berenbaum, 1998).

En el trabajo de Helmuth Nyborg (1983) se indican las diferencias debidas al efecto de la pubertad en la capacidad espacial entre hombres y mujeres, en el desarrollo de la capacidad espacial en los niños y las niñas de temprana y tardía maduración, y en la capacidad espacial de los hombres femeninos y mujeres masculinas. Se describen anomalías en la capacidad espacial de los hombres y las mujeres con trastornos hormonales. Las variaciones que se encuentran en la capacidad espacial de las mujeres durante el ciclo menstrual. También se define una teoría que considera que el nivel cerebral de estrógeno juega un papel esencial en las expresiones de la capacidad espacial, mientras que la testosterona se dice que modula la acción del estrógeno. Esta teoría también es contrastada por Peters & *et al* (1995).

La edad es otro factor que influye a la hora de establecer diferencias individuales en la habilidad espacial. Por ejemplo, Salthouse (1987) obtuvo que existían importantes diferencias relacionadas con la edad tanto en el tiempo y la eficiencia en las medidas de rendimiento, y que ambas medidas se correlacionaron significativamente con la puntuación en el test de diseño de bloques.

De acuerdo con Piaget, las habilidades espaciales se desarrollan en tres etapas. En la primera etapa se adquieren, las habilidades topológicas. Las habilidades topológicas son principalmente de dos dimensiones y son adquiridas por la mayoría de los niños a los 3 ó 5 años. Con estas habilidades, los niños son capaces de reconocer la cercanía de un objeto a los demás, su orden en un grupo, y su aislamiento o cubierta por un entorno más amplio. La segunda etapa consiste en la visualización de objetos tridimensionales y de percibir lo que se verá desde diferentes puntos de vista o lo que se vería si se tratara de girar o se transformara en el espacio. La mayoría de los niños han adquirido esta habilidad en la adolescencia, sin embargo, si el objeto es desconocido, muchos

estudiantes, en la escuela secundaria o universidad, tienen dificultades para visualizar en esta etapa de desarrollo. En la tercera etapa, las personas son capaces de visualizar los conceptos de área, volumen y distancia en combinación con los de traslación, rotación y reflexión. En esta etapa, por lo tanto, una persona es capaz de combinar los conceptos de medición con sus previamente adquiridas habilidades proyectivas. Muchos tests se han desarrollado a lo largo de los años para evaluar las habilidades espaciales, en las dos primeras etapas de desarrollo (S. A. Sorby, Drummer, & Molzon, 2006).

La habilidad espacial está relacionada con la comprensión visual y dado que existen diferencias en las habilidades espaciales entre unas personas y otras, conviene realizar el desarrollo de las habilidades espaciales de acuerdo a estas diferencias de comprensión (Vélez, Silver, & Tremaine, 2005). Conell y Stevens (2002) proponen crear diferentes niveles de aprendizaje de la visualización espacial. Parten de dos dimensiones esenciales para la caracterización de la complejidad de las tareas “visuo-espaciales”. Una dimensión está definida por la acción cognitiva que se realiza. Por ejemplo, la mayoría coinciden en que la construcción de un diseño o juego simple con un patrón o imagen es de una complejidad más baja que girar mentalmente el mismo patrón o imagen. La segunda dimensión de la dificultad de la tarea visual-espacial comprende la complejidad inherente de los objetos o elementos ambientales que conforman el espacio de solución de problemas. Por ejemplo, diferenciar entre un triángulo y un círculo es una tarea menos compleja que la diferenciación entre un círculo y un óvalo, porque los primeros tienen elementos visualmente diferentes de los segundos.

En una experimentación llevada a cabo por Poltrock y Brown (1984) sobre las diferencias individuales en la imaginación y habilidad espacial se llegó a tres conclusiones fundamentales. En primer lugar, los resultados sugieren que las personas son conscientes, en alguna medida, de sus fortalezas y debilidades cognitivas, y prefieren utilizar los modos de pensamiento en los que sobresalen. Por otra parte, las personas pueden ser más eficientes con su modo preferido de pensamiento. En segundo lugar, las medidas cognitivas de imágenes proporcionan un medio para descomponer la habilidad en imaginación en subprocesos, mediante el examen de las correlaciones entre el rendimiento en tareas que requieren imaginación y estas medidas cognitivas. En tercer lugar, que todos los sujetos son capaces de rotar fácilmente las representaciones mentales de los objetos, pero en cambio difieren mucho en su capacidad para mantener la representación mental después de que se ha girado. A conclusiones parecidas llegaron Salthouse (1990) y Jacques Hujel (1991) sobre las diferencias individuales en el procesamiento de la información visual.

Algunos autores han llegado a afirmar que la capacidad espacial y el conocimiento del entorno son conceptos independientes. En consecuencia, las personas con pobres habilidades espaciales pueden ser buenas buscadoras de un camino u objeto dentro del entorno (Quaiser-Pohl, Lehmann, & Eid, 2004).

Por último, se comentará que la estrategia seguida para resolver los problemas puede afectar a los resultados obtenidos en los tests. Para algunos investigadores la estrategia de resolución de problemas no se relaciona con el rendimiento en las pruebas espaciales ni con los niveles de dificultad. No observaron diferencias por sexo consistente en la estrategia excepto que las mujeres indicaron que resolvieron más ejercicios al azar en todas las pruebas. Cada persona subjetivamente ordena las pruebas en términos de dificultad. Se planteó la hipótesis de que la percepción de dificultad de una prueba es, por tanto, una función de las otras pruebas incluidas para el estudio (Schroeder, 1981).

Otros autores afirman que los sujetos no procesan todos los elementos de la figura desplegada, en el caso de desarrollo de cuerpos, sino solamente algunas de sus partes, aquellas próximas al elemento que han de identificar. Esta conclusión concuerda con las del trabajo de Shepard y Feng, en el sentido de que la dificultad y la rapidez de ejecución dependían del número necesario de plegamientos para llegar a la solución. Es decir, no sería imprescindible siempre plegar mentalmente toda la figura para emitir una respuesta (Prieto *et al.*, 1993).

2.9 Diferencias entre sexos⁵ en la habilidad espacial

Son muy numerosos los estudios dedicados a observar las diferencias entre hombres y mujeres en habilidades espaciales. Además muchos de estos estudios se esfuerzan por identificar en que componentes de la habilidad espacial existen diferencias significativas, pues no en todos los componentes se han encontrado diferencias, e incluso en algunos se han encontrado diferencias a favor de las mujeres.

En general se encuentran mayores diferencias a favor de los hombres en tareas espaciales que presentan una mayor complejidad, donde se precisa transformar una imagen visual-espacial en la memoria funcional, por ejemplo como ocurre en las rotaciones mentales y la visualización de perspectivas. Por contra en tareas de visualización espacial, memoria visual y a gran escala la mujer presenta ventaja (Eals & Silverman, 1994; Halpern & LaMay, 2000; Kimura, 2000; Németh & Hoffmann, 2006; Peters *et al.*, 1995; Rilea, Roskos-Ewoldsenb, & Boles, 2004; Stumpf & Eliot, 1995; Vederhus & Kreklinga, 1996).

La capacidad espacial no es un constructo unitario. Parece que hay por lo menos cinco tipos cualitativamente diferentes de las habilidades visuales-espaciales en los que se observan diferencias entre sexos. En promedio, los varones tienen una gran ventaja en estas tareas, con la posible excepción de la visualización espacial, donde las diferencias en favor del sexo masculino son

⁵ Algunos autores prefieren diferenciar entre los términos sexo y género, utilizando el término sexo para referirse a las diferencias biológicamente determinadas y género para referirse a las diferencias socialmente determinadas. En nuestro trabajo se piensa que las influencias biológicas y sociales a menudo no son separables, por lo tanto, se utilizará el término sexo más genérico para referirse a las diferencias entre mujeres y hombres, independientemente de su origen.

más pequeñas y menos robustas que con las otras medidas de componentes de habilidad espacial (Halpern & LaMay, 2000).

Kimura (2000) por ejemplo, especifica algo más y dice que hay grandes diferencias a favor de los hombres en:

- **Targeting** se refiere a la capacidad para interceptar proyectiles o tirar a un blanco.
- **Orientación espacial** es la capacidad de estimar con precisión los cambios en la orientación de un objeto.

Y a favor de las mujeres en:

- **Ubicación de memoria espacial** es la capacidad de recordar la posición de objetos en una estructura.

Además indica que hay pequeñas diferencias a favor de los hombres en:

- **Visualización espacial** es la capacidad de reconocer y cuantificar los cambios de orientación en una escena. También se define como la capacidad de imaginar un resultado después de doblar o montar las partes de un objeto.
- **Desencaje** es la habilidad que permite a una persona encontrar un objeto sencillo cuando se incorpora en una figura más compleja.
- **Percepción espacial** se refiere a la capacidad de una persona para determinar las direcciones dominantes, horizontal y vertical, en una escena donde los patrones de distracción están presentes.

Muchas de las diferencias en las habilidades visuales-espaciales aparecen temprano en la vida, y por lo tanto, tienen menos probabilidad de ser causados únicamente por las experiencias de vidas diferentes. La ventaja masculina en la transformación de la información en una memoria de trabajo visual-espacial se ve tan pronto como se ha podido comprobar, tal vez a los 3 años. Y además en estudios realizados con personas mayores los hombres obtuvieron considerablemente mejor puntuación que las mujeres en tareas espaciales, reduciéndose tanto en hombres como en mujeres el rendimiento de la habilidad espacial pero manteniendo la diferencia entre sexos. Las pérdidas de habilidad espacial se deben sobre todo a la pérdida de velocidad (Willis & Schaie, 1988). Por lo tanto, parece que este modelo diferencial de habilidad espacial persiste durante toda la vida (Halpern & LaMay, 2000; Kimura, 2000; Vederhus & Kreklinga, 1996).

Aunque está claro que las diferencias entre el sexo masculino y el femenino existen, la causa de esas diferencias es producto de mucha controversia y contradicciones. Por ejemplo, Stumpf & Eliot (1995) proponen una serie de variables para dar cuenta de las inconsistencias encontradas en muchos estudios, en los que únicamente se limitaban a comprobar si existían diferencias entre hombres y mujeres. Estas variables incluyen la edad, el nivel de habilidad, el momento en que se recogieron los datos, los moderadores sociales o étnicos, la cantidad de experiencia previa o el entrenamiento en tareas espaciales, el modo de administración del test (con límite de tiempo vs. sin límite de tiempo), la manera de puntuar los tests y, la más importante, los tipos de tests utilizados para medir la capacidad espacial. Si bien cada una de estas variables citadas pueden ser

un moderador de las diferencias de sexo, la mayoría de las inconsistencias de los resultados encontrados en la literatura pueden ser debidas al hecho de que los investigadores utilizan diversos tipos de tests y por lo tanto están evaluando diferentes componentes de la habilidad espacial.

Del estudio de la diferente literatura consultada se observan dos puntos de vista fundamentales para tratar de explicar las diferencias en habilidad espacial entre el sexo masculino y el femenino (Meiling Tang, 2006; Newcombe & Bandura, 1983; Saccuzzo *et al.*, 1996). El primer punto de vista incluye teorías biológicas, introduciendo factores genéticos, hormonales, de lateralización y también de procesamiento de la información espacial. El segundo punto de vista introduce teorías relacionadas con la cultura, la experiencia acumulada y el efecto del ambiente que nos rodea.

2.9.1 Teorías biológicas y de procesamiento de la información visual

Geary & DeSoto (2001) al realizar un estudio sobre las diferencias en habilidad espacial entre adultos de ambos sexos de Estados Unidos y China argumenta que la ventaja masculina en la cognición espacial tiene una base biológica, y tras los resultados obtenidos cree que los factores culturales como causa de estas diferencias de sexo son cada vez más insostenibles.

Una hipótesis genética, de que la capacidad espacial está determinada por un gen recesivo ligado al cromosoma X, recibió un apoyo inicial, pero estudios más recientes y a gran escala no han sido positivos (Newcombe & Bandura, 1983; Vederhus & Kreklinga, 1996).

Las diferencias entre sexos en las actividades de juego y las preferencias de juguetes se sabe que aparecen a edades muy tempranas, y estas diferencias pueden ser correlacionadas en el tiempo con la aparición de diferencias de la capacidad espacial, en parte, ya que la diferencia de las prácticas relacionadas con las habilidades espaciales se imponen desde muy pequeños y en parte porque los niños y las niñas activamente seleccionan las experiencias que se correlacionan con sus diferentes genotipos de habilidades. Las hormonas prenatales sexuales también han sido implicadas como precursoras importantes del dimorfismo sexual en los comportamientos espaciales de los niños pequeños (Vederhus & Kreklinga, 1996).

Basándose en la teoría “cazador-recolector” se establecen diferencias claras a favor de las mujeres en ubicación de la memoria espacial para objetos comunes, pero si los objetos no eran comunes ya esa diferencia no era tan clara. En cambio existen grandes diferencias a favor del hombre en los cambios de punto de vista, puntería, etc. (Eals & Silverman, 1994). Sin embargo, esta hipótesis de “cazadores-recolectores” sólo será convincente si la capacidad espacial y el conocimiento del medio ambiente están estrechamente relacionados, lo cual no es cierto de acuerdo a los resultados obtenidos por Quaiser-Pohl *et al.* (2004).

Algunos investigadores han argumentado que la aparición de diferencias de sexo en la capacidad espacial está fuertemente asociada con los procesos de la pubertad (hormonal o psicosocial) (Vederhus & Kreklinga, 1996).

Una interesante hipótesis para explicar la diferencia ligada al sexo en la capacidad espacial ha sido propuesta por Waber (Newcombe & Bandura, 1983), quien propuso que la mayor habilidad espacial se relaciona con el inicio tardío de la pubertad. La pubertad, por lo general, ocurre alrededor de 2 años más tarde en los varones que en las mujeres, este efecto tardío podría explicar la diferencia entre los sexos. En un estudio con niñas y niños de temprana y tardía maduración, Waber demostró que los que maduraban más tarde tuvieron una mayor puntuación espacial que los que maduraban antes, dentro de la edad y el sexo. También encontró que las niñas que tenían comportamientos de niños obtenían puntuaciones espaciales más altas que las que tenían comportamientos de niñas. Para los niños, la habilidad espacial también se correlaciona con lo masculino.

Por el contrario, Newcombe (1983) examinó los efectos del período de la pubertad en la capacidad espacial. Trataba de buscar explicación, en términos de especialización hemisférica o en términos de roles sexuales, a las diferencias de habilidad espacial. Pero no encontró en su investigación ninguna variable que pudiera explicar el efecto del período de la pubertad en la capacidad espacial.

Otro factor que han considerado algunos autores es la especialización hemisférica o lateralización. Por ejemplo, Rilea *et al.* (2004) en un estudio realizado sobre las diferencias de sexo en la habilidad espacial, trataban de determinar en qué medida una persona está lateralizada para el procesamiento de la información espacial. Los resultados parcialmente apoyaban la hipótesis de que la ventaja masculina en el rendimiento de habilidades espaciales era una tarea predominante en el hemisferio derecho del cerebro.

Por último, existen otras teorías que se basan en las diferencias entre hombres y mujeres a la hora de procesar la información espacial que reciben, y en función de ello, llevan a cabo unas estrategias u otras para resolver el problema espacial. Por ejemplo, cuando los hombres y las mujeres dan las direcciones para orientar a otra persona geográficamente, los varones son más propensos a usar las estrategias de Euclides y a utilizar las direcciones de norte a sur y de este a oeste, y son más precisos. Las mujeres, sin embargo, son más propensas a usar puntos de referencia y valerse de la orientación izquierda o derecha (Halpern & LaMay, 2000; Kimura, 2000).

Meiling Tang (2006) en su trabajo doctoral indica que las mujeres confían más en las habilidades de manipulación para resolver problemas espaciales, mientras que los hombres utilizan la representación mental para resolver los mismos problemas.

Existen dos tipos principales de tratamiento que se utilizan a menudo para resolver problemas de procesamiento cognitivo, el de la Gestalt y el procesamiento analítico. El procesamiento de la Gestalt, que es considerado como el procesamiento cognitivo principal para resolver problemas espaciales, implica la formación integral y simultánea o la transformación de imágenes visuales mentales que organizan el todo. Por el contrario, el procesamiento analítico se centra en la comparación de ensayo y error sucesivos o secuenciales de las correspondientes relaciones entre

las partes de un estímulo. Algunas investigaciones han propuesto que los hombres prefieren las estrategias de la Gestalt, mientras que las mujeres prefieren llevar a cabo estrategias más analíticas (Meiling Tang, 2006).

También se ha encontrado que la frecuencia con que los hombres y las mujeres emplean cada una de las estrategias, es diferente y estadísticamente significativa. Así, la estrategia empleada juega un papel importante en la interpretación de las diferencias entre sexos en las tareas espaciales dinámicas (Peña *et al.*, 2008).

2.9.2 Teorías culturales, de influencia con el entorno y de experiencias previas

El segundo punto de vista que habitualmente se utiliza para explicar las diferencias entre sexos en habilidades espaciales es el que tiene en cuenta la cultura, el entorno y la experiencia acumulada.

Algunas personas han sugerido que las diferencias cognitivas entre sexos han ido disminuyendo en las últimas décadas. Los autores de estos estudios sostienen que la mayor parte de la diferencia entre los sexos se debe a la socialización, y que, dado que la diferencia respecto del entorno entre hombres y mujeres ha disminuido en los últimos años, la diferencia de sexo cognitiva también debería disminuir. Sin embargo, en los tests que tratan específicamente la rotación mental, al parecer, no ha habido ningún cambio en la diferencia de sexo en las últimas dos décadas. La evidencia de que la ventaja masculina en las tareas de rotación mental se encuentra en las culturas occidentales es prácticamente universal. Se han encontrado evidencias también en artículos de los pueblos africanos, en las Indias Orientales, y en los asiáticos. La información sobre otros componentes espaciales es escasa, pero parece que la ventaja masculina en tests de desencaje de figuras que se produce en la cultura occidental también está presente en algunos grupos africanos (Kimura, 2000).

Caplan y Crawford sostienen que la diferencia entre sexos en la cognición espacial en tres dimensiones se debe a factores culturales o a las diferencias en el tratamiento de hombres y mujeres. Pero un estudio realizado entre jóvenes adultos de los EE.UU. y China, encontró una ventaja masculina en el test MRT y la magnitud de esta diferencia entre los sexos no fue diferente entre los dos países. Los resultados, por lo tanto, confirman la solidez de la ventaja masculina en el test MRT, y pone en duda la teoría de Caplan y los puntos de vista de Crawford, teniendo en cuenta la política sobre ética social de la igualdad de los sexos que se lleva a cabo en la China continental (Geary & DeSoto, 2001).

El papel de las experiencias de desarrollo y los factores de socialización ha sido enfatizado en las teorías relacionadas con el medio ambiente. McGee argumenta que en comparación con las habilidades verbales, las habilidades espaciales son más heredables, pero menos relacionado con la calidad del medio ambiente, como por ejemplo, el estatus socioeconómico y el nivel de educación. Otros investigadores, por otra parte, sugieren que estas diferencias individuales

son consecuencia de una compleja interacción de factores biológicos y sociales (Meiling Tang, 2006). Mientras que otros autores han sostenido que estas diferencias se desarrollan gradualmente durante la infancia debido al efecto acumulativo de las diferencias de sexo relacionadas con la experiencia adquirida (Vederhus & Kreklinga, 1996).

Para comprobar qué experiencias y actividades previas, llevadas a cabo por los estudiantes de Brasil y Estados Unidos, influyen en el desarrollo de la habilidad espacial, se les preguntó por su edad, lateralidad, haber jugado con ciertos tipos de juguetes, la enseñanza de geometría anterior, la formación profesional, experiencia laboral y la participación en deportes que consistieran en colocar un objeto en un lugar específico (por ejemplo, fútbol, baloncesto, etc.). Los factores que resultaron significativos en ambos países fueron: el sexo, la experiencia previa en la elaboración de cursos y haber jugado con juguetes de construcción. Otros factores que se consideraron importantes en un país pero no en el otro, fueron, la experiencia en el trabajo y la puntuación de matemáticas. Para aquellos factores que se consideraron significativos se estudió si había diferencia de sexos. Los hombres eran más propensos que las mujeres a haber realizado estas actividades que ayudan a desarrollar las habilidades espaciales (Medina, Gerson, & Sorby, 1998). Según Kimura (2000) las experiencias previas a corto plazo tampoco reducen la diferencia entre los sexos en las puntuaciones espaciales.

Se ha de comentar que las investigaciones sobre las relaciones entre las actividades masculinas y femeninas y la habilidad espacial han sido escasas. La literatura relacionada con las diferencias entre sexos en la capacidad espacial se refiere con frecuencia a actividades como la construcción de modelos, reparación de automóviles, deportes, dibujo técnico, etc. Sin embargo, no existe consenso sobre cuál de las múltiples actividades de adolescentes y adultos son espaciales, y en qué medida estas actividades son consideradas más masculinas que femeninas (Meiling Tang, 2006). Sin duda, es posible señalar ejemplos de las actividades femeninas, como coser, que parecen involucrar a las habilidades espaciales. Si el sexo diferenciado de la actividad en la adolescencia predice el sexo diferenciado de las habilidades cognitivas, y si la auto-selección se puede descartar como explicación de tales relaciones, se tendrá una interesante evidencia que apoya la hipótesis de que las diferencias sexuales en la capacidad espacial son causadas por la diferenciación por sexo debido a la experiencia previa (Newcombe, Bandura, & Taylor, 1983).

Diferentes programas de formación en habilidades espaciales pueden mostrar efectos diferentes en hombres y mujeres. Los investigadores Saccuzo *et al.* (1996) encontraron que tanto hombres como mujeres mejoran la capacidad espacial después del entrenamiento, pero los hombres siguen mostrando un mejor rendimiento que las mujeres, incluso después del entrenamiento. Kass, Ahlers y Dugger argumentan que cuando el entrenamiento involucra una variación de las tareas, las mujeres pueden desempeñarse tan bien como los hombres (Meiling Tang, 2006). Por su parte Rafi *et al.* (2008) estudia el efecto de la interacción entre el método de formación y el sexo. Las mujeres parecían beneficiarse de la formación, independientemente del método de entrenamiento utilizado.

2.10 Desarrollo de la habilidad de visión espacial

Un número importante de alumnos que entran en nuestra Universidad tienen poco desarrolladas sus habilidades espaciales principalmente por ser el dibujo técnico una materia optativa en el bachillerato. Ante este hecho, algo fundamental es conocer que es lo que permite y facilita desarrollar esta habilidad en el ser humano.

Existe cierto debate entre los investigadores respecto a la naturaleza innata de habilidad espacial, y si como tal se puede desarrollar. Aunque algunos científicos cognitivos creen que la visualización espacial no puede ser mejorada, muchos profesionales de educación y de la industria mantienen la reivindicación de que esta capacidad puede ser aumentada (Nathan W. Hartman et al., 2006). Sorby (1999) diferencia entre habilidad espacial (innato en una persona antes de la formación) y la destreza espacial (aprendido o logrado a través de la formación).

Interesante es la sugerencia de Piaget indicando que la percepción y las imágenes figurativas son procesos que pueden ser entrenados a lo largo de la vida humana, y que los procesos involucrados en las imágenes mentales se aplican tanto a los niños como a los adultos. Según sus teorías la percepción se basa en la actividad, y la imitación de las cosas es el precursor del simbolismo mental, que está relacionado con el desarrollo de las imágenes mentales. La percepción y la imaginación por lo tanto comparten una base común en la actividad. Las imágenes mentales se desarrollan mediante la acción, y pueden ser desarrolladas a través de actividades que implican la imitación. Por lo tanto, copiar y dibujar forman la base para el desarrollo de las imágenes visuales en los niños (Potter & Merwe, 2003).

Como ya se indicó en el apartado 2.8 Piaget distingue tres etapas de desarrollo de la habilidad espacial, la segunda etapa la mayoría de los niños, la tienen desarrollada en la adolescencia pero para objetos que les son familiares. Por ello es normal encontrar estudiantes que al inicio de su carrera universitaria no hayan alcanzado las tres etapas y no tengan completamente desarrollada su capacidad de visión espacial.

Por eso es fundamental detectar cuanto antes a los estudiantes con esas carencias en el desarrollo de las habilidades espaciales, para evitar el fracaso cuando se enfrenten en su carrera a asignaturas en las que la capacidad espacial sea importante. La incorporación de las pruebas psicométricas de visualización en la metodología de enseñanza-aprendizaje, sin duda facilita la obtención de los datos importantes en la planificación de la enseñanza, y la optimización de su desarrollo por medio de estrategias didácticas nuevas y diferentes que permitan superar los obstáculos que se presenten (Prieto Adánez & Dias Velasco, 2002).

Se debe además utilizar el instrumento de medida adecuado a la componente de la habilidad espacial que se quiera desarrollar, pues no en todos los casos será necesaria la misma componente. Por ejemplo, Yang & Chen (2010) en su trabajo con un juego “pentominós”

digital revela que los estudiantes no sólo en general han mejorado las habilidades espaciales, sino también los tres tipos de capacidad espacial (percepción espacial, rotación mental y visualización espacial).

De esta manera, se podría afirmar que el test MCT puede ser un instrumento adecuado de diagnóstico para identificar inmediatamente a los estudiantes con baja capacidad de tener un buen desempeño en el dibujo técnico. La utilidad de diagnóstico podría ser mayor si el test, en sus versiones futuras, incorpora nuevos elementos con los valores de extrema dificultad (Prieto Adánez & Dias Velasco, 2002).

Tsutsumi *et al.* (2001) examinaron a través de la medición de las diferencias mentales que se percibe entre 25 objetos reales sólidos que son los que se utilizan en el test MCT, cómo los estudiantes reconocen los objetos 3D. Una vez que se conoce cómo los estudiantes con baja puntuación en el test MCT reconocen los objetos 3D será más fácil establecer las estrategias didácticas necesarias.

Pero tampoco la psicometría nos debe llevar al error de clasificar a los estudiantes por sus resultados. Ya en 1955 Blade y Watson demostraron que mientras que las puntuaciones altas en los tests indican una aptitud, puntuaciones bajas no indican necesariamente una falta de aptitud. Con el entrenamiento adecuado y experimentación, existe la posibilidad de que todos los estudiantes desarrollen las habilidades espaciales necesarias para ser evaluados en los conceptos de la ciencia (Baldwin & Hall-Wallace, 2003).

De acuerdo con Potter & Van de Merwe (2003) los estudiantes con un desarrollo deficiente de la capacidad espacial necesitan aprender mediante el uso de imágenes estáticas, dinámicas y de transformación, así como la forma de combinarlas en la resolución de problemas.

Aunque en muchos casos las habilidades espaciales se desarrollan de forma natural y se ven reforzadas por jugar con objetos tales como juegos de construcciones, ejercicios y prácticas en la manipulación de objetos 3D en el dibujo y cursos de geometría, investigación, etc. Pero algunos estudios indican que hay pocas garantías de que los estudiantes hayan participado, antes de su acceso a la universidad, en actividades o experiencias suficientes para desarrollar su capacidad de visualización espacial (Jenison, 1997).

En varios estudios se demuestra que las habilidades espaciales de visualización y rotación mental se han desarrollado en los estudiantes, independientemente de la metodología de aprendizaje utilizadas para la enseñanza de la geometría descriptiva (Jorge Martín-Gutiérrez *et al.*, 2010). La geometría descriptiva enseñada por el método tradicional está demostrado que desarrolla las habilidades espaciales (Leopold, 2005) (E. Tsutsumi *et al.*, 2005). De manera similar Baldwin & Wallace (2003) indican que todos los sujetos mejoraron su capacidad de relaciones espaciales, lo que indica que esta habilidad puede ser mejorada por la simple participación en un curso de

ciencias de la tierra, aunque añade que el desarrollo de esta habilidad espacial probablemente requiere un aprendizaje más interactivo y manipulación de objetos o imágenes que no se ofrece en un ambiente de aprendizaje de conferencias de estilo típico. Los resultados del estudio llevado a cabo por Donohue (2010) constatan la eficacia tanto de la enseñanza de CAD y de dibujo técnico en el desarrollo y la mejora de las habilidades espaciales.

Está claro que la habilidad espacial se puede desarrollar de muchas maneras. Por ejemplo, practicando el modelado y dibujo a mano alzada de objetos que representan los objetos en modelos 3D, manipulando objetos en 3D para recrear sus representaciones y dimensiones y, por último, mediante la experimentación y el trabajo con diferentes perspectivas o puntos de vista de la pieza representada, al mismo tiempo en el plano y en la imagen del ordenador (Sierra *et al.*, 2009).

Se puede decir que las actividades que implican coordinación de ojo y mano son las que más ayudan a desarrollar estas destrezas (S. Sorby, 2009).

La formación específica y los cursos de recuperación en habilidades espaciales permite desarrollar las habilidades espaciales con eficacia (N. Martin-Dorta, Saorin, & Contero, 2008). Mediante el desarrollo e implementación de un curso para ayudar a los estudiantes a mejorar su capacidad de visualizar en tres dimensiones, la Universidad Tecnológica de Michigan fue capaz de mejorar las tasas de retención en la ingeniería, especialmente para las mujeres. Esfuerzos adicionales para el uso de software multimedia junto con un libro en un ambiente de enseñanza han demostrado tener un impacto positivo similar en el desarrollo de las habilidades espaciales en 3D, en la mejora de las calificaciones, en el seguimiento de los cursos y en la mejora de las tasas de retención (S. A. Sorby, 2007).

El uso de ayudas visuales tales como cubos, un conjunto de ejes de coordenadas y otros dispositivos, así como de ejercicios por ordenador mejoran la experiencia del aprendizaje de los estudiantes matriculados en un curso de desarrollo de las habilidades espaciales (S. B. Sorby & Baartmans, 1996).

Sorby & Baartmans (1996) en las conclusiones de este mismo curso de habilidades de visualización 3D, manifiestan que la realización de ejercicios por ordenador (en su caso con el software I-DEAS) mejora el aprendizaje de los alumnos con mayores dificultades de aprendizaje. Rafi *et al.* (2005) comprueban significativamente que el uso de aplicaciones Web3D como herramienta pedagógica con modelos 3D en formato VRML mejora el desarrollo de habilidades espaciales. Pero otras investigaciones (Koch, 2006) demuestran que no hay diferencia significativa entre los métodos de diseño de croquisado y modelado de sólidos utilizados para resolver problemas técnicos.

Pero no se debe olvidar que debido a que croquizar en 3D juega un papel importante en el desarrollo de las habilidades espaciales, la práctica de dibujo no debe ser abandonada por completo en un curso de ingeniería gráfica, la instrucción en el croquizado debe preceder a la instrucción de modelado (Hamlin, Boersma, & Sorby, 2006; S. Sorby, 2009), (véase la Fig. 12).

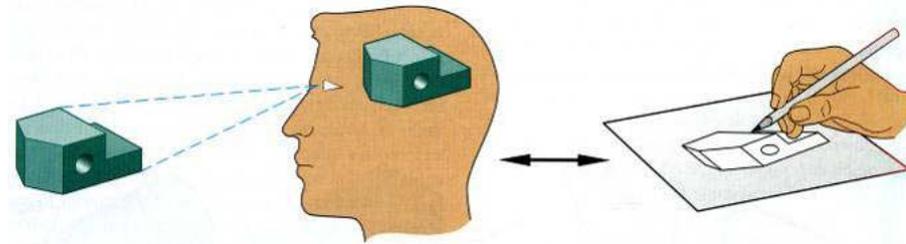


Fig. 12 Proceso mental de croquizado. Fuente Technical Graphics Communication, (Bertoline et al., 1997)

Incluso se ha considerado por algunos autores que el entrenamiento musical conduce a una mejora general de la capacidad de las imágenes sobre la base neuronal y de localización en el cerebro (Aleman *et al.*, 2000; Meiling Tang, 2006).

También es importante considerar nuevas tecnologías, técnicas y métodos para el desarrollo de las habilidades espaciales que se adapten al estilo de vida actual. Por ejemplo, como manifiestan Martín-Dorta *et al.* (2011) los dispositivos portátiles de pantalla táctil, ofrecen movilidad para el proceso de enseñanza-aprendizaje y un curso a distancia que se puede utilizar en el metro, autobús, tranvía o cualquier lugar donde el acceso inalámbrico a Internet está disponible (Wi-Fi, 3G, GPRS, etc.). Lee & Bednarz (2009) han obtenido en su investigación que el uso de los Sistemas de Información Geográfica (GIS) mejora la visualización, la orientación y las relaciones espaciales.

2.11 Recursos utilizados para desarrollar la capacidad de visualización espacial

Como se acaba de ver en el apartado anterior, para desarrollar la capacidad espacial, es necesario realizar un entrenamiento y, para ello se precisa, de la utilización de diferentes recursos y herramientas que ayuden a conseguir este desarrollo.

Actualmente el número de recursos y herramientas disponibles es muy grande y variado, sin olvidar, como se ha indicado, el croquizado en 3D y el uso del lápiz y el papel, se puede pensar en la realización de cursos específicos, en trabajar con objetos reales y objetos virtuales, en el desarrollo de aplicaciones multimedia interactivas, en el uso de videojuegos, etc. Las herramientas utilizadas pueden estar desarrolladas para la web, en dispositivos móviles, videoconsolas o en el ordenador. Para poder visualizar y manipular los objetos 3D generados por ordenador un elemento imprescindible son los visualizadores 3D que permiten incrustar esos modelos generados en los documentos electrónicos, páginas web, etc. (Ramos Barbero, Melgosa Pedrosa, & García Maté, en prensa).

La realización de cursos introductorios, de mejora o recuperación es un recurso ampliamente utilizado y que está demostrado que ayuda a desarrollar las habilidades espaciales (Field, 1999; Leopold, Górska, & Sorby, 2001; N. Martin-Dorta, Saorin, & Contero, 2008; S. B. Sorby & Baartmans, 1996).

En primer lugar, los alumnos que necesiten mejorar las capacidades espaciales se pueden apoyar en el uso de alguna de las colecciones de test como DAT-SR (Test de Aptitudes Diferenciales en Relaciones Espaciales), PSVT:R (Purdue Spatial Visualization Test: Rotations), MRT (Mental Rotations test) o MCT (Mental Cutting Test).

Existen también libros dedicados específicamente al desarrollo de la habilidad espacial como es el caso de *“Ejercicios para el desarrollo de la percepción espacial”* (Pérez Carrión & Serrano Cardona, 1998) y de *“Introduction to 3D Spatial Visualization: an active approach”* (Sheryl Sorby, 2003)

La realización de ejercicios disponiendo de las piezas reales, bien sea, mediante objetos reales (Kirby & Boulter, 1999; Emiko Tsutsumi, Ichikawa, & Kadowaki, 2001), maquetas comerciales y objetos generados por prototipado rápido (Czapka, Moeinzadeh, & Leake, 2002) está demostrado que son un recurso útil para el desarrollo de las habilidades espaciales (Fig. 13 y Fig. 14).



Fig. 13 Piezas generadas por prototipado rápido. Fuente Czapka (2002)



Fig. 14 Maletín de piezas educativo. Fuente propia

La utilización de juegos interactivos o videojuegos, bien sean comerciales o desarrollados específicamente con la finalidad de desarrollar las habilidades espaciales, han sido también utilizados por varios investigadores para demostrar su eficacia en el desarrollo de las citadas habilidades espaciales (Deshpande & Huang, 2009; Youa, Chuanga, & Chenb, 2008).

Existe también una gran cantidad de software educativo interactivo multimedia eficazmente utilizado para el desarrollo de las habilidades espaciales, es importante destacar que el software haya sido validado o comparado en alguna investigación o estudio piloto (Company *et al.*, 2005; Fang, Chao, & Weng, 2005; Gerson *et al.*, 2001; Kinsey, Towle, & Onyanha, 2008; Mohler, 2001; Rafi & Samsudin, 2009; Sun & Suzuki, 1999).

Si los objetos con los que se trabaja son virtuales, un primer recurso es la creación de dichos objetos mediante software de modelado sólido y diseño paramétrico y utilizarlos directamente en el propio software o a través de un visualizador (Hamlin, Boersma, & Sorby, 2006; N. W. Hartman & Bertoline, 2005; Rafi, Samsudin, & Ismail, 2006).

Dentro de las técnicas de realidad virtual se pueden citar ejemplos de realidad virtual inmersiva como la realizada por Kaufmann *et al.* (2000) para la educación en Geometría (Fig. 15). También la de Smith *et al.* (2007).

Otra forma de realidad virtual es lo que se denomina realidad aumentada, que también ha sido utilizada con éxito para el desarrollo de la habilidad espacial (Kaufmann *et al.*, 2005a, 2005b; J. Martín-Gutiérrez *et al.*, 2010).

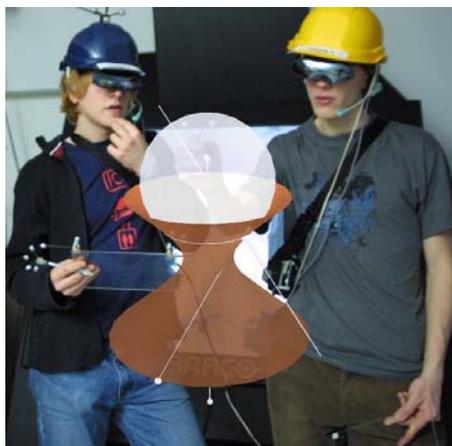


Fig. 15 Realidad virtual inmersiva. Fuente Kaufmann *et al.* (2000)

Como más novedoso se puede citar la utilización de recursos para el desarrollo de las habilidades espaciales mediante dispositivos móviles, bien sean “smartphone”, “ipad”, “tablet” etc. (Fang, Chao, & Jong, 2008) (Norena Martin-Dorta *et al.*, 2010).

En los dos apartados siguientes se considerarán, de forma más extensa, dos recursos fundamentales en este trabajo, para lograr el desarrollo de la capacidad espacial de nuestros alumnos. Éstos son, las herramientas disponibles en la web y los visualizadores 3D. El diseño y eficacia del gestor de contenidos para el aprendizaje de la ingeniería gráfica, y en concreto para el desarrollo de la visualización espacial es el objeto de este trabajo doctoral, y este gestor está alojado en la web y utiliza un visualizador 3D para poder manipular los objetos 3D.

2.12 Herramientas web para el desarrollo de la capacidad de visión espacial

Desde hace muchos años se vienen desarrollando diferentes aplicaciones educativas para el aprendizaje de temas de expresión gráfica, y enfocadas, entre otras cosas, al desarrollo de la capacidad de visión espacial de los estudiantes. Las primeras que se realizaron eran solo para soporte en CD y estaban desarrolladas sobre todo en lenguajes de programación (Borland Delphi, Java, VRML, Visual Basic, etc.), y aplicaciones hipermedia y multimedia (Director y AuthorWare, Flash). Estas aplicaciones se caracterizaban por precisar ordenadores con grandes requerimientos y/o estaciones de trabajo. Uno de los grupos de investigadores pioneros es el de Sheryl A. Sorby (1996) de la Universidad Tecnológica de Michigan que durante el año 1994 realizaron cursos intensivos para ayudar a mejorar las habilidades espaciales de los alumnos con menor visión espacial. Estos cursos poseían un manual en papel y también se apoyaban en un software 3D como herramienta de visualización. De los resultados de su investigación llegaron a la conclusión que este tipo de cursos tenían un impacto positivo en las habilidades espaciales de los alumnos que inicialmente tenían menor visión espacial.

A finales del siglo XX comenzaron a aparecer aplicaciones ya pensadas para su alojamiento en la web; eran poco interactivas, desarrolladas utilizando tecnología VRML y con animaciones en formatos de vídeo.

Para el caso español, Jordi Font (2007) en su tesis realiza una recopilación de algunas de las contribuciones más importantes de aplicaciones didácticas en el área de expresión gráfica extraídas de las actas de congresos de la Asociación de Ingeniería Gráfica (INGEGRAF) desde el año 1998 al 2006. Los temas más tratados habitualmente han sido sistema diédrico, dibujo geométrico y temas de normalización. El desarrollo de la capacidad de visión espacial no era el objetivo fundamental de este tipo de aplicaciones.

2.12.1 Aplicaciones docentes en internet

En la actualidad existen muchas aplicaciones web enfocadas totalmente o en parte al desarrollo de la capacidad de visión espacial. La variedad de estas aplicaciones nos lleva a establecer una serie de características básicas y otras complementarias que debe reunir una aplicación web, para con ello poder establecer algún tipo de clasificación.

La primera característica básica es, que estas aplicaciones deben estar fundamentalmente orientadas al desarrollo de las habilidades de visión espacial. Ya se ha indicado en el apartado 2.5 que la capacidad de visión espacial es una característica fundamental que deben tener plenamente desarrollada los estudiantes de asignaturas de expresión gráfica para obtener buenos resultados y, es necesaria, para el correcto ejercicio de la profesión de ingeniero.

La segunda característica es que deben ser de libre acceso y con un posicionamiento web aceptable, en definitiva que sean de libre, fácil y rápido acceso. De nada sirve una estupenda aplicación web si es muy difícil acceder a ella, bien sea por ser privada, o por tener un mal posicionamiento web, es decir, que no aparezca en los primeros lugares en los diferentes buscadores.

La tercera característica básica es que en sus enunciados se mezclen texto, imágenes y/o animaciones 2D (Flash, Java, JavaScript, etc.). La aplicación web debe ser multimedia, para que la integración de varios medios facilite el aprendizaje autónomo del estudiante. Las animaciones 2D son un aporte interesante para facilitar el aprendizaje.

Además como características complementarias se pueden citar: que tengan vídeos integrados, objetos 3D incrustados y manipulables, que aporten datos sobre resultados y calificaciones y que realicen un seguimiento del aprendizaje mediante una conexión a base de datos. La integración de vídeos es una característica que potencia la condición de multimedia de las aplicaciones web. La inclusión de objetos 3D incrustados y manipulables a través de la utilización de visualizadores 3D es muy importante, sobre todo para los alumnos con mayores dificultades de visión

espacial. Para poder realizar un correcto seguimiento del aprendizaje tanto por parte del alumno, como por parte del profesor, es necesario que los datos de resultados de los ejercicios y de actividad en la aplicación, queden almacenados en una base de datos.

Por último, otra característica reseñable es que dichas aplicaciones hayan sido validadas mediante las correspondientes mediciones. El hecho de estar validadas mediante alguna medición, demuestra su utilidad en el desarrollo de las habilidades espaciales y dará una idea de su calidad.

La mayoría de los sitios web dedicados a desarrollar las habilidades espaciales pertenecen al campo de la psicología, ingeniería gráfica, matemáticas y educación secundaria. Contero *et al.* (2005) citan ocho ejemplos de aplicaciones web desarrolladas con el ánimo de mejorar las habilidades espaciales. El estudio de Deshpande (2009) realizado sobre aplicaciones multimedia y web en educación en ingeniería, destaca cuatro aplicaciones web desarrolladas en el ámbito de la ingeniería gráfica.

La recopilación de aplicaciones web realizada por Jorge Martín *et al.* (2008) muestra un buen número de éstas aplicaciones web. En esta recopilación se realiza una clasificación previa de las herramientas específicas desarrolladas por universidades y cuya finalidad es la mejora de la visión espacial y en segundo lugar se citan las aplicaciones accesibles a través de la web tengan o no como objetivo único la mejora de la visión espacial.

Melgosa *et al.* (2009) realizan también un estudio de la situación actual de las aplicaciones web relacionadas con el desarrollo de la habilidad espacial y se centran en aquellas aplicaciones que además de mejorar la visión espacial poseen algún sistema de seguimiento del aprendizaje. También, Saorín *et al.* (2009) resalta las herramientas de mejora de la capacidad espacial que están accesibles y son más interesantes.

Martín Gutiérrez (2010) en su tesis se fija en las características principales de las aplicaciones web, indicando que las aplicaciones clasificadas son de libre acceso, tienen entornos amigables y son de fácil uso.

En la Tabla 3 se presenta una versión actualizada de estas herramientas basada en los trabajos previos, antes citados, de Jorge Martín *et al.* (2008), Melgosa *et al.* (2009), y Martín G. (2010), donde se han considerado los siguientes requerimientos fundamentales que se deben exigir a este tipo de herramientas:

- **DHE:** que tengan como objetivo prioritario el desarrollo de las habilidades de visión 3D.
- **A2D:** que posean texto y animaciones en dos dimensiones realizadas en FLASH, JAVA, Director, etc.
- **O3D:** que tengan objetos 3D manipulables.
- **V:** que posean vídeos.
- **RyC:** que calculen y ofrezcan resultados y calificaciones de los ejercicios realizados.

- **TSABD:** que se pueda transmitir y seguir el aprendizaje mediante conexión a base de datos.
- **LFA:** que sean de libre y fácil acceso.
- **VoC:** que hayan sido validadas o utilizadas en alguna comparativa.

Solamente se han considerado las aplicaciones que son accesibles desde la web. Se consideran también de libre acceso las que tienen acceso restringido pero admiten invitados. En esta tabla se puede comprobar: que todas las aplicaciones poseen texto y animaciones en dos dimensiones, que no todas las aplicaciones tienen objetos 3D manipulables que proporcionen interactividad en tres dimensiones, que solo tres tienen transmisión de datos y seguimiento del aprendizaje a través de la base de datos y que no todas son libres y de fácil acceso.

A través de la revisión de distintas publicaciones se tiene conocimiento de que existen otras aplicaciones web con algunos de estos requerimientos, pero no son accesibles, por ejemplo, las aplicaciones referidas por Colom-Marañón *et al.* (1996), Sueoka *et al.* (2001), Suárez *et al.* (2004), Ferreiro *et al.* (2007).

Tabla 3 Herramientas Web y requerimientos que cumplen

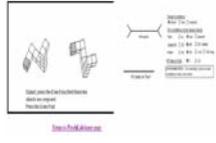
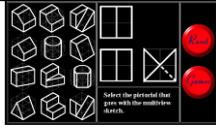
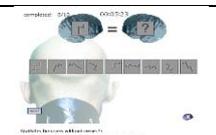
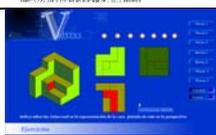
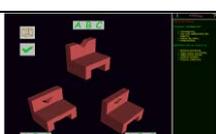
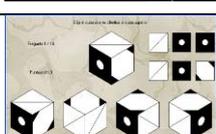
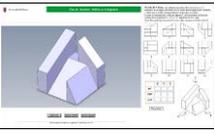
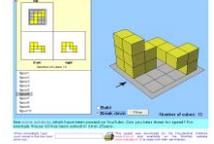
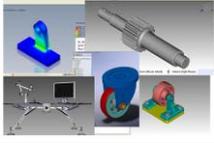
Nº	Denominación (Institución, País) [URL]	DHE	A2D	O3D	V	RYC	TSABD	LFA	VOC	Comentarios	Imagen
1	2D Mental Rotation (University of Wisconsin, Milwaukee) [https://pantherfile.uwm.edu/johnchay]	X	X			X		X	X	Pertenece al departamento de psicología. Es una reproducción del test mental de rotación, MRT, en la web, está desarrollado en Director. Otra versión dispone de soluciones con la simulación del giro realizado. Tiene también test de percepción espacial.	
2	VIZ Visualization Assessment and Training (Pensilvania State University) [http://viz.bd.psu.edu/viz]	X	X			X	X	X	X	VIZ es un sitio dedicado a la comprensión y la mejora de las habilidades de visualización espacial. Ejecuta un plugin de un programa de autor. Recoge datos, pero es cerrada y no es bidireccional.	
3	Engineering Graphics Games and Quizzes (University of Texas) [http://crown.panam.edu/EG/games/index.htm]	X	X			X	X	X	*	Curso de ingeniería gráfica con juegos y tests. Desarrollado en html dinámico con javascript. Poco validado. Encuestas de satisfacción de alumnos.	
4	Isometric Drawing Tool (National Council of Teachers of Mathematics) [http://illuminations.nctm.org/ActivityDetail.aspx?ID=125]		X	*				X	X	Desarrollada dentro del proyecto Illuminations, que es una parte del prestigioso programa "Verizon Thinkfinity". Permite dibujar, modificar y manipular figuras con aristas, caras, o cubos, y verlos en 2-D o 3-D. Realmente no se puede manipular en 3D.	
5	Multiview drawing (Conolly Maicher) [http://kellenmaicher.com/portfolio/projects/multiview.html]		X			X		X		Tutorial interactivo para el entrenamiento del dibujo de vistas normalizadas y el desarrollo de la habilidad espacial. Se han realizado test y encuestas sobre la aplicación. La versión actual está desarrollada en XML, con Actionscript y Cold Fusion.	
6	Entrenamiento de rotación mental (Björn Kechel) [http://bjornson.inhb.de/?p=55]	X	X			X	*	X	*	Aplicación para entrenar tus habilidades de rotación mental. Tiene tres niveles de dificultad y estadísticas. Mientras vayas acertando se presentan nuevos ejercicios. Está desarrollada en Flash.	
7	Vistas. Geometría descriptiva (Instituto de Tecnologías Educativas del MEC, España) [http://www.ite.educacion.es/w3/eos/MaterialesEducativos/mem2002/geometria_vistas/index2.htm]		X			X		X		Esta aplicación desarrollada en Flash contiene ejercicios dedicados a la identificación de superficies en vistas, reconstrucciones de piezas a partir de las vistas, elección de vistas, etc. El objetivo principal es aprender a representar un objeto sobre el plano y viceversa.	
8	Curso de interpretación de Planos (Instituto de Tecnologías Educativas del MEC, España) [http://www.ite.educacion.es/w3/eos/MaterialesEducativos/mem2003/planos/index.swf]		X			X		X		Trata de representación de piezas y desarrollo de la visión espacial. Se proponen diferentes tipos de actividades: reconocer líneas incorrectas, ordenar vistas, reconocer sólidos a partir de las vistas, distinguir líneas, distinguir planos, encontrar errores en vistas, etc.	
9	Visión espacial (Instituto de Tecnologías Educativas del MEC, España) [http://www.isftic.mepsyd.es/w3/eos/MaterialesEducativos/mem2001/vision/index.html]	X	X	X		X		X		Aplicación práctica para mejorar la visión espacial. Realizada en HTML, con objetos 3D en VRML. Permite realizar prácticas de análisis y de síntesis y asociar proyecciones y objetos.	
10	CubeTest (Jos van den Oever) [http://www.vandenoever.info/software/cubetest/]	X	X	X		X		X		Útil para entrenar la visión espacial. El cubo dato y las opciones pueden ser manipuladas según los ejes. Tiene cuatro niveles: fácil, medio, difícil y reto. Permite conocer la puntuación obtenida.	

Tabla 3 (Continuación). Herramientas Web y requerimientos que cumplen

Nº	Denominación (Institución, País) [URL]	DHE	A2D	O3D	V	RYC	TSABD	LFA	VOC	Comentarios	Imagen
11	Piezas (Instituto de Tecnologías Educativas del MEC, España) [http://ntic.educacion.es/w3//eos/MaterialesEducativos/mem2001/108d/index.html]	X	X						X	El objetivo es hacer ver la importancia de los sistemas de representación de cuerpos y desarrollar la visión espacial y mental. Tiene applets y una interactividad muy simple.	
12	Aprendizaje Innovador de Visualización de Piezas mediante Taller Virtual (Universidad de Burgos) [http://www2.ubu.es/expgraf/expgrain/visualizacion3d/]	X	X	X	X	X		X	X	Aplicación hipermedia interactiva que sirve de iniciación al aprendizaje de visualización espacial dentro de la expresión gráfica. Los niveles de aprendizaje son: identificación, comprensión, aplicación, análisis y evaluación.	
13	Building with blocks (Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education) [http://www.fi.uu.nl/dwo/wismaat/mod3/en/frameset.html]	X	X	X		X			X	Tiene tres opciones 1º construir el objeto con vista en planta partiendo de su silueta en 3D; 2º construir el objeto con vista en planta partiendo de dos vistas y 3º construir el objeto 3D, partiendo de las tres vistas principales.	
14	Web based Virtual enviroment (WbVE); Universiti Pendidikan Sultan Idris (UPSI). Malasia [http://www.upsi.edu.my/~kanuar/luk.htm]	X	X	X		X			X	El contenido de WbVE abarca información textual de ingeniería gráfica básica. Los objetos 3D se codificaron en VRML. También se incluyen las prácticas y los módulos de prueba para comprobar su comprensión después de completar una sesión.	
15	3D Interactive Model Web (3DIMW); National Kaohsiung Normal University (Taiwan) [http://140.127.45.25/3d/index.aspx?lang=en]	X	X	X		*	X	*	*	Department of Industrial Technology Education. Está diseñada en asp.net y asociada a una base de datos SQL. No es totalmente de libre acceso. Tiene varias secciones de visualización, cortes, animaciones, modelos 3D, etc.	
16	Interactive tutorial for Spatial Intelligence (Limerick university, Irlanda) [http://www.ul.ie/~mearesa/9519211/]	X	X	X		X			X	La sección tutorada contiene 75 ejercicios espaciales con tres niveles de habilidad: Principiante, Intermedio y Experto, y ofrece la oportunidad de tutorar, desarrollar y probar tu capacidad espacial. Es necesario un navegador para VRML.	
17	3DWebEPL (3D Web-based learning and training in the field of the Enterprise Product Lifecycle) [http://webd.polito.it/3dwebep/ project.htm]	X	X							3DWebEPL tiene el objeto de transferir y adaptar los contenidos innovadores y los resultados del proyecto previo Leonardo WEBD. El producto final es una plataforma web para el aprendizaje a distancia, basada en tecnologías web 3D.	
18	Normalización (Instituto de Tecnologías Educativas del MEC, España) [http://ntic.educacion.es/w3//recursos/bachillerato/dibujo/tecnico/normalizacion/index.htm]	*	X	X			X	X		Recurso interactivo desarrollado en FLASH que trata los temas de cortes secciones y roturas y acotación. Al resolver los ejercicios se obtiene la puntuación y nos dice en cuales nos hemos equivocado. No hay interactividad 3D.	
19	Laboratorio virtual para el estudio del sistema diédrico (Instituto de Tecnologías Educativas del MEC, España) [http://ntic.educacion.es/w3//eos/MaterialesEducativos/mem2008/laboratorio_virtual_sistema_diedrico/index.html]	*	X	X			X	X		Ejercicios básicos realizados en FLASH sobre los fundamentos del sistema diédrico, estudio del punto, recta y plano.	

Nota: * indica que cumple el requerimiento a medias o que no se ha podido comprobar si lo cumple.

2.13 Visualizadores 3D para el aprendizaje de la Expresión Gráfica

Actualmente se demanda en la Universidad un aprendizaje autónomo, un aprendizaje utilizando plataformas educativas, y dentro de la ingeniería gráfica, una herramienta común e independiente de cualquier software (los visualizadores 3D), que permita la revisión de los modelos 3D, para la adquisición y el desarrollo de la habilidad de visualización espacial.

Una primera tendencia para visualizar los modelos 3D es insertarlos directamente en el sitio WEB por medio de un plug-in. Inicialmente el formato estándar más utilizado ha sido el formato VRML (Virtual Reality Modelling Language) que para entornos WEB normalmente utilizaban los visualizadores Cosmo Player, Cortona, etc. Se utilizó en varias aplicaciones para la docencia (Ciobanu, Tornincasa, & Ciobanu, 2009; Rafi *et al.*, 2005; Ramos Barbero, García Maté, Baños García, Melgosa Pedrosa *et al.*, 2003).

Un nuevo estándar ISO denominado eXtenxible 3D (X3D) Graphics ("Web 3D Consortium," 1999) es el sucesor del lenguaje VRML. X3D mejora sustancialmente el VRML. Por ejemplo, Chih-Hsing Chu & Wu (2006) desarrollan una aplicación donde se pueden visualizar distintas configuraciones de un producto 3D usando SpinFire (utilidades colaborativas de visualización), una aplicación de servidor, y un sistema PDM.

Por ello, la toma de decisión en la selección de un visualizador adecuado dentro de un entorno y de unas necesidades no es sencilla, ya que se tendría que tener presente: el paquete de CAD que se utiliza, si dispone de un publicador 3D integrado en el software de CAD o se emplea uno externo, si se emplea un visualizador o un plug-in y el tipo de su formato. En el entorno de aplicaciones de ingeniería Ron LanFon (2007) evalúa las características de los publicadores 3D siguientes: SpinFire, Adobe Acrobat 3D, MYRIAD, XVL Studio Pro, QuadriSpace, Right Hemisphere y eDrawings, que disponen la mayoría de versiones de prueba y visualizadores libres. Estos visualizadores también se pueden utilizar en la enseñanza/aprendizaje de expresión gráfica.

Un primer estudio que pretende valorar las características de los visualizadores para su utilización en la docencia es el realizado por Tornincasa & Chirone (2002), que compara las herramientas de visualización de: 3DAnywhere, cult3D y Viewpoint. Un segundo estudio, bastante amplio, que compara las distintas herramientas Web3D es realizado por Vezzetti (2009), quien estudia las características de las siguientes herramientas: WEB3D-CDF, 3Dif-U3D, Actify-3D, SolidWorks-eDrawings, Cycore-C3D, Viewpoint-mTx, RealityWave-XGL, Lattice3D-XVL, UGS-JT, Cimmetry-CMF, Tech Soft America-HSF.

Las tecnologías de los formatos Web3D emplean los modelos CAD 3D sin el empleo de los software de CAD, reduciendo de forma notable el tamaño de sus ficheros y conservando muchas de las propiedades de los modelos en el CAD para poder medir distancias, añadir información, manipular el punto de vista y zoom, ocultar/mostrar componente, visualizar secciones, crear animaciones, etc. Un tercer estudio que compara las propiedades de siete herramientas Web3D, para un curso

de formación e-learning orientado al campo de la ingeniería mecánica, es realizado por Violante (2009). En este estudio las herramientas Web3D comparadas son: Adobe Acrobat 3D, Anark Core, 3DVIA composer, XVL Studio Pro, Cortona 3D, QuadriSpace document3D y Viewpoint Media Player. Violante utiliza los modelos 3D en formato eDrawings de la tecnología 3DVIA composer, para su curso e-learning de CAD, como herramienta Web3D dentro de la plataforma de Moodle.

Una segunda tendencia actual de Web3D, que cada vez gana más popularidad, es el empleo de documentos electrónicos (por ejemplo formatos *.pdf y *.doc), que llevan integrados en las imágenes, los modelos 3D, donde se pueden visualizar y manipular los modelos 3D dentro de dicho documento electrónico utilizando un plug-in distinto de visualización en función del software de publicación/visualización de CAD utilizado (Ver Fig. 16). En nuestro grupo de innovación docente se piensa que los documentos interactivos son unos de los recursos que se pueden utilizar en la web para el aprendizaje de la expresión gráfica.

Por todo ello, la selección adecuada de los visualizadores 3D, que en función de nuestras necesidades, permitan manipular los modelos 3D dentro de documentos, para el aprendizaje de la expresión gráfica, es una tarea que será fundamental para el correcto diseño y desarrollo de nuestras herramientas y recursos docentes.

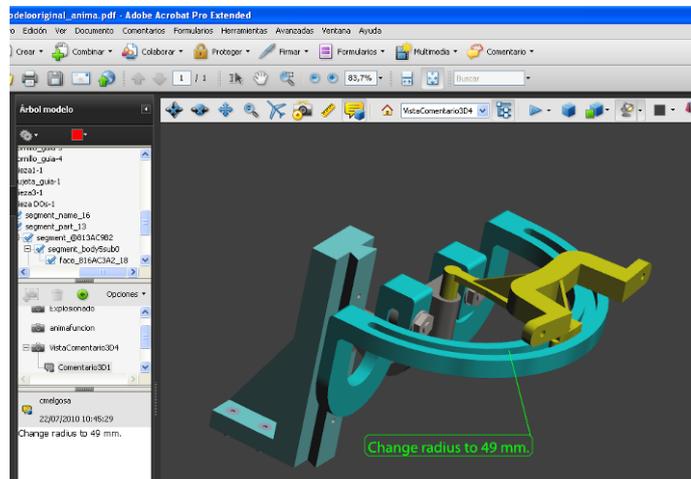


Fig. 16 Ejemplo de anotación en Adobe Acrobat Pro Extended. Fuente propia

Para poder visualizar y manipular virtualmente los modelos 3D en el ordenador y que sirvan de apoyo a nuestros alumnos en el desarrollo de sus capacidades espaciales, es necesario emplear un visualizador 3D, adecuado a sus necesidades de aprendizaje. Por lo tanto, el visualizador 3D seleccionado debe ser una herramienta que permita visualizar y manipular los modelos 3D, para ayudar a mejorar el desarrollo de las capacidades espaciales de los alumnos de ingeniería gráfica (Ramos Barbero, Melgosa Pedrosa, & García Maté, en prensa).

En el trabajo de Ramos *et al.* se evalúan los visualizadores 3D como recursos docentes en la ingeniería gráfica y para conocer las necesidades más importantes de los visualizadores 3D en el proceso de aprendizaje constructivista de la expresión gráfica y su correlación con los actuales visualizadores 3D del mercado, se emplea el método: Quality Function Deployment (QFD). Las necesidades más importantes de los visualizadores 3D, para el aprendizaje de ingeniería gráfica, teniendo en cuenta los estudios previos antes citados y las necesidades de los profesores de nuestra Universidad, han sido definidas por los autores de este trabajo en equipo. Donde se dividen los 30 ítems de las necesidades más importantes en 6 apartados: a) visualización, b)

manipulación, c) integración en documentos y web, d) integración de formatos y propiedades de archivos, e) rendimiento del software y f) mecanismos y ensamblajes.

Para conocer la importancia de las necesidades de estos visualizadores 3D, se ha enviado por e-mail, una encuesta a profesores universitarios españoles relacionados con el uso de visualizadores 3D en la docencia. De los resultados de la encuesta, las tres necesidades de los visualizadores más valoradas son: zoom, traslación y rotación libre o sobre ejes (4.66 puntos sobre 5), vistas predefinidas y standard (4.2 puntos) y manejo sencillo e intuitivo (4,14 puntos).

Las características técnicas más importantes que deben tener los visualizadores son: a) facilidad en el manejo, b) integración en documentos y páginas web, c) variedad en los modos de visualización, d) rapidez en la manipulación, y e) capacidad de visualizar cotas y anotaciones (Ramos Barbero, Melgosa Pedrosa, & García Maté, en prensa).

CAPITULO 3 DESCRIPCIÓN DE ILMAGE_SV

3.1 Introducción

Como ya se ha indicado una de las mayores preocupaciones y necesidades del grupo de investigación IDIGRA es el desarrollo de las capacidades espaciales de los alumnos. Por otra parte es necesaria la creación de herramientas web que ayuden a los alumnos en el proceso de enseñanza-aprendizaje y que a su vez permitan a los profesores el seguimiento de su aprendizaje de cara a su evaluación conforme a las directrices del EEES. Para ello es necesario que esta herramienta web esté conectada a una base de datos.

El taller de visualización del que se dispone no facilita información a los profesores de los resultados académicos obtenidos por los alumnos, por lo que no se puede utilizar como herramienta de evaluación y seguimiento del aprendizaje de los alumnos. Es por ello que inicialmente se planteó utilizar una plataforma educativa del tipo WebCT o Moodle para gestionar este taller y utilizarlo así como herramienta de gestión, evaluación y seguimiento del aprendizaje.

Pero la integración del uso de los modelos 3D virtuales a través de visualizadores 3D era demasiado compleja con estas plataformas y se consideró que era mejor realizarla mediante el diseño de un sistema gestor de contenidos (*"Content Management System"*, CMS) con una base de datos específica para nuestros objetivos. Este gestor ha sido denominado: *"Gestor Interactivo de Aprendizaje en Ingeniería Gráfica: Visión Espacial"*, *"Interactive Learning Manager for Graphics Engineering: Spatial Vision (ILMAGE_SV)"*.

3.2 Objetivos de ILMAGE_SV

El objetivo principal es desarrollar un taller y gestor de contenidos web que contenga una interfaz gráfica que implemente una comunicación con una base de datos, que realice un seguimiento del aprendizaje y de la práctica realizada por alumnos de la propia universidad o ajenos a la misma, en base, a una antigua aplicación web del Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Burgos.

Inicialmente se pregunta acerca de una serie de parámetros que permitan identificar al usuario cada vez que éste entre a la página web y que serán recogidos para el posterior tratamiento de información relacionada con los conocimientos propios de cada alumno.

De este modo, los alumnos podrán visualizar su evolución académica en dicha página a la vez que realizan más ejercicios según van avanzando de nivel o rehacer los ya realizados, con el fin de ver dónde han fallado e incluso podrán consultar un soporte teórico que les ayude a la comprensión de los mismos.

La información sobre cada alumno se recogerá en una base de datos con el objetivo de que un profesor pueda consultar el seguimiento de un alumno o grupo de alumnos dependiendo de un cierto número de parámetros.

Se incluirá un apartado especial para un usuario administrador que le permitirá crear y borrar nuevos usuarios y grupos, crear y borrar ejemplos de ejercicios, añadir vídeos teóricos y documentos explicativos y dar de alta o de baja a otros administradores o profesores. Asimismo, el administrador podrá asignar un examen a un cierto número de alumnos, para que éstos lo realicen independientemente del resto de exámenes pendientes que los mismos tengan de forma individual.

Otros objetivos son:

- Comprobar que el alumno dispone de los plugins y herramientas necesarias para acceder sin problema a la página e interactuar dentro de la misma.
- Realizar un cuestionario para dar de alta al usuario automáticamente y, en el caso de que el mismo esté ya dado de alta, se realizaría un “login” con usuario y contraseña establecidos previamente.
- Mostrar un seguimiento de su aprendizaje cada vez que el usuario inicie sesión, con los resultados de los ejercicios ya realizados, los que le faltan por realizar, los aciertos y fallos obtenidos, etc. (estilo al curso de inglés online “Tell me more”).
- Si es la primera vez que el mismo inicia sesión, se le permite realizar un test inicial que le sugerirá el nivel por el cual puede comenzar, pudiendo siempre ignorar dicha sugerencia y comenzar por cualquiera de los niveles disponibles.
- Si el usuario permanece un periodo de tiempo a determinar inactivo, se procederá a cerrar sesión automáticamente, quedando reflejada la duración de la misma para su posterior consulta por parte de un profesor.

3.3 Metodología pedagógica de desarrollo del taller de visualización

Los alumnos que necesiten mejorar las capacidades espaciales se pueden apoyar: en el uso de alguna de las colecciones de tests como DAT–SR (Test de Aptitudes Diferenciales en Relaciones Spaciales), PSVT:R (Purdue Spatial Visualization Test: Rotations), MCT (Mental Cutting Test), Lappan (Test de Lappan) o MRT (Mental Rotations test); en el uso de juegos interactivos o talleres de visualización espacial; y en la realización de ejercicios disponiendo de las piezas reales, en realidad aumentada o de forma virtual en el ordenador. Para poder visualizar y manipular virtualmente los modelos 3D en el ordenador y que sirvan de apoyo a los alumnos en el desarrollo de sus capacidades espaciales, es necesario emplear un visualizador 3D, nosotros empleamos el visualizador gratuito eDrawings.

El objeto de este taller es poner a disposición de los alumnos, un conjunto de ejercicios que les facilite la comprensión del mecanismo que rige la relación 2D-3D, así como la fluidez necesaria para pensar tridimensionalmente a partir de representaciones bidimensionales, es decir, el desarrollo y mejora de la visión espacial empleando un método ordenado y de dificultad progresiva. Según Saorin (2006), y como se ha dicho en el capítulo 2, se entiende por capacidad espacial la habilidad de manipular mentalmente los objetos y sus partes en el espacio. Esta capacidad espacial se divide en dos categorías: relaciones espaciales donde se desarrollan habilidades de rotaciones y

comparaciones de modelos y visión espacial donde se desarrollan habilidades de manipulación de información visual compleja (se necesitan varias etapas para obtener la solución), como por ejemplo el reconocimiento de la pieza mediante el plegado y desplegado de sus caras.

La metodología propuesta del desarrollo de la capacidad espacial, es la empleada por Pérez (1998), que se divide en 6 niveles:

- Nivel 1. Identificación o reconocimiento. Identificar la correspondencia entre las superficies de un modelo en proyección isométrica con sus proyecciones en las vistas normalizadas en el Sistema Europeo, y viceversa. Para ello es necesario conocer previamente los conceptos de proyección cilíndrica y la teoría de cómo se obtienen las vistas normalizadas: alzado, planta y perfil.
- Nivel 2. Comprensión. El alumno asimila qué aristas y caras de las vistas dadas, se corresponden con algunas de las vistas normalizadas del modelo dado en perspectiva.
- Nivel 3. Aplicación. En una primera fase se emplea la identificación-discriminación de desarrollos, donde se busca que el alumno pliegue y gire mentalmente el desarrollo, para manipular mentalmente el objeto en el espacio. En una segunda fase se propone ejercicios de giros de los objetos en tres dimensiones.
- Nivel 4. Análisis. En una primera fase el alumno debe relacionar, valorar, deducir y contar los elementos prismáticos que están en contacto con un prisma concreto, dentro de un volumen formado por apilamiento de prismas iguales. En una segunda fase, los alumnos obtienen las vistas a partir de perspectivas dadas. Hasta ahora nuestros alumnos obtenían las vistas directamente después de conocer la teoría de cómo obtener las vistas normalizadas, pasando por alto los distintos niveles, aquí propuestos, del desarrollo y mejora metódicos de la visualización espacial.
- Nivel 5. Síntesis. Obtención de la perspectiva del objeto a partir de sus vistas.
- Nivel 6. Evaluación. Donde se dan dos de las vistas del objeto y se solicita la tercera vista.

La eficacia del entrenamiento de la visión espacial, utilizando esta metodología, ha sido validada por Pérez (1998) de forma significativa, quien manifiesta que, después de entrenarse con esta metodología, el número de alumnos en superar un mismo baremo medio establecido, ha pasado del 47,4% al 72,6%.

Se incluyen dentro del taller de visualización los cuatros primeros niveles, antes citados, realizando el quinto y sexto nivel fuera del taller en las aulas. Esta metodología se encuentra en una clasificación intermedia de parámetros del desarrollo de visualización espacial entre: los 3 componentes (relaciones espaciales, manipulación espacial y habilidad de penetración visual) propuesto por Titus (2009) los 9 componentes (croquizado isométrico; proyección ortográfica – superficies normales; patrones planos; rotación de objetos sobre un eje; rotación de objetos sobre dos o más ejes; reflexión y simetría de objetos; planos de corte y secciones; superficies y sólidos de revolución; sólidos combinados) propuestos por Sorby (2003), Ault (2010) y Veurink *et al.* (2009), y los 10 componentes propuestos por Veurink *et al.* (2008), quien añade a los

nueve componentes anteriores la proyección ortográfica – superficies inclinadas y curvas sencillas.

Existe un número de alumnos, entre el 13% y el 17%, que tienen dificultades de visión espacial (alumnos que no superan el 60% del test PSVT-R), como han demostrado los estudios de Duff & Kellis (2009), Brus & Boyle (2009) y Kontt & Kampe (2009). La utilización de un gestor de contenidos con una base de datos de ejercicios y el uso de visualizadores de los modelos 3D, unidos a la metodología propuesta en el taller de visualización, ayuda y entrena en el desarrollo de la capacidad de visualización espacial a todos los alumnos y principalmente a los que tienen mayores dificultades de visión espacial, ya que la combinación de los tres elementos, añade cuatro complementos importantes, que son:

- La posibilidad de manipular el modelo 3D en el ordenador, como herramienta de apoyo en aquellos ejercicios en los que los alumnos tengan dificultades, de visualización y de realizar giros mentales en el espacio de los modelos.
- La posibilidad de realizar test previos que identifiquen en qué nivel el alumno tiene dificultades de visualización espacial, recomendando así al alumno el nivel de su comienzo dentro del taller.
- Autoevaluación automática por parte del alumno.
- Seguimiento automático de la evolución del aprendizaje del alumno por parte del profesor.

3.4 Estructura del desarrollo del ILMAGE_SV

La evaluación continua y el seguimiento del aprendizaje de los alumnos universitarios, atendiendo a los criterios del EEES propuesto en Bolonia, es el elemento clave en la evaluación de nuestros alumnos. Esto justifica la necesidad de diseñar sistemas de gestión de contenidos y del aprendizaje del alumno que controlen: ¿Quién?, ¿Cuándo?, ¿Cuánto?, ¿Cómo? (con orden, siguiendo los niveles propuestos, o de forma aleatoria), ¿Dónde han entrado nuestros alumnos? y ¿Qué resultados han obtenido nuestros alumnos?

Apoyándose en la metodología empleada en nuestro taller de visualización previo, se ha diseñado un sistema gestor de una base de datos y de los tres tipos de usuarios (1.- alumno, 2.- administrador y 3.- profesor), para poder realizar una correcta evaluación de los alumnos (Fig. 17).

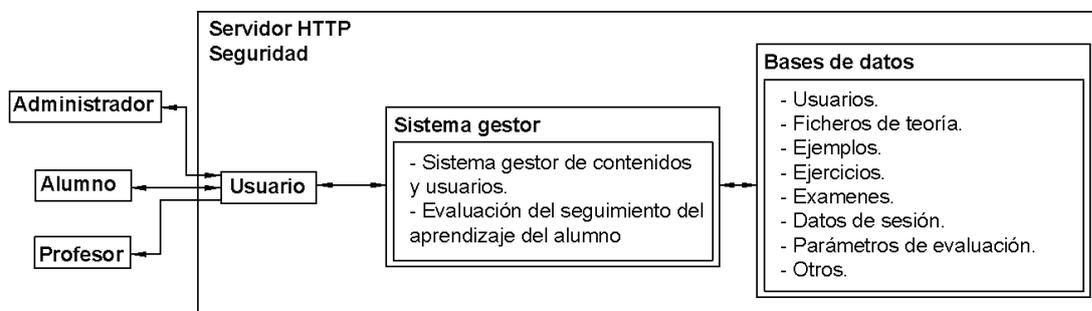


Fig. 17 Estructura general de sistema gestor del taller de visualización

La información que deberá ser almacenada en nuestra base de datos será:

- Información sobre los alumnos: nombre, apellidos, correo electrónico, año de nacimiento, país de origen, localidad, estudios que realiza en la actualidad, etc.
- Información acerca de su nivel de preparación con respecto a los contenidos de la página.
- Información acerca de la evolución del alumno tras interactuar con la página.
- Información acerca de la evolución de un grupo de alumnos al interactuar con la página.
- Información acerca de la duración de las sesiones de cada uno de los alumnos.
- Información del grado de dificultad de cada uno de los ejercicios.

Para poder gestionar e identificar la información de una forma más eficiente se han considerado diferentes perfiles de acceso a la aplicación y con ello a la base de datos. El gestor ILMAGE_SV posee tres perfiles de acceso: perfil de alumno, perfil de profesor, perfil de administrador. De esta manera al entrar e identificarse cada uno con su perfil quedan determinadas las posibilidades de actuación dentro de la aplicación y también de esta manera se gestiona de manera diferente la información que recibe la base de datos. Además entre los tres perfiles se establece una jerarquía de tal manera que el profesor puede ver información referente a sus alumnos y el administrador puede gestionar el alta de alumnos, profesores, ejercicios, etc.

Los requisitos comunes a los tres tipos de usuarios son:

- **Seleccionar tipo de usuario.** El usuario actual entra en la página web y selecciona el tipo de usuario con el que va a interactuar dentro de la misma para que el sistema muestre el menú de opciones en función del tipo de usuario. Por defecto, el tipo de usuario al entrar a la web es usuario alumno. Si se desea entrar como usuario administrador, se deberá especificar en la dirección del "host". Se da el mismo caso para aquellos usuarios que quieran entrar como profesor.
- **Inicio de sesión.** Introducir nombre de usuario y contraseña en la página de inicio de sesión correspondiente a cada uno de los tipos de usuario existentes. Comprobar que ambos parámetros han sido introducidos, que el usuario en cuestión está registrado en el sistema y que la contraseña introducida es la correcta para dicho usuario. Si el inicio de sesión se realiza con éxito, dependiendo del tipo de usuario que inicie sesión, el Sistema redirigirá a una página u a otra.
- **Recordatorio de contraseña.** Se genera una nueva contraseña para el usuario que lo solicita y se le envía a la dirección de correo electrónico especificada cuando el mismo se registró. La contraseña se almacena encriptada en la base de datos como medida de aumento de la seguridad.
- **Cerrar sesión.** El usuario finaliza la sesión actual. El sistema debe almacenar en la base de datos, la fecha referente al cierre de la última sesión iniciada por el usuario.
- **Cerrar sesión automáticamente.** Si el usuario está 15 minutos inactivo, el sistema cerrará sesión automáticamente y almacenará en la base de datos la fecha y hora referentes al instante en el cual se ha producido dicho cierre automático de sesión.

- **Modificar perfil.** El usuario puede modificar alguno de los campos que fueron introducidos al darse de alta. Esta opción sólo estará disponible cuando se haya iniciado sesión y podrá tener acceso a la misma desde cualquiera de las pantallas. En esta opción también se podrá hacer una modificación de contraseña. Los campos que no sean modificados en el formulario, permanecerán con el valor que el usuario introdujo al darse de alta en la web. Es de carácter obligatorio rellenar todos y cada uno de los campos del formulario. En caso contrario, el sistema muestra un mensaje de error indicando la obligatoriedad de rellenar por completo dicho formulario y el alumno tendrá que volver a rellenar los mismos.

En el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV si el usuario no introduce correctamente algún dato, no selecciona entre las opciones dadas y no rellena los campos solicitados, se le indicará el hecho mediante mensajes de error explicativos, devolviéndole a la pantalla donde se encontraba. Si todas las peticiones del sistema se han realizado de modo correcto se desplegará un mensaje de confirmación y se pasará a la pantalla que le corresponda en cada caso.

A continuación se describen los tres perfiles, en primer lugar, el perfil de alumno, luego, el perfil de profesor y por último, el perfil de administrador.

3.4.1 Perfil de alumno

Al acceder con el perfil de alumno (<http://www2.ubu.es/calculbu>) lo primero que hace el gestor es reconocer si se tienen instalados los plugins necesarios, Internet Explorer, reproductor de vídeos y visualizador eDrawings (Fig. 18).



Fig. 18 Pantalla de inicio del perfil de alumno

Los alumnos, la primera vez que entran en el taller deben comprobar que disponen de los plugins y herramientas necesarias para acceder sin problema al taller e interactuar dentro de él. En el caso de no poseer alguno de ellos, se le informará de los que carece y de los que posee, dándole opción a descargarlos en una pantalla especial dedicada a ello.

Como el gestor ILMAGE_SV es de acceso libre, para acceder con el perfil de alumno solamente es necesario estar registrado. El registro en la base de datos puede realizarse libremente por el usuario o estar realizado previamente por el administrador. Para registrarse libremente por primera vez, solamente es necesario picar en la opción “nuevo usuario” de la pantalla de inicio (Fig. 18) y rellenar un sencillo formulario, ver Fig. 19. Determinados análisis estadísticos se podrán realizar en función de alguno de estos campos del formulario.

Una vez que se está registrado, aparece una pantalla (Fig. 20) en la que se presentan las siguientes opciones: cambiar nuestros datos de usuario (enlace “Perfil de usuario”), ver estadísticas de uso del gestor (enlace “Ver estadísticas”), realizar un test previo (botón “Realizar test de nivel”), crear un test aleatorio (botón “Crear práctica”) y cerrar sesión (enlace “Cerrar sesión”).

Registro de usuarios

Rellene los siguientes campos para dar de alta un nuevo usuario.

Nota: Todos los campos son obligatorios.

Nombre:

Apellidos:

Nombre de usuario:

Contraseña:

Confirmar contraseña:

Año de nacimiento:

Email:

País:

Localidad:

Estudios:

Fig. 19 Detalle del formulario de registro

Usuario: Monica [Cerrar sesión](#) [Perfil de usuario](#) [Ver estadísticas](#)

Para comenzar a hacer ejercicios puede realizar un test orientativo que le recomendará un nivel para comenzar de acuerdo a sus conocimientos y luego elegir el nivel que desee o bien elegir directamente un nivel.

A continuación elija el nivel por el cual desea comenzar en el siguiente menú desplegable. Escriba un nombre para su práctica y pulse "Crear práctica" para comenzar sus ejercicios.

Nivel para comenzar:

Nombre de mi práctica:

Campus Río Vena: Avenida Cantabria s/n, Tel. 947 25 89 26

Campus San Amaro: C/ Villadiego s/n Tel. 947 25 89 94

ESCUOLA POLITÉCNICA SUPERIOR UNIVERSIDAD DE BURGOS DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN GRÁFICA

Página mantenida por el Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería, 2011

Fig. 20 Pantalla después del registro

UNIVERSIDAD DE BURGOS
UEU

Area de Expresión Gráfica en la Ingeniería

Test Nivel 1a

Éste es el test perteneciente al nivel 1a.
 Se parte de un prisma y sus proyecciones: alzado, planta y perfil.

Identificar en las proyecciones diédricas de la pieza dada, qué superficie de la perspectiva se corresponde con cada letra.

Cuando haya finalizado pulse aceptar para pasar al cuestionario del siguiente nivel en caso de que éste se haya superado.
 En cualquier momento puede pulsar cancelar para abandonar el test.

1

- A=6; B=1; C=7; D=7; E=2
- A=8; B=4; C=8; D=8; E=3
- A=6; B=1; C=7; D=8; E=2
- A=6; B=3; C=7; D=8; E=2

2

- A=7; B=8; C=7; D=1; E=3; F=8; G=5
- A=7; B=9; C=7; D=1; E=3; F=8; G=5
- A=7; B=9; C=6; D=1; E=8; F=8; G=5
- A=7; B=9; C=6; D=1; E=3; F=8; G=5

3

- A=9; B=6; C=2; D=4; E=8; F=9
- A=9; B=6; C=3; D=4; E=8; F=9
- A=9; B=6; C=3; D=5; E=8; F=9
- A=1; B=6; C=2; D=5; E=8; F=8

Cancelar
Aceptar

Fig. 21 Primera pantalla del test de nivel

Se recomienda empezar pulsando el botón “Realizar test de nivel”, apareciendo entonces, un test de nivel previo que, una vez realizado, aconseja el nivel por el cual empezar a crear nuestros tests aleatorios (prácticas/exámenes), pero se puede empezar pulsando el botón “Crear práctica”, eligiendo el nivel que se desee.

Elegida la opción “Realizar test de nivel”, el sistema le sugerirá el nivel por el cual debiera comenzar, pudiendo siempre ignorar dicha sugerencia y comenzar por cualquiera de los niveles disponibles.

Este test comienza con tres ejercicios del nivel más bajo, nivel 1a, en la Fig. 21 se observa un detalle de la pantalla de inicio de este test de nivel. Para realizar el test de nivel se debe de seleccionar una respuesta para cada ejercicio y pulsar “Aceptar” para continuar o “Cancelar” para volver a la pantalla de la Fig. 20.

Los alumnos que superen dos de los tres ejercicios de ese nivel se les proponen ejercicios del nivel siguiente, y así sucesivamente. Pero en el caso contrario, de no superar dos de los tres ejercicios propuestos inicialmente, se repite el mismo nivel con otros tres ejercicios nuevos. Si en este segundo intento tampoco se superan dos de los tres ejercicios, se recomienda comenzar a los alumnos en este nivel.

En la Fig. 22 se puede ver el esquema de funcionamiento del test de nivel.

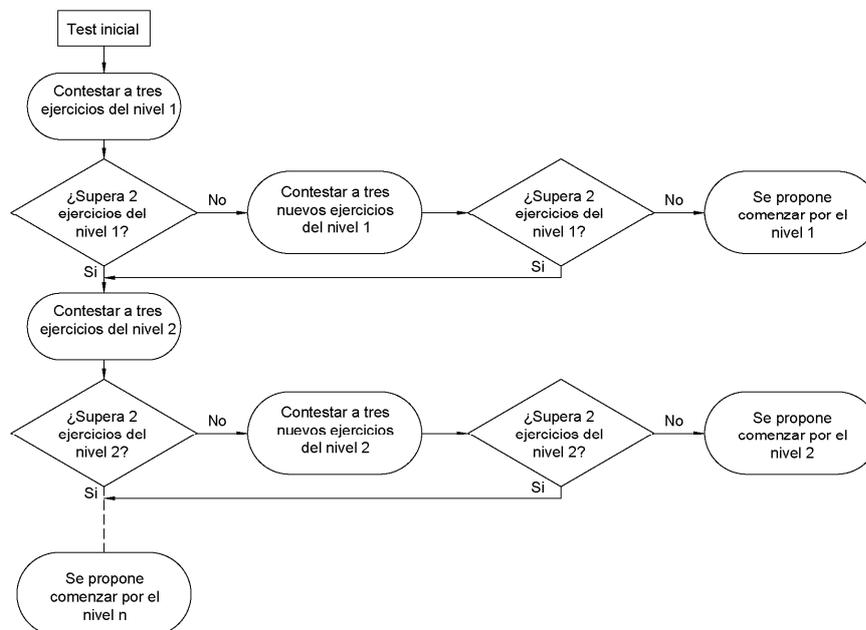


Fig. 22 Esquema de funcionamiento del Test de nivel de comienzo

Tras enviar el test el sistema muestra un mensaje con el nivel adecuado según los resultados obtenidos y devuelve al usuario a la selección de nivel (Fig. 20).

Cap. 3

Las prácticas o exámenes se pueden crear por cuenta propia o pueden estar asignados por el administrador, en este último caso aparecen sombreados de amarillo (Fig. 23). Cuando la práctica o examen la ha creado el usuario alumno, con el botón “Crear práctica”, el gestor asigna tres ejercicios de forma aleatoria y sin repetirlos, para cada nivel y a partir del nivel de inicio elegido, de todos los ejercicios disponibles en la base de datos.

Mientras se tengan prácticas y/o exámenes pendientes no se podrán crear nuevos por el usuario alumno, pero el administrador sí que los puede asignar. Al iniciar una segunda sesión, si se tienen prácticas y/o exámenes pendientes, la pantalla que aparece es la de la Fig. 23, y no aparece la pantalla de la Fig. 20.



Fig. 23 Pantalla de inicio cuando se tienen prácticas y/o exámenes pendientes

Una vez elegido el examen y pulsado el botón “Ver práctica o examen” se presentan todos los ejercicios de esa práctica o examen agrupados por niveles de aprendizaje de la visión espacial y se puede empezar por el ejercicio que se quiera, o consultar las ayudas, teoría y ejemplos (enlace “Ver Teoría y ejemplos”). Véase la Fig. 24.

Inicialmente en todos los ejercicios se puede ver el botón “Pulse para resolver” y después de su resolución aparece la estadística de la nota y el número de aciertos de la primera vez que se ha realizado (Fig. 27).

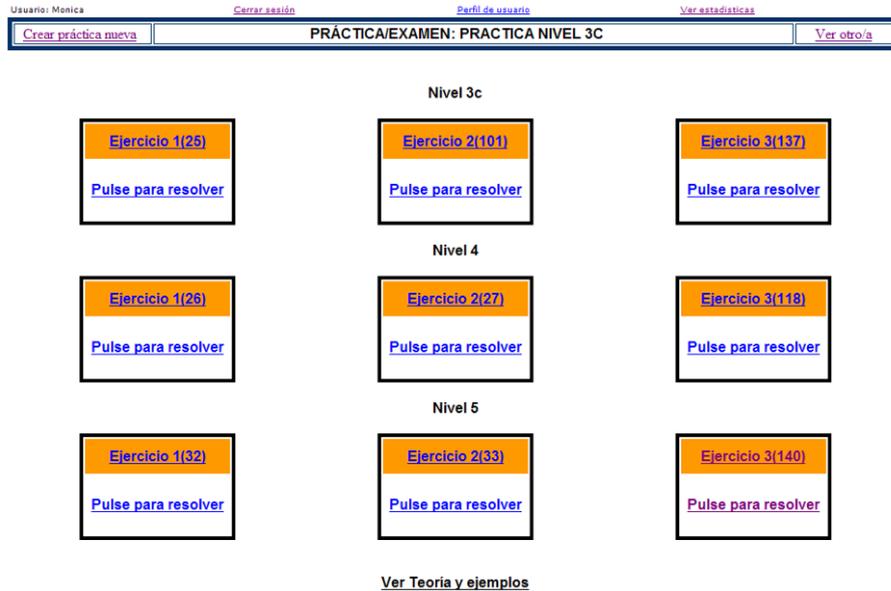


Fig. 24 Detalle pantalla con los ejercicios de una práctica/examen

Desde esta pantalla se puede además ver otras prácticas o exámenes sin terminar (enlace “Ver otro/a”), o crear otra práctica nueva si ya se han terminado todas las prácticas y exámenes (enlace “Crear práctica nueva”). Si se pincha en este último enlace y se han terminado todas las prácticas aparece la pantalla de la Fig. 20.

En cada ejercicio la pantalla se divide en tres zonas fundamentales, en la parte izquierda se sitúa el visualizador 3D, en la zona central, el enunciado, las instrucciones y las imágenes adjuntas, y en la parte derecha, las casillas para introducir las soluciones. Ver Fig. 25.

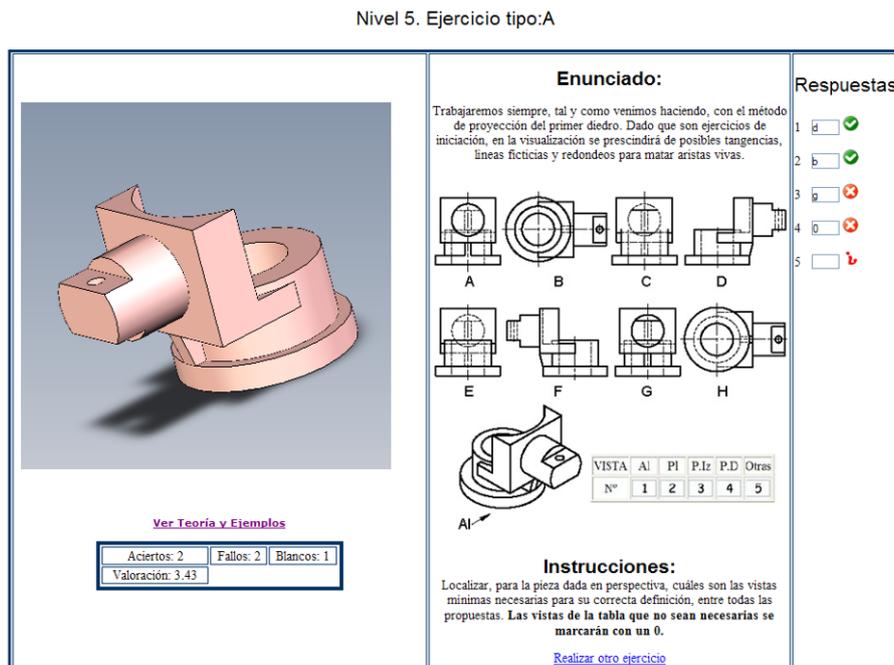


Fig. 25 Detalle de pantalla de un ejercicio resuelto y su valoración

Una vez se ha pulsado el botón de resolver ejercicio, “Ver resultados”, aparece debajo del visor 3D el cuadro de resultados. En este cuadro se indican los aciertos, fallos y no contestados (Blancos). Se utiliza una fórmula de valoración que tiene en cuenta el relleno al azar de las casillas, pero la nota nunca será negativa. En la columna de la izquierda (apartado “Respuestas”) el sistema devuelve: las respuestas acertadas, 🟢, las respuestas erróneas, 🚫 y las no contestadas, 🟡. Los ejercicios de un examen se pueden resolver todas las veces que se quiera pero la nota del ejercicio que tendrá en cuenta la base de datos será la de la primera vez que se resolvió. Cuando un examen se ha realizado completamente desaparece de la casilla de exámenes (Ver Fig. 23) y ya no se puede volver a realizar.

En cada ejercicio también se tiene la posibilidad de consultar la teoría, los ejemplos y las instrucciones de uso del visualizador 3D (Fig. 25, enlace “Ver Teoría y Ejemplos”). Si pincha en este enlace el alumno puede ver un vídeo explicativo o podría, por ejemplo, descargar un archivo de texto que le ayudará a comprender el modo de realización de los ejercicios. También puede realizar un ejemplo de forma similar a como realiza los ejercicios, comprobando los aciertos y los fallos, pero sin almacenar la puntuación obtenida en los mismos dentro de la base de datos y con la posibilidad de ver un vídeo explicativo de cómo se resuelve el ejercicio (Fig. 26).

Además si se accede a las instrucciones de uso del visualizador 3D aparece una ventana flotante en el que se describen las opciones de manejo del visualizador, casi todas a través del menú desplegable del botón derecho del ratón.



Fig. 26 Detalle de la pantalla de Teoría y ejemplos

Terminada la práctica o examen, en la misma sesión o en otra nueva, se pueden realizar los ejercicios no terminados de una práctica o examen, o repetir aquellos cuyos resultados no hayan sido satisfactorios.

Terminado cada uno de los ejercicios, como se puede observar en la Fig. 27, los alumnos pueden comprobar el resultado de las respuestas correctas e incorrectas de cada ejercicio y de la práctica entera, consiguiendo con ello la propia autoevaluación, sin necesidad de la corrección posterior por

parte del profesor. Los datos de fechas, duraciones, puntuaciones, número de accesos, se almacenan en la base de datos y pueden ser consultados por el alumno en cualquier momento, en el enlace “Ver estadísticas”.

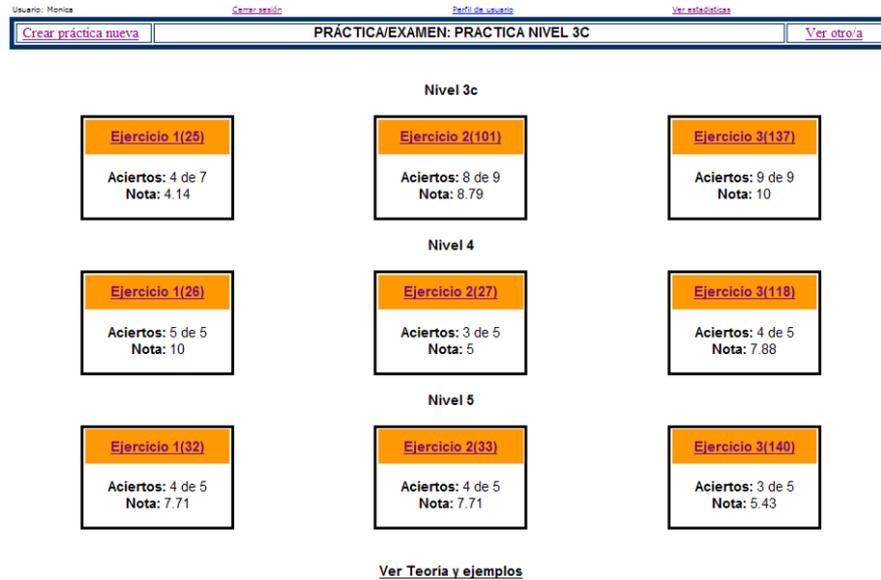


Fig. 27 Detalle de la pantalla de una práctica/examen terminada

También pueden crear una nueva práctica con ejercicios aleatorios de los niveles seleccionados y posteriores, siempre que los alumnos hayan completado las prácticas y exámenes anteriores que les hayan sido asignados.

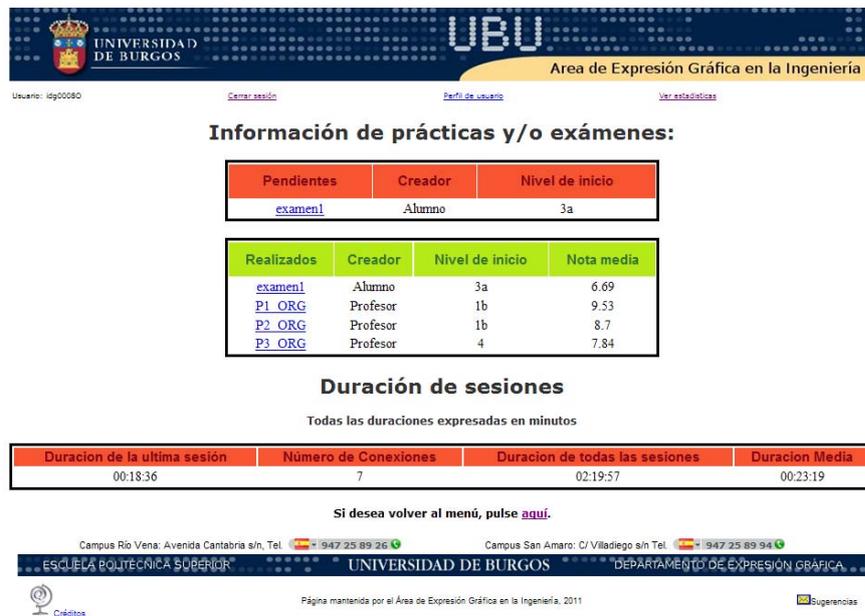


Fig. 28 Pantalla de estadísticas del alumno

La información sobre cada alumno se recoge con el objetivo de que un profesor pueda visualizar un conjunto de estadísticas referentes a un solo alumno o a un grupo de alumnos.

En todo momento se pueden ver las estadísticas de nuestras sesiones. En la pantalla de estadísticas de la Fig. 28 se pueden ver los exámenes/prácticas pendientes, exámenes/prácticas terminados, el creador de los exámenes/prácticas, el nivel de inicio, la nota media, los tiempos de la última sesión, el número de conexiones, duración de todas las sesiones y la duración media de las sesiones.

3.4.2 Perfil de profesor

Para acceder con el perfil de profesor es necesario que el administrador le haya dado de alta como tal, y entonces puede acceder en la dirección url <http://www2.ubu.es/calcubu/profesor/>. Como se ha indicado, una vez que el profesor ha sido dado de alta por el administrador ya puede registrarse con su nombre de usuario y su contraseña para iniciar su sesión como profesor.

En la Fig. 29 se puede ver la pantalla de inicio de sesión del usuario profesor.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

UBU

Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería

Profesor:

Gestor Interactivo del Aprendizaje de Ingeniería Gráfica: Visión Espacial
Interactive Learning Manager for Graphic Engineering: Spatial Vision (ILIMAGE_SV)

Inicio de sesión del profesor

Introduzca nombre de usuario y contraseña para iniciar sesión

Nombre profesor:

Contraseña: [Olvíde mi contraseña](#)

Campus Río Vena: Avenida Cantabria s/n, Tel. +34 947 25 89 26

Campus San Amaro: C/ Villadiego s/n Tel. +34 947 25 89 94

ESCUOLA POLITÉCNICA SUPERIOR UNIVERSIDAD DE BURGOS DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN GRÁFICA

Créditos

Página mantenida por el Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería, 2011

Sugerencias

Fig. 29 Pantalla de inicio del perfil profesor

La función principal del profesor en ILIMAGE_SV es la evaluación continua y seguimiento del aprendizaje de los alumnos, para ello dispone de una serie de menús estadísticos, como se puede observar en la Fig. 30. Se puede cerrar sesión en cualquier momento pulsando el enlace “Cerrar sesión” que se muestra siempre en la parte superior derecha.

Una vez realizado el registro se accede a la pantalla de opciones (Fig. 30). Como profesor se pueden consultar estadísticas de los alumnos de forma individual o de los grupos que se hayan formado, del perfil de los alumnos, de los ejercicios y de los tiempos de conexión. Además se pueden cambiar los datos de registro como usuario profesor.

UNIVERSIDAD DE BURGOS

Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería

Profesor: cmelgosa

[Cerrar sesión](#)
[Perfil de usuario](#)

Alumnos:

- [Ver estadísticas de un alumno](#)

Grupos:

- [Ver estadísticas de un grupo](#)

Registros:

- [Año de nacimiento](#)
- [Nacionalidad](#)
- [Estudios](#)

Ejercicios:

- [Ver estadísticas por niveles y ejercicios](#)

Sesión:

- [Duración de sesiones](#)

Niveles:

- [Nivel propuesto vs nivel seleccionado](#)

Campus Río Vena: Avenida Cantabria s/n, Tel. 947 25 89 26

Campus San Amaro: C/ Villadiego s/n Tel. 947 25 89 94

ESCUOLA POLITÉCNICA SUPERIOR UNIVERSIDAD DE BURGOS DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN GRÁFICA

Página mantenida por el Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería, 2011

[Créditos](#) [Sugerencias](#)

Fig. 30 Pantalla de opciones del usuario profesor

Las estadísticas de alumno (enlace “Ver estadísticas de un alumno” de la Fig. 30), una vez elegido el alumno y pulsado el botón “Aceptar”, muestran los exámenes/prácticas pendientes, los realizados, niveles de inicio y los resultados de estos exámenes/prácticas, ver Fig. 31. El profesor puede visualizar las estadísticas de las prácticas o exámenes realizados y pendientes de cada uno de los alumnos. Pinchando en cada examen/práctica se pueden ver los resultados de cada uno de los ejercicios del examen y aparece una pantalla como la de la Fig. 27. Desde la página de estadísticas de alumnos si se desea volver al menú de profesor se debe pulsar el botón “Aceptar”.

Estadísticas de alumnos

Alumno cdp0011M2

A continuación puede visualizar las prácticas y/o exámenes que dicho alumno ha realizado y los que tiene aún con ejercicios pendientes de realizar, así como el nivel por el cual comienza cada práctica/examen.

Pendientes	Creador	Nivel de inicio	
P1_MEC_2	Profesor	1b	
P2_MEC_2	Profesor	1b	
P3_MEC_2	Profesor	4	

Realizados	Creador	Nivel de inicio	Nota media
P1_MEC_2	Profesor	1b	2.45
P2_MEC_2	Profesor	1b	3.45
P3_MEC_2	Profesor	4	3.37

Fig. 31 Detalle de pantalla de estadísticas de alumno

Las estadísticas de grupo (enlace “Ver estadísticas de un grupo” de la Fig. 30), una vez elegido el grupo y pulsado el botón “Aceptar”, además de los datos anteriores, de estadísticas de un alumno, de cada miembro del grupo, me ofrece el listado de componentes del grupo. Véase Fig. 32.

Estadísticas de grupos

Grupo Mecanica III

Los componentes que pertenecen a este grupo se muestran en la primera tabla. A continuación, se puede observar las prácticas y/o exámenes pendientes y realizados que tiene cada miembro del grupo, con su nota media en caso de que estén terminados.

Nombre	Apellidos	Usuario
Almudena	Alonso Madrigal	aam0092E
Héctor	Hernando Rueda	hhr0001E
Carlos	Núñez Alonso	cna0004E
Alejandro	Pérez González	apg0088E
David	Poza Puras	dpp0016E
Adrián	González Velasco	agv0038M1
Elias	Melguizo Antón	ema0035M1
David	Santamaria Izquierdo	dsi0004M1
David Eladio	Acero Gallo	dag0032O
Beatriz	Esteban Molinero	bem0001O

Pendientes de aam0092E	Nivel de inicio
P1	4

Realizados de aam0092E	Nivel de inicio	Nota media
P2 ELEC	1b	8.45
P3 ELEC	3c	8.65

Pendientes de hhr0001E	Nivel de inicio
P2 ELEC	1b
P3 ELEC	3c

Fig. 32 Detalle de pantalla de estadísticas de grupos

La visualización de estadísticas por datos de registro se obtiene en los enlaces correspondientes al apartado registros de la Fig. 30. El profesor puede visualizar estadísticas acerca de los alumnos registrados con una coincidencia determinada en su perfil. Puede ver alumnos de determinados años de nacimiento, nacionalidad y saber los estudios que hayan realizado o estén realizando en la actualidad. En la Fig. 33 se puede ver un detalle de la pantalla del filtro por estudios realizados, obtenido al elegir los estudios de "Industrial Mecánica".

Filtro por estudios

Seleccione el estudio o estudios (con la tecla "control") de los cuales desea ver sus componentes.

Pulse "Visualizar" para ver los usuarios registrados con ese año de nacimiento.

En cualquier momento puede volver al menú pulsando [aquí](#).

Estudios realizados:

- Ciencias experimentales
- Humanidades
- Arquitectura
- Informática
- Máquinas navales
- Aeronáutica
- Ciencias ambientales
- Minas y montes
- Organización industrial
- Telecomunicación

Estudios	Nombre y Apellidos	Nick
Industrial mecánica	Gustavo Alonso del Moral	gam0011M2
Industrial mecánica	Miguel Buenaposada Arranz	mba0067M2
Industrial mecánica	Jairo Cámara Barrio	jcb0032M2
Industrial mecánica	Carmelo José de Arriba Pérez	cdp0011M2
Industrial mecánica	Victor de Blas Garcia	vde0010M2

Fig. 33 Detalle de estadísticas por datos de registro

porqué y si los distractores de cada ejercicio son los suficientemente discriminatorios, en caso contrario será necesario modificar estos distractores.

Estadísticas de ejercicios

Nivel 5

En la siguiente tabla se muestra el número de alumnos que han sacado puntuaciones entre los rangos definidos en la tabla, para los ejercicios pertenecientes al nivel elegido por el profesor.

Ejercicio	Menos de 2,99	Entre 3 y 4,99	Entre 5 y 6,99	Entre 7 y 8,99	Entre 9 y 9,99	Todo bien: 10
30	24	6	5	9	1	6
31	22	10	16	9	4	4
32	25	1	8	12	0	16
33	27	4	4	10	0	20
102	10	0	0	1	5	0
138	24	7	9	7	2	2
139	29	5	11	8	2	10
140	16	2	2	4	8	5
141	27	2	8	16	4	10

Fig. 34 Detalle de estadísticas de ejercicios

Para recordar como era el ejercicio, si se pincha en su número de identificación, muestra el ejercicio tal y como lo ve el alumno, es decir una pantalla similar a la de la Fig. 25.

Cabe destacar entre todas las opciones que dispone el profesor, a las estadísticas de duración de sesiones (enlace “Duración de sesiones” de la Fig. 30), y dentro de éstas, la fecha ponderada de acceso, con ello se percibe cómo han realizado los accesos durante el curso (Fig. 35). De esta manera, por ejemplo, se pueden detectar los diferentes estilos de aprendizaje en cuanto a la frecuencia, cantidad, tiempo y ritmo de accesos. Además se dispone de la duración de la última sesión, número de conexiones, duración de todas las sesiones y duración media de sesión.

Duración de sesiones

A continuación se muestran los usuarios registrados junto con el tiempo que dura la sesión de cada uno:

Nombre	Apellidos	Usuario	Duración de la última sesión	Número de Conexiones	Duración de todas las sesiones	Duración Media	Fecha Ponderada
Aiken	Arroyo Bermúdez	aab0035M1	00:49:49	5	00:49:49	00:49:49	2010-10-27 09:44:17
Almudena	Alonso Madrigal	aam0092E	00:04:55	8	01:52:42	00:16:06	2010-10-18 15:00:53
Álvaro	Elvira Rey	aer0011M2	00:47:22	3	01:16:28	00:38:14	2010-10-24 05:27:02
Álvaro	Fuente Calleja	afc0031M1	00:01:28	6	01:48:51	00:21:46	2010-10-31 15:56:58
Adrián	Farto Redondo	afr0026O	00:05:28	3	00:40:22	00:20:11	2010-10-22 13:57:17
Ainara	García Vegas	agv0037O	00:10:10	7	01:57:34	00:19:35	2010-11-03 22:24:35
Adrián	González Velasco	agv0038M1	00:00:03	10	02:34:37	00:17:10	2010-11-02 06:38:30
Andrés	Horcajo Frías	ahf0011M1	00:02:35	5	01:15:36	00:18:54	2010-10-26 13:03:38

Fig. 35 Detalle de estadísticas de duración de sesiones

Por último, en el enlace de la Fig. 30 “Nivel propuesto vs nivel seleccionado”, el profesor visualiza, si ha realizado el test previo, el nivel de comienzo recomendado en dicho test y el nivel realmente seleccionado por el alumno, para comprobar si han hecho caso a la sugerencia de nivel propuesto de inicio, ver Fig. 36.



Tabla de niveles

A continuación puede visualizar los alumnos registrados, con el nivel propuesto y el nivel seleccionado por ellos:

Nombre	Apellidos	Alumno	Nivel Propuesto	Nivel Seleccionado
Aiken	Arroyo Bermúdez	aab0035M1	No ha realizado el test previo	No se dispone de prácticas
Almudena	Alonso Madrigal	aam0092E	5	4
Álvaro	Ehira Rey	aer0011M2	No ha realizado el test previo	No se dispone de prácticas
Álvaro	Fuente Calleja	afc0031M1	No ha realizado el test previo	No se dispone de prácticas
Adrián	Farto Redondo	afr0026O	No ha realizado el test previo	No se dispone de prácticas
Ainara	García Vegas	agv0037O	No ha realizado el test previo	No se dispone de prácticas
Adrián	González Velasco	agv0038M1	No ha realizado el test previo	4
Andrés	Horcajo Frias	ahf0011M1	No ha realizado el test previo	1a
alvar	iglesias	alvar	5	5

Fig. 36 Detalle de la pantalla nivel propuesto vs nivel seleccionado

La segunda función del profesor, en ILMAGE_SV, es la preparación de la documentación creando los ficheros de tipo *.doc, *.pdf, *.jpg, *.avi, *.mov, *.eprt y *.easm, para que el administrador los suba a la base de datos del gestor de contenidos y puedan ser utilizados como conceptos teóricos, ejercicios, prácticas y exámenes por parte de los alumnos. Para que el administrador pueda dar de alta los ejercicios y ejemplos, y la teoría, el profesor le debe facilitar la siguiente documentación:

- Un archivo de texto en formato *.doc, con nivel, tipo, enunciado, instrucciones, número de alternativas y solución correcta del ejercicio.
- Una imagen en formato *.jpg, con las diferentes opciones, posibles soluciones, y con la información gráfica necesaria para completar el enunciado.
- Si es un ejemplo, el vídeo en formato *.avi, explicativo de la forma correcta de resolución.
- Los archivos *.eprt o *.easm del modelo 3D correspondiente al ejercicio, para visualizarlos en eDrawings.
- Los vídeos de teoría, en formato *.avi, necesarios para los conceptos teóricos.

Para dar de alta los exámenes y prácticas el profesor también debe facilitar al administrador el nombre del examen o práctica, los ejercicios correspondientes y los alumnos o grupos a los que se quiere asignar dicho examen o práctica.

3.4.3 Perfil de administrador

Para acceder con el perfil de administrador es necesario estar dado de alta como tal. Una vez dado de alta se accede en la dirección url <http://www2.ubu.es/calculbu/admin/>, y la pantalla que se presenta es la de la Fig. 37. En la pantalla de inicio de sesión se puede introducir su nombre y contraseña e iniciar la sesión o acceder al recordatorio de la contraseña si se ha olvidado de la misma.

Fig. 37 Pantalla de registro del administrador

El perfil de administrador presenta una doble vertiente, en primer lugar es administrador en su sentido de gestión, dado que permite dar de alta y de baja a alumnos, profesores, administradores y grupos de alumnos. Por otra parte, el administrador se convierte en profesor responsable del material docente, al encargarse de asignar tareas a alumnos y grupos, realizar la composición de ejemplos, teorías y ejercicios, y crear los exámenes. Véase la Fig. 38.

Se van a comentar, en primer lugar, las opciones del administrador en esta primera vertiente de gestor administrativo.

Se puede cerrar sesión en cualquier momento pulsando el enlace “Cerrar sesión” que se muestra siempre en la parte superior derecha de la pantalla.

Para acceder a cada apartado solo hay que pulsar en el enlace correspondiente.

Para dar de alta un nuevo alumno se dispone del enlace “Dar de alta un nuevo alumno” como se puede comprobar en la Fig. 38. Al pinchar en dar de alta un nuevo alumno aparece una pantalla igual a la que le aparecía al usuario alumno cuando se registraba como nuevo usuario, se debe rellenar un formulario como el de la Fig. 19, en el cual todos los campos son obligatorios, y se pulsa el botón “Alta alumno”. Para dar de baja un alumno solo hay que pulsar el enlace “Borrar alumno” de la Fig. 38, seleccionar el alumno que se quiere dar de baja y pulsar el botón “Eliminar alumno”.



Fig. 38 Opciones del perfil Administrador

Dentro de las opciones de grupos de la pantalla de la Fig. 38, existen las siguientes posibilidades:

- “Crear un nuevo grupo”, para crear un nuevo grupo solamente hay que escribir el nombre del nuevo grupo en el campo de la pantalla que aparece y pulsar en el botón “Alta grupo”.
- “Borrar un grupo existente”, para borrar un grupo solo hay que seleccionarlo de la lista de grupos existentes y pulsar “Eliminar grupo”.
- “Ver componentes de un grupo”, para ver los componentes de un grupo solo hay que seleccionar el grupo de la lista y pulsar en el botón “Ver integrantes”. En una pantalla se muestra una tabla en la que aparecerá el nombre, apellidos, “*nick*”, nacionalidad y estudios de cada uno de los integrantes del grupo. Si se pulsa en “Aceptar” se vuelve al menú principal de administrador o se puede visualizar más grupos pulsando en el enlace “Visualizar más grupos”.
- “Borrar un grupo y sus alumnos”, para borrar un grupo y sus alumnos únicamente hay que seleccionar el grupo y pulsar “Eliminar grupo de alumnos”. Se borran el grupo y los alumnos pertenecientes a ese grupo.
- “Asignar un grupo a un alumno”, para asignar un grupo a un alumno se deben seleccionar los alumnos y el grupo al que se quieren asignar los alumnos y pulsar el botón de “Asignar grupo”. Se pueden seleccionar varios alumnos a la vez. Véase la Fig. 39.

Nótese la diferencia entre “Borrar un grupo existente” y “Borrar un grupo y sus alumnos”, mientras la primera opción solo borra el grupo, la segunda borra el grupo y los alumnos.

Asignar grupo a un alumno

Seleccione el nombre del alumno/os (CTRL o Mayús para añadir) que desea que formen parte de un grupo y el grupo al que desea añadirles.

Nota: Si no existe el grupo que busca, puede crearlo en la opción del menú principal "Crear Nuevo Grupo".

Si desea volver al menú principal, pulse [aquí](#).

Nombre de alumno:

Nombre de grupo:

Fig. 39 Detalle de pantalla de asignar un grupo a un alumno

Para dar de alta y de baja profesores y administradores se procede en ambos casos de forma muy parecida; para dar de alta se rellena un formulario, en el cual todos los campos son obligatorios, y se pulsa el botón "Alta profesor" o "Alta administrador" (Fig. 40). Para dar de baja solo hay que seleccionar el usuario e introducir la contraseña y la confirmación de contraseña, y pulsar el botón "Baja profesor" o "Baja administrador".

En segundo lugar, se comentarán las opciones correspondientes a la faceta del administrador como profesor responsable del material docente. En concreto, se mostrará cómo se realiza la composición de ejemplos y ejercicios y la creación y asignación de exámenes a los grupos y alumnos.

La primera tarea a destacar del administrador, en su aspecto de docente, es la de creación y asignación de exámenes/prácticas a alumnos de forma individual a un grupo previamente creado. Esta actividad se desarrolla en dos pasos y es similar tanto para el caso de usuarios individuales como para los grupos. Lo primero es poner nombre al examen/práctica y elegir, entre los disponibles, los ejercicios que se quiere que formen parte del examen/práctica, se pueden elegir los niveles que se quiera y la cantidad de ejercicios en cada nivel, después se pulsa el botón "Continuar". Ver Fig. 41.

A continuación se eligen los usuarios de forma individual a los que se quiera asignar el examen/práctica para el caso de usuarios individuales y los grupos o el grupo al que se quiera

Alta de profesores

Rellene los siguientes campos para dar de alta un nuevo profesor.

Si desea volver al menú, pulse [aquí](#).

Nombre:

Apellidos:

Nombre de usuario:

Contraseña:

Confirmar contraseña:

Email:

Fig. 40 Formulario de alta de profesor

asignar el examen/práctica para el caso de grupos, observar la Fig. 42. Para hacer una selección múltiple, se mantiene pulsada la tecla “control” mientras se pulsa sobre los alumnos elegidos. Tras esto se pulsa el botón “Aceptar”.

Alta práctica/examen - Paso 1 -

Introduzca primero un nombre para su práctica/examen:

Para volver al menú, pulse [aquí](#).

Nombre de práctica/examen:

Estos son todos los ejercicios disponibles. Seleccione los que desea que formen parte de su práctica/examen.

Nivel	Tipo	Enunciado	Instrucciones	URL Imagen	URL Video	URL Archivo eDrawings	Seleccionar
1a	A	Identificar en las proyecciones diédricas de la pieza dada, qué superficies se corresponden con la perspectiva.	Rellenar las casillas con la letra correspondiente.	ejercicios/vistas/nivel1a6.jpg	No existe video para este ejercicio	ejercicios/eprt/nivel1a6.EPRT	<input type="checkbox"/>
1a	A	Identificar en las proyecciones diédricas de la pieza dada, qué superficies se corresponden con la perspectiva.	Rellenar las casillas con la letra correspondiente.	ejercicios/vistas/nivel1a2_2.jpg	No existe video para este ejercicio	ejercicios/eprt/nivel1a2.EPRT	<input type="checkbox"/>
1a	a	Identificar en la perspectiva de la pieza las superficies que vienen representadas por sus proyecciones diédricas.	Rellenar las casillas con la letra correspondiente.	ejercicios/vistas/nivel1a1_1.jpg	No existe video para este ejercicio	ejercicios/eprt/nivel1a1_1.eprt	<input type="checkbox"/>
		Identificar en las proyecciones diédricas de la pieza dada,	Rellenar las casillas con la		No existe video		

Fig. 41 Detalle del primer paso para crear un examen

También se pueden borrar prácticas o exámenes por alumno, por grupo y para ambos, alumnos y grupos. El proceso es similar en los tres casos.

Para borrar una práctica o examen por alumno, en la primera pantalla se selecciona el alumno y en la segunda pantalla la práctica o examen que se quiere borrar. Solo se puede seleccionar un alumno y una práctica o examen. Se ha de indicar que solo se elimina la asignación de la práctica o examen a ese alumno, conservando las asignaciones que tuviera esa práctica o examen a otros alumnos y/o grupos. Para borrar una práctica por grupo se selecciona en

Alta examen - Paso 2 -

Seleccione los alumnos que desea para asignarles este examen.

Nota: Use la tecla "control" para seleccionar más de uno.

Para volver al menú, pulse [aquí](#).

Nombre de alumno:

Usuario: ipa0017E
 Usuario: jag0120M1
 Usuario: Javier
 Usuario: jcb0032M2
 Usuario: jda0028O
 Usuario: jgd0067M1
 Usuario: jgv0038M1
 Usuario: jlg0049O
 Usuario: jmg0121M2
 Usuario: jmu0002M1

Fig. 42 Segundo paso para crear un examen

la misma pantalla, el grupo y la práctica o examen que se desea eliminar de ese grupo de alumnos. Cada vez solo se puede seleccionar un grupo y una práctica o examen. Para borrar una práctica o examen basta con seleccionar en la pantalla la práctica o examen que se quiere eliminar, solamente una práctica o examen cada vez. Se perderán todas las asignaciones que tuviera a alumnos y/o grupos, y además ya no figurará en ninguna estadística.

Para terminar con la descripción del perfil de administrador en su faceta de profesor se van a comentar las opciones de crear y eliminar teoría, ejemplos y ejercicios.

El alta de nuevos recursos de teoría se realiza poniendo un título al recurso, eligiendo el vídeo correspondiente entre los facilitados en la lista y pulsar el botón "Aceptar" (Fig. 43). Previamente el profesor debe facilitar el archivo de vídeo para subirlo al servidor.

Alta de vídeos teóricos

Indique el título del vídeo y a continuación seleccione el vídeo que desea subir al servidor.

Nota: El vídeo debe tener formato ".avi"

Si desea volver al menú, pulse [aquí](#).

Título:

Vídeo: vminimas.avi
 vnormalizadas.avi
 generalidades.avi

Fig. 43 Detalle de pantalla de alta de nuevos recursos teóricos

Para borrar un recurso de teoría se elige el vídeo entre todos los disponibles y se pulsa el botón "Eliminar".

La composición de un ejemplo o ejercicio es idéntica. No se debe olvidar que para poder componer un ejemplo o ejercicio es necesario disponer de los archivos asociados al ejemplo o ejercicio que previamente deben haber sido subidos al servidor. El proceso se realiza en seis pasos. Siempre para pasar al siguiente paso se debe pulsar el botón "Continuar".

El primer paso para la composición de un ejemplo o ejercicio consiste en rellenar los campos de un formulario, ver Fig. 44 en el que se indica: nivel del ejercicio, tipo de ejercicio, enunciado e instrucciones. Toda esta información constituirá el enunciado del ejercicio.

Alta de ejercicios -Paso 1-

Rellene los siguientes campos para añadir un nuevo ejercicio.

Nota: Los campos marcados con un * son obligatorios.

Si desea volver al menú, pulse [aquí](#).

Nivel *:

Tipo*:

Enunciado *:

Instrucciones *:

Fig. 44 Detalle del primer paso de composición de ejercicios

El segundo paso consiste en elegir, entre las disponibles, una imagen que sirve de apoyo al enunciado, normalmente mostrando las alternativas de la solución a elegir. Véase la Fig. 45.

Alta de ejercicios -Paso 2-

Seleccione la imagen que desea subir.

Nota: Debe tener la extensión ".jpg" para que sea válida.

Si desea volver al menú, pulse [aquí](#).

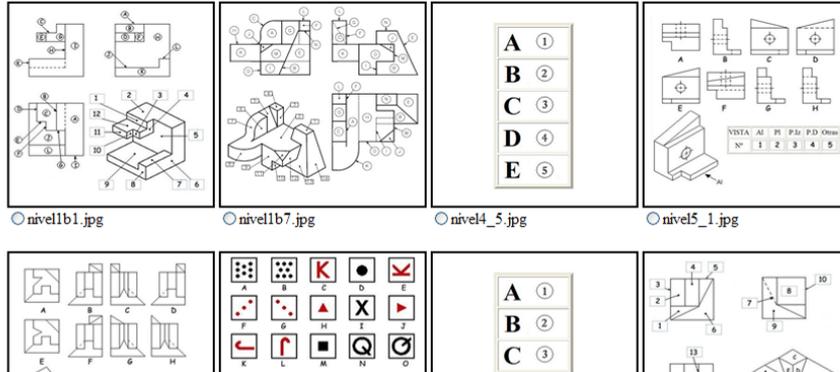


Fig. 45 Detalle del paso 2 de composición de ejercicios

El tercer paso es la elección del vídeo entre todos los disponibles. Se trata de un vídeo que indica la forma de resolver el ejemplo o ejercicio. Este paso es opcional, si no se quiere incluir un vídeo en el ejemplo o ejercicio solo hay que pulsar el botón “Continuar”. Si se quiere incluir un vídeo se debe seleccionar el deseado y a continuación pulsar “Continuar” (Fig. 46).

Alta de ejemplos -Paso 3-

Seleccione el vídeo que desea subir.

Nota: No es obligatorio subir vídeos en los ejemplos.

Si desea volver al menú, pulse [aquí](#).

- SOL3C.AVI
- SOL1B.AVI
- SOL3A.AVI
- SOL4.AVI
- SOL1A.AVI
- SOL5.AVI
- SOL2.AVI
- Copia de SOL1A.AVI

Fig. 46 Detalle de pantalla de incorporación de vídeo al ejemplo o ejercicio

El cuarto paso solicita elegir el fichero del modelo 3D asociado al ejemplo o ejercicio, puede ser una pieza (extensión EPRT) o un ensamblaje (extensión EASM). Véase la Fig. 47.

Alta de ejercicios -Paso 4-

Seleccione el archivo eDrawings que desea subir.

Nota: Los archivos deben tener extensiones ".eprt" o ".easm" para que sean válidas.

Si desea volver al menú, pulse [aquí](#).

- nivel1b5.EPRT
- nivel3c2.EPRT
- nivel5_2.EPRT
- nivel3c6.EPRT
- nivel3c1.EPRT
- nivel3a4.EPRT
- nivel3a7.EPRT
- nivel3a6.EPRT

Fig. 47 Detalle del paso 4 de composición de ejercicios

El quinto paso existe para introducir el número de alternativas que se ofrecen en cada ejercicio para elegir las soluciones. Esta variable es necesaria para introducirla en la fórmula de valoración de los ejercicios, dado que dicha fórmula tiene en cuenta la posibilidad de acertar al azar las respuestas al rellenar las casillas de forma aleatoria por parte del alumno.

El sexto y último paso es para introducir las soluciones correctas del ejercicio. Hay que introducir una letra o número, que se corresponda con las opciones de la imagen de apoyo al enunciado del ejercicio y pulsar el botón "Continuar". Las casillas que sobran se dejan vacías. Véase la Fig. 48. Si se ha pulsado el botón "Continuar" y la primera casilla esta vacía, se muestra un mensaje de error explicativo y se devuelve al usuario a la página de alta de ejemplo o ejercicio.

Alta de ejemplos -Paso 6-

Rellene los siguientes campos para introducir las respuestas a su ejemplo (máximo 31 respuestas).

Nota: Máximo un caracter por respuesta.

Si desea volver al menú, pulse [aquí](#).

1 <input type="text"/>	2 <input type="text"/>	3 <input type="text"/>	4 <input type="text"/>	5 <input type="text"/>
6 <input type="text"/>	7 <input type="text"/>	8 <input type="text"/>	9 <input type="text"/>	10 <input type="text"/>
11 <input type="text"/>	12 <input type="text"/>	13 <input type="text"/>	14 <input type="text"/>	15 <input type="text"/>
16 <input type="text"/>	17 <input type="text"/>	18 <input type="text"/>	19 <input type="text"/>	20 <input type="text"/>
21 <input type="text"/>	22 <input type="text"/>	23 <input type="text"/>	24 <input type="text"/>	25 <input type="text"/>
26 <input type="text"/>	27 <input type="text"/>	28 <input type="text"/>	29 <input type="text"/>	30 <input type="text"/>
31 <input type="text"/>	32 <input type="text"/>	33 <input type="text"/>		

Fig. 48 Detalle del paso 6 de composición de ejemplos

Una vez compuesto el ejercicio o ejemplo el alumno lo verá como en la Fig. 49. En dicha figura se puede observar como se encajan las acciones realizadas en cada paso del alta de ejercicios. Como se trata de un ejercicio no figura el paso 3; el paso 5 que es el número de alternativas, se extrae de las opciones de la imagen del paso 2, en este caso de la A a la H, es decir, ocho alternativas.

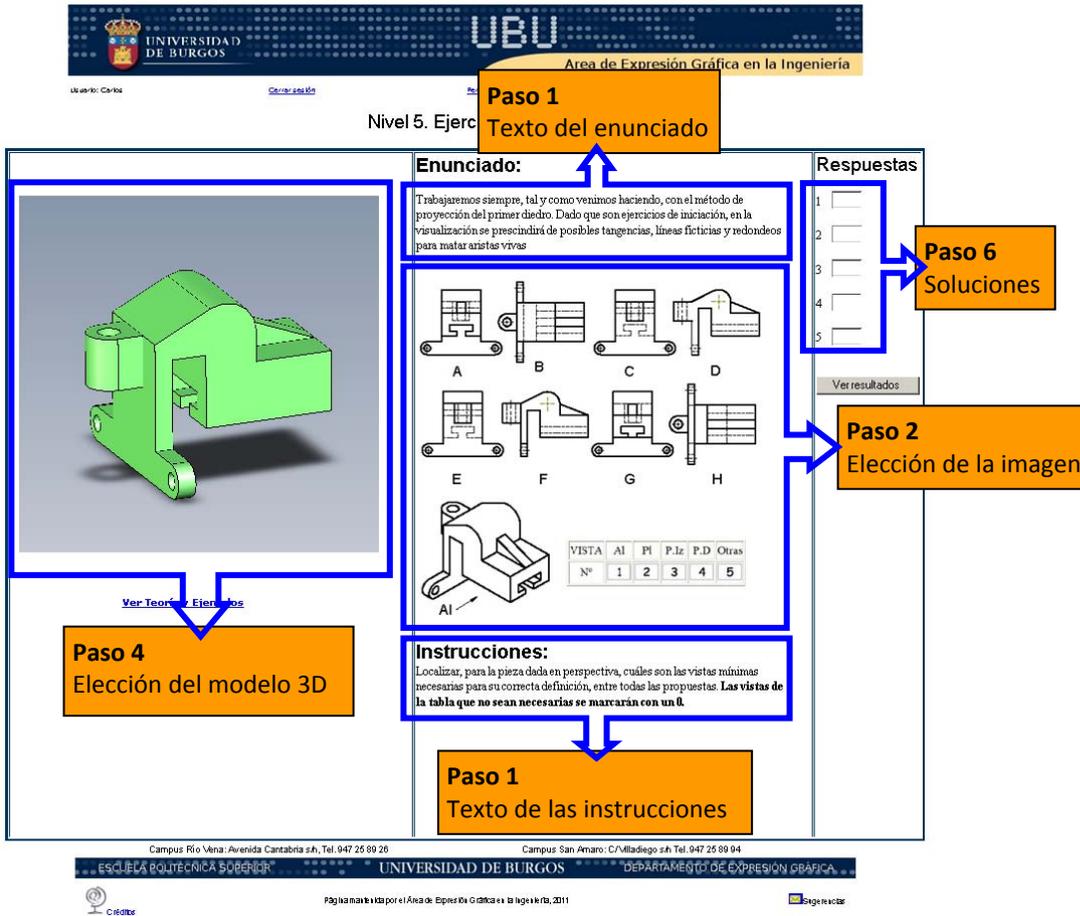


Fig. 49 Esquema de confección de un ejercicio

3.5 Tecnología empleada y recursos de software en ILMAGE_SV

3.5.1 Recursos de software

El software específico empleado para el desarrollo de ILMAGE_SV ha sido:

- Sistema operativo Windows XP, Service Pack 2
- Navegador Internet Explorer v.6
- MySQL v.4.0
- PHP v.4
- PHPmyAdmin
- DreamWeaver CS3
- Apache (HTTP Server)
- Plug-in del visualizador 3D eDrawings
- GIMP v2.2

En cuanto a las herramientas destinadas al desarrollo del sitio web, se va a trabajar con EasyPHP (programa que instala en un solo paso el servidor Apache, junto con el módulo para programación en PHP y la base de datos MySQL). Este programa es de libre distribución.

Para realizar la carga de archivos php en el servidor de la Universidad de Burgos se necesita un programa FTP genérico.

3.5.2 Tecnología utilizada

Para poder integrar el gestor de contenidos y la base de datos del taller de visualización en los servidores de la Universidad de Burgos y crear un sitio Web interactivo mediante el uso de tecnologías Open Source, se emplea Apache como servidor Web, PHP y MySQL para conseguir un sitio dinámico, amigable y sencillo de navegar.

Dado que PHP cuenta entre sus características con la posibilidad de funcionar tanto bajo Unix como bajo Windows, además de ser compatible con cualquier tipo de servidor Web, esto dará gran flexibilidad a la hora de seleccionar el sistema operativo. Además MySQL presenta la misma versatilidad entre plataformas. Son por lo tanto dos apuestas seguras en el desarrollo Web. Por ello se considera apropiada su selección para el desarrollo del CMS.

Así mismo, se ha seleccionado como servidor Web Apache, ya que también presenta gran versatilidad y es compatible con PHP. El servidor Web Apache permite que las páginas Web situadas en una máquina conectada a Internet puedan ser presentadas al resto de máquinas conectadas a la red. Existen gran cantidad de módulos que se pueden añadir a este servidor para dotarle de mayor funcionalidad, entre los que se incluye el módulo SSL (que convierte a Apache en un servidor seguro). Entre la ventajas de este servidor se pueden citar que: es gratuito, es código abierto, es el servidor para el que existen más módulos y más documentación, aparecen nuevas versiones rápidamente, es usado por más del 50% de los servidores, disponible tanto para UNIX como para Windows 9x/NT, Amiga u OS/2, es simple, puede trabajar con SSL y admite "cookies".

El lenguaje PHP es un lenguaje de programación procedural, parecido a JavaScript o a C, que se ejecuta en el servidor y el resultado es enviado al navegador, por eso permite acceder a los recursos que tenga el servidor, como por ejemplo la base de datos. El resultado es normalmente una página HTML, pero igualmente podría ser otro. Algunos de los competidores más importantes de PHP son Perl, Microsoft Active Server Pages (ASP), Java Server, Páginas (JSP), etc. En comparación con estos productos, PHP tiene entre otras ventajas las siguientes: alto rendimiento, interfaces con diferentes bases de datos, librerías para determinadas tareas Web, bajo coste, fácil de aprender y usar, portable, disponibilidad del código fuente.

MySQL es un sistema gestor de bases de datos relacionales, muy rápido y robusto. Una base de datos, te permite almacenar, buscar, ordenar y obtener información de forma eficiente. El servidor de MySQL controla el acceso a los datos para asegurar que múltiples usuarios pueden trabajar con la base de datos de forma concurrente, para proporcionar acceso rápido a la misma, y asegurar

que sólo los usuarios actualizados pueden conseguir el acceso. De ahí que MySQL sea un servidor multiusuario y multihilo. MySQL emplea SQL (Structured Query Language), que es el lenguaje de base de datos de consulta estándar.

Algunos de los competidores más importantes de MySQL son PostgreSQL, Microsoft SQL Server, y Oracle. En comparación con estas bases de datos, MySQL tiene entre otras ventajas las siguientes: alto rendimiento, bajo coste, fácil de configurar y aprender, portable, disponibilidad del código fuente.

Para el diseño de las páginas Web se utiliza el lenguaje HTML v.4 con el software Adobe DreamWeaver CS3 y para interactuar con la Base de Datos MySQL se utiliza PHPmyAdmin.

Dreamweaver es la herramienta de desarrollo Web líder del mercado que permite a sus usuarios diseñar, desarrollar y mantener de forma eficaz sitios y aplicaciones Web basados en estándares. Con Dreamweaver, los desarrolladores Web lo abarcan todo, desde la creación y el mantenimiento de sitios Web básicos hasta aplicaciones avanzadas compatibles con las mejores prácticas y las tecnologías más recientes. Las funciones y los flujos de trabajo optimizados reducen el tiempo necesario para completar tareas comunes como la integración de datos basados en XML con un flujo de trabajo.

PhpMyAdmin es una herramienta Open Source escrita en PHP que se utiliza para facilitar la tarea de administración de la base de datos MySQL desde el navegador. La interfaz en modo texto del cliente MySQL puede hacer perder la perspectiva de todas las tablas, columnas, filas, tipos y relaciones con las que se ha de trabajar. Por ello, gracias a phpMyAdmin se pueden realizar prácticamente todas las tareas de administración anteriormente realizadas mediante MySQL, desde una interfaz web que destaca por la agilidad de uso que va a aportar. PhpMyAdmin va a permitir administrar de forma completa un servidor MySQL, así como Bases de Datos simples de un usuario en particular.

3.5.3 Selección adecuada del visualizador 3D

En el apartado 2.13 del capítulo 2 ya se comentó que la selección adecuada de un visualizador 3D no es tarea sencilla. Para realizar la selección del visualizador 3D a utilizar en el gestor de contenidos ILMAGE_SV se estableció un sistema de evaluación de visualizadores 3D basado en la metodología QFD (Quality Function Deployment) y para comparar las características de las tres configuraciones de los visualizadores seleccionados, se utilizó la casa de la calidad. La casa de la calidad se trata de una parte del método QFD, y es un diagrama, que se asemeja a una casa, y se utiliza para definir la relación entre los deseos de los clientes y las capacidades de la empresa y/o producto. Aunque, en un principio la casa de la calidad sirve para el diagnóstico del diseño de un producto, también sirve para hacer una comparativa cuantitativa de productos del mercado, en nuestro caso visualizadores 3D para su uso en el aprendizaje en ingeniería gráfica.

El fruto de este estudio de evaluación de visualizadores se traduce en la publicación de un artículo que está en aceptado y pendiente de su publicación en la revista del JCR “*Educational Technology & Society*”. El trabajo lleva por título: “*Assessment of 3D viewers for the display of interactive documents in the learning of graphic engineering*” (Ramos Barbero, Melgosa Pedrosa, & García Maté, en prensa). Ahora se destacarán los aspectos más importantes de la evaluación de los visualizadores llevada a cabo para el gestor de contenidos ILMAGE_SV.

Para conocer cuáles son las necesidades más importantes de los visualizadores 3D para el aprendizaje de ingeniería gráfica, teniendo en cuenta los estudios previos de Tornincasa *et al.* (2008) y de Ortega (2002) y las necesidades de los profesores de nuestra Universidad, han sido definidas por los autores del citado artículo en equipo. Se generaron 30 ítems de las necesidades más importantes distribuidos en 6 apartados: a) visualización, b) manipulación, c) integración en documentos y web, d) integración de formatos y propiedades de archivos, e) rendimiento del software y f) mecanismos y ensamblajes.

Para conocer la importancia de las necesidades de estos visualizadores 3D, se envió por e-mail una encuesta, confeccionada con los 30 ítems de necesidades, a profesores de universidades españolas, que por su bibliografía están relacionados con el uso de visualizadores 3D en la docencia. Los resultados de la encuesta sirvieron para cuantificar la importancia de los 30 ítems. Las tres necesidades de los visualizadores más valoradas son: zoom, traslación y rotación libre o sobre ejes (4.66 puntos sobre 5), vistas predefinidas y standard (4.2 puntos) y manejo sencillo e intuitivo (4,14 puntos).

Inicialmente se han estudiado las características técnicas de 26 software para visualización 3D (visualizadores, publicadores, formatos de salida 3D): Adobe Acrobat Pro Extended, RxView, SpinFire Professional, MYRIAD, XVL Studio Pro, Publisher3D Professional and Pages3D Professional, Deep Exploration CAD Edition, eDrawings Professional, 3DVIA Composer, Anark Core Workstation, Cortona 3D viewer (Parallelgraphics), Viewpoint Media Player, kaon web3D, Hoops Stream Toolkit, 3D XML player, AutoVue (Oracle), Meshlab, OneSpace Designer – 3D Access, 3D-Tool, Alteros 3D, Cult3D (Cycore Systems), Delcam Exchange, 3DVIA-printscreens, Autodesk® Design Review, COLLADA, Interactive Product Animator (IPA).

Como consecuencia de este primer estudio los autores se dieron cuenta de que en el proceso de selección de visualizadores 3D para la docencia, no solo hay que tener en cuenta los software específicos de visualización, sino que, es necesario tener en cuenta además todos los elementos que intervienen en el proceso, esto es, el paquete de CAD (SolidWorks, Catia, Solid Edge, Inventor, Pro/Engineer, NX, etc.), el publicador, el formato de salida (3D XML, VRML, COLLADA, etc.), el viewer/plug-in (eDrawings, MYRIAD 3D Reader, etc.), y el formato del documento.

Teniendo en cuenta estos elementos, las alternativas que se han considerado son dos (Fig. 50): la primera se genera partiendo del modelo CAD que se exporta a un formato de visualización y

mediante el plug-in o visualizador correspondiente se integra en el documento, y en la segunda se necesita además un publicador que admita el formato CAD y lo exporte a un formato compatible con el modelo o tipo de documento.

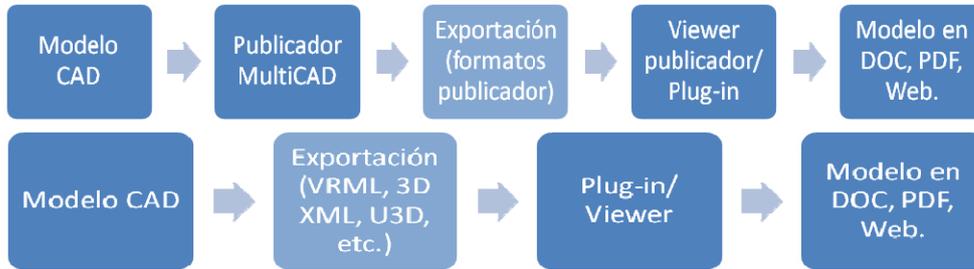


Fig. 50 Dos alternativas de los visualizadores

Después de un primer estudio de las características técnicas de los 26 software, teniendo en cuenta las dos alternativas anteriores, los paquetes de CAD disponibles, y la posibilidad de tener documentos con modelos 3D interactivos, se han seleccionados tres casos de configuraciones de visualizadores 3D para el aprendizaje en ingeniería gráfica, que son las que se van a evaluar:

Configuración A (Fig. 52). Exportando los modelos en formato eDrawings (*.eprt o *.easm) desde SolidWorks. Los ficheros obtenidos guardan las animaciones y herramientas de revisión de los modelos CAD (Fig. 51), pudiéndose manipular los modelos con el visualizador libre de eDrawings.



Fig. 52 Configuración A

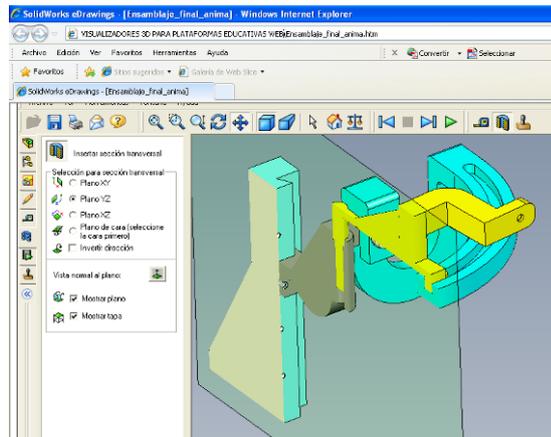


Fig. 51 Ejemplo de herramienta de corte con eDrawings.

Fuente propia.

Configuración B (Fig. 54). En una primera fase se exportan los modelos desde Catia a formato 3D XML, y por medio del visualizador libre 3D XML Player, los modelos se pueden manipular conservando las animaciones generadas de Catia (Fig. 53), pero sin herramientas de revisión.

En una segunda fase con el Publisher de eDrawings integrado en Catia (Fig. 54), se exporta el modelo CAD en formato eDrawings, y ahora con el visualizador libre de eDrawings, ya se cuenta con herramientas de revisión (secciones, mediciones, anotaciones, etc.), pudiéndose integrar el archivo en documentos de Office o de

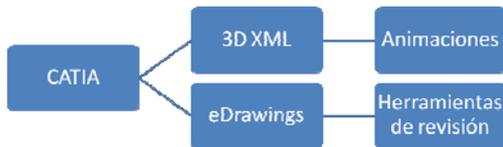


Fig. 54 Configuración B

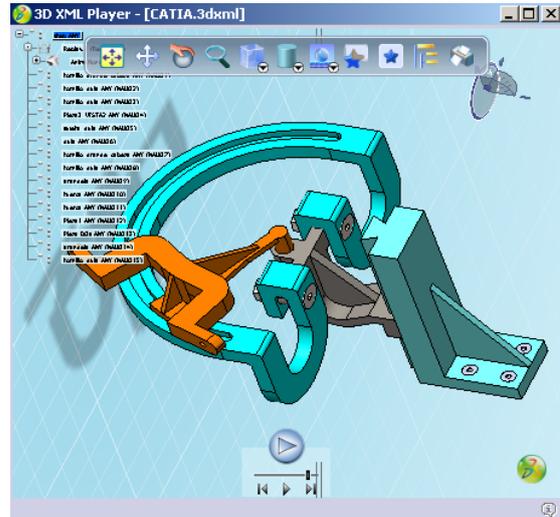


Fig. 53 Ejemplo de animación en 3D XML. Fuente propia

Web. Pero ahora se necesitan dos ficheros para realizar lo mismo. Los ficheros eDrawings de Catia y de SolidWorks son casi idénticos, excepto que el primero no convierte las animaciones ni los explosionados.

Configuración C (Fig. 56). En esta configuración se parte de un modelo generado en el Software CAD 3D disponible, se guarda el modelo en el formato predefinido de dicho software CAD 3D, para posteriormente importarlo en el publicador Adobe Acrobat Pro Extended.

Si es necesario incluir alguna animación, ésta se genera con Adobe 3D Reviewer (Fig. 55) y se exportará en formato pdf con la opción U3D ECMA 1 activada. Posteriormente se publica el contenido en documento pdf, o web.

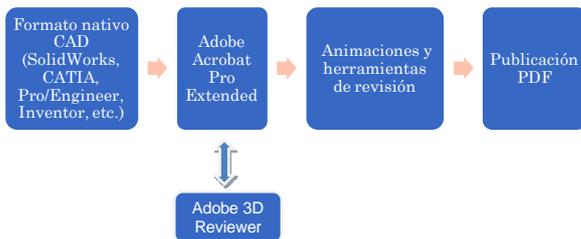


Fig. 56 Configuración C

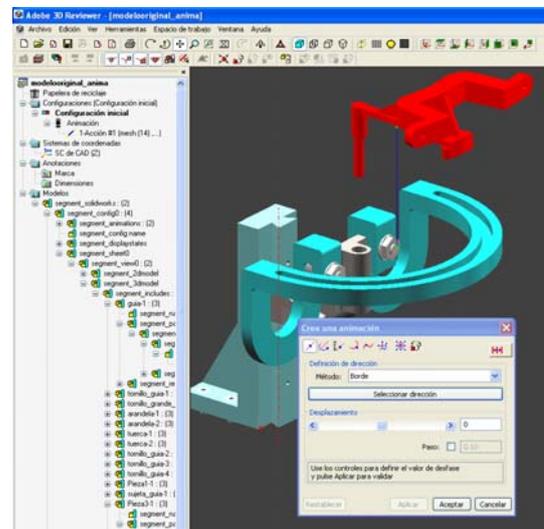


Fig. 55 Ejemplo de animación en Adobe 3D Reviewer.

Fuente propia

Para evaluar las configuraciones se han utilizado los mismos modelos 3D en los distintos software de CAD, ver Fig. 51, Fig. 53 y Fig. 55.

Durante la experimentación se han comprobado algunos aspectos importantes a destacar:

- **En la configuración A.** a) Que los ficheros eDrawings obtenidos de SolidWorks no tiene control del render; b) que permite una visualización, manipulación y revisión de piezas y ensamblaje adecuada; c) que se puede integrar el eDrawings en un documento Microsoft Office (pero no en la presentación de Power Point) perdiendo opciones de revisión del modelo y las animaciones; d) que se pueden incluir planos; e) que si este documento se exporta a *.pdf, se pierde toda la información.
- **En la configuración B.** a) Que se necesita instalar el software de eDrawings de Catia dentro de Catia para obtener los modelos en formato eDrawings; b) que se pierden las animaciones creadas al exportar a eDrawings; c) que desde Catia se puede exportar en formato 3D XML para obtener las simulaciones y con un plug-in se puede manipular el modelo con menos opciones en el visualizador que con eDrawings; d) que se pueden utilizar los ficheros 3D XML dentro de los documentos Microsoft Office para ver las animaciones; y e) que esta configuración B se comporta igual que la configuración A en relación a la pérdida de interactividad al exportar el documento Microsoft Office a formato *.pdf.
- **En la configuración C.** a) Que Adobe Acrobat Pro Extended admite la mayoría de los formatos de los software de CAD; b) que no inserta directamente las animaciones de los software de CAD aunque se pueden generar con el módulo 3D Reviewer dentro de Adobe Acrobat Pro Extended; c) que dentro del documento *.pdf las herramientas de visualización son más numerosas que dentro del documento Microsoft Office; y d) que para los usuarios de estos modelos 3D en *.pdf, sólo es necesario versiones de Adobe Reader superiores a la 7, siendo éstas “freeware”.

Por medio de la casa de la calidad se obtienen cuáles son los “QUÉS” y los “CÓMOS” más importantes a tener en cuenta en la selección de los visualizadores y que a continuación se indican.

Las características técnicas más importantes que deben tener los visualizadores son:

- Facilidad en el manejo.
- Integración en documentos y páginas web (Microsoft Office, Adobe Acrobat, plataformas educativas y distintos navegadores).
- Variedad en los modos de visualización (aristas vistas, aristas ocultas, etc.).
- Rapidez en la manipulación.
- Capacidad de visualizar cotas y anotaciones.

Estudiando las medias de los requisitos de los clientes (profesores de universidades españolas), resultan imprescindibles:

- Vistas predefinidas y estándar.
- Zoom, traslación y rotación libre o sobre ejes.
- Importación y exportación (variedad de formatos).
- Manejo sencillo e intuitivo.
- Precio (a ser posible “freeware”).

- Instalación sencilla.
- Ocultación de componentes.

Los requerimientos más importantes de los clientes teniendo en cuenta la encuesta a los profesores y la matriz de relaciones con los “CÓMOS”, se denominan importancia absoluta de los “QUÉS”. Estos difieren sensiblemente de los valores de la encuesta y son:

- Intercambio de formatos: importación y exportación (variedad de formatos).
- La manipulación por medio de: zoom, traslación, rotación libre o sobre ejes, cortes y secciones dinámicas.
- Manejo sencillo e intuitivo del visualizador y tiempo de respuesta rápida.
- Control de visualización (transparencias, escenarios, modos), y vistas predefinidas y estándar dentro de la visualización.
- Integración de los modelos 3D en la web y en distintos navegadores.

La valoración competitiva global de las tres configuraciones ha sido finalmente A=7.5, B=6.7 y C=7.1. Esta valoración es alta en las configuraciones A y C, no destacando la una sobre la otra. La valoración de la configuración B es aceptable. Como las diferencias de puntuación no son muy elevadas, en general, la elección de una u otra configuración será más una cuestión del software de CAD utilizado y en qué tipo de documento interactivo se desea introducir el modelo 3D.

Globalmente, las valoraciones de las tres configuraciones están próximas, sin embargo de la experimentación con estas configuraciones, se pueden indicar algunas diferencias entre ellas:

- El visualizador eDrawings dispone del mayor número de herramientas de revisión del diseño, desde el punto de vista de ingeniería. Se puede exportar a formato eDrawings desde la mayoría de software de CAD. Las animaciones creadas en SolidWorks se conservan en el formato eDrawings, pero no las creadas en Catia.
- El formato 3D XML es un formato propio de Dassault Systemes (propietario de SolidWorks y Catia), que mantiene las animaciones de los modelos, pero donde no se dispone de herramienta de revisión del modelo (como por ejemplo, medir).
- Los ficheros *.pdf obtenidos con Adobe Acrobat Pro Extended, admiten la mayoría de los formatos de CAD, pero no convierten las animaciones desde los modelos CAD, y disponen del mayor número de herramientas de visualización y manipulación pero desde un punto de vista de un programa de CAD de propósito general.

Teniendo en cuenta todo lo dicho para el gestor de contenidos ILMAGE_SV la elección ha sido la configuración A. El visualizador 3D elegido, por lo tanto es eDrawings.

3.6 Niveles de aprendizaje

Cada uno de los ejercicios de cada uno de los cuatro primeros niveles propuestos por Pérez (1998) se diseñan en la ILMAGE_SV con tres tipos de ficheros de forma automática, éstos son:

un fichero eDrawings con el modelo 3D (*.eprt o *.easm), un fichero de una imagen (*.jpg), ambos deben subirse donde está alojada la aplicación, y el tercer fichero *.php, donde se introducen los datos de: enunciado, número de alternativas, selección de la imagen, selección del modelo 3D eDrawings y las soluciones correctas.

Dentro de cada uno de los ejercicios del taller y gestor de contenidos, se puede manipular el modelo 3D del fichero eDrawings por medio de los botones del ratón, pudiendo realizar zoom, giros y encuadres. Esta manipulación ayuda a los alumnos en la visualización y giros de los modelos mentalmente, ya que puede realizar esos movimientos previamente en el ordenador.

A continuación se indican las características de los distintos niveles de aprendizaje y se presenta un ejemplo de cada uno de ellos.

Nivel 1: Identificación. Reconocimiento de las superficies de las vistas normalizadas en la perspectiva (Fig. 57) y viceversa (Fig. 58). Se ha denominado “nivel 1a” al primer caso, y “nivel 1b” al segundo.

Nivel 1a. Ejercicio tipo:A

Enunciado:
Identificar en las proyecciones diédricas de la pieza dada, qué superficies se corresponden con la perspectiva.

Instrucciones:
Rellenar las casillas con la letra correspondiente.

Respuestas:

1	a	✗
2	c	✓
3	b	✓
4	e	✓
5	e	✗
6	i	✓
7		✗
8	d	✓
9	h	✓
10	i	✓
11	l	✓
12	b	✓
13		✗
14	j	✗
15	l	✓

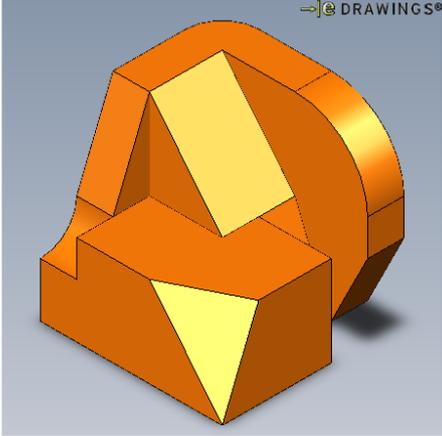
Fig. 57 Identificación de las superficies de las vistas normalizadas en la perspectiva

En el nivel 1a se rellenan cada una de las casillas de la parte derecha de la Fig. 57 con las letras de la perspectiva que se corresponden con las superficies numeradas en las vistas principales normalizadas.

En el nivel 1b se rellena con las letras de las vistas principales normalizadas perspectiva, cada una de las casillas de la parte derecha de la Fig. 58 que se corresponden con las superficies numeradas

de las vistas en perspectiva. Después de pulsar el botón “Ver resultados”, el sistema devuelve: las respuestas acertadas, , las respuestas erróneas, , las no contestadas, ; el número de respuestas acertadas, erróneas y no contestadas, y por último la puntuación (Fig. 57). Al mismo tiempo esta información es enviada a la base de datos para que el profesor pueda realizar el seguimiento del aprendizaje del alumno.

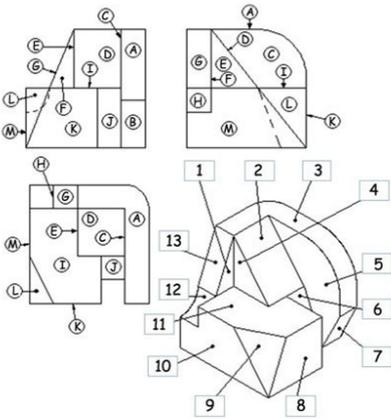
Nivel 1b. Ejercicio tipo:A



→ DRAWINGS®

[Ver Teoría y Ejemplos](#)

Enunciado:
Identificar en la perspectiva, las superficies que vienen representadas por sus proyecciones diédricas.



Instrucciones:
Rellenar las casillas con la letra correspondiente.

Respuestas

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

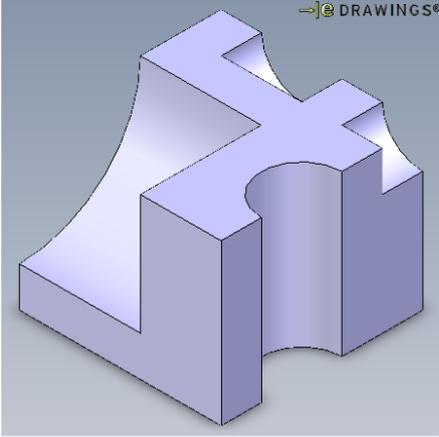
13

Ver resultados

Fig. 58 Identificación de las superficies de la perspectiva en las vistas normalizadas

Nivel 2: Comprensión. Consiste en localizar cuales de las vistas dadas, se corresponden exactamente con algunas de las vistas normalizadas (alzado, planta y perfil) del modelo dado en perspectiva. Se dispone del modelo en formato eDrawings para realizar las distintas manipulaciones (Fig. 59).

Nivel 2. Ejercicio tipo:A



DRAWINGS®

[Ver Teoría y Ejemplos](#)

Enunciado:

Localizar, para la pieza dada, cuáles son las vistas correctas, entre todas las propuestas, teniendo claro cuál ha sido la dirección de proyección de la misma.

A

B

C

D

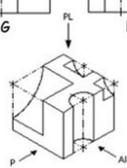
E

F

G

H

I



Alzado. 1

Planta. 2

Perfil. 3

Respuestas

1

2

3

Ver resultados

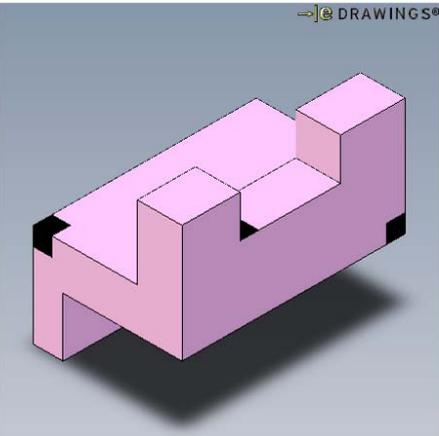
Instrucciones:
Rellenar las casillas con la letra correspondiente.

Fig. 59 Comprensión

La mecánica de resolución y la valoración que hace el gestor es igual que en el nivel 1.

Nivel 3: Aplicación. Este nivel se divide en tres tipos de ejercicios, dos de ellos basados en desarrollos de modelos (o desplegados) que requieren la comprensión del giro de una cara manteniendo el resto de las caras fijas en cada uno de los pasos (Fig. 60 y Fig. 61), y el tercer tipo de ejercicio donde se propone el giro completo del objeto con respecto a los ejes x,y,z valores de 90°, 180° y 270°, manteniendo fijo el punto de vista (Fig. 62).

Nivel 3a. Ejercicio tipo:A



DRAWINGS®

Enunciado:

Discriminar cuál es el desarrollo que se corresponde con el volumen dado.

A

B

C

D

Respuestas

1

Ver resultados

Fig. 60 Aplicación de desarrollo de objetos

114

En el nivel 3a se debe elegir el desarrollo correcto del modelo 3D presentado a la izquierda de la pantalla, se recuerda que este modelo 3D puede ser manipulado para observar la pieza desde todos los ángulos que se precisen. Véase la Fig. 60.

En el nivel 3b (Fig. 61) se debe completar el desarrollo de un cubo, que es el modelo 3D, eligiendo las caras correspondientes y en la posición adecuada.

Nivel 3b. Ejercicio tipo:A

Enunciado:
Confeccionar el correcto desarrollo del volumen dado eligiendo las caras correspondientes.

A	B	C	D	E
F	G	H	I	J
K	L	M	N	O

Partial net structure:

1			
	2	3	4
5			

Respuestas

1

2

3

4

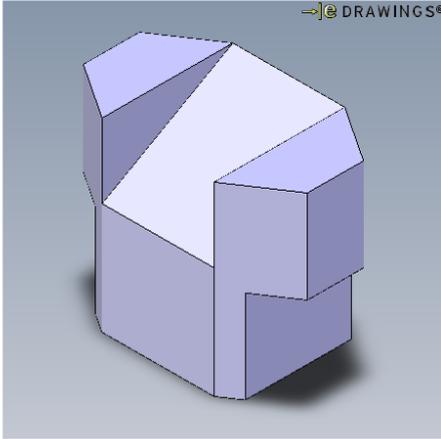
5

Ver resultados

Fig. 61 Aplicación de desarrollo del cubo

El nivel 3c consiste en identificar la vista pedida al girar el modelo 3D una cantidad de grados respecto de los ejes indicados, se mantiene siempre el punto de vista. Véase la Fig. 62.

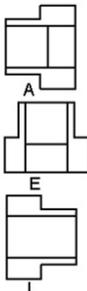
Nivel 3c. Ejercicio tipo:A



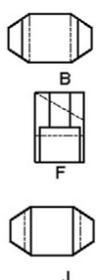
Ver Teoría y Ejemplos

Enunciado:

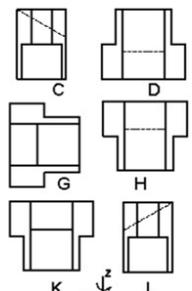
Dados, un volumen en perspectiva, tres ejes, x, y, z, incluidos en la misma, alrededor de los cuales puede girar dicho volumen; y dada una vista fija correspondiente a la perspectiva dada.



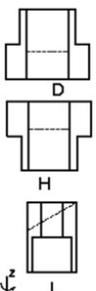
A
E
I



B
J

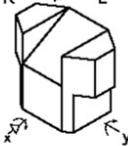


C
F
K
L



D
H

	X	Y	Z
90°	1	2	3
180°	4	5	6
270°	7	8	9



Instrucciones:

Determinar qué vistas de alzado se corresponden con la pieza cuando ésta ha girado 90°, 180° y 270° alrededor de los 3 ejes. Nota: Recuerda que el punto de vista es fijo, siempre en la dirección de alzado X.

Respuestas

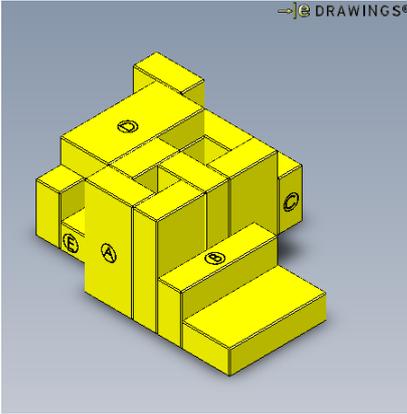
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9

Ver resultados

Fig. 62 Aplicación de giros de objetos

Nivel 4: Análisis I. En este nivel se deben identificar y contar los prismas que están en contacto con los distintos prismas A, B, etc. marcados en la Fig. 63.

Nivel 4. Ejercicio tipo:A



Ver Teoría y Ejemplos

Enunciado:

Se parte de un conjunto de volúmenes prismáticos iguales cuyos lados están en la proporción 1-2-4. Dichos prismas están apilados de manera que algunas de sus superficies están en contacto no se consideran contactos entre aristas.

A	①
B	②
C	③
D	④
E	⑤

Instrucciones:

Uno o varios de los prismas del modelo aparecen señalados con una letra. Rellena la tabla, indicando el número de prismas que están en contacto con el señalado con la letra.

Respuestas

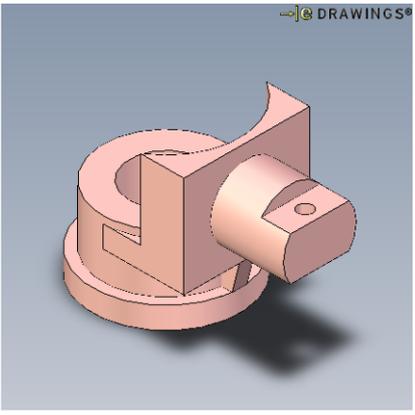
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Ver resultados

Fig. 63 Análisis de prismas en contacto

Nivel 5: Análisis II. Se deben analizar cuales de las vistas dadas se corresponden con algunas de las posibles vistas de la perspectiva de la pieza que juntas conforman las vistas mínimas necesarias para definir completamente la pieza (Fig. 64).

Nivel 5. Ejercicio tipo:A



[Ver Teoría y Ejemplos](#)

Enunciado:

Trabajaremos siempre, tal y como venimos haciendo, con el método de proyección del primer diedro. Dado que son ejercicios de iniciación, en la visualización se prescindirá de posibles tangencias, líneas ficticias y redondeos para matar aristas vivas.


A


B


C

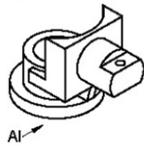

D


E


F


G


H



VISTA	Al	Pl	P.Iz	P.D	Otras
Nº	1	2	3	4	5

Respuestas

1

2

3

4

5

Ver resultados

Fig. 64 Análisis de vistas

En éste, como en todos los ejercicios anteriores, también se incluye, en la parte izquierda, el modelo 3D en formato eDrawings que puede ser manipulado.

Este taller integrado en el CMS dispone actualmente de 70 ejercicios distribuidos en los distintos niveles.

CAPITULO 4 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

4.1 Metodología

El diseño de la experimentación, en nuestro caso, se encuentra situado entre un diseño experimental verdadero y un diseño cuasiexperimental, pues aunque se ha utilizado la técnica del emparejamiento para la formación de los grupos, éstos vienen de alguna manera ya dados, en función del turno y especialidad a la que pertenecen. Como se quiere lograr la validez interna, los grupos deben ser comparables e iguales en todo, salvo en la variable o variables que se quieren estudiar.

El estudio que se va a realizar se limita a la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Burgos, durante los cursos académicos de 2009-2010 y 2010-2011. Se realizó una experiencia docente con un total de 270 alumnos de primer curso de la asignatura expresión gráfica de las titulaciones de ingeniería industrial de la Universidad de Burgos (Especialidades de mecánica, electrónica y organización). La mitad de estos alumnos han utilizado el gestor ILMAGE_SV y la otra mitad asistió a las clases de teoría y realizó las prácticas de visualización de manera tradicional. Por lo tanto, la única diferencia entre los dos grupos ha sido el método de enseñanza-aprendizaje.

Previamente, durante el año 2008 y parte del 2009, se realizaron pequeñas pruebas con profesores y alumnos con el ánimo de detectar y solucionar todos los problemas de funcionamiento del taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV, corregir errores de programación, mejorar el aspecto y la navegación, etc., en definitiva, dejar el gestor de contenidos preparado para ser utilizado por los alumnos y profesores durante el siguiente curso.

Para comenzar el experimento, la primera semana, se realizó un test para medir la capacidad espacial de los alumnos y recoger datos relacionados con el sexo, conocimientos previos de dibujo técnico, procedencia, etc. Con los resultados de este test se procedió a formar los grupos de experimentación y de control respectivos. La semana siguiente comenzaron las prácticas tanto del grupo de experimentación como el de control. Como están programadas tres prácticas de una hora de duración, en la quinta semana de la experimentación se realizó a todos los alumnos un control de visualización sin la utilización de las herramientas de ayuda utilizadas por cada grupo, es decir, a mano alzada. En esta última semana se pasó también una encuesta, solamente a los alumnos del grupo de experimentación, para evaluar la calidad y facilidad de uso del taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV. Coincidiendo con el examen final de cada asignatura se añadió al examen un pequeño test para comprobar la influencia del método empleado, en el desarrollo de la capacidad de visualización espacial al terminar el curso.

Después de analizar los resultados previos de la primera experimentación se decidió que era necesaria una segunda experimentación durante el curso 2010-2011, en la que además, se realizara un pre test diferente y un post test de medida de la capacidad de visión espacial para poder observar la ganancia de visión espacial con un instrumento de medida más adecuado.

4.2 Formulación del problema de investigación

Dentro del área de expresión gráfica, una de las mayores preocupaciones de los profesores es el desarrollo de las habilidades espaciales de los alumnos, sobre todo para los de nuevo ingreso. Por este motivo el estudio, desarrollo y mejora de la capacidad de visualización espacial en nuestros alumnos ha sido un punto permanente de atención en la investigación a lo largo de la historia. Incluso un examen superficial de las publicaciones y presentaciones de todo tipo en este área, muestran una larga historia de presencia de las habilidades espaciales en el desarrollo de los planes de estudios (P. E. Connolly, 2009). Aparte del conocimiento de las reglas y las normas se deben desarrollar las habilidades espaciales, para poder comprender las asignaturas relacionadas con la expresión gráfica (Olkun, 2003) (N. Martín *et al.*, 2008).

Un número importante de alumnos que entran en nuestra Universidad tienen poco desarrolladas sus *capacidades espaciales*, principalmente por ser el dibujo técnico una materia optativa en el bachillerato. Según la definición de capacidad espacial aportada por Saorin *et al.* (2009), los alumnos que necesiten mejorar las capacidades espaciales se pueden apoyar: en el uso de alguna de las muchas colecciones de test de visualización espacial existentes; en el uso de juegos interactivos o talleres de visualización espacial; y en la realización de ejercicios disponiendo de las piezas reales, en realidad aumentada o de forma virtual en el ordenador.

La progresiva reducción del número de horas asignadas a desarrollar los contenidos de expresión gráfica, ha llevado a reducir, e incluso a eliminar, en algunos casos, ciertos contenidos de nuestros temarios que está demostrado (referencia a sistemas de representación) que desarrollan la capacidad de visión espacial. Para suplir estas carencias se comenzó hace unos años a utilizar el ordenador como herramienta de mejora de esta capacidad, llegando algunos autores a demostrar que el ordenador mejoraba la capacidad de visión espacial (Saorín Pérez, Martín Dorta, & Navarro Trujillo, 2005). Al detectar que nuestros alumnos, a pesar de la utilización del ordenador, seguían con problemas de visualización en 3D, se pensó que eran necesarias además, otras herramientas creadas de forma específica para el desarrollo de esta capacidad.

Además, en la nueva regulación de los estudios de ingeniería en España está citado expresamente que el desarrollo de la capacidad de visión espacial es una competencia que los estudiantes deben adquirir (BOE_num.42-44, 2009).

El grupo de innovación docente, IDIGRA, de la universidad de Burgos, al que el autor de esta tesis pertenece, tiene una de sus líneas de innovación centrada en el desarrollo de las habilidades espaciales de los alumnos, sobre todo para los de nuevo ingreso.

Varios investigadores creen que la componente más crítica de la destreza de la representación gráfica es la habilidad de visualización espacial de objetos (Hake, 2002) (S. Sorby, 2000) (Miller & Bertoline, 1991). En esta misma idea se manifiestan Scribner & Anderson (2005), quienes recomiendan que los profesores debieran incorporar en las técnicas de aprendizaje de visualización

espacial de sus alumnos, herramientas que mejoren el desarrollo de la visualización espacial, tales como: bocetos, modelos reales que se puedan tocar, modelado sólido con programas de CAD, proyecciones isométrica y ortogonal. En España un estudio realizado por Ortega *et al.* (2010), en las empresas del País Vasco, pone de manifiesto que es muy importante el dibujo industrial para el desarrollo de la capacidad espacial, de la creatividad, y como medio de comunicación entre técnicos.

Prácticamente todas las asignaturas de nuestro área de conocimiento ya están creadas y adaptadas según dictan las directrices del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Este proceso ha supuesto grandes cambios educativos: en la unidad de valoración de la actividad académica, en las funciones del profesor y del alumno y por último en el concepto enseñanza-aprendizaje. La evaluación continua y el seguimiento del aprendizaje de los alumnos universitarios, atendiendo a los criterios del EEES propuesta en Bolonia, es el elemento clave en la evaluación de nuestros alumnos. Esto justifica la necesidad de diseñar sistemas de gestión de contenidos y del aprendizaje del alumno que controlen: ¿Quién?, ¿Cuándo?, ¿Cuánto?, ¿Cómo? (con orden, siguiendo los niveles propuestos, o de forma aleatoria), ¿Dónde han entrado nuestros alumnos? y ¿Qué resultados han obtenido nuestros alumnos?

Al mismo tiempo se está en pleno desarrollo de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC's). Las TIC's proporcionan un aprendizaje más flexible y permiten que diversas personas en distintos tiempos realicen actividades de aprendizaje adaptadas a su forma y velocidad de aprender. Las personas perciben y adquieren conocimiento de manera distinta, tienen ideas de manera distinta y actúan de manera distinta. Parece suficientemente demostrado que los estudiantes aprenden con más efectividad cuando se les enseña con sus estilos de aprendizaje predominantes (Gallego Rodríguez & Martínez Caro, 2003). Lo realmente complicado es llevarlo a cabo, sobre todo con un sistema de enseñanza tradicional.

La universidad debe adaptarse a las necesidades de la sociedad actual, que demanda entre otras cosas una formación a lo largo de toda la vida, flexible y abierta, utilizando para ello las TIC's (Del Río Cidoncha *et al.*, 2006).

Los profesores deben ayudar a sus alumnos en su trabajo de aprendizaje, lo cual exige dotarnos de herramientas que permitan realizar este aprendizaje de forma autónoma y adaptándose, en lo posible, a la forma de aprender del alumno (Zurita de la Vega & Tato Sánchez del Valle, 2008). Además es necesario realizar un seguimiento y posterior análisis del proceso de aprendizaje. Este seguimiento lo deben realizar los propios alumnos y en mayor medida los profesores; por este motivo es necesaria una recogida de datos muy diversa para poder realizar este seguimiento. Se debe, por lo tanto, encontrar también la mejor manera de gestionar toda esta información.

En esta tarea no se debe olvidar ninguna herramienta, desde el papel y el lápiz a la tecnología más puntera, pues de todos es sabido que las herramientas en sí mismas no aportan nada si

no se sabe manejarlas. No obstante, la calidad de las herramientas es fundamental para que sean eficaces en su cometido (Zurita de la Vega & Tato Sánchez del Valle, 2008) (N. Martín *et al.*, 2008) (J. Martín *et al.*, 2008).

Por ello, se piensa que se debe investigar en los estilos de aprendizaje de esta componente crítica del aprendizaje de los alumnos de ingeniería, que es la visualización espacial. Y se propone un estilo de aprendizaje donde el alumno tenga a su disposición los modelos de trabajo, pero de forma virtual en el ordenador, como herramienta de apoyo que le ayudará a desarrollar esta visualización espacial mediante la manipulación de estos modelos.

En este caso también está demostrado que las aplicaciones web son una alternativa válida para la mejora del pensamiento visual (Contero *et al.*, 2005). Como se ha indicado es necesario proporcionar el mayor número de posibilidades de aprendizaje a todos nuestros alumnos, y con más motivo a aquellos que posean un menor desarrollo de sus habilidades espaciales. De esta forma se intenta facilitar los distintos estilos de aprendizaje.

4.3 Puesta a punto de ILMAGE_SV

La puesta a punto de ILMAGE_SV, como se ha comentado en el apartado 4.1, se ha realizado con dos grupos reducidos de alumnos y profesores. En el primer grupo se comprobaron los errores funcionales iniciales y en el segundo grupo, en noviembre de 2008, se realizó una pequeña prueba de la aplicación web con 17 alumnos de Ingeniería Técnica Industrial. La finalidad de la prueba fue comprobar el funcionamiento de la aplicación, detectar fallos en el aula de CAD de nuestro área y conocer la opinión sobre la aplicación. Se prepara la prueba con dos ejercicios, uno fácil y otro más difícil, elegidos de todos los disponibles. Inmediatamente después de realizada la prueba, se les pasa a los alumnos un cuestionario de 5 preguntas abiertas para conocer su opinión de la aplicación.

Las preguntas son:

- ¿Puedes ver y manipular la pieza en formato 3D?
- ¿Es complicado manipular el objeto 3D?
- ¿Qué errores has encontrado?
- ¿Te ha resultado complicado entender lo que tienes que hacer en el ejercicio?
- ¿Te parece una forma interesante de mejorar el aprendizaje de la visualización de objetos?

Las conclusiones de esta encuesta son las siguientes:

- Es necesario en todas las pruebas advertir que en algunos ordenadores puede ser necesario desactivar el mensaje de la zona superior del navegador, que por seguridad no permite la activación de los controles "ActiveX".
- Conviene revisar los colores de las piezas 3D y su aspecto al girar la pieza, para evitar que las aristas se vean con dificultad. Sería conveniente guardar las piezas con aristas resaltadas.

- Sería conveniente indicar el funcionamiento y las opciones del visualizador 3D eDrawings. Se debe pensar si merece la pena añadir las posiciones de las vistas estándar, teniendo en cuenta que una de las opciones de eDrawings permite realizar una animación rotando por las seis posiciones estándar y la vista isométrica.
- Existe un problema en la pantalla de inicio al hacer la comprobación de instalación del visualizador eDrawings, se deben visualizar las letras OK, realizadas en tres dimensiones, con el plugin de eDrawings. El problema puede ser por la seguridad del navegador con los ActiveX, o por la versión de eDrawings con la que está grabado el OK.
- Existe un problema en la aplicación con la interpretación de fuentes, en el enunciado e instrucciones de los ejercicios.
- El enunciado y las instrucciones deberían estar más próximos, puesto que las instrucciones no se ven si no desplazas la página con la barra de desplazamiento lateral. Puede ser necesario reducir la altura del encabezamiento y sugerir trabajar a pantalla completa.
- Está claro que es necesario revisar la redacción de los enunciados e instrucciones de los ejercicios, sobre todo en los niveles altos, donde la dificultad es mayor.

Del análisis de estas conclusiones se ha mejorado la aplicación en la medida que ha sido posible. Las mejoras incorporadas, respecto a la primera versión, son:

- La presentación de las piezas 3D con sus aristas en los modelos eDrawings.
- Cambio de colores de los modelos para que exista un mayor contraste en la visualización de las distintas caras.
- Incorporar las vistas estándar en el modelo 3D en formato eDrawings.
- La interpretación correcta de algunos tipos de fuentes de letras.

Esta segunda versión de ILMAGE_SV ha sido la utilizada en los dos cursos académicos que ha durado la investigación.

4.4 Formación de los grupos, comprobación de que son iguales

Cada año de experimentación se disponía de los alumnos de las especialidades correspondientes a las titulaciones existentes. El curso 2009-2010 se disponía de los alumnos de Ingeniería Técnica Industrial con las especialidades de Mecánica y Electrónica. Ambas especialidades se dividían en dos grupos. Para cada subgrupo se crearon dos nuevos grupos, uno experimental que utilizó el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV y otro de control que recibió una enseñanza tradicional. El curso 2010-2011 se trabajó de la misma manera pero en este caso existían tres especialidades, Mecánica, Electrónica y Organización, como consecuencia de la implantación de los nuevos planes de estudio del EEES. La especialidad de Mecánica tenía dos grupos y las de Electrónica y Organización un solo grupo. Para las especialidades de Mecánica y Electrónica se crearon para cada subgrupo, el grupo experimental y el de control. En la especialidad de Organización como tenía pocos alumnos solo se creó el grupo experimental.

Para lograr la equivalencia inicial de los grupos de investigación se utilizó la técnica de apareo o emparejamiento que según Hernández *et al.* (2007) es junto con el azar, otro método de hacer comparables y equivalentes los grupos de experimentación. Se ha elegido el percentil del test DAT SR, como variable dependiente de la medida de la capacidad espacial inicial, además se tuvieron en cuenta otras variables independientes nominales, y en este orden: el sexo, si es de primera matrícula, la procedencia (Bachillerato o FP) y conocimientos previos de DT. En algunos casos al ser tan pequeño el número de alumnos, por ejemplo con las variables sexo, procedencia y DT, existen gran disparidad en el promedio del percentil del DAT SR pero el promedio general del grupo es prácticamente el mismo.

Aunque este método es válido para lograr la equivalencia inicial de los grupos, se van a analizar los grupos experimental y de control para comprobar que no existen diferencias significativas entre ellos. En primer lugar, se realizará el análisis por años de investigación y considerando solo el grupo experimental (E) y el grupo tradicional (T).

Como se trata de dos muestras independientes se realizará la prueba T para este tipo de pruebas. Para esta prueba se exigen tres supuestos, estos son, el supuesto de independencia, normalidad y homocedasticidad (igualdad de varianzas). 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 para los dos años de experimentación.

Tabla 4 Normalidad de DAT_SR para los grupos E y T

Años	GRUPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
2009-2010	E	,099	71	,054	,960	71	,040
	T	,076	70	,200*	,971	70	,102
2010-2011	E	,110	54	,150	,950	54	,026
	T	,088	54	,200*	,952	54	,032

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

En la Tabla 4 como todos los tamaños muestrales son mayores de 50 (los grados de libertad coinciden con el tamaño muestral), tiene más fiabilidad el test de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors. Se comprueba que para los dos años de experimentación existe normalidad para los grupos E y T, por ser el valor de significación (α) mayor de 0,05 en todos los casos.

En la Tabla 5 se puede comprobar que las varianzas son iguales de forma significativa para los dos años de experimentación y en los dos grupos, por ser el valor de significación mayor de 0,05.

Tabla 5 Prueba de Levene de DAT_SR para los grupos E y T

Años	F	Sig.
2009-2010	,347	,557
2010-2011	,015	,904

Al cumplirse los tres supuestos se puede realizar la prueba T para muestras independientes para la variable DAT_SR. Se observa en la Tabla 6 que no existe diferencia significativa ($\alpha > 0,05$) entre la media muestral del grupo experimental (E) y la del grupo de control (T). Por lo tanto, los grupos E y T son estadísticamente equivalentes respecto de la visualización espacial medida por el test DAT-SR.

Tabla 6 Prueba T para DAT_SR por grupos E y T

Años	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
						Inferior	Superior
2009-2010	,717	139	,475	1,118	1,559	-1,965	4,201
2010-2011	,388	106	,699	,648	1,671	-2,665	3,962

4.5 Instrumentos de medición de la capacidad espacial

Los test para medir la capacidad espacial, como ya se ha comentado, son muy numerosos (Eliot & Smith, 1983). Además en numerosos estudios se utilizan diferentes tests para medir esta capacidad, pero aún utilizando el mismo test, para poder comparar los resultados obtenidos, es importante asegurar que se utiliza la misma versión y que se han realizado siguiendo las mismas pautas (tiempo de ejecución distinto, número de ítems distintos, distinto sistema de puntuación, etc.). Según el organismo o institución que ha adaptado y/o validado el test, las versiones de unos países a otros pueden variar.

Aunque como ya se ha expuesto en el capítulo 2, según autores, se distinguen diferentes componentes de la capacidad de visión espacial, para nuestro experimento se van a considerar como componentes de la capacidad de visión espacial las relaciones espaciales o rotación mental y la visualización espacial.

En nuestra experimentación se han utilizado para medir estas dos componentes el test DAT SR Forma L y el test MRT (Mental Rotation Test).

Se han realizado otras pruebas que, aunque no son comparables con otros estudios similares, sí que han servido para comparar el grupo experimental y el grupo de control. Se realizó con esta finalidad un control de visualización y un test final de visualización.

4.5.1. DAT SR (Differential Aptitude Test)

El test DAT-SR, es el test de Aptitudes diferenciales para medir la aptitud de relaciones espaciales, mide la visualización espacial. Se utilizará la adaptación española del test original y siguiendo las instrucciones proporcionadas por el manual correspondiente (Bennett, Seashore, & Wesman, 1997). Este test dispone de 8 pruebas que miden otras tantas aptitudes de capacidad mental. Entre esas pruebas está la SR que mide las relaciones espaciales, y como se indica en el manual se puede utilizar de forma independiente a las otras pruebas aptitudinales. En este test se requiere una manipulación mental de objetos en un espacio

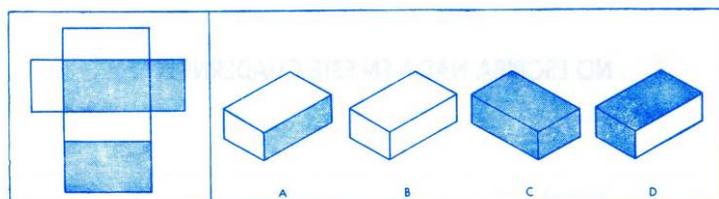


Fig. 65 Ejemplo del test DAT SR

tridimensional y no únicamente plano. Trata de apreciar la capacidad de manejar mentalmente objetos, imaginándose una estructura a partir de un plano o diseño. Consta de 60 preguntas consistentes en averiguar cuál de los cuatro objetos presentados como opciones se corresponde con el desarrollo en superficie de uno de esos objetos (Ver Fig. 65). El tiempo dado para la realización del test es de 25 minutos. La puntuación es de un punto por cada respuesta correcta.

Bennett *et al.* (1997) en su estudio encontraron una media de puntuación directa de 36,01 puntos, una desviación típica de 10,40 y un error típico de la media de 2,75. El test de fiabilidad deparó un coeficiente de fiabilidad de 0,93, es decir solo un 7% de la varianza es debido a errores casuales.

Del test DAT-SR se han encontrado distintas versiones con número de ítems diferente, con lo cual si se quieren comparar los resultados obtenidos con otros estudios que utilizan este test, se debe comprobar que sean de la misma versión y que se haya administrado de la misma manera.

En la hoja de respuestas de este test se solicitó, en la cabecera, la siguiente información: sexo, procedencia (bachillerato o formación profesional), conocimiento previo de dibujo técnico, primera o posterior matrícula, edad, país y provincia. En el anexo I se encuentra una copia de la plantilla de soluciones.

4.5.2. MRT (Mental Rotation Test)

El test MRT (Mental Rotation Test) (Vanderberg & Kuse, 1978) mide la componente de rotación mental. La versión del test utilizada consta de 20 preguntas divididas en dos partes de diez preguntas cada una. Cada ítem consistente en identificar entre cuatro figuras posibles dos que se correspondan con la dibujada a la izquierda pero giradas unos grados respecto de la muestra. En la Fig. 66 las soluciones correctas serían la 2 y la 4. Los distractores no correctos son imágenes especulares de la figura de muestra de ese ítem y de otros ítems.

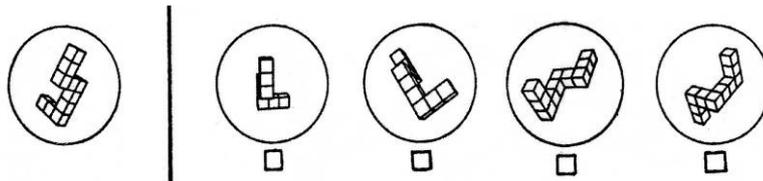


Fig. 66 Ejemplo del test MRT

La puntuación se ha realizado conforme a la recomendación de los autores, contando dos puntos si se aciertan las dos opciones correctas, ningún punto si una opción es correcta y otra no, o si ambas son incorrectas; si solo se marca una solución y es correcta se cuenta un punto. De esta manera se elimina la necesidad de aplicar una corrección en la puntuación para evitar el azar. El tiempo dado para su resolución ha sido de 6 minutos.

Las pruebas de validación dieron un coeficiente de fiabilidad de 0,88, es decir, 12% de la varianza es debido a errores casuales (Vanderberg & Kuse, 1978). Este test mostró altas correlaciones con otros tests de visualización espacial y prácticamente ninguna asociación con tests de capacidad verbal, lo cual puede explicar los mejores resultados que obtienen los hombres frente a las mujeres en este test.

Como indica Martín (2010) se han encontrado diferentes versiones del test MRT y diferentes maneras de obtener los resultados (tiempo de ejecución distintos, número de ítems distintos, diferentes formas de puntuar, formato digital en web, etc.); por lo tanto, y como sucede con el test DAT SR antes de comparar con otros estudios es necesario comprobar que todo lo indicado coincide en los estudios a comparar.

4.5.3. Control de visualización

A la semana siguiente de terminar las tres prácticas de experimentación se realizó a todos los alumnos un control de visualización utilizando metodología clásica, las respuestas se realizaban croquizando en papel. En la imagen de la Fig. 67 se puede ver un ejemplo de dichos controles.

Se utiliza esta forma de control porque, además de la evaluación continua, es la manera actual de evaluación. Se pretende utilizar las técnicas actuales de evaluación para poder evaluar el rendimiento académico en la parte de visualización espacial y además comparar de esta manera los grupos tradicional y experimental, prescindiendo en ambos grupos de las herramientas utilizadas durante la experimentación, es decir, prescindiendo por parte del grupo tradicional de escuadra, cartabón y compás, y del ordenador, por parte del grupo experimental.

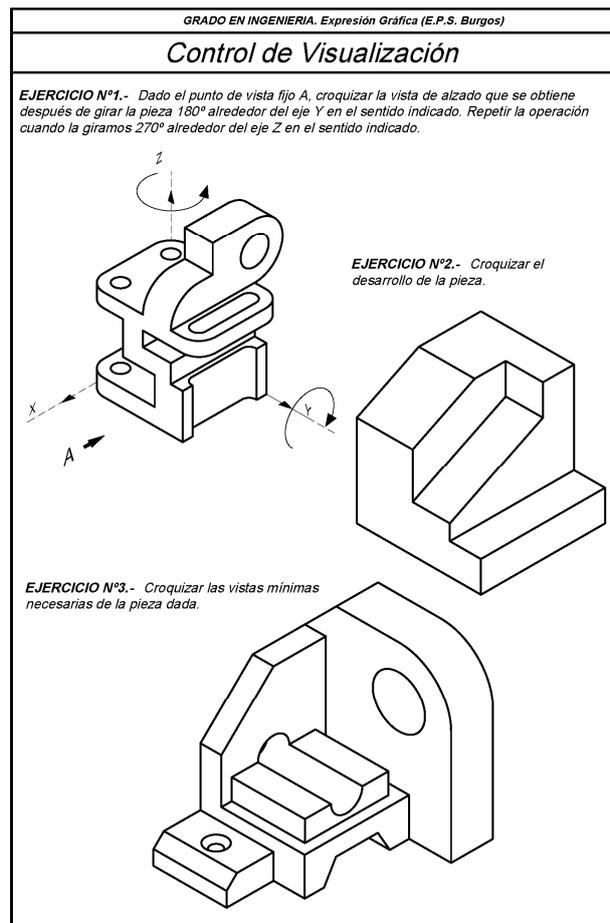


Fig. 67 Ejemplo de un control de visualización

El control consta de tres ejercicios, el primero relacionado con rotaciones de vistas sobre ejes de una pieza, el segundo consiste en croquizar el desarrollo de la pieza dada y el tercero en croquizar las vistas mínimas necesarias de la pieza dada. Se pretende con ello valorar las componentes de la capacidad de visión espacial (las rotaciones mentales, la visualización espacial).

Los controles fueron realizados por todos los alumnos, los alumnos que no realizaron el test previo no serán tenidos en cuenta en el estudio. El control tuvo una duración de 45 minutos. Se procura que los todos los controles realizados sean de características y exigencia similar. Todos tienen tres ejercicios iguales con piezas muy similares en dificultad y forma. En el anexo I se presenta una copia de todos los controles realizados.

Para evitar la influencia del profesor en la corrección, todos los controles son corregidos por un solo profesor, pero los criterios de corrección están consensuados entre varios profesores del área de expresión gráfica en la Ingeniería de la Universidad de Burgos. Se puntuó sobre 10 puntos, considerando siete puntos para valorar exclusivamente la visualización espacial y tres para el acabado y realización del croquizado.

4.5.4. Test final de visualización

Posteriormente durante el examen final de cada especialidad y como una pregunta más, se realizó un pequeño test con cinco preguntas para comprobar como había sido la evolución de los alumnos en el desarrollo de la visualización espacial, dado que el examen se realizó meses después de haber terminado la experimentación. La intención de este test es poder comparar la influencia del método utilizado en el desarrollo de la capacidad espacial al final del curso.

Los tests, que se adjuntan en el anexo I, tienen 5 preguntas y 24 ejercicios, la primera pregunta consiste en identificar las vistas de tres piezas, la segunda consiste en elegir el desarrollo correcto de un volumen, la tercera partiendo de un volumen pide elegir el desarrollo adecuado, la cuarta presenta un volumen y hay que identificar el mismo volumen girado, y por último, la quinta pregunta consiste en identificar las vistas de una pieza al realizar determinados giros sobre sus ejes. En la Fig. 68 se muestra la tercera pregunta del test con sus dos ejercicios. Para la realización de este test se dispuso de quince minutos y se puntuó sobre diez puntos.

Se crearon dos modelos de test únicamente y son similares en cuanto al número y tipo de preguntas y ejercicios realizados y en cuanto a su dificultad.

3º Dado el volumen escoger el correcto desarrollo de dicho volumen. Marcar la casilla.

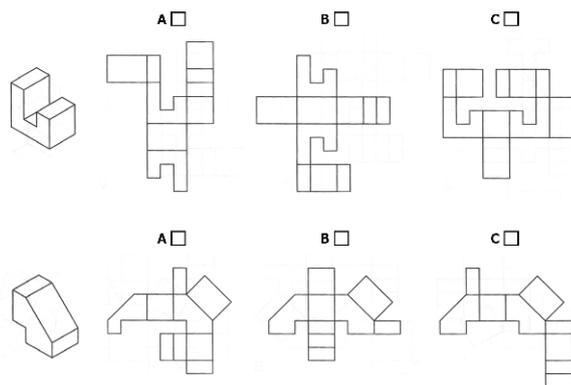


Fig. 68 Ejemplo de una pregunta del test final de visualización

4.6 Comparativa de resultados en los test DAT-SR y MRT en distintas universidades

Son numerosos los estudios realizados en nuestro país y en el extranjero en los que se han utilizado estos dos mismos tests. Como ya se ha comentado también al principio del apartado 4.5, los resultados de estos tests aunque sean tests perfectamente validados y con alta fiabilidad varían mucho de unos sitios a otros, por diversos motivos. Como únicamente se pretende hacer notar la posición de los estudiantes de varias universidades españolas y de otros países, se ha optado por utilizar los porcentajes medios de acierto en vez de considerar las medias de puntuaciones y desviaciones típicas, dada la gran heterogeneidad existente a la hora de realizar los tests, ofrecer los resultados y presentar los tests.

En la Tabla 7 se presentan el porcentaje medio de aciertos de los test DAT-SR y MRT de distintas universidades y países, los resultados están recogidos de comparativas similares realizadas por Saorín (2006), Martín (2010) y Ault & John (2010).

De esta manera lo que se pretende es hacerse una idea del nivel de capacidad de visión espacial que tienen los estudiantes de nuestra universidad justo al comenzar sus estudios de las carreras de Ingeniería Industrial.

El valor medio de los resultados de la Tabla 7 es para el test DAT-SR de 72,89% y para el test MRT de 56,24%. Los estudiantes de ingeniería industrial de la Universidad de Burgos se encuentran por tanto prácticamente en este valor medio para el test DAT-SR y dos puntos por encima en el test MRT.

En el caso del test DAT-SR, en las instrucciones en español suministradas por TEA (Bennett, Seashore, & Wesman, 1997), se disponen de datos medios para la población universitaria española que permite determinar el nivel de habilidades espaciales de los alumnos al comienzo de las carreras universitarias, este valor es 60,5%. Es interesante comprobar, que el valore medio obtenido en esta tabla es 12 puntos superior al citado nivel medio. Para el caso de la Universidad de Burgos también es 12 puntos superior. Los valores varían del 57,33% de Universidad de Alicante al 83,16% de uno de los estudios realizados en la Universidad de La Laguna. También se observa que este test es poco utilizado fuera de España.

Para el test MRT no se disponen de valores de referencia, la Universidad de Burgos se sitúa por encima de la media. Sorprenden los bajos valores de la University of Missouri y la East China University of Sanghai, se ha de comentar que en este trabajo Geary & De Soto (2001) trabajaron con estudiantes que no pertenecían a carreras técnicas. Los valores altos obtenidos por Rafi *et al.* (2006) en la University Pendidikan Sultan Idris de Malasia pueden ser debidos a la edad de los estudiantes, de media 20 años, y al tipo de test MRT administrado, que era “*on-line*” y de 30 ítems.

Los tests de la Universidad Politécnica de Cataluña también fueron realizados “*on-line*” y por lo tanto, las condiciones y los tiempos de respuesta son distintos.

La variedad de resultados en ambos tests se debe a muchos factores como son: el año de realización del test, dado que conforme pasa el tiempo la población tiene mayores niveles de capacidad espacial, procedencia de los estudiantes, tipo de acceso a las universidades, algunos estudios se han realizado con estudiantes que presentaban dificultades de visión espacial o en cursos previos, también existen estudios que se realizaron con estudiantes que no eran de carreras técnicas, etc.

Tabla 7 Capacidad de visión espacial por universidades y países

Universidad (Ciudad, País)	N	% medio aciertos DAT-SR	% medio aciertos MRT
Valores de referencia para la población universitaria española (Bennett, Seashore, & Wesman, 1997)	-	60,50	-
Universidad de Burgos (Burgos, España)	270*	72,65	58,27
Universidad Politécnica de Cartagena (Cartagena, España) (Saorín Pérez, 2006)	132	78,43	57,63
Universidad Jaume I (Castellón, España) (Saorín Pérez, 2006)	22	79,95	51,80
Universidad de La Laguna (Tenerife, España)			
a) Estudio de Saorín (Saorín Pérez, 2006)	460	71,78	41,28
b) Estudio de Martín-Dorta (N. Martín-Dorta, Saorin, & Contero, 2008)	40	83,16	47,58
c) Estudio de Martín (Martín Gutiérrez, 2010), curso 1	119	65,22	43,88
d) Estudio de Martín, curso 2	445	-	46,63
Universidad Politécnica de Cataluña (España) (Martín Gutiérrez, 2010)			
a) EUETIB 1	-	65,83	54,35
b) ETSEIB	-	75,78	59,50
c) EUETIB 2	-	63,83	54,35
d) EUETIT	-	71,18	58,68
Universidad de Alicante (Alicante, España) (Pérez Carrión & Serrano Cardona, 1998)	786	57,33	-
Universidad Complutense (Madrid, España) (Saorín Pérez, 2006)	535	79,33	-
University Pendidikan Sultan Idris (Selangor, Malasia) (Rafi, Samsudin, & Ismail, 2006)			
a) Grupo experimental 1	46	-	70,43
b) Grupo experimental 2	46	-	72,60
c) Grupo de control	46	-	66,73
Universidad de Kaiserslautern (Kaiserslautern, Alemania) (Leopold, Górska, & Sorby, 2001)	220	82,37	63,27
Michigan Technological University (Michigan, USA)			
a) Estudio de Sorby (S. A. Sorby, 2007) , grupo tradicional	186	69,12	53
b) Estudio de Sorby, grupo multimedia	61	74,76	61,90
c) Estudio de Gerson (Gerson <i>et al.</i> , 2001) , grupo 1	11	-	55,90
d) Estudio de Gerson, grupo 2	9	-	52,85
e) Estudio de Leopold (Leopold, Górska, & Sorby, 2001)	59	81,32	61,28
Cracow University of Technology (Cracovia, Polonia)			
a) Estudio de Leopold (Leopold, Górska, & Sorby, 2001)	196	82,43	61,42
b) Estudio de Gorska (Gorska & Sorby, 2008)	484	-	65
University of Missouri (Columbia, USA) (Geary & DeSoto, 2001)	66	-	38,40**
East China Normal University (Sanghai, China) (Geary & DeSoto, 2001)	40	-	39,20**
Universidad de Sao Paulo (Sao Paulo, Brasil) (Seabra & Santos, 2006)	605	-	70,00

* Para el test MRT N=85
** No son estudiantes de carreras técnicas

4.7 Encuesta de satisfacción, eficacia y eficiencia de ILMAGE_SV

Una vez concluidas las dos experimentaciones (2009-2010 y 2010-2011) se facilitó para su cumplimentación una encuesta a todos los alumnos que habían utilizado el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV. (Ver anexo I). La finalidad de la encuesta es evaluar la calidad y los contenidos de la aplicación web y observar el grado de satisfacción de los alumnos que la han utilizado, así como su “usabilidad”. Se ha confeccionado un cuestionario con 55 ítems, con

respuesta en su mayoría según la escala Likert, que oscila entre 1 (muy en desacuerdo) y 5 (muy de acuerdo).

Para que el aprendizaje con ILMAGE_SV sea realmente significativo se deben de cumplir una serie de requisitos de usabilidad y accesibilidad que posibiliten una óptima experiencia de aprendizaje. Aunque el concepto de usabilidad no es exclusivo de un ámbito concreto, y por lo tanto existen diversas aproximaciones al mismo, la definición de mayor aceptación es sin duda la presentada por la norma *"ISO/IEC 9241 Ergonomic requirements for visual display terminals"* (1998), en su undécima parte, *"Guidance for usability"*, en la que se define como: *"el grado con que un determinado producto, en un contexto de uso específico, permite al usuario alcanzar sus objetivos con eficacia, eficiencia y satisfacción"* (Marzal, Calzada-Prado, & Viannello, 2008).

Como lo que se pretende es determinar si ILMAGE-SV tiene la facilidad de uso adecuado, las medidas deben centrarse en el resultado final (como se define en la norma ISO 9241-11):

- **Eficacia:** "Exactitud e integridad". Terminación sin errores de las tareas.
- **Eficiencia:** "Los recursos asignados". La rapidez con que un usuario puede realizar el trabajo es fundamental para la productividad empresarial. Lo que se busca es la máxima velocidad de realización de tareas del usuario.
- **Grado de satisfacción:** "Actitudes positivas hacia el uso del producto". La satisfacción es un factor de éxito para cualquier producto con el uso discrecional, es esencial para mantener la motivación de la plantilla (Bevan, 2006).

Las medidas de eficacia se relacionan los objetivos o subobjetivos de uso del sistema de la exactitud e integridad con la que estos objetivos pueden ser alcanzados.

Las medidas de eficiencia relacionan el nivel de eficacia alcanzado en el gasto de recursos. Los recursos pueden ser el esfuerzo mental o físico, que puede ser utilizado para obtener medidas de eficiencia humana, o el tiempo, que puede ser utilizado para dar una medida de eficiencia temporal.

Las medidas de satisfacción tratan de describir la utilidad percibida del sistema general de sus usuarios y la aceptabilidad del sistema a las personas que lo utilizan y otras personas afectadas por su uso (Bevan & Macleod, 1994).

Teniendo todo esto en cuenta se ha asignado a cada ítem de la encuesta el componente de usabilidad que trata de medir, bien sea eficacia, eficiencia o satisfacción.

4.7.1. Objetivos de la encuesta

El primer objetivo de la encuesta es demostrar que el gestor web ILMAGE_SV tiene calidad suficiente para ser utilizado como herramienta en la docencia. Los resultados del bloque de

preguntas C: diseño, estructura y facilidad de uso, indicarán si esto es cierto. Ver anexo I y Tabla 8.

El segundo objetivo es demostrar que los contenidos de ILMAGE-SV son adecuados para el aprendizaje y el desarrollo de la capacidad de visión espacial. Los resultados del bloque de preguntas D: Valoración de los contenidos, mostrarán si es cierto. Ver anexo I y Tabla 8.

Otro objetivo es determinar las carencias y deficiencias, los puntos fuertes y débiles, y las líneas de mejora del gestor de contenidos web ILMAGE_SV.

Además se va a comprobar por bloques de ítems los componentes de usabilidad: eficacia, eficiencia y satisfacción.

Por último, como objetivo final la encuesta pretende conocer la opinión que sobre la aplicación tienen sus usuarios y observar el grado de satisfacción de los alumnos que la han utilizado.

4.7.2. Elaboración de la encuesta

Para la elaboración de la encuesta se han seguido los criterios de diseño de cuestionarios de diferentes autores, entre ellos Cea D'Ancona (1998), Marzal *et al.* (2008), Martín Arribas (2004) y Borges (2002), además siguiendo las recomendaciones de estos autores se han utilizado preguntas ya utilizadas en otros tests de temas similares al que nos ocupa, para ello se han realizado diferentes búsquedas sobre cuestionarios de evaluación de software educativo (Borges de Barros Pereira, 2002), (Ozkan & Koseler, 2009), (Ramírez Szabó & Romero Marín, 2009), (Marzal, Calzada-Prado, & Viannello, 2008), (Alva Obeso, 2005), y también se han utilizado tests de compañeros realizados con estos mismos criterios (Ramos Barbero, 1999). De los 68 ítems iniciales la encuesta quedó reducida a 55. Se pretende con ello que los ítems sean perfectamente comparables con los de otras encuestas y que midan lo que se quiere medir.

La encuesta solo pretende evaluar las partes de la aplicación que han utilizado la mayoría de los usuarios (alumnos), por lo tanto las partes del test previo y creación de exámenes aleatorios no serán preguntadas en la encuesta. Lógicamente tampoco se pregunta nada sobre los perfiles de entrada como profesor y administrador.

La encuesta del curso 2009-2010 se envió a los alumnos por mensaje interno y por correo electrónico (Cea D'Ancona, 1998) a través de la plataforma educativa de la Universidad de Burgos UBUCAMPUS, los criterios seguidos para tomar esta decisión han sido los siguientes:

- No todos los alumnos que comenzaron la experiencia seguían el curso cuando se realizaron las encuestas, como ya no venían a clase era necesario acceder a ellos por la plataforma y por "e-mail".
- Por otro lado, se garantizaba una mayor privacidad.

- Se comentó en clase la importancia de la respuesta a la encuesta, para garantizar el éxito de la experiencia en la que estaban participando, así como el tratamiento anónimo de las encuestas y la utilización de los datos con fines de investigación docente.
- La presencia de los profesores en la realización de la encuesta podría condicionar determinadas respuestas.
- Al tener 55 preguntas, y aunque se tarda poco tiempo en rellenarla, se da al encuestado más tiempo para cumplimentar la encuesta.
- Realizando varios avisos en clase, por la plataforma educativa y por email se ha conseguido aumentar la tasa de respuesta, normalmente en las encuestas por correo hay un elevado porcentaje de no respuesta. Además de esta manera y según Sierra Bravo (2001) se recogen las respuestas del grupo de los menos rápidos en contestar, que seguramente tienen características diferentes al grupo de los más rápidos en contestar.
- En todo momento los profesores se han ofrecido a resolver cualquier problema técnico a la hora de rellenar o enviar la encuesta, o para explicar o clarificar cualquier pregunta o parte del cuestionario.

Para intentar subsanar los problemas derivados del envío y recogida por “*e-mail*”, se decidió entregar la encuesta en la segunda experimentación en papel. Además, se entregó el mismo día de finalización de la experiencia. Aunque se dio un tiempo prudencial para rellenarla, se permitió a todo el que quiso, rellenarla o acabarla en su casa.

El cuestionario está dividido en cuatro bloques; el primer bloque “Experiencia en Internet” tiene cuatro ítems y trata de conocer las horas de uso de Internet, finalidad del uso, si tienen Internet en casa y el lugar de utilización.

El segundo bloque “Dificultades técnicas encontradas” trata de resaltar los problemas técnicos encontrados para conectarse a la aplicación, frecuencia de esos problemas, tiempo hasta solucionarlos y el software que ha sido necesario instalar para poder utilizar correctamente la aplicación web. Este bloque consta de 6 ítems.

El bloque número tres “Diseño, estructura, facilidad de uso” se encarga de valorar la calidad de la aplicación en cuanto a diseño y aspecto de la aplicación, calidad y utilidad de los recursos empleados, facilidad de navegación y orientación, manejo y utilidad de la aplicación. Tiene 25 ítems.

El último bloque “Valoración de los contenidos” pretende conocer si la presentación de los contenidos produce un efecto motivador en el estudio y aprendizaje, si la forma de presentar los contenidos, los recursos empleados, la cantidad de contenidos y la forma de presentar los resultados es adecuada; tiene 15 ítems.

En la Tabla 8 se presentan los bloques, los grupos de ítems y los números de ítem de los que está compuesto el cuestionario.

Tabla 8 Bloques y agrupación de ítems	
Agrupación de ítems	Número de ítems
A. Experiencia en Internet	1, 2, 3, 4
B. Dificultades técnicas encontradas	5, 6, 7, 8, 9,10
C. Diseño, estructura, facilidad de uso	
Diseño y estructura	11,12,13,14,19,24,25,35
Calidad de los recursos	15,16,17,18
Utilidad de los recursos	20,21,22,23,31,32,33,34
Facilidad de uso	26,27,28,29,30
D. Valoración de los contenidos	
Motivación y utilidad de los contenidos	36,37,38,39,41,42,44,50
Adecuación de los contenidos	40,43,45,46,47, 48, 49
Sin agrupar	51, 52, 53, 54, 55

Las cinco últimas preguntas no forman ningún bloque, son preguntas generales y típicas de valoración general y satisfacción con la aplicación web. Por supuesto se termina el cuestionario con una zona reservada para escribir las observaciones que se crean oportunas.

4.7.3. Estadísticos de fiabilidad y validez

Todos los análisis y cálculos realizados para la encuesta se han realizado con el paquete estadístico SPSS v.18 (SPAW) y la hoja de cálculo Excel 2003.

Aunque no se ha realizado un estudio profundo sobre la fiabilidad y validez del cuestionario, sí que se han buscado indicios de que el instrumento utilizado mide con precisión lo que se quiere medir y que además es válido para ello.

En primer lugar se consideró evaluar la consistencia interna de la escala utilizada. Según indica Martín Arribas (2004), la fiabilidad es el grado en que un instrumento mide con precisión, sin error. Indica la condición del instrumento de ser fiable, es decir, de ser capaz de ofrecer en su empleo repetido resultados veraces y constantes en condiciones similares de medición. La consistencia de los ítems es una de las características que debe tener una encuesta para que sea fiable, además la escala debe tener estabilidad temporal y estabilidad interobservadores. Para poder medir la estabilidad temporal es necesario repetir la encuesta a la misma muestra al cabo de un tiempo, cosa que no era factible en nuestro caso (Cea D'Ancona, 1998). La estabilidad interoperadores implica conocer otras encuestas que midan los mismos factores que se han considerado en esta encuesta. Tampoco ha sido posible utilizar el porcentaje de acuerdo entre varios observadores.

La consistencia interna se ha obtenido a través del estadístico Alfa de Cronbach no estandarizado para los elementos del grupo C y D y para los factores considerados a priori para estos dos grupos. Este estadístico varía entre 0 y 1, los valores cercanos a 0,25 indican una baja confiabilidad; los

cercanos a 0,5 una confiabilidad media o regular; los que superan 0,75 aceptable y los mayores de 0,9 tienen una confiabilidad elevada (Hernández, Fernández, & Baptista, 2007). Teniendo en cuenta estos valores se ha adoptado un valor superior a 0,7 como aceptable.

Respecto a la validez del instrumento utilizado suelen diferenciarse tres modalidades de validez, esto es, validez de criterio, validez de contenido y validez de constructo. Únicamente se realizaron análisis previos sobre la validez del constructo. Como paso previo a un análisis factorial es usual efectuar contrastes para ver la necesidad de realizar análisis factorial, es decir, si existe alguna correlación entre los elementos o ítems que componen la escala (Pérez López, 2009), (Cuadras, 2010) y (Ozkan & Koseler, 2009). Se han considerado los contrastes del valor del determinante de la matriz de correlaciones, el contraste de esfericidad de Bartlett y la medida de la adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin. Como lo que se quiere, es que los factores que se han creado a priori queden bien explicados por los ítems correspondientes, inicialmente es necesaria una alta correlación entre ellos, por ello el determinante de la matriz de correlaciones debe ser próximo a cero. El contraste de esfericidad de Bartlett también debe ser próximo a cero indicando correlación significativa entre los elementos. Por último el índice KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) si es menor de 0,5 sugiere que no se debe hacer análisis factorial, no existe correlación suficiente entre los elementos; si se sitúa entre 0,5 y 0,6 el valor se debe entender como una aceptación media de los resultados del análisis factorial; si el valor es mayor de 0,7 existe una alta correlación y el análisis factorial es conveniente (Pérez López, 2009).

El estudio estadístico descriptivo se ha realizado según los bloques de ítems antes citados y dentro de éstos se han considerado diferentes agrupaciones de ítems.

4.7.4. Población

El número de alumnos matriculados en el curso 2009-2010, en Ingeniería Técnica Industrial en Electrónica Industrial ha sido de 95 alumnos y de 131 en Ingeniería Técnica Industrial Mecánica. Por lo tanto la población total era de 226 alumnos. Pero de esa población la mitad realizó la experiencia en el grupo tradicional y la otra mitad en el experimental. Como solo los alumnos del grupo experimental utilizaron el gestor web ILMAGE_SV, únicamente a estos alumnos se les mandó rellenar la encuesta de evaluación de la aplicación.

De los 141 alumnos que iniciaron la experimentación, 72 alumnos son del grupo experimental, y la realizaron completamente 68, 36 mecánicos y 32 electrónicos. Esta encuesta se mandó por correo electrónico a estos alumnos y el número de encuestas contestadas ha sido de 45.

La tasa de respuesta ha sido, por lo tanto, del 66,18%. De estos, 25 corresponden a la especialidad Electrónica y 20 a la de Mecánica. La tasa de respuesta del grupo de Electrónica ha sido sensiblemente superior (78,13%) a la de Mecánica (55,55%).

En la Tabla 9 se puede ver un resumen de todos estos datos.

Tabla 9 Población y Tasa de respuesta (2009-2010)

	Mecánica	Electrónica	Total
Población total	131	95	226
Iniciaron Experiencia	78	63	141
Grupo experimental	36	32	68
Respondidas	20	25	45
Porcentaje	55,55%	78,13%	66,18%

Aunque la tasa de respuesta es alta se pueden citar como causas por las cuales no se ha contestado a la encuesta las siguientes:

- Puede que el número de preguntas (55) sea elevado.
- Problemas con el correo electrónico, teniendo en cuenta que la experimentación se realizó las primeras semanas de incorporación a la universidad, los alumnos utilizan otro correo personal en lugar del de la Universidad de Burgos, además el correo electrónico de alumnos tiene problemas con los mensajes spam y no se sabe cuando realmente leyeron el correo.
- Aunque existió un plazo de envío de las encuestas quizás se amplió demasiado, facilitando con ello el desinterés por rellenarla.
- Desconocimiento y falta de uso de la plataforma educativa UBUCAMPUS, puesto que se acaban de incorporar a la universidad.
- Cierta desinterés al haber terminado la experiencia y realizados los controles que les servían para aumentar su calificación.

En cuanto a la diferencia habida entre las dos titulaciones, indicar que existen diferencias sensibles entre las asignaturas de expresión gráfica de ambas titulaciones y también entre los alumnos de ellas. La asignatura de Electrónica es cuatrimestral y la de Mecánica anual. Los alumnos de Electrónica son menos numerosos.

La experiencia se repitió durante el curso siguiente, 2010-2011, pero en esta ocasión, con el inicio de las titulaciones de grado, las especialidades de los alumnos eran Mecánica, Electrónica y Organización. Se desea recordar que los alumnos de Organización debido a su bajo número, todos pertenecieron al grupo experimental.

La población total en esta segunda experimentación ha disminuido debido fundamentalmente a que en los nuevos grados no existen alumnos repetidores. De los 178 matriculados, 94 corresponden al grado en Mecánica, 62 alumnos del grado en Electrónica y 22 al grado en Organización Industrial. De los 76 alumnos del grupo experimental (33 de Mecánica, 21 de Electrónica y 22 de Organización) que iniciaron la experiencia, 68 la terminaron.

Tabla 10 Población y Tasa de respuesta (2010-2011)

	Mecánica	Electrónica	Organización	Total
Población total	94	62	22	178
Iniciaron Experiencia	66	42	21	129
Grupo experimental	31	18	19	68
Respondidas	21	16	14	49
Porcentaje	67,74%	88,89%	73,68%	72,06%

La tasa de respuesta con todo ello subió al 72,06% (Ver Tabla 10).

De nuevo los alumnos del grado de Mecánica tuvieron una tasa de respuesta

sensiblemente inferior a los de Electrónica y Organización. En los grados las tres asignaturas son semestrales y el número de alumnos de nuevo es superior en mecánica.

En la Tabla 11 se pueden observar estos mismos datos agrupando los alumnos de los dos cursos académicos según sus especialidades.

Tabla 11 Población y Tasa de respuesta (2 cursos)

	Mecánica	Electrónica	Organización	Total
Población total	225	157	22	404
Iniciaron Experiencia	144	105	21	270
Grupo experimental	67	50	19	136
Respondidas	41	41	14	96
Porcentaje	61,19%	82,00%	73,68%	70,59%

Se observa que la tasa de respuesta total, del 70,59%, se puede considerar aceptable.

4.7.5. Indicios de fiabilidad y validez de la encuesta

Como los dos primeros objetivos de la encuesta se cubren con el estudio de las preguntas de los bloques C y D, en este apartado únicamente se van a considerar los ítems de la encuesta enmarcados dentro de los citados bloques. El bloque C responderá al primer objetivo, que era demostrar la calidad de la aplicación web en la docencia; por su parte el bloque D de preguntas ahondará en el segundo objetivo, para comprobar la adecuación de los contenidos.

En la Tabla 12, teniendo en cuenta lo indicado en el apartado 4.7.3, se presentan los resultados obtenidos del estadístico Alfa de Cronbach, es decir, la consistencia interna de los ítems. Se ha realizado el cálculo considerando los ítems de los bloques C y D juntos, y las agrupaciones hechas en estos bloques por separado, por un lado, y por otro, considerando la primera experimentación, la segunda y las dos juntas.

Tabla 12 Consistencia interna del cuestionario (α de Cronbach)

Bloques y grupos de ítems	Ítems	2009-2010	2010-2011	2 Cursos
BLOQUES C y D	40	,85	,88	,87
C. Diseño, estructura y facilidad de uso	25	,83	,81	,82
Diseño y estructura	8	,70	,54	,62
Calidad de los recursos	4	,56	,72	,65
Utilidad de los recursos	8	,67	,70	,68
Facilidad de uso	5	,64	,39	,52
D. Valoración de los contenidos	15	,75	,79	,77
Motivación y utilidad de los contenidos	8	,70	,78	,75
Adecuación de los contenidos	7	,62	,55	,58

Se puede comprobar como el alfa de Cronbach, considerando todos los ítems juntos, los ítems del bloque C juntos y los del bloque D juntos, deparan valores superiores a 0,7, que según se ha acordado en el apartado 4.7.3, era el valor límite de aceptación, en consecuencia se está midiendo con exactitud. Si se fija uno en los factores que componen cada bloque, para el bloque C se puede observar como se va perdiendo consistencia interna entre los ítems, además comparando los cursos en tres de los cuatro factores se producen valores dispares y

contradictorios. Únicamente el factor “Utilidad de los recursos” mantiene valores del estadístico altos y similares.

El bloque D por su parte se mantiene más regular con un factor claramente aceptable (Motivación y utilidad de los recursos) y el otro factor aunque menor de 0,7 mantiene valores similares.

Se puede decir que en general los bloques C y D miden con una precisión aceptable lo que se quiere medir, aunque habría que estudiar con más detalle las causas de esos valores más bajos y contradictorios que se obtienen al profundizar en los factores que componen los bloques C y D. Como comenta Cea D’Ancona (1998), la infiabilidad puede deberse a muy diferentes causas (redacción de las preguntas, forma de aplicar el test, análisis y tratamiento de los datos, etc.).

Para comprobar la validez del constructo, véase la Tabla 13, en primer lugar se comprueba que el determinante de la matriz de correlaciones es próximo a cero lo cual indica que existe correlación alta entre los ítems de los dos bloques considerados.

Si se observa el contraste de esfericidad de Bartlett en todos los grupos y cursos se obtiene correlación significativa entre las variables (ítems del cuestionario) por dar el

Tabla 13 Indicadores de validez del constructo			
Bloques y grupos de ítems	2009-2010	2010-2011	2 cursos
BLOQUE C. Diseño, estructura y facilidad de uso			
Determinante correlaciones	$7,21 \cdot 10^{-8}$	$1,44 \cdot 10^{-6}$	$6,04 \cdot 10^{-5}$
Test de Esfericidad de Bartlett	0	0	0
KMO	,55	,52	,703
BLOQUE D. Valoración de contenidos			
Determinante correlaciones	,003	,004	,019
Test de Esfericidad de Bartlett	0	0	0
KMO	,70	,66	,731

valor cero. De nuevo se ratifica que existe correlación entre las preguntas.

Por último, la adecuación muestral al modelo de factores, medida de KMO, presenta valores menos homogéneos y es necesario realizar varios comentarios. En primer lugar que el bloque D presenta valores similares tanto en las dos experimentaciones por separado, como las dos juntas, y este valor es aceptable, es necesario un análisis factorial y parece que ese bloque sirve para medir la valoración de los contenidos. En el bloque C los valores de las experimentaciones por separado son próximos a 0,6 y los resultados que se pudieran obtener de un análisis de factores ya no serían tan aceptables, pero el resultado obtenido en las dos experimentaciones juntas es aceptable ya que es igual a 0,703.

En definitiva, parece que los ítems de los bloques C y D sí que miden el diseño, estructura y facilidad de uso de nuestro gestor de contenidos ILMAGE_SV, por un lado y la valoración de los contenidos utilizados en dicho gestor por otro, considerando los alumnos de los dos cursos de forma conjunta y no por separado.

4.8 Desarrollo de la experiencia

La primera semana del curso se realizó el test de medida de la capacidad de visión espacial, DAT SR, a todos los alumnos que voluntariamente quisieron participar en la experimentación. Con los resultados de estos tests y los datos recogidos y según como se ha indicado en el apartado 4.4, se procedió a la formación de los grupos de experimentación y de control. Del análisis de los resultados de la primera experimentación se decidió realizar una segunda experimentación al curso siguiente, en la que además se pudiera controlar la ganancia de capacidad de visión espacial. Se necesitaría realizar un pre test y un post test de medida de la capacidad de visión espacial. Para ello durante la primera semana de experimentación se realizó además del test DAT SR, el test MRT.

Una vez creados los grupos se programaron tres prácticas tanto para los alumnos del grupo experimental como para los alumnos del grupo tradicional. Para ajustarse a la programación de cada una de las asignaturas de las distintas especialidades, realizada por cada uno de los profesores afectados, se decidió que la experimentación práctica se limitara a tres semanas.

Para que la variable profesor influyera lo menos posible entre los grupos, cada semana estaba el mismo profesor en el grupo tradicional, alternando semana, si hiciera falta y durante las tres semanas. Cada día de prácticas, de las tres horas disponibles, dos se dedicaban a cuestiones normales de la asignatura sin hacer división de grupos, y la última hora se dividían en dos, uno tradicional y otro experimental, en cada uno de las especialidades y grupos oficiales. Los alumnos reciben de forma común las explicaciones teóricas correspondientes al programa de la asignatura salvo los conceptos de proyección, cubo de proyecciones y vistas mínimas necesarias, estos conceptos se explican de forma tradicional el primer día de la experiencia solo para el grupo tradicional, de tal manera, que este primer día la sesión de una hora se divide en dos partes, primera parte, teoría y segunda parte, una práctica. El desarrollo de las clases sigue una metodología tradicional y típica de las clases de dibujo técnico. El grupo experimental dispone de tres vídeos dentro de la aplicación, en los que se explican los conceptos antes mencionados.

Para el grupo tradicional se preparó una práctica especial, a realizar en el aula de tablero, para cada uno de los tres días que duró la experiencia, mientras tanto el grupo experimental en la sala de ordenadores (Ver Fig. 69) realizaba la práctica que se le asignaba en la aplicación, que también era una práctica para cada uno de los tres días que duró la experiencia.



Fig. 69 Imagen del aula donde trabajó el grupo experimental

La primera práctica del grupo tradicional tiene dos ejercicios de identificación de superficies en vistas, un ejercicio de obtener el desarrollo de una pieza y sus vistas principales y un ejercicio de croquizar las vistas principales de una pieza. La segunda tiene tres ejercicios de croquizar las vistas mínimas necesarias y un ejercicio de croquización al girar una pieza según ejes. Y por último, la tercera práctica consiste en un ejercicio de croquización al girar una pieza según ejes y dos ejercicios de croquizar las vistas mínimas necesarias. Una copia de estas prácticas se encuentra en el anexo II. En la Fig. 70 se puede ver un ejemplo de una de estas prácticas.

El primer día del grupo experimental se dividió en dos partes. En la primera parte se explicó de forma resumida el funcionamiento de la aplicación y en la segunda parte se realizó la primera práctica. Se aconsejó la visión de los vídeos teóricos y de ejemplos de cada nivel pero en ningún momento se dirigió el aprendizaje del alumno, intentando que fuera lo más autónomo posible. Se pidió a lo largo de las tres sesiones que se trabajase

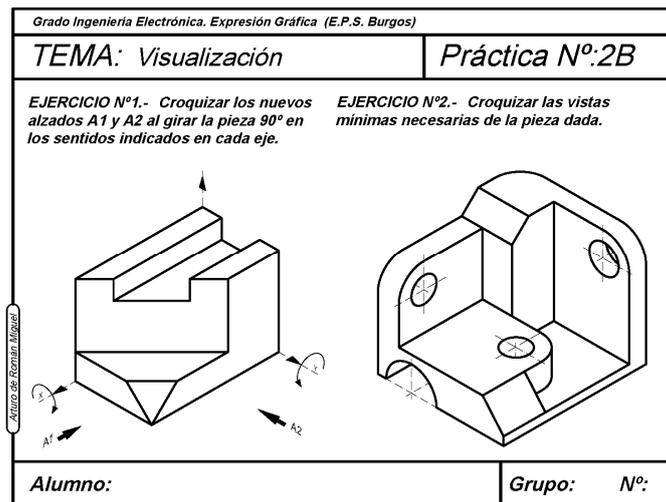


Fig. 70 Ejemplo de una práctica del grupo tradicional

de forma autónoma y se permitió y aconsejó la posibilidad de utilizar la aplicación fuera de la sala de ordenadores, por ejemplo, para terminar los ejercicios de las prácticas que no hubiera dado tiempo a realizar. También se comentó la posibilidad de utilizar la aplicación después de finalizadas las tres prácticas y hasta el final del curso. A la hora de consultar con el profesor se indicó que si algún enunciado o instrucción no se entendía, se volviera a leer de forma detenida, se consultara el vídeo asociado al ejemplo del nivel en cuestión y por último se preguntara al profesor.

Para la experiencia se ha preferido programarles las tres prácticas a realizar, antes que dejarles que ellos por su cuenta generen ejercicios aleatorios, opción que está disponible en el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV. En primer lugar, los ejercicios aleatorios creados por la aplicación están pensados para personas no matriculadas en la asignatura o como refuerzo para aquellos con dificultades. Los ejercicios aleatorios crean a partir del nivel elegido tres ejercicios de cada nivel. Se piensa que en este caso no sería progresivo el aprendizaje, se prefiere crear los ejercicios y que las prácticas 1,2 y 3 sean más progresivas. Además como cada práctica es de una hora de duración podrían ser excesivos los ejercicios, dado que genera tres por cada nivel y son ocho niveles (24 ejercicios). Se han realizado pequeñas pruebas para calcular el tiempo necesario en resolver cada ejercicio y se ha establecido un tiempo medio de 3 minutos por ejercicio.

Tampoco se considera realizar el test de conocimientos previos que tiene la aplicación para la asignación de nivel, ya que se considera que todos los alumnos parten del mismo nivel.

Además de las prácticas, como se ha comentado, los alumnos disponen de tres vídeos de teoría en los que se explican las generalidades de la proyección, las vistas normalizadas y las vistas mínimas necesarias. En el vídeo de generalidades se les explica lo que es proyectar, las formas de proyectar y la representación sencilla de cuerpos. En el vídeo de vistas normalizadas se explica la representación de cuerpos, la obtención de vistas, definición de vistas y sus nombres, el método de proyección del primer diedro y su símbolo, el método de proyección del tercer diedro y su símbolo. Por último, en el vídeo de vistas mínimas necesarias se explica el concepto de vistas mínimas necesarias, y se muestran ejemplos de representación de objetos con una vista, dos vistas y tres vistas principales.

La primera práctica tiene 16 ejercicios, cuatro de identificación de superficies en vista isométrica dadas las vistas principales, cuatro de identificación de superficies en vistas principales dada la vista isométrica, cuatro de localizar las vistas principales correctas, dos de elegir el desarrollo correcto dada la vista isométrica y dos de completar desarrollos dada la vista isométrica. Véase la Fig. 71.



Fig. 71 Estudiante realizando un ejercicio de una práctica

La segunda práctica consta de 20 ejercicios, tres de identificación de superficies en vista isométrica dadas las vistas principales, tres de identificación de superficies en vistas principales dada la vista isométrica, tres de localizar las vistas principales correctas, cuatro de elegir el desarrollo correcto dada la vista isométrica, cuatro de completar desarrollos dada la vista isométrica y tres de elegir vistas al realizar giros según ejes.

La tercera práctica está constituida por 16 ejercicios, dos de elegir el desarrollo correcto dada la vista isométrica, dos de completar desarrollos dada la vista isométrica y tres de elegir vistas al realizar giros según ejes, cuatro de calcular el número de bloques en contacto con uno dado y cinco de elegir las vistas mínimas necesarias dada la vista isométrica. En el anexo II se encuentran todos los ejercicios utilizados en las tres prácticas del grupo experimental según los niveles del taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV. En la Fig. 72 se puede ver un ejemplo de uno de los ejercicios de las prácticas.



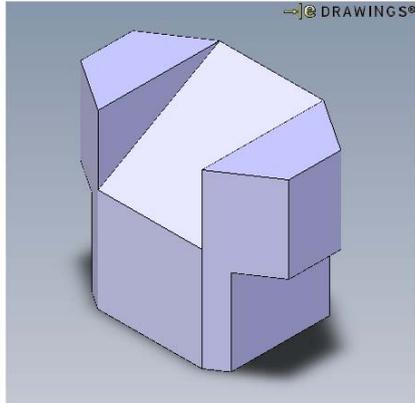
UNIVERSIDAD DE BURGOS

UBU

Area de Expresión Gráfica en la Ingeniería

Usuario: Carlos
[Cerrar sesión](#)
[Perfil de usuario](#)
[Ver estadísticas](#)

Nivel 3c. Ejercicio tipo:A



[Ver Teoría y Ejemplos](#)

Enunciado:

Dados, un volumen en perspectiva, tres ejes, x, y, z, incluidos en la misma, alrededor de los cuales puede girar dicho volumen, y dada una vista fija correspondiente a la perspectiva dada.


A


B


C


D


E


F


G


H

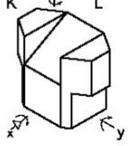

I


J


K


L

	X	Y	Z
90°	1	2	3
180°	4	5	6
270°	7	8	9



Instrucciones:

Determinar qué vistas de alzado se corresponden con la pieza cuando ésta ha girado 90°, 180° y 270° alrededor de los 3 ejes. Nota: Recuerda que el punto de vista es fijo, siempre en la dirección de alzado X.

Respuestas

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9

[Ver resultados](#)

Fig. 72 Ejemplo de un ejercicio del grupo experimental

En la quinta semana de la experimentación se realizó a todos los alumnos un control de visualización sin la utilización de herramientas de ayuda, es decir, a mano alzada. También se realizó el post test de medida de la capacidad de visión espacial, para ello se repitió el test MRT realizado la primera semana de experimentación. Aunque el tiempo transcurrido entre ambos test es pequeño, como se realiza tanto al grupo de control como al grupo de experimentación el efecto memoria es igual para los dos grupos y al compararlos no tendrá influencia.

En esta última semana se pasó también una encuesta, solamente a los alumnos del grupo de experimentación, para evaluar la calidad y facilidad de uso del taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV.

Coincidiendo con el examen final de cada asignatura se añadió al examen un pequeño test (ver apartado 4.5.4) para comprobar la influencia del método empleado, en el desarrollo de la capacidad de visualización espacial al terminar el curso.

**CAPÍTULO 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA
ENCUESTA DE EFICACIA, EFICIENCIA Y
SATISFACCIÓN**

5.1 Hipótesis planteadas

En este capítulo se analizarán los resultados de la encuesta realizada por los estudiantes que han utilizado el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV (ver anexo I).

Las hipótesis planteadas que estudian la calidad y los contenidos del taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV, son:

- Hipótesis 1: “La aplicación web ILMAGE_SV tiene calidad suficiente para ser utilizada como herramienta en el desarrollo de la capacidad de visión espacial”.
- Hipótesis 2: “Los contenidos del taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV son adecuados para el aprendizaje y el desarrollo de la capacidad de visión espacial”.

La primera hipótesis se analizará a través de un cuestionario, en su apartado C: Diseño estructura y facilidad de uso. La segunda hipótesis se analizará a través del mismo cuestionario, en su apartado D: Valoración de los contenidos (extensión, calidad, utilidad, etc.).

5.2 Estudio descriptivo del primer bloque: Experiencia en Internet

Como se ha comentado en el apartado 4.7.2, del capítulo 4, este primer bloque pretende conocer las horas de uso de Internet, para qué utilizan Internet y dónde lo utilizan. Se compone de cuatro preguntas (ver anexo I).

Tabla 14 Porcentaje de uso diario de Internet

Categorías	2009-2010	2010-2011	TOTAL
Menos de una hora	15,6	9,8	12,5
Entre 1 y 3 horas	71,1	70,6	70,8
Entre 3 y 5 horas	11,1	17,6	14,6
Entre 5 y 8 horas	2,2	-	1,0
Más de 8 horas	-	2,0	1,0

La primera pregunta indaga sobre las horas diarias de utilización de Internet sin distinguir para qué lo utilizan. En la Tabla 14 se observa como no hay grandes diferencias entre los resultados de la primera experimentación (2009-2010) y los de la segunda (2010-2011). Aunque sí se nota un ligero

aumento en el número de horas diarias dedicadas ya que el porcentaje de uso de Internet entre 3 y 5 horas diarias aumenta de 11,1% a 17,6%.

Considerando las dos experimentaciones juntas el 70,8% de los alumnos dedican entre 1 y 3 horas diarias a navegar por Internet. Todavía existe un 12,5% de alumnos que dedican menos de una hora diaria a utilizar Internet.

En la Fig. 73 se pueden observar los porcentajes de utilización de Internet diariamente considerando las dos experimentaciones juntas.

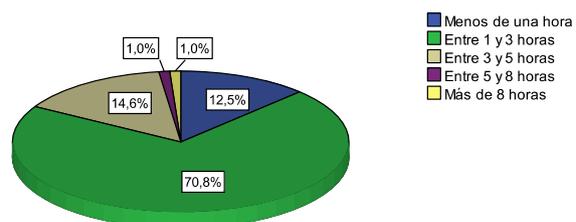


Fig. 73 Uso diario de Internet

En la segunda pregunta se pretende conocer el uso de Internet con fines educativos, y se puede decir que ha aumentado en este último curso con respecto al anterior. En la experimentación del curso 2010-2011 un 3,9% de alumnos que utilizan Internet diariamente, entre 3 y 5 horas, lo hacen con fines educativos.

Tabla 15 Uso diario de Internet con fines educativos

Categorías	2009-2010	2010-2011	TOTAL
Menos de una hora	73,3%	66,7%	69,8%
Entre 1 y 3 horas	26,7%	29,4%	28,1%
Entre 3 y 5 horas	-	3,9%	2,1%

El 69,8% de los alumnos dedica 1 hora diaria con fines educativos. Destacar que todos los alumnos dedican como máximo 5 horas diarias a navegar por Internet con fines educativos. En la Tabla 15 se pueden observar los resultados por años. De las tres horas diarias como máximo que dedican la mayoría de los alumnos a Internet, se puede decir, que solo una hora como máximo la dedican con fines educativos.

Si se realiza el desglose por titulaciones y dado que en el curso 2010-2011 se produjo el cambio de Ingeniería Técnica a Grado, se va a considerar en primer lugar el estudio por titulaciones diferentes, es decir, distinguiendo las Ingenierías Técnicas de los Grados (Tabla 16 y Fig. 74).

Tabla 16 Uso diario de Internet por Titulaciones

Categorías	Industrial Electrónica	Grado Electrónica	Grado Mecánica	Grado Organización	Industrial Mecánica
Menos de una hora	12,0%	12,5%	9,5%	7,1%	20,0%
Entre 1 y 3 horas	72,0%	81,3%	66,7%	64,3%	70,0%
Entre 3 y 5 horas	12,0%	6,3%	19,0%	28,6%	10,0%
Entre 5 y 8 horas	4,0%	-	-	-	-
Más de 8 horas	-	-	4,8%	-	-

Destaca el Grado en Organización con un porcentaje alto de alumnos con un uso diario de Internet de 3 a 5 horas, un 28,6%. En

Electrónica se ha producido una disminución, de la Ingeniería al Grado, en el número de horas de uso de Internet, pues se ha mantenido constante la primera categoría (Menos de una hora) y ha disminuido la tercera categoría (Entre 3 y 5 horas). En cambio en Mecánica se ha producido un aumento.

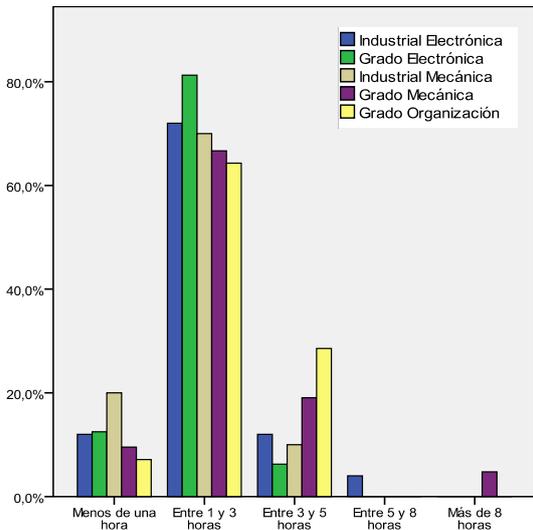


Fig. 74 Internet diario por titulaciones

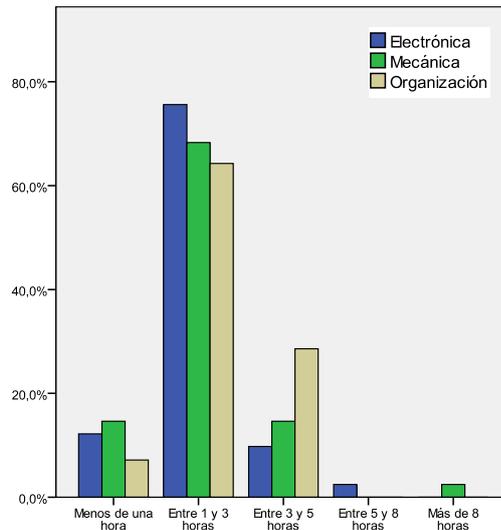


Fig. 75 Internet diario por tipo de Ingeniería

Si se agrupan los alumnos de las dos experimentaciones según el tipo de Ingeniería sin distinguir entre Grado e Ingeniería, se observa en la Tabla 17 y en la Fig. 75, cómo Organización presenta con diferencia, una mayor utilización de Internet. Por su parte, los alumnos de Electrónica y Mecánica quedan muy parejos.

Tabla 17 Uso diario de Internet por tipo de Ingeniería

Categorías	Electrónica	Mecánica	Organización
Menos de una hora	12,2%	14,6%	7,1%
Entre 1 y 3 horas	75,6%	68,3%	64,3%
Entre 3 y 5 horas	9,8%	14,6%	28,6%
Entre 5 y 8 horas	2,4%	-	-
Más de 8 horas	-	2,4%	-

Si ahora se fija uno en las horas diarias de Internet con fines educativos, se ha producido un aumento en el Grado de Electrónica respecto de la Ingeniería, y una disminución en Mecánica. El Grado de Organización es con diferencia el que más horas diarias dedica al uso de Internet con fines educativos (Fig. 76).

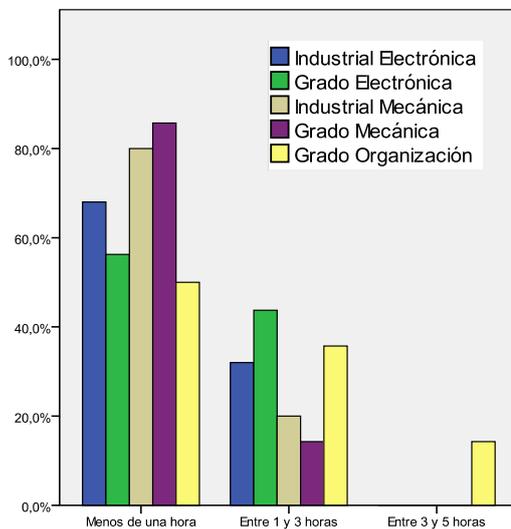


Fig. 76 Internet con fines educativos por titulaciones

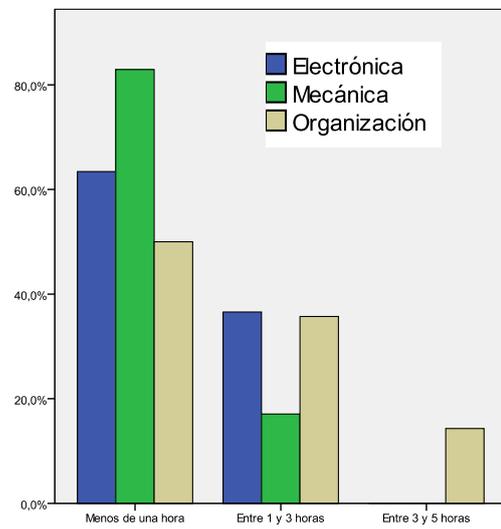


Fig. 77 Internet diario con fines educativos por tipo de Ingeniería

Mirando únicamente el tipo de Ingeniería, en la Fig. 77 se puede ver que existe un uso de Internet con fines educativos bastante mayor en Electrónica y en Organización, siendo ligeramente mayor en Organización.

Por lo tanto la utilización de Internet por parte de los alumnos, como apoyo y ayuda en sus estudios todavía es baja, aunque se observa un aumento de un año para otro.

En la Tabla 18 se puede comprobar que la práctica totalidad de los alumnos posee en su casa acceso a Internet, en este punto se debe recordar que la mayoría de los alumnos tienen entre 17 y 18 años. No se observan diferencias ni por titulaciones, ni por tipos de Ingeniería. Destacar únicamente que todos los alumnos del Grado de Mecánica tienen Internet en casa.

Tabla 18 Disponibilidad de Internet en casa

Categorías	2009_2010	2010_2011	Total
No tengo Internet en casa	4,4%	3,9%	4,2%
Si que tengo Internet en casa	95,6%	96,1%	95,8%

A pesar de disponer de Internet en casa todavía no dedican el tiempo suficiente a utilizarlo con fines educativos, de todas formas la encuesta se realizó en el primer trimestre del primer curso en la Universidad.

La experiencia con la aplicación web se realizó en un aula de la Universidad de Burgos equipada con tecnología adecuada para tal fin, pero los alumnos podían practicar o terminar sus ejercicios desde su casa, en la Tabla 19 se puede comprobar como un alto porcentaje de alumnos así lo hicieron.

Tabla 19 Uso de la aplicación web en casa

Categorías	2009_2010 (*)	2010_2011(*)	Total (*)
No la he usado	20,0%	17,6%	18,8%
Si que la he usado	77,8%	78,4%	78,1%

* Sólo debían responder los que tienen Internet en casa.

El segundo año de la experiencia aumentó el porcentaje que la utilizaron. Tampoco en esta ocasión se observan diferencias ni por titulación, ni por tipos de ingeniería.

De los resultados de este bloque de la encuesta se puede resumir diciendo que la gran mayoría de nuestros alumnos tienen Internet en sus casas (96%), que usan Internet entre 1 y 3 horas diarias (71%) y que usan Internet menos de una hora diaria para fines educativos (70%).

5.3 Estudio descriptivo del segundo bloque: Dificultades técnicas encontradas

En este bloque de preguntas el objetivo es conocer y detectar los problemas técnicos, necesidades de software, problemas de audio y vídeo, sus frecuencias y el tiempo en solucionar estos problemas. Desde el punto de vista de la usabilidad se medirán los componentes de eficacia y eficiencia de la aplicación.

Tabla 20 Ítems y componentes de usabilidad

Componente	Nº	Ítem
Eficacia	5	Dificultades técnicas encontradas
Eficiencia	6	Frecuencia por semana de esas dificultades
Eficiencia	7	¿Cuánto tiempo tardaste en solucionarlas?
Eficacia	8	¿Has tenido problemas para ver los vídeos?
Eficacia	9	¿Has tenido problemas para escuchar el audio?
-----	10	¿Qué software/plugins te ha hecho falta descargar?

En la Tabla 20 se recuerdan las preguntas de este bloque y a qué componente de la usabilidad pertenecen.

En primer lugar, se presta atención a las dificultades técnicas encontradas a nivel

general, la frecuencia de esas dificultades y el tiempo tardado en solucionarlas. Otros ítems preguntan sobre los problemas técnicos más específicos, como son los problemas para ver los vídeos, escuchar el audio y los software/plugins que han necesitado descargarse.

Se debe comentar que el aula en el que se realizaron las experiencias además de preparado para este tipo de aplicaciones web, estaba revisado y comprobado que la aplicación web funcionaba de forma correcta, se comprobó de forma especial que el visualizador 3D estaba correctamente instalado y funcionaba en todos los equipos y que los vídeos funcionaban correctamente. Cada alumno disponía de cascos para escuchar el audio. Todos los alumnos se registraron sin problemas, salvo errores de teclado o mala transcripción de los datos de registro de inicio de sesión, dado que previamente los profesores les habían dado de alta como alumnos, asignando cada alumno en su

grupo. Según esto, es de esperar que la mayoría de las dificultades técnicas se hayan presentado mientras utilizaban la aplicación en casa.

En la Tabla 21 la suma de porcentajes supera el 100% debido a que en la encuesta se podían señalar por cada alumno varias respuestas en función de las dificultades tenidas. En cambio, en la Fig.78, se presentan las dificultades sobre el 100%, es decir porcentaje de dificultades no de alumnos.

Categorías	2009_2010	2010_2011	Total
Acceso lento a la aplicación	22,2%	15,7%	18,8%
No funcionan los enlaces	8,9%	5,9%	7,3%
Pérdidas de sesión fortuitas	17,8%	5,9%	11,5%
Problemas de registro	2,2%	7,8%	5,2%
No se instaló el visualizador 3D	24,4%	31,4%	28,1%
Pérdida de conexión a Internet	8,9%	-	4,2%
No he tenido ninguna dificultad técnica	42,2%	47,1%	44,8%

Se puede observar que un 44,8% de los alumnos no ha tenido ninguna dificultad técnica, lo que representa que en un 37,39% de los casos no ha habido dificultades técnicas. Comparando las dos experimentaciones se han reducido las dificultades técnicas, el primer año un 42,2% de los alumnos no habían tenido ninguna dificultad técnica y el segundo eran el 47,1%. La dificultad técnica más común ha sido la incorrecta instalación del visualizador 3D con un 28,1% de los alumnos con ese problema y representando un 23,48% de apariciones del problema (Tabla 21 y Fig.78).

Ya se había comprobado que en algunos casos el visualizador 3D no se instala correctamente en ordenadores de casa de los alumnos, pero tras conocer este dato se debe averiguar los motivos. Además de un año para otro, este problema lo han tenido más alumnos (7% más).

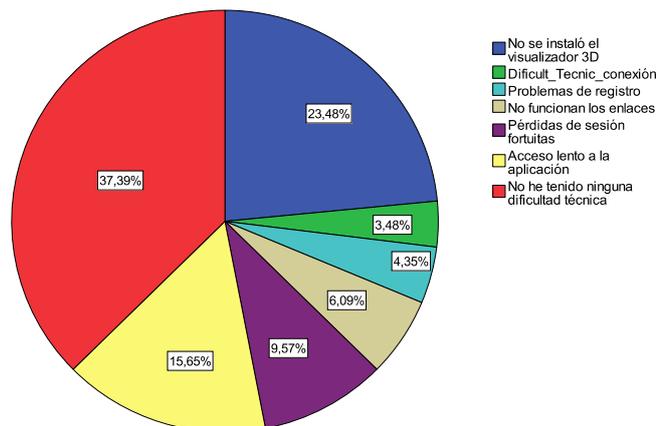


Fig.78 Dificultades técnicas encontradas

En cuanto al acceso lento a la aplicación que se produce en un 18,8% de los alumnos y representa un 15,65% respecto de todas las dificultades técnicas, es de suponer que sea debido a su acceso a Internet ya que se tiene constancia que la aplicación no tiene unos tiempos de acceso elevados. Además, parece que lo demuestra el hecho de que en el segundo año se reduce casi un 7% esta incidencia.

Las pérdidas de sesión fortuitas, que en el curso 2009-2010 representaban un 14,04% y lo sufrieron un 17,8% de los alumnos, en el segundo curso se redujeron a un 5,9% de los alumnos, con lo cual el motivo parece más debido a la conexión, que a la programación de la aplicación.

Aunque los problemas de registro de inicio de sesión representan solo un 4,35% de forma conjunta, se ha producido un aumento de más del 5% de los alumnos en el segundo año de experimentación.

Como conclusión de este ítem desde el punto de vista de usabilidad, se constata un problema de eficacia en este ítem, dado que solo un 44,8% de los participantes no tuvieron dificultades técnicas.

Aparte de conocer las dificultades técnicas aparecidas al utilizar la aplicación web es necesario averiguar la frecuencia de aparición de esas dificultades para determinar en cuanto dificultan el correcto manejo de la aplicación.

Tabla 22 Frecuencia por semana de dificultades

Categorías	2009_2010	2010_2011	Total
Menos de una vez por semana	73,5%	70,0%	71,6%
De 1 a 5 veces por semana	23,5%	27,5%	25,7%
De 6 a 10 veces por semana	-	2,5%	1,4%
Más de 10 veces por semana	2,9%	-	1,4%

Los resultados de este ítem se resumen en la Tabla 22, donde se observa que no hay

grandes cambios de una experimentación a otra, y que el 71,6% de los alumnos si tienen algún problema técnico, éste no se repite mucho, menos de una vez por semana. En cambio un 25,7% tiene problemas técnicos que se le repiten de 1 a 5 veces por semana. Las frecuencias mayores son muy poco significativas. Desde el punto de vista de la usabilidad para mejorar la eficiencia, en este ítem sería deseable disminuir el porcentaje de frecuencia de dificultades en la categoría de 1 a 5 veces por semana.

Pero si se fija uno en la Fig.79, el 65,7% de los encuestados solucionó sus dificultades técnicas en menos de 12 horas, pero por el contrario un 31,4% no las solucionó nunca. En este caso desde el punto de vista de la usabilidad se tiene un problema de eficiencia. Como ya se ha indicado se tiene constancia de que en algunos equipos no se puede instalar el visualizador 3D, pero hasta la fecha no se ha podido averiguar el porqué.

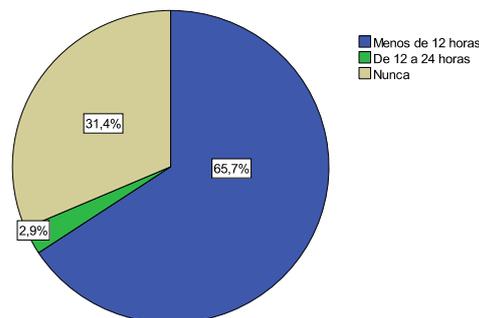


Fig.79 Tiempo tardado en solucionar dificultad

Tabla 23 Problemas de audio y vídeo

Ítems	2009_2010	2010_2011	Total
¿Has tenido problemas para ver los vídeos?	18,2%	12,0%	14,9%
¿Has tenido problemas para escuchar el audio?	6,8%	8,0%	7,4%

En lo referente a problemas con el audio y vídeo en la Tabla 23 se puede apreciar que ha habido

más problemas con los vídeos, probablemente porque algunos "codecs" de vídeo necesiten actualizarse. Al ser antiguos, muchos alumnos no los tienen. En este caso y dada la importancia de los vídeos se detecta también un problema de eficacia, en lo referente a la usabilidad. Está prevista la actualización y mejora de los vídeos y con ello solucionar además el problema con los "codecs".

Para terminar con la descripción de este bloque es necesario saber qué software o qué plugins han tenido que descargarse los usuarios para poder trabajar de forma óptima con la aplicación web. Un porcentaje muy alto (73,7%, Tabla 24 de alumnos ha necesitado descargarse el visualizador 3D, algo totalmente lógico pues son alumnos de primer curso y la experiencia se realizó al inicio del primer trimestre. Los alumnos

Categorías	2009_2010	2010_2011	Total
Windows media player	2,3%	-	1,1%
Visualizador 3D	79,5%	68,6%	73,7%
Internet explorer	11,4%	11,8%	11,6%
“Codecs” de audio o vídeo	11,4%	3,9%	7,4%
Otros software o plugins	-	2,0%	1,1%
Ningún software o plugin	11,4%	19,6%	15,8%

hasta ese momento no habían utilizado este tipo de software. Si se mira desde el punto de vista de software necesario, Fig. 80, el visualizador 3D representa el 66,67% del software que se ha necesitado descargar. Los porcentajes de la tabla suman más del 100% porque se podía seleccionar más de una opción.

Respecto al resto del software que han necesitado descargarse, de nuevo, se debe considerar la edad y que sean alumnos de nuevo ingreso como un dato a tener en cuenta, pero de todas formas el porcentaje del 15,8 se puede considerar bajo.

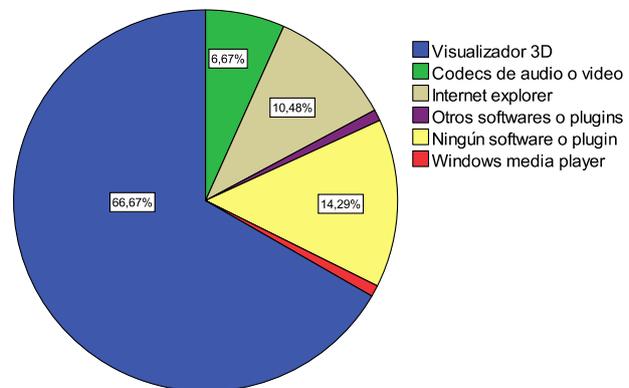


Fig. 80 Software/plugins necesarios

Como conclusión se puede decir que la mayor dificultad técnica es la ocasionada por el visualizador 3D, que en determinados equipos de casa de los alumnos, no se instala correctamente. En cuanto a la usabilidad se detecta por este motivo falta de eficacia y de eficiencia del gestor ILMAGE_SV. También se debe mejorar en eficacia solucionando el problema de los vídeos. Recordar que en el aula donde se realizó la experimentación tanto el visualizador 3D como los vídeos funcionaban correctamente.

5.4 Estudio descriptivo del tercer bloque: Diseño, estructura, facilidad de uso

En este bloque se comienza a evaluar la calidad de la aplicación web. Dado que este bloque dispone de 25 ítems se van a agrupar en factores. El primer factor a considerar se puede denominar “Diseño y estructura”. Recordar que en este bloque las respuestas se han establecido según la escala de Likert (1=muy en desacuerdo; 2=en desacuerdo; 3=indiferente; 4=de acuerdo; 5=muy de acuerdo). En este grupo se pidió valorar el grado de acuerdo con el diseño y estructura de la aplicación web.

En la Tabla 25 se presentan los componentes de usabilidad, los ítems y los resultados con el valor medio y su error típico obtenido en cada curso y en los dos cursos juntos, de este primer factor. Para calcular la media de este grupo se transformó el último ítem, nº 35, que está

formulado en forma inversa, cambiando la escala Likert de 5 a 1. Todos los ítems en las dos experimentaciones, superan claramente el valor 3 y se acercan a 4.

Tabla 25 Medias (Error típico) de Diseño y estructura

Componente	Nº	Ítem	2009-2010	2010-2011	2 años
Satisfacción	11	El aspecto y apariencia de las pantallas, en cuanto a colores y fondos	3,8 (.111)	3,8 (.102)	3,8 (.075)
Satisfacción	12	El tamaño y tipo de texto	3,6 (.106)	3,6 (.112)	3,6 (.077)
Eficiencia	13	La situación de los botones de navegación	3,3 (.108)	3,4 (.094)	3,4 (.071)
Eficiencia	14	La relación entre los iconos y botones con su contenido o función.	3,9 (.134)	4,3 (.091)	4,1 (.081)
Eficacia	19	La distribución de la pantalla en cuanto a puntos principales, subpuntos, áreas de objetos 3D, imágenes y zona de respuestas	3,6 (.125)	3,7 (.113)	3,6 (.084)
Satisfacción	24	Resulta atractivo el aspecto general de la aplicación	3,9 (.088)	3,7 (.109)	3,8 (.071)
Satisfacción	25	Se integran con éxito los diferentes lenguajes empleados (gráfico, texto, audio, etc.)	3,7 (.088)	3,6 (.096)	3,7 (.065)
Eficacia	35	La aplicación presenta elementos innecesarios	3,1 (.121)	3,4 (.123)	3,3 (.088)

Según estos datos se puede considerar aceptable la aplicación web en su diseño y estructura, el valor medio de todo el bloque es de 3,66 (0,041). Este valor medio es mayor en la experiencia realizada en el segundo año, 3,71 frente a 3,61 de la primera experimentación. Destaca sobre todo la diferencia en el ítem nº14, el curso 2009-2010 tuvo de media 3,9 y el curso 2010-2011 4,3.

Por otro lado, el único ítem que se queda más cercano al valor 3 es el último (nº35), es decir, en opinión de los alumnos puede que la aplicación presente algún elemento innecesario. Esta valoración es algo mayor en la segunda experimentación, donde alcanza el valor de 3,4.

Para este ítem, dado su cercano valor a 3, se establecerá un contraste de hipótesis para saber si el valor medio es mayor de 3 de forma significativa y con un nivel de significación del 95%. Se quiere plantear la prueba T para una muestra con punto de corte 3. La hipótesis nula será que la media del ítem 35 es igual a tres. La variable correspondiente a este ítem es "USO_INNECESARIOS".

Los supuestos que exige la prueba T son los de independencia y normalidad de la variable. Por la forma en la que se ha realizado la encuesta se puede afirmar que existe independencia de las observaciones.

Tabla 26 Pruebas de normalidad de los ítems 35 y 13

Variable	Kolmogorov-Smirnov*			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Uso_innecesarios	,237	96	,000	,873	96	,000
Uso_botones	,304	96	,000	,814	96	,000

*. Corrección de la significación de Lilliefors

Para comprobar la normalidad se realizó el test de Kolmogorov-Smirnov con la corrección en la significación de Lilliefors y de Shapiro-Wilk; esta última prueba sólo

debe tenerse en cuenta para tamaños muestrales menores de 50. En este caso el tamaño muestral es 96. Se observa que las diferencias con la normal son grandes y que son significativos ($\alpha < 0,05$) (Tabla 26). Es decir, la muestra no se ajusta a una curva normal con un nivel de confianza del 95%. Como indican Pardo *et al.* (2009), con tamaños muestrales por encima de 40, la prueba T puede

utilizarse incluso aunque la distribución de los datos sea fuertemente asimétrica y existan valores atípicos.

En la Tabla 27 se observa que como $\alpha < 0,05$ se debe rechazar la hipótesis nula, la media de “USO_INNECESARIOS” es distinta de tres. Como los valores del intervalo de confianza son siempre mayores de cero, además se puede afirmar que la media del ítem 35 es significativamente mayor de 3 con un nivel de confianza del 95%.

También se debería reconsiderar la situación de los botones de navegación, pues su media no supera el valor de 3,5 en ninguna de las experimentaciones. De

Valor de prueba = 3						
Variables	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Uso_innecesarios	3,333	95	,001	,292	,12	,47
Uso_botones	5,120	95	,001	,365	,22	,51

forma análoga a como se ha procedido con el ítem 35, se procederá con el ítem 13. Se puede decir que existe independencia de las observaciones. De la Tabla 26 se deduce, de forma análoga al caso anterior, que la variable “USO_BOTONES” no se distribuye normalmente.

De la Tabla 27 de igual manera se puede decir que como $\alpha < 0,05$ se debe rechazar la hipótesis nula, la media de “USO_BOTONES” es distinta de tres. Como los valores del intervalo de confianza son siempre mayores de cero, además se puede afirmar que la media del ítem 13 es significativamente mayor de 3 con un nivel de confianza del 95%.

En la Tabla 28 se recogen los principales estadísticos de la media de este factor. Entre paréntesis se indican los errores típicos.

	2009-2010	2010-2011	2 años
Recuento	45	50	95
Media	3,61 (.063)	3,71 (.052)	3,66 (.041)
Mediana	3,500	3,687	3,625
Desviación típica	,422	,367	,395
Varianza	,178	,135	,156
Asimetría	,126 (.354)	-,206 (.337)	-,068 (.247)
Curtosis	,122 (.695)	,471 (.662)	,153 (.490)

En la Tabla 29 se muestran los valores medios y el error típico de la media para los componentes de usabilidad del factor “Diseño y estructura”. En este caso solo se va a considerar el conjunto de las dos experimentaciones. Todos los componentes tienen valores superiores a 3,5, en este grupo se tiene una aceptable usabilidad.

El segundo factor que se consideró en este bloque fue el de “Calidad de los recursos”, se pretende por lo tanto valorar la calidad de los recursos empleados en el gestor de contenidos ILMAGE_SV. Todos los ítems de este factor miden la eficiencia del gestor, desde el punto de vista de componentes de usabilidad.

Componente	Media	Error típico
Eficacia	3,5	,060
Eficiencia	3,7	,062
Satisfacción	3,7	,051

En la Tabla 30 se presentan, los ítems y los resultados con el valor medio y el error típico obtenido en cada curso y en los dos cursos juntos, de este factor.

Nº	Ítem	2009-2010	2010-2011	2 años
15	La calidad de las imágenes	3,7 (.129)	4,1 (.105)	3,9 (.083)
16	La calidad de los objetos 3D	4,0 (.119)	4,3 (.104)	4,2 (.079)
17	La calidad de los vídeos	3,5 (.093)	3,4 (.117)	3,4 (.076)
18	La calidad del audio	3,4 (.118)	3,3 (.118)	3,3 (.083)

Se puede observar como todos los ítems, y en las dos experiencias, tienen valores medios superiores a 3, por lo tanto se puede considerar aceptable la aplicación en cuanto a la calidad de los recursos empleados.

Sin embargo, se observa como los ítems se comportan de diferente manera en cuanto a valor medio y según el año de experimentación. Los ítems 15 y 16, calidad de imágenes y objetos 3D, son valorados mejor que los ítems sobre vídeo y audio, y además la segunda experimentación mejor que la primera. En cambio, la calidad de los vídeos y del audio tiene peor valoración en general y disminuye en la segunda experimentación. En efecto, existen problemas con los vídeos y el audio; es necesario actualizar los “codecs” de compresión en algunos vídeos y mejorar la visión de los objetos en otros vídeos, por ejemplo, resaltando las aristas. Además en el caso del audio, algunas tomas delanteras de sonido de las CPU del aula informática no funcionaban correctamente.

En la tabla siguiente, Tabla 31, se pueden observar los principales estadísticos de este factor, entre paréntesis se representan los errores típicos.

	2009-2010	2010-2011	2 años
Recuento	44	49	93
Media	3,65 (.076)	3,74 (.084)	3,70 (.057)
Mediana	3,50	3,75	3,75
Desviación típica	,507	,587	,550
Varianza	,257	,345	,302
Asimetría	-,042 (.357)	,176 (.340)	,134 (.250)
Curtosis	-,283 (.702)	-,318 (.668)	-,246 (.495)

Para concluir con este factor, como el único componente de usabilidad que posee es la eficiencia, se puede indicar que tiene una eficiencia aceptable, siendo menos eficientes los vídeos y el audio, que las imágenes y los objetos 3D.

Dentro de este bloque el tercer factor que se consideró fue el denominado “Utilidad de los recursos”, en la Tabla 32 se presentan los ítems de este grupo, sus medias y los errores típicos de la media.

Nº	Ítem	2009-2010	2010-2011	2 años
20	La utilidad de las imágenes	4,1 (.121)	4,1 (.097)	4,1 (.076)
21	La utilidad del texto escrito	3,4 (.148)	3,5 (.135)	3,5 (.099)
22	La utilidad de los objetos 3D	4,4 (.112)	4,5 (.086)	4,5 (.069)
23	La utilidad de los vídeos	3,5 (.132)	3,5 (.129)	3,5 (.092)
31	La aplicación es útil en docencia como complemento de ayuda al auto-estudio	4,0 (.103)	3,8 (.141)	3,9 (.089)
32	La aplicación es útil en docencia como herramienta de información del progreso en el estudio	3,8 (.119)	3,7 (.135)	3,8 (.090)
33	Son necesarios otros soportes y formatos de teoría (pdf, flash, etc.)	2,8 (.132)	3,1 (.140)	3,0 (.084)
34	Son útiles las instrucciones de uso del visualizador 3D	3,8 (.107)	3,5 (.123)	3,7 (.084)

En esta tabla el ítem 33 al estar planteado de forma inversa se ha presentado recodificado, invirtiendo el valor de las categorías, en vez de 1 (muy en desacuerdo) a 5 (muy de acuerdo) se debe considerar de 5 a 1.

En las dos experimentaciones todos los ítems de este factor superan claramente los tres puntos, se puede afirmar que la aplicación tiene unos recursos que son considerados útiles. Los seis primeros ítems se comportan de forma parecida en las dos experimentaciones y tienen valores medios superiores a 3,4; destaca la alta puntuación del ítem 22, “Utilidad de los objetos 3D”, es decir, se considera muy útil el visualizador de objetos 3D.

El ítem 33, “Son necesarios otros soportes y formatos de teoría (pdf, flash, etc.)”, aunque ha aumentado ligeramente su valor en la segunda experimentación, indica que son necesarios otros soportes de teoría. Está previsto, en la próxima actualización del gestor de contenidos, la introducción de conceptos teóricos en formato pdf y flash, además de esta forma se potenciará también las animaciones de vídeo con animaciones vectoriales en flash.

El ítem 34 presenta una disminución de la primera experimentación a la segunda, ciertamente durante las prácticas los alumnos apenas utilizaban estas ayudas, desconociendo con ello ciertas funcionalidades del visualizador 3D, pero aun así las ayudas de uso del visualizador son consideradas bastante útiles.

En la tabla siguiente, Tabla 33, se pueden observar los principales estadísticos de este factor, entre paréntesis se representan los errores típicos.

Tabla 33 Utilidad de los recursos			
	2009-2010	2010-2011	2 años
Recuento	44	50	94
Media	3,76 (,068)	3,74 (,069)	3,74 (,048)
Mediana	3,75	3,75	3,75
Desviación típica	,453	,487	,469
Varianza	,205	,237	,220
Asimetría	,032 (,357)	-,353 (,337)	-,196 (,249)
Curtosis	-,705 (,702)	-,096 (,662)	-,347 (,493)

Este factor como tiene un componente de usabilidad que únicamente mide la eficacia del gestor de contenidos, se puede decir que arroja un valor alto de eficacia de los recursos empleados, pero es necesario mejorar la eficacia de los conceptos teóricos aportando nuevos soportes y formatos de teoría.

Para terminar este bloque se consideró un último factor que forman los ítems que miden la “Facilidad de uso de la aplicación web”. En la Tabla 34 se pueden ver los ítems, sus medias y los errores típicos de la media. Todos los ítems de este factor miden la eficiencia del gestor, desde el punto de vista de componentes de usabilidad.

El ítem 28 al estar planteado de forma inversa se ha presentado en la tabla recodificado, invirtiendo el valor de las categorías, en vez de 1 (muy en desacuerdo) a 5 (muy de acuerdo), de 5 a 1.

Tabla 34 Media (error típico) de facilidad de uso

Nº	Ítem	2009-2010	2010-2011	2 años
26	Es fácil saber dónde te encuentras en cada momento dentro de la aplicación (orientación)	3,7 (.123)	3,4 (.119)	3,5 (.086)
27	Es fácil acceder y avanzar en la información de la aplicación (navegación)	3,4 (.129)	3,6 (.106)	3,5 (.082)
28	Es complicado el manejo del visualizador 3D	3,3 (.164)	3,4 (.168)	3,3 (.117)
29	Se accede a la guía o ayudas de forma rápida y fácil	3,2 (.118)	3,4 (.115)	3,3 (.083)
30	Esta aplicación es sencilla de utilizar, es decir, no requiere adiestramiento específico	4,0 (.108)	4,1 (.092)	4,0 (.070)

En la Tabla 34 se puede comprobar que todos los ítems superan el valor 3 en las dos experimentaciones, pero solo es claramente alto en el ítem 30, se puede decir que la aplicación es fácil de utilizar, pero conviene realizar algunos comentarios. Se puede deducir que mejorando el acceso a las ayudas y guías, se utilizarían más las instrucciones de uso del visualizador y la complejidad de uso del visualizador sería menos tenida en cuenta.

Tabla 35 Facilidad de uso

	2009-2010	2010-2011	2 años
Recuento	45	50	95
Media	3,52 (.083)	3,56 (.067)	3,54 (.052)
Mediana	3,60	3,60	3,60
Desviación típica	,557	,471	,511
Varianza	,310	,222	,261
Asimetría	-,373 (.354)	,381 (.337)	,090 (.247)
Curtosis	,070 (.695)	,655 (.662)	,360 (.490)

En la tabla siguiente, Tabla 35, se pueden observar los principales estadísticos de este factor, donde todos sus ítems miden la eficiencia del gestor de contenidos, se puede decir, por lo tanto, que el gestor es eficiente en cuanto a facilidad de uso, aunque como se ha comentado sería aconsejable mejorar el acceso a las ayudas y guías, y la ubicación y visibilidad, del enlace a las mismas.

Una vez que se han estudiado los factores de este bloque por separado, se van a mostrar los resultados de todos los ítems del bloque juntos (Tabla 36). En todos los factores considerados dentro de este bloque, el valor medio supera claramente los tres puntos. Se puede decir que, para los alumnos que han respondido a la encuesta, ILMAGE_SV tiene calidad suficiente en cuanto a diseño, estructura y facilidad de uso.

Tabla 36 Diseño, estructura y facilidad de uso

	2009-2010	2010-2011	2 años
Recuento	43	47	90
Media	3,64 (.054)	3,70 (.052)	3,67 (.037)
Media recortada al 5%	3,71	3,69	3,66
Mediana	3,72	3,70	3,70
Desviación típica	,355	,354	,354
Varianza	,126	,125	,125
Asimetría	,015 (.361)	,420 (.347)	,219 (.254)
Curtosis	-,555 (.709)	,173 (.681)	-,159 (.503)

En la Tabla 37 se muestran la media y el error típico de los componentes de usabilidad en el diseño, estructura y facilidad de uso del gestor web ILMAGE_SV. Se observa como las tres componentes que posee este bloque superan el valor de 3,6; es decir, el diseño, la estructura y la facilidad de uso de este gestor web son eficaces, eficientes y proporcionan satisfacción a sus usuarios.

Tabla 37 Usabilidad en Diseño, estructura y facilidad de uso

Componente	Media	Error típico
Eficacia	3,7	,043
Eficiencia	3,6	,042
Satisfacción	3,7	,051

5.4.1. Análisis de la hipótesis 1

La hipótesis 1 se redactó de la siguiente manera: “La aplicación web ILMAGE_SV tiene calidad suficiente para ser utilizada como herramienta en el desarrollo de la capacidad de visión espacial”.

Para analizar la hipótesis se ha de demostrar que el valor medio del bloque de preguntas C es significativamente mayor de 3, que es el valor medio de la escala de Likert. Se debe probar que este valor medio es mayor de 3 de forma significativa con un nivel de significación del 95%. Por ello se debe plantear un contraste de hipótesis con la prueba T para una muestra con punto de corte 3. La hipótesis nula será: “La media del bloque diseño, estructura y facilidad de uso es igual a 3”.

La variable que se analiza será USO_MEDIA, y antes de realizar la prueba T para una muestra se debe comprobar que cumple los supuestos de independencia y normalidad. Tal y como se ha realizado la encuesta se puede decir que existe independencia de las observaciones.

En la Tabla 36 se pueden comprobar evidencias de que la muestra sigue una distribución normal. La media, la media recortada al 5% y la mediana son casi iguales; además los estadísticos de forma son próximos a cero.

Se realizó el test de Kolmogorov-Smirnov con la corrección en la significación de Lilliefors y de Shapiro-Wilk; esta última prueba sólo debe tenerse en cuenta para tamaños muestrales menores de 50, es decir, para las experimentaciones de cada año por separado. Se observa que en todos los casos las diferencias con la normal son pequeñas y que no son significativos ($\alpha > 0,05$) (Tabla 38). Es decir, la muestra se ajusta a una curva normal en todos los casos con un nivel de confianza del 95%. Confirmando de esta manera las evidencias.

Tabla 38 Pruebas de normalidad de USO_MEDIA

Cursos	Kolmogorov-Smirnov ¹		Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.	Estadístico	Sig.
2009-2010	,097	,200*	,975	,472
2010-2011	,088	,200*	,976	,422
2 cursos	,056	,200*	,984	,326-

1. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Los resultados de la prueba T para una muestra de la variable USO_MEDIA se muestran en la Tabla 39. En los tres casos el valor de significación es menor de 0,05. Se debe rechazar la hipótesis nula y en consecuencia, la media de la variable es distinta de 3 de forma significativa con un nivel de confianza del 95%. En los tres casos además los límites del intervalo de confianza son positivos, luego el valor medio es superior a 3 de forma significativa en todo el intervalo de confianza.

Tabla 39 Prueba T para una muestra de USO_MEDIA

Curso	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
					Valor de prueba = 3	
2009_2010	11,748	42	,000	,63576	,5265	,7450
2010_2011	13,491	46	,000	,69588	,5921	,7997
2 cursos	17,904	89	,000	,66715	,5931	,7412

Por lo tanto, se puede afirmar que el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV tiene calidad suficiente de forma significativa con un nivel de confianza del 95%.

5.5 Estudio descriptivo del cuarto bloque: Valoración de contenidos

Para el cuarto bloque, se crearon dos factores, el primero se denominó “Motivación y utilidad” y trata de recoger los aspectos de los contenidos que fomentan la motivación en el aprendizaje y el segundo, que se denominará “Utilidad de los contenidos”.

La Tabla 40 muestra los componentes de usabilidad, los ítems, sus medias y errores típicos (entre paréntesis) de los dos cursos en los que se realizó la experimentación, por separado y juntos. Los tres primeros ítems miden satisfacción en la motivación de los contenidos, y los demás, miden eficacia de la utilidad de los contenidos. Se puede observar como todos los valores medios de los ítems superan claramente el valor de 3,5 y varios superan el valor de 4. Las puntuaciones varían como mucho dos décimas entre una experimentación y otra, no siguiendo entre ítems la misma tendencia.

Tabla 40 Media (error típico) de Motivación y utilidad					
Componente	Nº	Ítem	2009-2010	2010-2011	2 años
Satisfacción	36	Esta aplicación es motivadora porque impulsa mi participación en el proceso de aprendizaje	3,9 (,113)	3,8 (,134)	3,8 (,088)
Satisfacción	37	La aplicación presenta la información de forma amena y esto me motiva e interesa	4,1 (,116)	3,9 (,113)	4,0 (,081)
Satisfacción	38	Me parece motivador y me ayuda al estudio el hecho de conocer los resultados de los ejercicios de forma cuantitativa	4,2 (,102)	4,1 (,102)	4,1 (,072)
Eficacia	39	Considero útil en esta aplicación el poder conocer estadísticas de uso y tiempos de conexión	3,7 (,121)	3,5 (,123)	3,6 (,087)
Eficacia	41	Desde el punto de vista educativo es útil en esta aplicación el visualizador de objetos en 3D	4,3 (,102)	4,4 (,11)	4,3 (,076)
Eficacia	42	Considero muy útil la creación aleatoria de ejercicios a partir del nivel que yo elija	3,8 (,133)	4,0 (,115)	3,9 (,087)
Eficacia	44	La posibilidad de que el profesor pueda asignarme ejercicios y exámenes me parece muy positiva	4,0 (,114)	3,8 (,097)	3,9 (,074)
Eficacia	50	Esta aplicación es útil para la asignatura “Expresión Gráfica y Diseño Asistido por Ordenador”	3,8 (,140)	3,8 (,153)	3,8 (,104)

La puntuación más alta se observa en el ítem 41, “Desde el punto de vista educativo es útil en esta aplicación el visualizador de objetos 3D”, con un valor de 4,3. En la Tabla 32, el ítem 22, también fue valorado alto (4,5), confirmándose con ello la importancia del visualizador 3D en el desarrollo de la capacidad de visión espacial y en el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV, por lo tanto, también en la docencia de la expresión gráfica. También es de destacar el valor de 4,2 que se obtuvo en la pregunta, “Me parece motivador y me ayuda al estudio el hecho de conocer los resultados de los ejercicios de forma cuantitativa”.

Se pueden observar, en la Tabla 41, los principales estadísticos de este factor. Se puede ver que la variable media de estos ocho ítems en las dos experimentaciones obtuvo un valor superior a 3,89;

se puede decir que la aplicación tiene unos contenidos que la hacen motivadora y útil para el aprendizaje de la expresión gráfica.

Tabla 41 Motivación y utilidad de los contenidos

	2009-2010	2010-2011	2 años
Recuento	45	50	95
Media	3,96 (.067)	3,89 (.076)	3,93 (.051)
Mediana	3,88	3,88	3,88
Desviación típica	,448	,541	,498
Varianza	,201	,293	,248
Asimetría	-,282 (.354)	-1,263 (.337)	-,962 (.247)
Curtosis	-,143 (.695)	3,620 (.662)	2,681 (.490)

Tanto el componente de satisfacción como el de eficacia salen altamente valorados, indicando con ello que ILMAGE_SV es eficaz y satisfactorio en cuanto a motivación y utilidad de los contenidos (ver Tabla 42).

El segundo factor que se consideró en este bloque de ítems se ha denominado “Adecuación de contenidos” y recoge los ítems relacionados con los contenidos, su presentación, tipología y estructuración.

Tabla 42 Usabilidad en Motivación y utilidad de los contenidos

Componente	Media	Error típico de la media
Satisfacción	4,0	,064
Eficacia	3,9	,055

La Tabla 43 muestra los ítems, sus medias y errores típicos (entre paréntesis) de los dos cursos en los que se realizó la experimentación, por separado y juntos. Para este factor todos los ítems miden la eficacia de la adecuación de los contenidos.

Tabla 43 Media (error típico) de Adecuación de contenidos

Nº	Ítem	2009-2010	2010-2011	2 años
40	En cuanto a la claridad de explicaciones en vídeos y en enunciados: es difícil el lenguaje empleado	2,9 (.116)	3,1 (.133)	3,0 (.090)
43	La dificultad de los ejercicios es adecuada	3,5 (.141)	3,9 (.114)	3,7 (.091)
45	Los recursos empleados (visualizador 3D, imágenes, vídeos, audios, etc.) son adecuados	4,0 (.105)	4,2 (.099)	4,1 (.072)
46	La cantidad de ejercicios es adecuada	3,8 (.103)	3,7 (.132)	3,8 (.085)
47	Los niveles son adecuados	3,6 (.115)	3,8 (.089)	3,7 (.072)
48	Los resultados obtenidos en los ejercicios me parecen objetivos y adecuadamente calculados	3,7 (.122)	3,6 (.115)	3,7 (.083)
49	En esta aplicación existen contradicciones en los contenidos	3,5 (.136)	3,8 (.130)	3,7 (.094)

El primer y el último ítem de esta tabla, al estar formulados de forma inversa, se han recodificado sus categorías para poder comparar los resultados obtenidos, el 5 pasa a 1 y el 1 a 5. En este factor las puntuaciones son ligeramente inferiores; la mejor puntuación es de 4,1 para el ítem 45, es decir, los recursos empleados se consideran bastante adecuados.

Según esto, para el primer ítem (nº40), la media mejora el segundo año de la experimentación, pero aún así se queda, considerando las dos experimentaciones juntas, en 3; se debe entender, por lo tanto, que el lenguaje empleado en los vídeos y enunciados es en algunos casos difícil. Aunque se corrigieron errores y se mejoró algún enunciado está claro que se debe revisar este aspecto de cara a la eficacia de los contenidos. En el último ítem, la mejora es mayor, y la media final indica que no existen contradicciones en los contenidos.

El mayor aumento se produce en el ítem 43, se considera que la dificultad de los ejercicios es adecuada. Los demás ítems tienen aumentos y descensos poco significativos y todos tienen la media superior a 3,5.

Tabla 44 Adecuación de los contenidos

	2009-2010	2010-2011	2 años
Recuento	43	51	94
Media	3,61 (,068)	3,73 (,061)	3,67 (,045)
Mediana	3,71	3,71	3,71
Desviación típica	,443	,435	,440
Varianza	,197	,189	,194
Asimetría	-,249 (,361)	,343 (,333)	,054 (,249)
Curtosis	,185 (,709)	-,190 (,656)	,083 (,493)

Se pueden observar, en la Tabla 44 los principales estadísticos de este factor (entre paréntesis se representan los errores típicos). Se puede ver que la variable media de estos siete ítems en las dos experimentaciones obtuvo un valor superior a 3,61 y que en la segunda experimentación aumenta hasta 3,73; por lo tanto, se puede decir que la aplicación tiene unos contenidos que son adecuados para el aprendizaje de la expresión gráfica. Y como todos los ítems miden la eficacia de la adecuación de contenidos se puede afirmar, que la aplicación es eficaz desde este punto de vista de usabilidad.

Tabla 45 Valoración de contenidos

	2009-2010	2010-2011	2 años
Recuento	43	50	93
Media	3,80 (,057)	3,82 (,059)	3,81 (,041)
Media recortada al 5%	3,81	3,83	3,82
Mediana	3,80	3,80	3,80
Desviación típica	,371	,420	,39622
Varianza	,138	,176	,157
Asimetría	-,138 (,361)	-,427 (,337)	-,309 (,250)
Curtosis	,533 (,709)	,871 (,662)	,694 (,495)

Estudiados los factores de este bloque por separado, se va a realizar el estudio de todos los ítems de este bloque de forma conjunta. En los dos factores considerados en este bloque, el valor medio supera claramente 3,5 puntos (Tabla 45). Se puede asegurar que para los alumnos que han respondido a la encuesta los contenidos de la aplicación web tienen calidad suficiente.

Si se presta atención a los componentes de usabilidad que existían en este bloque (se recuerda que solo tenía, satisfacción y eficacia), la media es superior a 3,8 y se puede afirmar que los contenidos son eficaces y satisfacen a los alumnos, ver Tabla 46.

Tabla 46 Usabilidad en Valoración de los contenidos

Componente	Media	Error típico
Satisfacción	4,0	,064
Eficacia	3,8	,043

5.5.1. Análisis de la hipótesis 2

Se recuerda que la hipótesis 2 estaba redactada de la siguiente manera: “Los contenidos del taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV son adecuados para el aprendizaje y el desarrollo de la capacidad de visión espacial”.

Para analizar la hipótesis se ha de demostrar que el valor medio del bloque de preguntas D es significativamente mayor de 3, que es el valor medio de la escala de Likert. Se debe probar que este valor medio es mayor de 3 de forma significativa con un nivel de significación del 95%. Por ello se debe plantear un contraste de hipótesis con la prueba T para una muestra con punto de corte 3. La hipótesis nula será: “La media del bloque valoración de contenidos es igual a 3”.

La variable que se analiza será CONT_MEDIA, y antes de realizar la prueba T para una muestra se debe comprobar que cumple los supuestos de independencia y normalidad. Tal y como se ha realizado la encuesta puede decirse que existe independencia de las observaciones.

En la Tabla 45 se pueden comprobar evidencias de que la muestra sigue una distribución normal, la media, la media recortada al 5% y la mediana son prácticamente iguales; además la asimetría y la curtosis son próximas a cero.

Se realizó el test de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors y de Shapiro-Wilk como prueba de normalidad. La prueba de Shapiro-Wilk no se consideró para las dos experimentaciones juntas dado que el número de casos es mayor de 50. Se obtiene para todas las experimentaciones diferencias respecto de la normal muy pequeñas y el valor de significación mayor que 0,05, es decir, no es significativo (Tabla 47), y la muestra se ajusta a una curva normal con una probabilidad del 95%. Confirmando de esta manera las evidencias.

Tabla 47 Pruebas de normalidad de CONT_MEDIA

Curso	Kolmogorov-Smirnov ¹		Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.	Estadístico	Sig.
2009-2010	,119	,139	,970	,328
2010-2011	,109	,188	,975	,366
2 cursos	,072	,200*	,982-	,225

1. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Cumplidos los supuestos se presentan en la Tabla 48 los resultados de la prueba T para una muestra de la variable CONT_MEDIA con punto de corte en el valor 3 de la escala de Likert.

Tabla 48 Prueba T para una muestra de CONT_MEDIA

Curso	Valor de prueba = 3					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
2009-2010	14,144	42	,000	,80129	,6870	,9156
2010-2011	13,744	49	,000	,81625	,6969	,9356
2 cursos	19,698	92	,000	,80933	,7277	,8909

Tanto para los dos cursos por separado como juntos, se obtiene un valor de significación menor de 0,05. Se debe rechazar la hipótesis nula y en consecuencia la media de la variable CONT_MEDIA es

distinta de 3 de forma significativa con un nivel de confianza del 95%. Se comprueba que la diferencia respecto del valor 3 es siempre positiva, los extremos del intervalo de confianza son ambos positivos en los tres casos.

Por lo tanto, se puede asegurar que los contenidos del taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV son adecuados a los objetivos propuestos de forma significativa con un nivel de confianza del 95%.

5.6 Estudio descriptivo de los ítems finales

Los cinco ítems finales se estudian de forma independiente, entre otros motivos porque tienen escalas de medición diferentes. Desde el punto de vista de usabilidad los cuatro últimos ítems miden la satisfacción con el gestor web ILMAGE_SV de forma general; el ítem 51 pretende conocer la frecuencia de uso de los vídeos de teoría y de los ejemplos. Se había observado

durante la experiencia la poca utilización de estos vídeos a pesar de haber hecho notar a los alumnos su existencia. Este ítem mide la eficiencia de los vídeos de teoría y de los ejemplos como componente de usabilidad de forma independiente.

En la Tabla 49 se comprueba que la frecuencia de uso de los vídeos ha sido baja. Además, de la primera experimentación a la segunda se ha producido un descenso considerable en la utilización de los vídeos; más

Categorías	2009-2010	2010-2011	2 años
La frecuencia de uso de los vídeos ha sido muy baja	26,7%	35,3%	31,3%
La frecuencia de uso de los vídeos ha sido baja	44,4%	39,2%	41,7%
La frecuencia de uso de los vídeos ha sido media	20,0%	19,6%	19,8%
La frecuencia de uso de los vídeos ha sido alta	6,7%	5,9%	6,3%
La frecuencia de uso de los vídeos ha sido muy alta	-	-	-
No responden	2,2%	-	1,0%

del 70% de los alumnos ha utilizado poco o muy poco los vídeos. Si se observa el ítem 23, en el que se pedía valorar el grado de acuerdo con la utilidad de los vídeos (ver Tabla 32, ítem nº23) el resultado obtenido de media (3,5) en las dos experimentaciones es contradictorio con la baja utilización de éstos. Además, en la Tabla 30 se preguntaba por la calidad de los vídeos, siendo también en este caso la media superior a 3 (3,4 en las dos experimentaciones juntas). Por lo tanto, aunque por un lado los vídeos se han considerado eficaces y eficientes, por el otro no son tan eficientes, ya que, apenas se utilizan. A pesar de que los vídeos se consideran con calidad suficiente se deben mejorar y hacerlos más atractivos. También se debe buscar la forma de provocar su utilización (botones de acceso en vez de enlaces, localización de éstos, etc.).

El siguiente ítem se preguntaba sobre el aumento de la capacidad de visualización. Si se observa la evolución entre las dos experimentaciones, se puede decir, que no hay grandes cambios en las respuestas, únicamente se aprecia un ligero aumento en

Categorías	2009-2010	2010-2011	2 años
Ha mejorado muy poco	4,4%	2,0%	3,1%
Ha mejorado poco	11,1%	17,6%	14,6%
Ha mejorado medianamente	46,7%	45,1%	45,8%
Ha mejorado bastante	35,6%	33,3%	34,4%
Ha mejorado mucho	2,2%	2,0%	2,1%

los alumnos que consideran que su capacidad de visión espacial ha mejorado poco después del uso del gestor de contenidos ILMAGE_SV. Considerando las dos experimentaciones juntas, el 80,2 % de los alumnos percibe que su capacidad de visualización espacial ha mejorado entre medianamente y bastante (ver Tabla 50).

La valoración general de la aplicación web deparó los resultados que se muestran en la Tabla 51. En la primera experimentación los resultados varían entre regular y muy buena, estando centrada en que la aplicación es buena con un 77, 8%. En la segunda experimentación,

Categorías	2009-2010	2010-2011	2 años
La aplicación es muy mala	-	-	-
La aplicación es mala	-	3,9%	2,1%
La aplicación es regular	11,1%	11,8%	11,5%
La aplicación es buena	77,8%	58,8%	67,7%
La aplicación es muy buena	11,1%	25,5%	18,8%

en cambio, el rango varía entre mala y muy buena, disminuyendo bastante el porcentaje de buena (58,8%), pero pasando del 11,1% al 25,5% los alumnos que consideraban la aplicación muy buena.

Globalmente se puede decir que el 86,5% considera que la aplicación está considerada entre buena y muy buena.

Tabla 52 Volver a usar y recomendar			
Ítems	2009-2010	2010-2011	2 años
¿Volverías a visitar esta aplicación para mejorar más tu capacidad de visualización espacial?	91,1%	86,3%	88,5%
¿Recomendarías esta aplicación a otras personas interesadas en el tema que trata?	97,8%	98%	97,9%

Los dos últimos ítems del cuestionario se agrupan en la Tabla 52. Las respuestas son algo diferentes en las dos experimentaciones pero coherentes con los resultados del ítem anterior (Tabla 51) y confirman la buena aceptación de la aplicación ya que un 88,5% la volvería a utilizar y un 97,9% la recomendaría a otras personas interesadas en el tema.

En la Tabla 53, Tabla 54 y Tabla 55 se realiza un resumen estadístico de los bloques C y D en general, y de algunos ítems considerados los más importantes, de forma particular. Para el ítem 52 la escala era: 1=Muy poco, 2=Poco, 3=Medianamente, 4=Bastante y 5=Mucho; para el ítem 53, 1=Muy mala, 2=Mala, 3=Regular, 4=Buena y 5=Muy Buena. Con lo cual la media del ítem 52 indica, en las dos experimentaciones, que la capacidad de visualización espacial ha aumentado Medianamente. Para el ítem 53, también en las dos experimentaciones, la valoración general de la aplicación ha sido de Buena.

Tabla 53 Resumen experimentación 2009-2010						
Ítems	Nº	Media	Desviación típica	Intervalo confianza (95%)		
				Inferior	Superior	
C. Diseño, estructura, facilidad de uso						
Diseño y estructura	8	3,61	0,42	3,48	3,74	
Calidad de los recursos	4	3,65	0,51	3,49	3,65	
Utilidad de los recursos	8	3,76	0,45	3,62	3,89	
Facilidad de uso	5	3,52	0,56	3,35	3,69	
Media	25	3,64	0,35	3,53	3,74	
D. Valoración de los contenidos						
Motivación y utilidad de los contenidos	8	3,96	0,45	3,83	4,10	
Adecuación de los contenidos	7	3,61	0,44	3,47	3,75	
Media	15	3,80	0,37	3,69	3,92	
Ítem 31	La aplicación es útil en docencia como complemento de ayuda al auto-estudio	1	4,02	0,69	3,81	4,23
Ítem 32	La aplicación es útil en docencia como herramienta de información del progreso en el estudio	1	3,84	0,80	3,61	4,08
Ítem 36	Esta aplicación es motivadora porque impulsa mi participación en el proceso de aprendizaje	1	3,87	0,76	3,64	4,09
Ítem 37	La aplicación presenta la información de forma amena y esto me motiva e interesa	1	4,07	0,78	3,83	4,30
Ítem 38	Parece motivador y ayuda en el estudio el hecho de conocer los resultados de los ejercicios de forma cuantitativa	1	4,18	0,68	3,97	4,38
Ítem 41	Es útil en la aplicación el visualizador de objetos 3D	1	4,27	0,69	4,06	4,47
Ítem 52	Después del uso de la aplicación ha aumentado la capacidad de visualización espacial	1	3,20	0,84	2,95	3,45
Ítem 53	Valoración general de la aplicación	1	4,00	0,48	3,86	4,14

Tabla 54 Resumen experimentación 2010-2011

Ítems	Nº	Media	Desviación típica	Intervalo confianza (95%)		
				Inferior	Superior	
C. Diseño, estructura, facilidad de uso						
Diseño y estructura	8	3,71	0,37	3,61	3,82	
Calidad de los recursos	4	3,74	0,59	3,58	3,91	
Utilidad de los recursos	8	3,74	0,49	3,60	3,87	
Facilidad de uso	5	3,56	0,47	3,43	3,70	
Media	25	3,70	0,35	3,59	3,80	
D. Valoración de los contenidos						
Motivación y utilidad de los contenidos	8	3,89	0,54	3,74	4,05	
Adecuación de los contenidos	7	3,73	0,43	3,61	3,85	
Media	15	3,82	0,42	3,70	3,94	
Ítem 31	La aplicación es útil en docencia como complemento de ayuda al auto-estudio	1	3,84	1,01	3,56	4,13
Ítem 32	La aplicación es útil en docencia como herramienta de información del progreso en el estudio	1	3,73	0,96	3,46	4,00
Ítem 36	Esta aplicación es motivadora porque impulsa mi participación en el proceso de aprendizaje	1	3,80	0,96	3,53	4,07
Ítem 37	La aplicación presenta la información de forma amena y esto me motiva e interesa	1	3,94	0,81	3,71	4,17
Ítem 38	Parece motivador y ayuda en el estudio el hecho de conocer los resultados de los ejercicios de forma cuantitativa	1	4,10	0,73	3,89	4,30
Ítem 41	Es útil en la aplicación el visualizador de objetos 3D	1	4,35	0,80	4,13	4,58
Ítem 52	Después del uso de la aplicación ha aumentado la capacidad de visualización espacial	1	3,16	0,81	2,93	3,38
Ítem 53	Valoración general de la aplicación	1	4,06	0,73	3,85	4,26

Tabla 55 Resumen 2 cursos juntos

Ítems	Nº	Media	Desviación típica	Intervalo confianza (95%)		
				Inferior	Superior	
C. Diseño, estructura, facilidad de uso						
Diseño y estructura	8	3,66	0,39	3,58	3,74	
Calidad de los recursos	4	3,70	0,55	3,59	3,81	
Utilidad de los recursos	8	3,74	0,47	3,65	3,84	
Facilidad de uso	5	3,54	0,51	3,44	3,65	
Media	25	3,67	0,35	3,59	3,74	
D. Valoración de los contenidos						
Motivación y utilidad de los contenidos	8	3,93	0,50	3,82	4,03	
Adecuación de los contenidos	7	3,67	0,44	3,58	3,76	
Media	15	3,81	0,40	3,73	3,89	
Ítem 31	La aplicación es útil en docencia como complemento de ayuda al auto-estudio	1	3,93	0,87	3,75	4,10
Ítem 32	La aplicación es útil en docencia como herramienta de información del progreso en el estudio	1	3,78	0,88	3,60	3,96
Ítem 36	Esta aplicación es motivadora porque impulsa mi participación en el proceso de aprendizaje	1	3,83	0,87	3,66	4,01
Ítem 37	La aplicación presenta la información de forma amena y esto me motiva e interesa	1	4,00	0,79	3,84	4,16
Ítem 38	Parece motivador y ayuda en el estudio el hecho de conocer los resultados de los ejercicios de forma cuantitativa	1	4,14	0,70	3,99	4,28
Ítem 41	Es útil en la aplicación el visualizador de objetos 3D	1	4,31	0,74	4,16	4,46
Ítem 52	Después del uso de la aplicación ha aumentado la capacidad de visualización espacial	1	3,18	0,82	3,01	3,34
Ítem 53	Valoración general de la aplicación	1	4,03	0,62	3,90	4,16

Del análisis de los valores medios de la encuesta se pueden extraer un conjunto de puntos fuertes y débiles de la herramienta.

Puntos fuertes:

- La relación de los iconos empleados con los contenidos.
- La utilidad de las imágenes y objetos 3D empleados.
- La aplicación es sencilla de utilizar, es decir, no necesita adiestramiento.
- El uso del visualizador 3D es útil desde el punto de vista educativo (4.5 puntos sobre 5).
- La aplicación es motivadora, amena y ayuda al estudio el conocer las soluciones de los ejercicios. La aplicación es motivadora porque impulsa la participación del alumno en el proceso de aprendizaje.
- Los recursos empleados (visualizador 3D, imágenes, vídeos, audios, etc.) son adecuados.
- La aplicación es útil en docencia como complemento de ayuda al auto-estudio y como herramienta de información del progreso aprendizaje.

Puntos débiles y de mejora:

- Calidad de los vídeos y audio. Lo que se propone es editar los vídeos de nuevo con nuevos “codecs”, destacando los bordes de los modelos 3D para mejorar su visión.
- Es complicado de manejar el visualizador 3D. Puede ser debido a que han utilizado por primera vez los visualizadores 3D y por que algunos alumnos han tenido dificultades de instalación de los visualizadores en sus casas.
- No se accede a las ayudas o guías de forma rápida y fácil. Puede ser debido a que una vez que se está dentro de cualquier ejercicio no se puede salir de él, hasta que se pulse el botón de “Ver los resultados”. Se proponen añadir enlaces más accesibles a los menús de ayuda, en mejores posiciones.
- La percepción que el propio alumno tiene sobre el aumento de su capacidad espacial, por el uso de la aplicación. Puede ser debido a que los ejercicios no son muy difíciles, por estar la aplicación más orientada a los alumnos con mayores dificultades de visualización. Se propone la inclusión de nuevos ejercicios con un mayor grado de dificultad.

Para concluir con la encuesta, se consideraron las observaciones hechas al final de la encuesta en el apartado reservado para ello. De las 96 encuestas respondidas hubo 4 observaciones en la primera experimentación y 11 en la segunda.

Las observaciones se han centrado en la motivación que produce el uso de esta aplicación, en su diseño, en la navegación, en la dificultad y número de ejercicios, en las dificultades con el lenguaje empleado (en los enunciados y las instrucciones de los ejercicios), sobre problemas técnicos encontrados en la instalación en sus casas, en la calidad de los vídeos y el audio, en la posibilidad de utilizar otras aplicaciones y software vinculado al dibujo técnico y en cuestiones relacionadas con la experimentación realizada.

Algunas de las observaciones ya han sido comentadas al citar los puntos débiles y de mejora. Se pueden realizar los siguientes comentarios sobre las demás observaciones:

- Algunos alumnos comentaban la difícil navegación en algunos momentos. Comentaban también la falta de libertad en algunas situaciones, en concreto, al no permitirse crear exámenes aleatorios nuevos hasta que no estén terminados los anteriores. Esto es así, porque en su momento se consideró que si el usuario crea un examen aleatorio, es para ejercitarse, y sea fácil o difícil, debe intentar terminarlo antes de realizar otro ejercicio. Según los alumnos otro aspecto de falta de libertad ocurre dentro de cada ejercicio de un examen, para salir de un ejercicio es necesario dar al botón resolver o pulsar el botón retroceder del navegador. Se puede considerar la opción de dejar ejercicios a medias pero dado que el tiempo medio de resolución de un ejercicio está entre tres y cinco minutos, parece que no tiene mucho sentido esta opción.
- Otros alumnos apuntaban que serían necesarios ejercicios más difíciles y con más ejemplos. En efecto, es necesario aumentar la cantidad de ejercicios que ahora es de 70 y la cantidad de ejemplos.
- Cuatro alumnos hicieron observaciones sobre las dificultades para comprender los enunciados y las instrucciones de resolución de algunos ejercicios. Además de estas observaciones, los resultados de la encuesta indican que, en efecto, algunos enunciados presentan dificultades para su comprensión y que algunas instrucciones no son claras; de la primera experimentación a la segunda ya se corrigieron algunos de estos enunciados e instrucciones. Se deben revisar todos los enunciados e instrucciones para eliminar estas dificultades. La aplicación presenta, cuando se accede con el perfil de profesor, unas estadísticas denominadas “Ver estadísticas por niveles y ejercicios”, de esta manera si algún ejercicio tiene resultados anormalmente bajos puede que sea debido al enunciado e instrucciones y deba ser revisado.
- Varios alumnos comentan que les ha resultado divertido y entretenido el uso de la aplicación, que les parece amena y motivadora esta forma de realizar los ejercicios de visualización. Indican que se debe potenciar el uso de aplicaciones de este tipo y el software de CAD.
- Por último, dos alumnos coinciden en que no están de acuerdo en como se han creado los grupos de la experimentación, que ellos preferían haber realizado la experimentación en el grupo tradicional para practicar más el croquizado. En esta observación se ha de recordar que para un correcto diseño de la experimentación, los grupos se crearon lo más homogéneos posible en cuanto a capacidad de visualización espacial y de forma aleatoria.

Por todo ello, se puede decir, como resumen de este capítulo, que el gestor ILMAGE_SV tiene calidad suficiente para ser utilizado en docencia y que igualmente los contenidos propuestos se adecuan a los de visualización.

CAPITULO 6 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACIÓN

6.1 Consideraciones previas

Se parte de 270 estudiantes que iniciaron la experimentación, 225 hombres y 45 mujeres, ver Tabla 56. La edad media del curso 2009-2010 es 19,36 años y la del curso 2010-2011 es 19,46 años. La media total de edad es 19,41 años.

Tabla 56 Estudiantes por sexo y cursos

CURSO	Sexo		Total
	H	M	
2009-2010	115	26	141
2010_2011	110	19	129
Total	225	45	270

Como ya se ha indicado previamente los estudiantes se dividieron en dos grupos, el grupo de experimentación (grupo E) y el grupo tradicional de control (grupo T). El grado de Organización estaba compuesto por 21 alumnos.

Al ser pocos alumnos todos formaron parte del grupo E. De los resultados obtenidos en el test DAT-SR, en el test MRT, en el control de visualización y en el test final de visualización, se comprueba que es un grupo especial con resultados de media inferiores a los de los otros grados. Por este motivo, al ser un grupo atípico, en algunas de las hipótesis no se los tendrá en cuenta debido principalmente a que ese carácter atípico hace que se incumplan algunos de los supuestos de normalidad y homocedasticidad que se exigen en varios contrastes de hipótesis, además en otros casos crearán un desbalanceo en los grupos obteniéndose resultados distorsionados (ver Tabla 57).

Tabla 57 Resumen de estudiantes por especialidad y grupo

Titulación	Mecánica		Electrónica		Organización	Total
	E	T	E	T	E	
	Ingeniería Técnica Industrial (2009-2010)	32	31	39	39	
Grado en Ingeniería (2010-2011)	21	21	33	33	21	129

Antes de iniciar el análisis pormenorizado de las hipótesis planteadas, merece la pena detenerse en comparar los resultados obtenidos en los tests previos de visualización espacial realizados en nuestra experimentación durante los dos cursos que duró la experimentación, esto es, el test DAT-SR y el test MRT (ver Tabla 58).

Se recuerda que el test DAT-SR puntuaba sobre 60 y el test MRT sobre 40. El test DAT-SR se realizó los dos cursos y el MRT solamente el segundo curso de la experimentación. Se observa en

Tabla 58 Resumen de resultados de los tests DAT-SR y MRT

Test	Sexo					
	Hombres		Mujeres		Total	
	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica	Media	Desv. Típica
DAT-SR	44,22	9,627	40,44	9,481	43,59	9,689
PRE-MRT	24,264	9,6078	18	6,9041	23,306	9,4856
POST-MRT	27,58	8,60	20,63	6,51	26,528	8,6566

la Tabla 58, que existen diferencias de capacidad espacial según el género. Para el test DAT-SR la diferencia es de cuatro puntos a favor de los hombres, y para el test MRT la diferencia es de seis puntos, en el pre-test, y de siete puntos en el post-test.

Como ya se ha comentado también en el capítulo 2, los resultados de estos tests aunque sean tests perfectamente validados y con alta fiabilidad varían mucho de unos sitios a otros. Por este motivo se ha optado por utilizar los porcentajes medios de acierto en vez de considerar las medias de puntuaciones y desviaciones típicas. Según esto, de la Tabla 58 se han obtenido los porcentajes de acierto para ambos tests siendo 72,65% para el DAT-SR y 58,27% para el MRT.

El valor medio de los resultados de la comparativa realizada en el apartado 4.3 del capítulo 5 es para el test DAT-SR de 72,89% y para el test MRT de 56,24%. Los estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad de Burgos se encuentran por tanto prácticamente en este valor medio para el test DAT-SR y dos puntos por encima en el test MRT.

En el caso del test DAT-SR, en las instrucciones en español suministradas por TEA (Bennett, Seashore, & Wesman, 1997), se disponen de datos medios para la población universitaria española que permiten determinar el nivel de habilidades espaciales de los alumnos al comienzo de las carreras universitarias, este valor es 60,5%. Por tanto, los estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad de Burgos tienen una media de aciertos 12 puntos superior a este valor medio del DAT-SR.

Para el test MRT no se disponen de valores de referencia, la Universidad de Burgos se sitúa por encima de la media.

Por último, es necesario comentar que todos los contrastes que se van a realizar para analizar las distintas hipótesis se realizarán utilizando como herramienta el software SPSS (PASW Statistics v18), y que si no se indica lo contrario, el nivel de significación utilizado será $\alpha=0,05$.

6.2 Análisis de la HIPÓTESIS 3

La hipótesis 3 dice lo siguiente: “Los dos grupos de experimentación, el tradicional y el experimental, mejoran significativamente su capacidad de visión espacial después de la experimentación”.

Se intenta probar que después de la experimentación, tanto el grupo tradicional (T), como el que ha utilizado sólo el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV (E), ha mejorado la puntuación obtenida en el Post-Test MRT (Mental Rotation Test) respecto del Pre-Test MRT. Además se debe probar que esta mejora es significativa.

Según la propia experiencia como docente en asignaturas de Expresión Gráfica en la Ingeniería y según los resultados obtenidos en los tests y en los ejercicios planteados durante la experimentación, las mayores dificultades relacionadas con la destreza en visión espacial, las encuentran los alumnos en realizar rotaciones espaciales. Además varios autores (Mohler, 2006) (Miller & Bertoline, 1991) (Khairul Anuar & Azniah, 2004) manifiestan que el test MRT es una prueba válida para la medida de la capacidad de visión espacial, en concreto para realizar rotaciones mentales que es una importante habilidad para la creación de vistas ortográficas partiendo de dibujos isométricos y viceversa.

Por estos motivos en esta hipótesis se estudiarán solamente los resultados obtenidos en el Pre-Test MRT y en el Post-Test MRT realizados durante el curso 2010-2011, dado que en el curso 2009-2010 no se utilizó este test. Los alumnos que realizaron el pre test fueron 85 y los que realizaron el

post test fueron 106, y fueron 76 alumnos los que realizaron ambos tests. Para el estudio se segmentará la muestra según el grupo de experimentación al que pertenezca cada muestra, en este caso grupo E (experimental con el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV) y grupo T (grupo de control con metodología tradicional).

Las variables con las que se trabajará inicialmente en esta hipótesis serán PRE_MRT y POS_MRT, obtenidas de los resultados del pre test MRT y del post test MRT respectivamente, y la variable GRUPOS, que tiene dos categorías E y T.

Como la muestra es relacionada, ya que es un caso de pre test y post test, se realizará el contraste de hipótesis para muestras relacionadas. En principio, el contraste que se va a realizar será el de la prueba T para muestras relacionadas.

Antes de ello se comprobará que se cumplen los supuestos de independencia y normalidad. Como los grupos se formaron por la técnica del emparejamiento (según se explicó en el apartado 4.4 del capítulo 4), 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. La normalidad se comprueba con la prueba de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors y el test de Shapiro-Wilk.

Aunque la prueba T no es muy sensible a la normalidad según indica Pardo (2009) y otros autores, se puede obviar una falta de normalidad, pero en este trabajo aunque la muestra reuniera las condiciones indicadas por Pardo no se va a hacer a priori, y se comprobará en primer lugar si las variables PRE_MRT y POST_MRT siguen una distribución normal.

Tabla 59 Pruebas de normalidad para PRE-MRT y POST-MRT

Grupos	Variables	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
E	POST-MRT	,095	45	,200*	,949	45	,049
	PRE-MRT	,103	45	,200*	,972	45	,330
T	POST-MRT	,178	31	,014	,907	31	,011
	PRE-MRT	,127	31	,200*	,956	31	,224

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

El test de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors y de Shapiro-Wilk proporciona los resultados de la Tabla 59. El test de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors es más adecuado para muestras grandes, de tamaño mayor de 50, y el test de Shapiro-Wilk para tamaños

muestrales menores de 50. Por tanto, en este caso se debe uno fijar en los resultados del test de Shapiro-Wilk ya que la muestra es menor de 50. Se observa que se puede considerar normal para el Pre-Test tanto en el grupo E ($\alpha=0,33>0,05$) como en el T ($\alpha=0,22>0,05$), y no es normal en el caso del Post-Test en ninguno de los grupos ($\alpha=0,049<0,05$ y $\alpha=0,011<0,05$).

Como indica Pardo (2009): "Con tamaños muestrales comprendidos ente 15 y 40 puede utilizarse la prueba T aunque los datos no se distribuyan de forma aproximadamente normal (sin asimetrías evidentes y sin valores atípicos); con tamaños muestrales por encima de 40, la

prueba T puede utilizarse incluso aunque la distribución de los datos sea fuertemente asimétrica y existan valores atípicos". Como el tamaño de la muestra es 31 en el grupo T para la variable POST_MRT, se puede exigir únicamente que la distribución no sea muy asimétrica y no tenga valores atípicos; para el grupo E de tamaño 45, la distribución de la variable POST_MRT puede ser muy asimétrica⁶ y tener valores atípicos. En efecto, la variable POST_MRT no es muy asimétrica (valor de asimetría -0,223 y error típico 0,421) y no tiene valores atípicos en el grupo T. En consecuencia se puede realizar la prueba paramétrica para muestras relacionadas.

En la Tabla 60 se puede ver que el coeficiente de correlación de Pearson es alto y positivo entre el pre y el post test en ambos grupos y además es significativo. Se confirma que los dos tests están relacionados de forma positiva.

Tabla 60 Correlaciones de PRE y POST MRT por grupos

Grupo	N	Correlación	Sig.
T	31	,853	,000
E	45	,869	,000

Tabla 61 Prueba T para PRE y POST MRT por grupos

Grupo	Diferencias relacionadas							
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
T	3,5806	4,9246	,8845	5,3870	1,7743	4,048	30	,000
E	4,5333	4,7127	,7025	5,9492	3,1175	6,453	44	,000

La Tabla 61 muestra que la diferencia entre el post test y el pre test en ambos grupos es significativa, se tiene que rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias, por ser $\alpha=0$. Con una confianza del 95% la media de la diferencia entre el post test y el pre test para el grupo tradicional (T) se encuentra entre 5,39 y 1,77, igualmente para el grupo experimental (E), la media se encuentra entre 5,95 y 3,12. Esta media de ganancia de capacidad espacial es superior en el grupo experimental.

Tabla 62 Rangos de PRE y POST MRT por grupos

Grupos	N	Rango promedio	Suma de rangos
T	Rangos negativos	7 ^a	8,00
	Rangos positivos	21 ^b	350,00
	Empates	3 ^c	
	Total	31	
E	Rangos negativos	5 ^a	14,50
	Rangos positivos	36 ^b	788,50
	Empates	4 ^c	
	Total	45	

Como la suposición de normalidad no se ha cumplido plenamente en uno de los grupos de experimentación y aunque, como se ha dicho, no es necesario cumplir este supuesto, se va a realizar como comprobación una prueba no paramétrica, en las que no se exige normalidad de las distribuciones.

a. POST-MRT < PRE-MRT

b. POST-MRT > PRE-MRT

c. POST-MRT = PRE-MRT

En este caso la que aconseja Pardo & San

Martín (2010) es la prueba no paramétrica de los rangos con signo de Wilcoxon, dado que no hay mucha asimetría. Antes, debe uno fijarse en los rangos (Tabla 62), notando que tanto en el grupo T

⁶ Varios autores indican que no existe fuerte asimetría si el cociente entre el valor de asimetría y su error típico está comprendido entre 2 y -2. En este trabajo se tomará un criterio más conservador estableciendo estos límites de simetría entre 1,75 y -1,75.

como en el E predominan los rangos positivos ($POST_MRT > PRE_MRT$) y tienen valores promedio superiores.

En la Tabla 63 se puede comprobar que también en esta prueba no paramétrica se obtiene un valor de significación cero, por lo tanto, existen diferencias significativas entre el post test y el pre test en ambos grupos de experimentación.

Tabla 63 Prueba de los rangos con signo de Wilkosen para PRE y POST MRT por grupos

	T	E
Z	3,358 ^a	4,647 ^a
Sig. asintót. (bilateral)	,001	,000

Por ello, se puede afirmar que los dos grupos de experimentación, E y T, mejoran significativamente su capacidad de visión espacial después de la experimentación.

a. Basado en los rangos negativos.

Otra opción que se tiene para analizar esta hipótesis es calcular una nueva variable, INCR_MRT, que venga dada como la diferencia entre las variables POST_MRT y PRE_MRT. De esta manera se calcula la ganancia o incremento de visualización espacial obtenida por los alumnos pertenecientes al grupo E y al grupo T.

El contraste que se va a realizar en este caso es el de la prueba T para una muestra, con el estadístico t de Student, y la hipótesis nula será que la ganancia de visualización espacial, INCR_MRT, es igual a cero, es decir, no hay incremento de visualización espacial entre el pre test y el post test.

Tabla 64 Pruebas de normalidad para INCR_MRT

GRUPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
E	,133	45	,044	,970	45	,292
T	,174	31	,017	,939	31	,080

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Antes de ello, se debe comprobar que se cumplen los supuestos de independencia y normalidad. Por los mismos motivos que antes se cumple el supuesto de independencia de las observaciones.

Para la comprobación de la normalidad, como los tamaños muestrales son 45 y 31, ambos menores de 50, se considera en la Tabla 64 solamente en el test de Shapiro-Wilk. Este test indica que la variable es normal tanto en el grupo E como en el grupo T, puesto que el valor de significación es mayor de 0,05 ($\alpha = 0,29$ y $\alpha = 0,08$ respectivamente).

Tabla 65 Prueba T para una muestra de INCR_MRT

Grupos	Media	Desviación típica	Error típico de la media	Valor de prueba = 0					
				T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
T	3,5806	4,92459	,88448	4,048	30	,000	3,58065	1,7743	5,3870
E	4,5333	4,71265	,70252	6,453	44	,000	4,53333	3,1175	5,9492

En la Tabla 65 se comprueba que la prueba T depara un nivel de significación menor de 0,05 en ambos grupos, y por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de que la media muestral de

INCR_MRT es igual a cero, se puede decir, por tanto, que la ganancia de capacidad de visión espacial es distinta de cero.

Se puede observar, asimismo, en la tabla, que con un nivel de confianza del 95%, el grupo tradicional mejora en valor medio entre 1,77 y 5,39 puntos, mientras que el grupo experimental mejora entre 3,12 y 5,50 puntos. La media muestral de la ganancia en capacidad de visión espacial del grupo T es 3,58 puntos y la del grupo E de 4,53 puntos. Como esos valores son mayores de cero se puede afirmar que los dos grupos de la experimentación, E y T, mejoran significativamente su capacidad de visión espacial después de la experimentación.

6.3 Análisis de HIPÓTESIS 4

La hipótesis 4 dice: "El incremento o ganancia de la visualización espacial de los alumnos del grupo experimental es mayor que el de los alumnos del grupo tradicional y además de forma significativa".

En esta hipótesis el incremento de visualización espacial se medirá, al igual que en la hipótesis 3, con los resultados del test MRT al inicio de la experimentación y justo al terminarla.

En cuanto a la muestra en este análisis se está en condiciones similares a las de la hipótesis anterior, pero para no crear desequilibrios en los tamaños muestrales de los grupos E y T se excluirán los casos pertenecientes a los alumnos de Organización. Se tomarán los mismos alumnos que en la hipótesis 3 salvo los citados. La variable con la que se va a trabajar será la misma de la hipótesis 3, INCR_MRT.

Tabla 66 Normalidad de INCR_MRT por grupos

Grupo	Kolmogorov-Smirnov ^a		Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Estadístico	gl		
E	,127	28	,200*	,972	28	,643
T	,174	31	,017	,939	31	,080

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

El contraste que se debe realizar es la prueba T para muestras independientes que compara la media de dos grupos (E y T) de la variable INCR_MRT. Antes de ello se debe comprobar que se cumplen los supuestos de independencia, normalidad y homocedasticidad (igualdad de varianzas). Como se ha reducido el tamaño de la muestra del grupo E se deben comprobar de nuevo estos supuestos. Al igual que en la hipótesis 3 se cumple el supuesto de independencia por los mismos motivos. En la Tabla 66, como el tamaño muestral es 28 para el grupo E y 31 para el grupo T, ambos menores de 50, hay que fijarse en el test de Shapiro-Wilk. Se puede ver que la variable INCR_MRT sí que sigue una distribución normal en ambos grupos. No se puede rechazar la hipótesis de normalidad ($\alpha > 0,05$) para los dos grupos.

Por último, la prueba de Levene sobre la igualdad de varianzas determina si existe homocedasticidad, esta prueba está basada en la media entre grupos. Se utilizará siempre la prueba de Levene al ser menos sensible a la normalidad que otras pruebas similares. La prueba de Levene depara un valor de significación igual a 0,67 que al ser mayor de 0,05 no se puede rechazar

la hipótesis nula y se debe asumir que las varianzas de los dos grupos E y T son iguales. Ver Tabla 68.

Tabla 67 Estadísticos de INCR_MRT por grupos

Grupo	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
E	28	5,3214	4,86905	,92016
T	31	3,5806	4,92459	,88448

Los estadísticos de los grupos de la experimentación (Tabla 67) indican que la media de la muestra del grupo E es claramente superior a la del grupo T y que además el grupo E tiene una desviación típica menor.

Tabla 68 Prueba T para la igualdad de medias de INCR_MRT

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
F	Sig.						Inferior	Superior
,189	,665	1,363	57	,178	1,74078	1,27708	-,81652	4,29809

La hipótesis nula será que el grupo experimental y el tradicional tienen medias iguales. Con estos supuestos se muestran los resultados de la prueba T para la igualdad de medias en la Tabla 68, obteniéndose, que aunque el grupo experimental parece que tiene una media superior al grupo tradicional, la diferencia de medias tiene una significación de 0,18 y al ser mayor de 0,05 no se puede rechazar la hipótesis nula, y por lo tanto, se asume que las medias son iguales de forma significativa a pesar de que el incremento medio sea mayor de 1,5 puntos en el grupo E con respecto al grupo T. Como se puede ver el intervalo de confianza al 95% muestra valores de diferencia de medias negativos.

Por lo tanto, no se puede afirmar que el incremento de la visualización espacial de los alumnos del grupo experimental sea mayor que el de los alumnos del grupo tradicional de forma significativa.

6.4 Análisis de la HIPÓTESIS 5

La hipótesis 5 se redactó de la siguiente manera: “Los alumnos que siguen la experimentación con el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV obtienen mejores resultados, de forma significativa, en el control de visualización que los alumnos que siguen el método tradicional”.

Como ya se ha indicado en el capítulo 4, la semana siguiente a la terminación de la experiencia se realizó un control de aprendizaje de visualización espacial, este control lo realizaron tanto los alumnos del grupo tradicional como los del grupo experimental, todos a la vez. En el control los alumnos tenían que realizar tres ejercicios clásicos a mano alzada, similares a los realizados en las prácticas de la experimentación (ver anexo I). En la corrección de este control se calificó tanto la visión espacial como la croquización. De los 10 puntos totales sobre los que se calificó el control 7 puntos fueron para evaluar la visión espacial y 3 para la croquización.

Por lo tanto, en esta hipótesis, se analizarán los resultados obtenidos en este control de visualización comparando el grupo E y el grupo T. La variable que se va a estudiar se denomina CONTROL y se crea recopilando los resultados del control de visualización (ver anexo III).

Para analizar esta hipótesis en primer lugar se va realizar el estudio considerando juntos los alumnos de los dos cursos de experimentación y posteriormente se analizará cada curso por separado.

6.4.1. Los dos cursos de experimentación juntos

Se trabajará con todos los alumnos de la experimentación que realizaron el control de visualización.

La prueba que se va a realizar para demostrar esta hipótesis es la de medias de muestras independientes, pero para que los resultados de estas pruebas sean válidos se deben cumplir los tres supuestos citados en la hipótesis 4.

Por los mismos motivos que en la hipótesis 3 se puede decir que existe independencia entre las observaciones.

En segundo lugar, y aunque según se ha comentado, en algunos casos no es necesario, se procederá a comprobar que la variable a estudiar sigue una distribución normal. Como el tamaño de ambas muestras es grande, 132 para el grupo E y 112 para el grupo T, mucho mayores de 50, en la Tabla 69 se debe uno fijar únicamente en el test de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors, y en ella se observa que la variable sigue una distribución normal para ambos grupos, dado que el valor de la significación es mayor que 0,05. No se puede rechazar la hipótesis de normalidad en el grupo E y en el T para la variable CONTROL.

Tabla 69 Pruebas de normalidad para CONTROL

GRUPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
E	,061	132	,200*	,976	132	,020
T	,078	112	,090	,985	112	,262

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Por último, la igualdad de varianzas se comprueba de nuevo con la prueba de Levene. En la Tabla 71 se observa que las varianzas se pueden considerar iguales, no se puede rechazar la hipótesis de varianzas iguales ya que $\alpha=0,84 > 0,05$.

Cumplidos los tres supuestos ya se puede realizar la prueba T para muestras independientes, pero antes hay que fijarse en los estadísticos de la Tabla 70, y se puede ver que prácticamente los dos grupos tienen valores iguales en todos los estadísticos.

Tabla 70 Estadísticos de grupo de Control

GRUPO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
E	132	6,478	1,4824	,1290
T	112	6,595	1,4160	,1338

Como se puede ver en la Tabla 71, la diferencia de medias es no significativa, $\alpha=0,53>0,05$, no se puede rechazar la hipótesis nula y se debe considerar que ambos grupos tienen medias iguales, por lo tanto, no se puede decir que los alumnos que siguen la experimentación con la herramienta ILMAGE_SV obtienen mejores resultados en el control de forma significativa que los alumnos que siguen el método tradicional. Fijándose en el intervalo de confianza se denota que esta diferencia de medias toma valores negativos y positivos.

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,043	,837	-,624	242	,533	-,1165	,1866	-,4840	,2511

Pero como la calificación del control se dividió en dos partes, una la correspondiente a visualización espacial (variable VISIÓN) y la otra a la croquización (variable CROQUIZACIÓN), se procederá a repetir la prueba T con la variable VISIÓN que representa la nota específica de visualización dentro del control de visualización (CONTROL=VISIÓN+CROQUIZACIÓN).

De la misma manera que antes, se puede suponer independencia. Según la Tabla 72, la variable visión en el grupo E sigue una distribución normal, en este caso el test de Shapiro-Wilk aunque da un valor de significación por debajo de 0,05 no se debe tener en cuenta, pues este test no es fiable para tamaños muestrales superiores a 50, y en nuestro caso la muestra es de 132. Para el grupo T, el test de Kolmogorov-Smirnov (N=112) indica que la variable VISIÓN no es normal, α es menor de 0,05 y no se puede aceptar la hipótesis nula de normalidad. Pero según indica Pardo (2009): “..., con tamaños muestrales mayores de 40, la prueba T puede utilizarse aunque la distribución sea fuertemente asimétrica y existan valores atípicos”. En la Tabla 74, según la prueba de Levene, se pueden considerar las varianzas iguales, ya que la significación es mayor de 0,05.

Grupo de experimentación	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
E	,060	132	,200*	,972	132	,007
T	,093	112	,019	,980	112	,088

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

A través de los estadísticos por grupos de la variable VISIÓN⁷, se puede comprobar en la Tabla 73 que prácticamente no hay diferencias entre el grupo experimental (E) y el grupo tradicional (T).

Grupo experimentación	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
E	132	4,6438	1,14378	,09955
T	112	4,6988	1,09149	,10314

⁷ Se recuerda que la puntuación de la visión espacial es sobre 7 puntos.

Pero como se ve en la Tabla 74, la diferencia de medias es no significativa ($\alpha=0,70>0,05$), no se puede rechazar la hipótesis nula y se debe considerar que ambos grupos tienen medias iguales, por lo tanto, no se puede decir, tampoco en este caso, que los alumnos que siguen la experimentación con la herramienta ILMAGE_SV obtienen mejores resultados en la parte de visión del control de visualización de forma significativa que los alumnos que siguen el método tradicional. Si se fija uno en el intervalo de confianza se observa que esta diferencia de medias toma valores negativos y positivos.

Tabla 74 Prueba T de muestras independientes para VISIÓN

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,513	,475	-,382	242	,703	-,05496	,14390	-,33841	,22850

Como se ha obtenido que la variable VISIÓN no es normal para el grupo T, como comprobación se va a realizar la prueba no paramétrica correspondiente. En este caso es la prueba U de Mann-Whitney.

Tabla 75 Rangos para VISIÓN

Grupo experimentación	N	Rango promedio	Suma de rangos
E	132	121,49	16036,50
T	112	123,69	13853,50
Total	244		

En primer lugar, en la Tabla 75, se puede comprobar como los rangos promedio son prácticamente iguales para los dos grupos de experimentación.

Tabla 76 Prueba U de Mann-Whitney

	VISIÓN
U de Mann-Whitney	7258,500
W de Wilcoxon	16036,500
Z	-,243
Sig. asintót. (bilateral)	,808

Los resultados de la prueba U de Mann-Whitney se muestran en la Tabla 76, se comprueba que el valor de $\alpha=0,81>0,05$ y no se puede rechazar la hipótesis nula. Entonces el grupo E y el grupo T se distribuyen de igual manera en cuanto a la posición de la distribución para la variable VISIÓN.

Como antes, no se puede afirmar que los alumnos que siguen la experimentación con el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV obtienen mejores resultados de forma significativa, en la parte de visión del control de visualización que los alumnos que siguen el método tradicional.

6.4.2. Experimentación del curso 2009-2010

En este caso la prueba que se va a realizar será la misma que el caso anterior y los supuestos que debe cumplir serán los mismos pero limitándonos al curso 2009-2010.

Como en el apartado anterior y por la misma razón se puede decir que existe independencia entre las observaciones.

En la Tabla 77 se observa que la variable CONTROL sigue una distribución normal para ambos grupos, dado que el valor de significación es mayor que 0,05. No se puede rechazar la hipótesis de normalidad para la variable CONTROL.

Tabla 77 Pruebas de normalidad de CONTROL

GRUPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
E	,107	68	,053	,975	68	,181
T	,067	67	,200 [*]	,982	67	,457

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Por último, la igualdad de varianzas se comprueba de nuevo con la prueba de Levene, Tabla 79, las varianzas se pueden considerar iguales, no se puede rechazar la hipótesis de varianzas iguales ya que α es 0,77 y es mayor de 0,05.

Cumplidos los tres supuestos ya se puede realizar la prueba T para muestras independientes, pero antes se debe uno fijar en los estadísticos de la Tabla 78, estos estadísticos son prácticamente iguales para los grupos E y T.

Tabla 78 Estadísticos de grupo del Control

GRUPO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
E	68	6,882	1,3648	,1655
T	67	6,871	1,3359	,1632

Como se puede ver, la diferencia de medias es no significativa, $\alpha=0,96>0,05$ (ver Tabla 79), no se puede rechazar la hipótesis nula y se debe considerar que ambos grupos tienen medias iguales, por lo tanto, no se puede decir que los alumnos que siguen la experimentación con la herramienta ILMAGE_SV obtienen mejores resultados en el control de forma significativa que los alumnos que siguen el método tradicional. Si se fija uno en el intervalo de confianza se denota que esta diferencia de medias toma valores negativos y positivos.

Tabla 79 Prueba T para la igualdad de medias del Control

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
F	Sig.						Inferior	Superior
,085	,771	,048	133	,962	,0111	,2325	-,4487	,4709

Se debe comprobar que sucede al fijarse solo en la calificación del control correspondiente a la visión espacial (variable VISIÓN). Los pasos que se deben seguir son los mismos que con la variable CONTROL.

De la misma manera que antes, se puede suponer independencia. Según la Tabla 80 la variable VISIÓN sigue una distribución normal. En la Tabla 82 según la prueba de Levene se pueden considerar las varianzas iguales, ya que la significación es mayor de 0,05.

Tabla 80 Pruebas de normalidad de VISIÓN

GRUPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
E	,092	68	,200 [*]	,966	68	,062
T	,062	67	,200 [*]	,981	67	,386

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

A través de los estadísticos por grupos de la variable VISIÓN (ver Tabla 81), se puede comprobar que los valores de la muestra del grupo experimental (E) son prácticamente iguales a los valores del grupo tradicional (T).

Tabla 81 Estadísticos de grupo de VISIÓN

GRUPO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
E	68	4,9713	1,03023	,12493
T	67	4,9026	1,00357	,12261

Pero como se ve en la Tabla 82, la diferencia de medias es no significativa ($\alpha=0,695>0,05$), no se puede rechazar la hipótesis nula y se debe

considerar que ambos grupos tienen medias iguales, por lo tanto, no se puede decir, tampoco en este caso, que los alumnos que siguen la experimentación con la herramienta ILMAGE_SV obtienen mejores resultados en la parte de visión del control de visualización de forma significativa que los alumnos que siguen el método tradicional. Fijándose en el intervalo de confianza se da una cuenta que esta diferencia de medias toma valores positivos y negativos.

Tabla 82 Prueba de muestras independientes para VISIÓN

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza	
							Inferior	Superior
,450	,503	,392	133	,695	,06871	,17508	-,27759	,41501

6.4.3. Experimentación del curso 2010-2011

Para la experimentación del curso 2010-2011 se procederá de igual manera que con el curso anterior.

Tabla 83 Pruebas de normalidad para CONTROL

GRUPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
E	,085	64	,200*	,966	64	,078
T	,093	45	,200*	,973	45	,367

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Como en el apartado 6.2, se puede decir que existe independencia de las observaciones. Se debe comprobar que la variable CONTROL sigue una distribución normal en ambos grupos. Según se observa en la Tabla 83 la variable a estudiar

sigue una distribución normal ($\alpha>0,05$). La prueba de homogeneidad de varianzas proporciona un valor de significación de 0,833 (ver Tabla 85) lo que indica que las varianzas se pueden considerar iguales y no se puede rechazar la hipótesis de igualdad de varianzas.

Se observa en la Tabla 84 que la media de la muestra del grupo tradicional es ligeramente superior, pero se tiene que comprobar si lo es de forma significativa.

Tabla 84 Estadísticos de grupo para CONTROL

Grupo	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
E	64	6,049	1,4916	,1864
T	45	6,183	1,4463	,2156

En la Tabla 85 la prueba T, da un valor de significación mayor de 0,05 ($\alpha=0,64>0,05$). La diferencia de medias no es significativa, y se debe asumir la igualdad de medias. Se puede comprobar que en el intervalo de confianza la diferencia de medias toma valores positivos y negativos.

Tabla 85 Prueba T de muestras independientes para CONTROL

Prueba de Levene				Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,045	,833	-,468	107	,641	-,1341	,2866	-,7022	,4340

Por lo tanto, durante la experimentación realizada durante el curso 2010-2011 tampoco se puede decir que los alumnos que siguen la experimentación con la herramienta ILMAGE_SV obtienen mejores resultados en el control de forma significativa que los alumnos que siguen el método tradicional.

De la misma manera que el curso 2009-2010, como en la corrección del control se distinguió entre la calificación en visión espacial y croquización, se debe averiguar que ocurre si se realiza el mismo análisis a la variable VISIÓN.

Tabla 86 Pruebas de normalidad de VISIÓN por grupos

GRUPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
E	,060	64	,200*	,966	64	,072
T	,146	45	,017	,959	45	,108

En primer lugar, se supone igual que anteriormente, independencia de las observaciones. A través de la Tabla 86 se comprueba que la variable VISIÓN sigue una distribución normal. Como el tamaño

muestral para el grupo T es igual a 45 (menor de 50), el valor de significación a observar será el del test de Shapiro-Wilk.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Tabla 87 Estadísticos de grupo de VISIÓN

GRUPO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
E	64	4,2958	1,16306	,14538
T	45	4,3952	1,15638	,17238

Por último, en la Tabla 88 la prueba de Levene de igualdad de varianzas indica que se puede asumir varianzas iguales ($\alpha=0,60>0,05$).

La Tabla 87 muestra unos estadísticos de grupo prácticamente iguales de la variable VISIÓN en el grupo E y en el grupo T.

Tabla 88 Prueba T de muestras independientes para VISIÓN

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,271	,604	-,440	107	,660	-,09943	,22573	-,54692	,34806

Volviendo de nuevo a la Tabla 88 se puede observar, que el valor de significación ($\alpha=0,66>0,05$) para la prueba T de muestras independientes muestra de nuevo que no se puede rechazar la hipótesis de igualdad de medias y, por lo tanto, la diferencia entre el valor medio de los resultados de visión en el grupo E y del grupo T no es significativa. De nuevo en el intervalo de confianza al 95% se encuentran valores positivos y negativos de la diferencia de medias.

Por lo tanto, durante la experimentación realizada durante el curso 2010-2011 tampoco se puede decir que los alumnos que siguen la experimentación con la herramienta ILMAGE_SV obtienen mejores resultados en el control de visión de forma significativa que los alumnos que siguen el método tradicional.

En conclusión, no se puede afirmar que los alumnos que siguen la experimentación con el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV obtienen mejores resultados en el control de visualización que los alumnos que siguen el método tradicional.

6.5 Análisis de la HIPÓTESIS 6

La hipótesis 6 se enuncia de la siguiente manera: “Los alumnos que han utilizado el gestor ILMAGE_SV en la experimentación (Grupo E) no han obtenido peores resultados que los alumnos del grupo tradicional (Grupo T) en el control final de croquización y de forma significativa, a pesar de dedicar menos horas a la croquización durante la experimentación”.

Se utilizará en esta hipótesis la variable CROQUIZACIÓN, obtenida de la corrección del control de visualización (anexo III), y se observan las medias obtenidas por el grupo E y el T. La prueba que se realizará será la prueba T de igualdad de medias de muestras independientes. Se realizará el estudio como en la hipótesis anterior, en primer lugar los dos cursos juntos y luego por cursos de experimentación.

6.5.1. Los dos cursos juntos

Antes de realizar el contraste se debe comprobar que se cumplen los supuestos de independencia, normalidad y homocedasticidad de la misma forma que en apartados anteriores.

Se puede decir que existe independencia entre las observaciones por los mismos motivos que en el apartado 6.2.

Grupo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
E	,075	132	,069	,978	132	,030
T	,065	112	,200*	,987	112	,385

Se comprueba si la variable CROQUIZACIÓN sigue una distribución normal. En la Tabla 89

se puede observar que como el tamaño muestral es mayor de 50 en ambos grupos (132 y 112), entonces el test de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors es el que se debe considerar, la significación es mayor de 0,05 y por lo tanto, la distribución es normal en los dos grupos de experimentación.

La igualdad de varianzas se comprueba de nuevo con la prueba de Levene, obteniéndose un valor de significación igual a 0,098 que es mayor de 0,05, por tanto las varianzas de los grupos E y T se pueden suponer iguales para la variable CROQUIZACIÓN (ver Tabla 91).

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

De la Tabla 90 se desprende que todos los estadísticos de grupo de la variable CROQUIZACIÓN⁸ son prácticamente iguales para los dos grupos de experimentación.

Tabla 90 Estadísticos de grupo para CROQUIZACIÓN

Grupo	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
E	132	1,8345	,48066	,04184
T	112	1,8960	,41531	,03924

En la Tabla 91 se puede ver que el valor de α para la prueba T es igual a $0,29 > 0,05$, y por lo tanto no se puede rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias. No existe diferencia significativa entre la media del grupo E y la del grupo T para la variable CROQUIZACIÓN.

Tabla 91 Prueba T de muestras independientes para CROQUIZACIÓN

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
2,751	,098	-1,060	242	,290	-,06151	,05805	-,17586	,05284

Por lo tanto, todos los alumnos que han utilizado el gestor ILMAGE_SV en la experimentación (Grupo E) no han obtenido peores resultados que los alumnos del grupo tradicional (Grupo T) en el control de croquización y de forma significativa, a pesar de dedicar menos horas a la croquización durante la experimentación.

6.5.2. Experimentación del curso 2009-2010

Como se ha indicado antes, existe independencia de las observaciones. Se procederá a comprobar si la variable CROQUIZACIÓN sigue una distribución normal, en la Tabla 92 se puede observar que la significación es mayor de 0,05 en ambos grupos y por tanto, los datos de los dos grupos se distribuyen normalmente.

Tabla 92 Pruebas de normalidad de CROQUIZACIÓN

GRUPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
E	,102	68	,079	,972	68	,130
T	,073	67	,200*	,986	67	,663

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Por último, se averiguará si las varianzas son iguales o no. Con la prueba de Levene (Tabla 94) se obtiene un valor de significación mayor de 0,05 y por ello, las varianzas se asumen iguales.

En la Tabla 93 los estadísticos estudiados son prácticamente iguales para los dos grupos, el grupo tradicional o de control (T) y el grupo experimental (E).

Tabla 93 Estadísticos de grupo para CROQUIZACIÓN

GRUPO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
E	68	1,9110	,45694	,05541
T	67	1,9687	,40758	,04979

Regresando a la Tabla 94, la prueba T de igualdad de medias de muestras independientes para la variable CROQUIZACIÓN indica que la diferencia a favor del grupo T no es significativa, el

⁸ Se recuerda que la puntuación de la croquización es sobre 3 puntos.

valor de significación $\alpha=0,44>0,05$. En consecuencia, aunque el grupo tradicional tiene una media ligeramente superior, ésta no es significativa y se puede afirmar que las dos medias son iguales puesto que no se puede rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias. Observando el intervalo de confianza al 95% se puede ver que llega a tomar valores positivos y negativos.

Tabla 94 Prueba T de muestras independientes para CROQUIZACIÓN

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza	
							Inferior	Superior
,979	,324	-,773	133	,441	-,05763	,07456	-,20511	,08985

Por lo tanto, los alumnos del curso 2009-2010 que han utilizado el gestor ILMAGE_SV en la experimentación (Grupo E) no han obtenido peores resultados que los alumnos del grupo tradicional (Grupo T) en el control final de croquización y de forma significativa, a pesar de dedicar menos horas a la croquización durante la experimentación.

6.5.3. Experimentación del curso 2010-2011

Igual que en el apartado anterior y por los mismos motivos se supone independencia de las observaciones. En la Tabla 95 se comprueba que la variable CROQUIZACIÓN sigue una distribución normal en los dos grupos de experimentación. En la Tabla 97 en primer lugar, se debe observar el valor de significación de la prueba de Levene, el cual determina que se deben asumir varianzas iguales ($\alpha=0,13>0,05$).

Tabla 95 Pruebas de normalidad de CROQUIZACIÓN por grupos

GRUPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
E	,070	64	,200*	,981	64	,420
T	,102	45	,200*	,965	45	,197

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Observando los estadísticos de la variable media de la muestra de CROQUIZACIÓN según los grupos E y T, ver Tabla 96, se puede observar que son prácticamente iguales en los dos grupos.

Tabla 96 Estadísticos de grupo para CROQUIZACIÓN

GRUPO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
E	64	1,7531	,49529	,06191
T	45	1,7878	,40734	,06072

De nuevo, en la Tabla 97, se comprueba que la significación de la prueba T es $\alpha=0,70>0,05$. La diferencia de medias no es significativa para un nivel de confianza del 95%. Se observa en este intervalo que se toman valores positivos y negativos.

Tabla 97 Prueba T de muestras independientes para CROQUIZACIÓN

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
2,277	,134	-,386	107	,700	-,03465	,08971	-,21250	,14320

Por lo tanto, los alumnos del curso 2010-2011 que han utilizado el gestor ILMAGE_SV en la experimentación (Grupo E) no han obtenido de forma significativa peores resultados que los alumnos del grupo tradicional (Grupo T) en el control de croquización, a pesar de dedicar menos horas a la croquización durante la experimentación.

En conclusión, en todos los casos, los alumnos que han utilizado el gestor ILMAGE_SV en la experimentación (Grupo E) no han obtenido de forma significativa peores resultados que los alumnos del grupo tradicional (Grupo T) en el control de croquización, a pesar de dedicar menos horas a la croquización durante la experimentación.

6.6 Análisis de la HIPÓTESIS 7

La hipótesis 7 se enuncia: "Los alumnos que siguen la experimentación con el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV obtienen mejores resultados en el test final de visualización y de forma significativa, que los alumnos que siguen el método tradicional".

Para analizar esta hipótesis en primer lugar se va realizar el estudio considerando juntos los alumnos de los dos cursos de experimentación y posteriormente se realizará cada curso por separado. Se trabajará con todos los alumnos de los dos cursos de experimentación.

La variable a analizar será TEST_FINAL y recoge las puntuaciones sobre 10 puntos del test final de visualización realizado dentro del examen final de la asignatura (ver anexos I y III). Se realizará como en las hipótesis anteriores la prueba T de muestras independientes para comprobar las diferencias entre las medias obtenidas por el grupo E y el grupo T.

6.6.1. Los dos cursos de experimentación juntos

En primer lugar se debe comprobar que se cumplen los tres supuestos de la prueba T de muestras independientes, independencia de las observaciones, normalidad e igualdad de varianzas.

Al igual que en hipótesis anteriores se puede afirmar que existe independencia de las observaciones.

En la Tabla 98 se puede comprobar que la variable TEST_FINAL no se distribuye normalmente en ninguno de los dos grupos. Pero como se indicó en el apartado 6.2 para tamaños muestrales mayores de 40 la prueba T puede utilizarse aunque la distribución sea fuertemente asimétrica y tenga valores atípicos y en nuestro caso el tamaño muestral para E y T es 95 y 87 respectivamente.

Tabla 98 Pruebas de normalidad de TEST_FINAL

GRUPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
E	,137	95	,000	,929	95	,000
T	,104	87	,021	,950	87	,002

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Por último, observando la prueba de Levene en la Tabla 100 se puede decir que las varianzas son iguales para los dos grupos de experimentación ($\alpha=0,89>0,05$) con un intervalo de confianza del 95%.

Los estadísticos de grupo son prácticamente iguales para los dos grupos, E y T, aunque la media muestral de E es ligeramente superior a la de T, como se puede ver en la Tabla 99.

Tabla 99 Estadísticos de grupo para TEST_FINAL

GRUPO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
E	95	7,842	1,6608	,1704
T	87	7,672	1,7237	,1848

Realizada la prueba T de muestras independientes para la variable TEST_FINAL se puede comprobar que al ser $\alpha=0,50>0,05$ (Tabla 100) no se puede rechazar la hipótesis nula y se deben considerar las medias de los grupos E y T iguales de forma significativa.

Tabla 100 Prueba T de muestras independientes para TEST_FINAL

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas			Prueba T para la igualdad de medias					
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,018	,894	,674	180	,501	,1692	,2510	-,3260	,6644

Como la variable TEST_FINAL no es normal en ambos grupos, se procederá a realizar la prueba no paramétrica equivalente a la prueba T para muestras independientes. Esta prueba es la prueba U de Mann-Whitney, que no exige ningún supuesto previo.

De nuevo en la Tabla 101 se comprueba que la diferencia entre la distribución del grupo E y la del grupo T no es significativa, valor de significación igual a $\alpha=0,58>0,05$.

Tabla 101 Prueba U de Mann-Whitney

	TEST_FINAL
U de Mann-Whitney	3935,500
W de Wilcoxon	7763,500
Z	-,557
Sig. asintót. (bilateral)	,578

Por lo tanto, los alumnos que siguen la experimentación con el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV obtienen los mismos resultados de forma significativa en el test final de visualización que los alumnos que siguen el método tradicional.

6.6.2. Curso de experimentación 2009-2010

En primer lugar, se supone independencia de las observaciones. El valor de significación del test de Shapiro-Wilk que se encuentra en la Tabla 102 es el que se debe tener en cuenta, ya que el tamaño muestral es menor de 50 (36 y 45), se puede deducir que al ser α menor de 0,05 no es normal la variable TEST_FINAL en ninguno de los dos grupos. Pero como la prueba T es muy robusta respecto de la normalidad, para el tamaño de muestra del grupo E (tamaño 36) se exige que no sea una distribución muy asimétrica y que no tenga valores atípicos, en cambio, para el grupo T,

Tabla 102 Pruebas de normalidad de TEST_FINAL

GRUPO	Kolmogorov-Smirnov ^a		Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Estadístico	gl	Sig.
E	,163	36	,888	36	,002
T	,154	45	,902	45	,001

a. Corrección de la significación de Lilliefors

de tamaño 45, puede ser bastante asimétrica y tener valores atípicos. En consecuencia, como para el grupo E la distribución de la variable TEST_FINAL es bastante asimétrica (en SPSS el valor de asimetría es -0,72 y su error típico 0,39), no se deben realizar pruebas paramétricas. Por este motivo, en vez de la prueba T para muestras independientes, se utilizará la prueba no paramétrica correspondiente U de Mann-Whitney.

Observando los rangos medios en la Tabla 103 se ve que son ligeramente mayores los del grupo E que los del grupo T. Parece que los resultados del grupo E son mejores que los del grupo T, pero se debe averiguar si son significativos.

Tabla 103 Rangos para TEST_FINAL

Grupo	N	Rango medio	Suma de rangos
E	36	41,57	1496,50
T	45	40,54	1824,50
Total	81		

El valor de significación 0,84 encontrado en la Tabla 104 al ser mayor de 0,05 indica que no existen diferencias significativas para la variable TEST_FINAL entre los grupos E y T.

Tabla 104 Prueba U de Mann-Whitney

	TEST_FINAL
U de Mann-Whitney	789,500
W de Wilcoxon	1824,500
Z	-,196
Sig. asintót. (bilateral)	,844

Por lo tanto, también en este caso se puede decir que los alumnos del curso 2009-2010, que siguen la experimentación con el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV obtienen los mismos resultados de forma significativa en el test final de visualización que los alumnos que siguen el método tradicional.

6.6.3. Curso de experimentación 2010-2011

Para este caso también se supone independencia de las observaciones. En la Tabla 105 se puede ver que la variable TEST_FINAL es normal para el grupo T y no es normal para el grupo E. Como el tamaño muestral del grupo E es mayor de 40 (su valor es 59) se puede utilizar la prueba T aunque la distribución sea fuertemente asimétrica y tenga valores atípicos.

Tabla 105 Pruebas de normalidad de TEST_FINAL

GRUPO	Kolmogorov-Smirnov ^a		Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Estadístico	gl	Sig.
E	,127	59	,930	59	,002
T	,105	42	,200*	42	,411

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Respecto a la homocedasticidad se ha obtenido un valor de significación igual a 0,994 que al ser mayor de 0,05 indica que se deben considerar iguales las varianzas de la variable en los dos grupos, ver Tabla 107.

Tabla 106 Estadísticos de grupo para TEST_FINAL

GRUPO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
E	59	7,618	1,6024	,2086
T	42	7,138	1,6421	,2534

Se observa en la Tabla 106 que la media del grupo E es superior en 0,5 puntos a la media del grupo T, siendo los otros estadísticos prácticamente iguales. Aunque las puntuaciones del grupo E son mayores a las del grupo T se debe comprobar si son significativamente mayores.

Tabla 107 Prueba T de muestras independientes para TEST_FINAL

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,000	,994	1,468	99	,145	,4797	,3268	-,1688	1,1282

En la Tabla 107 se puede ver que no se puede rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias ($\alpha=0,14>0,05$). Se observa también que en el intervalo de confianza del 95% la diferencia de medias entre E y T toma valores positivos y negativos. No se puede afirmar que la media de E es mayor que la de T de forma significativa para la variable de estudio TEST_FINAL.

Como la variable TEST_FINAL no es normal en el grupo E, se procederá a realizar la prueba no paramétrica equivalente a la prueba T para muestras independientes. Esta prueba es la U de Mann-Whitney.

De nuevo, en una observación previa de los rangos medios se comprueba en la Tabla 108 que el rango medio del grupo E es mayor que el rango medio del grupo T.

Tabla 108 Rangos para TEST_FINAL

Grupo	N	Rango medio	Suma de rangos
E	59	54,04	3188,50
T	42	46,73	1962,50
Total	101		

Se confirma en la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, ver Tabla 109, que no existen diferencias significativas entre los grupos E y T respecto de la variable TEST_FINAL. El valor de significación es $0,215>0,05$.

Tabla 109 Prueba U de Mann-Whitney

	TEST_FINAL
U de Mann-Whitney	1059,500
W de Wilcoxon	1962,500
Z	-1,240
Sig. asintót. (bilateral)	,215

Por lo tanto, también en este caso se puede decir que los alumnos del curso 2010-2011, que siguen la experimentación con el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV obtienen los mismos resultados de forma significativa en el test final de visualización que los alumnos que siguen el método tradicional.

En definitiva, para esta hipótesis, no se puede afirmar que los alumnos que siguen la experimentación con el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV obtienen mejores resultados en el test final de visualización y de forma significativa, que los alumnos que siguen el método tradicional.

6.7 Análisis de la HIPÓTESIS 8

La hipótesis 8 se enuncia de la siguiente manera: “Los alumnos de menores capacidades espaciales mejoran más su capacidad de visión espacial que los alumnos de mayores capacidades espaciales y de forma significativa”.

En esta hipótesis, como se va a estudiar la mejora de la capacidad espacial sin distinción entre grupo de control y grupo experimental, se tendrán en cuenta solo los alumnos que han realizado el pre-test MRT y el post-test MRT, y obtener las ganancias entre el pos-test MRT y el pre-test MRT. Para ello ya se había definido en la hipótesis 3 la variable INCR_MRT. Además se deben agrupar los alumnos según sus grados de capacidad espacial al inicio de la experiencia, es decir, según los resultados obtenidos en el pre test MRT.

Una primera cuestión a determinar es como se distingue a los alumnos con menores capacidades espaciales y a los alumnos con mayores capacidades espaciales.

Ramos (1999) utiliza la puntuación media del pre-test para dividir a los alumnos en dos grupos (grupo de mayor rendimiento académico y grupo de menor rendimiento académico); Mohler (2006) en principio sigue la indicación de Zavotka que establece el corte en una puntuación de 14 para el test MRT, pero debido a las altas puntuaciones obtenidas opta por dividir al grupo en dos partes iguales, de alta y baja capacidad espacial; Rafi *et al.* (2006), Sorby (2007) y Conolly (2009) se apoyan en valores determinados de capacidad espacial pero sin conocerse claramente el porqué de la asignación de ese valor. Otros autores, como Saorín (2006) o Contero *et al.* (2005) no especifican claramente la formación de estos grupos, por ejemplo Saorín dice: “A partir de los resultados de los test, se seleccionó un grupo de alumnos cuyos valores de las habilidades espaciales quedaron alejados de la media del grupo total evaluado”. Los datos de percentiles y puntuaciones ofrecidas por el test MRT para hombres y mujeres en cinco grupos de edad (Vanderberg & Kuse, 1978) tampoco son válidos en nuestro caso porque pueden haber variado las condiciones de administración del test y además no coinciden con los valores obtenidos en nuestra experimentación.

Como se puede ver, en este aspecto no hay un criterio claro para determinar como se distinguen los alumnos de menor capacidad espacial de los de mayor capacidad; se ha optado en nuestro caso por dividir a los alumnos en tres categorías, alumnos con menor capacidad de visión espacial, alumnos con una capacidad de visión espacial normal y alumnos con mayor capacidad de visión espacial, para crear una clara división entre menor y mayor capacidad de visión espacial. Lo siguiente es determinar donde se ponen los límites para estos grupos, es decir, que valores del pre-test MRT se toman para crear las tres categorías.

Tabla 110 Percentiles de PRE_MRT

Percentil	Valor
25	15,500
35	19,000
40	20,000
50	24,000
60	26,000
65	27,000
75	31,500

La opción tomada es utilizar los percentiles, pero de los muchos percentiles a usar, ¿Cuáles de ellos escoger? (Tabla 110). Se van a considerar casos extremos dentro de la suposición previa de una clara separación entre las categorías mayor y menor capacidad de visión espacial. Se analizará la hipótesis considerando en un primer caso, los percentiles 25 y 75, en el que se compararán los alumnos con muy poca capacidad de visión espacial con los de mucha capacidad, un segundo caso, los percentiles 35 y 65 en el que se compararán los alumnos de

menor capacidad con los de mayor capacidad de visión espacial. No se consideran los percentiles 40 y 60 porque el número de casos de la categoría normal sería muy pequeño y se cree que en esta situación es mejor considerar solo dos categorías. Además se produciría un desequilibrio en el tamaño de los grupos y podría llevar a resultados contradictorios. Por último, en un tercer caso, se obtendrán también los resultados anteriores con una división en dos categorías, de mayor y menor capacidad espacial, creadas según el percentil 50.

Se utilizará, por lo tanto, una segunda variable en cada caso, en la que se establecerán las categorías de mayor, normal y menor capacidad de visión espacial, teniendo en cuenta los percentiles indicados.

6.7.1. Primer caso: 25/75

Como lo que se quiere demostrar es que hay diferencias significativas de la variable ganancia de visualización espacial (INCR_MRT) entre las categorías de capacidad de visión espacial, se procederá a realizar un análisis de la varianza simple o en una dirección (ANOVA de un factor).

Se realizará el análisis para la variable INCR_MRT y como factor se empleará la variable CAP_ESP_25_75, creada con las categorías de mayor, normal y menor capacidad espacial, utilizando como puntos de corte los percentiles 25 y 75.

En la Fig. 81 se puede observar como la media de la variable INCR_MRT aumenta claramente según disminuye la capacidad de visión espacial para la división de las categorías según los percentiles 25 y 75. Lo cual ya muestra indicios de que la variable no se distribuye igual entre las tres categorías.

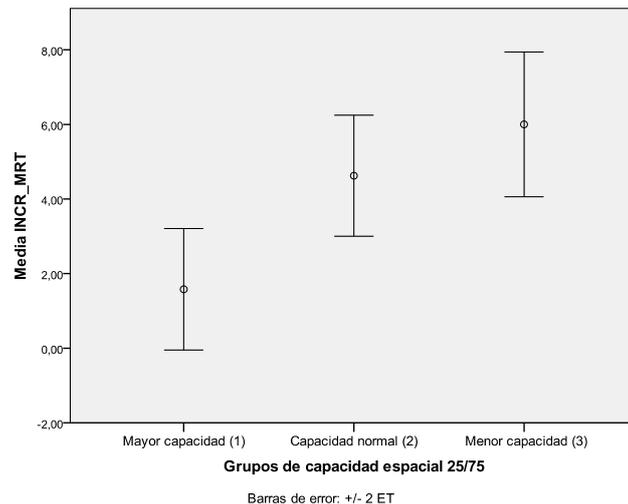


Fig. 81 Media y error típico de ganancia de capacidad espacial por categorías (percentiles 25 y 75)

En primer lugar, se debe comprobar que se cumplen los supuestos del análisis, se ha de suponer independencia, homocedasticidad y normalidad de la variable en cada categoría. 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.

Como el tamaño muestral es menor de 50 (19, 40 y 18) en las tres categorías creadas con los percentiles 25 y 75, se debe uno fijar en la Tabla 111 únicamente en el test de Shapiro-Wilk. Se observa que la variable INCR_MRT es normal en las tres categorías, por ser $\alpha > 0,05$. Se puede aceptar que la variable también es normal en esta categoría.

Como el contraste ANOVA es muy sensible a la no igualdad de varianzas y la hipótesis nula para la prueba de Levene es la igualdad de varianzas, se tomará un intervalo de confianza más pequeño, en este caso, se va a considerar un intervalo de confianza del 85%, siendo el valor de significación tres veces superior, es decir $\alpha=0,15$.

Tabla 111 Normalidad por categorías de INCR_MRT (25/75)

cap_esp_25_75	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mayor capacidad (1)	,157	19	,200*	,939	19	,255
Capacidad normal (2)	,081	40	,200*	,985	40	,872
Menor capacidad (3)	,207	18	,040	,936	18	,246

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

El valor α de la prueba de Levene, obtenido del programa estadístico SPSS, es 0,22 mayor de 0,15 y se deben considerar las varianzas iguales en las tres categorías.

Tabla 112 ANOVA para INCR_MRT (25/75)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	196,071	2	98,036	4,711	,012
Intra-grupos	1540,007	74	20,811		
Total	1736,078	76			

Como se cumplen los tres supuestos se puede realizar el análisis de la varianza para las tres categorías de la variable INCR_MRT, se obtiene según la Tabla 112 un valor de $F=4,71$ y una significación de 0,012. Se debe rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias y se puede afirmar que al menos una de las tres categorías tiene media diferente a alguna de las otras dos.

Se puede poner de refuerzo y como comprobación la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis que no exige ningún supuesto previo.

Tabla 113 Rangos para INCR_MRT (25/75)

cap_esp_25_75	N	Rango promedio
Mayor capacidad (1)	19	26,03
Capacidad normal (2)	40	40,55
Menor capacidad (3)	17	47,62
Total	76	

En primer lugar, (Tabla 113), del promedio de rangos de la prueba de Kruskal-Wallis se desprende que el rango promedio va aumentando según disminuye la capacidad de visión espacial. Y en segundo lugar (Tabla 114), el valor de significación es claramente inferior a 0,05, con lo cual no se puede aceptar la hipótesis nula de igualdad de distribución de la variable diferencia de capacidad espacial, entre las categorías generadas con los percentiles 25 y 75. Existen diferencias significativas entre categorías. Al menos una de las categorías difiere de alguna de las otras dos. Se llega a la misma conclusión que con el análisis de la varianza simple paramétrico.

Tabla 114 Kruskal-Wallis para INCR_MRT (25/75)

Chi-cuadrado	9,362
gl	2
Sig. asintót.	,009

A continuación se va a comprobar cómo es esa diferencia o diferencias entre categorías. A priori se cree que los alumnos de menor capacidad espacial tendrán una ganancia mayor en el test MRT que los alumnos de mayores capacidades espaciales, además por el gráfico de la Fig. 81 se observa que la media de la categoría menor capacidad espacial es mucho mayor que la de la categoría mayor capacidad espacial, se realiza por lo tanto, el contraste a priori considerando solamente las categorías citadas.

En la Tabla 115 se comprueba que, en efecto, las medias son diferentes con un valor del contraste de 4,42 y una significación de 0,004, mucho menor de 0,05.

Tabla 115 Contraste entre mayor y menor capacidad espacial (25/75)

Valor del contraste	Error típico	t	gl	Sig. (bilateral)
4,4211	1,50049	2,946	74	,004

Por lo tanto, para las categorías de la variable INCR_MRT generadas en base a los percentiles 25 y 75, se puede afirmar que los alumnos con menores capacidades espaciales tienen una ganancia mayor y además de forma significativa que los alumnos de mayores capacidades espaciales.

Tabla 116 Comparaciones múltiples por categorías de INCR_MRT (25/75)

Pruebas	Categorías	Diferencia de medias entre categorías	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
HSD de Tukey	1-2	-3,04605*	1,27106	,049	-6,0861	-,0060
	1-3	-4,42105*	1,50049	,012	-8,0099	-,8322
	2-3	-1,37500	1,29477	,541	-4,4718	1,7218
Scheffé	1-2	-3,04605	1,27106	,063	-6,2213	,1292
	1-3	-4,42105*	1,50049	,017	-8,1695	-,6726
	2-3	-1,37500	1,29477	,571	-4,6095	1,8595

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05.

Para ver si existen diferencias también entre otras categorías, se realiza un análisis a posteriori comparando todas las categorías. De los muchos contrastes que se podrían seleccionar, en la Tabla 116 se muestran las pruebas: Diferencia honestamente significativa de Tukey (HSD de Tukey) y el Test de Scheffé. El test de Scheffé es el más conservador.

Para el test HSD de Tukey existen diferencias significativas entre la categoría 1 (Mayor capacidad de visión espacial) y las categorías 2 y 3 (Normal y Menor). La ganancia de las categorías 2 y 3 es mayor que la de la categoría 1 y además de forma significativa al 95%. En cambio no se observa diferencia significativa entre los alumnos con capacidad espacial normal y los de menor capacidad ($\alpha=0,541$). Para el test de Scheffé solo es significativa la diferencia entre las categorías 1 y 3, algo lógico al ser el valor de significación del test HSD de Tukey próximo a 0,05 entre las categorías 1 y 3, y ser el test de Scheffé más conservador. Pero la prueba HSD de Tukey es más aconsejable para diseños no balanceados, como es el caso, que se tienen tamaños de 19, 40 y 18.

Con tres categorías la prueba de Student-Newman-

Tabla 117 Prueba de Student-Newman-Keuls^{a,b} por categorías de INCR_MRT (25/75)

Categorías	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
Mayor capacidad (1)	19	1,5789	
Capacidad normal (2)	40		4,6250
Menor capacidad (3)	18		6,0000
Sig.		1,000	,315

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 22,525.

b. 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 I no están garantizados.

Keuls⁹ (S-N-K) es más potente que la de Tukey. Para más de 3 categorías es mejor la prueba de Tukey. Como en este caso se tienen tres categorías se comprueban en la Tabla 117 de subconjuntos homogéneos los resultados de la prueba S-N-K. Se confirman los resultados de la prueba de Tukey anterior y existen diferencias significativas entre las categorías 1 y 2, y entre la 1 y la 3.

6.7.2. Segundo caso: 35/65

Se analizará a continuación que ocurre si se crea otra variable con las tres categorías anteriores utilizando como puntos de corte los percentiles 35 y 65. Se realizará también el ANOVA de un factor para la variable INCR_MRT y como factor la variable creada con las categorías de percentiles 35 y 65 (CAP_ESP_35_65).

En la Fig. 82 se puede observar como la media de INCR_MRT se incrementa claramente según disminuye la capacidad de visión espacial para división de las categorías según los percentiles 35 y 65. Lo cual ya muestra indicios de que la variable no se distribuye igual entre las tres categorías.

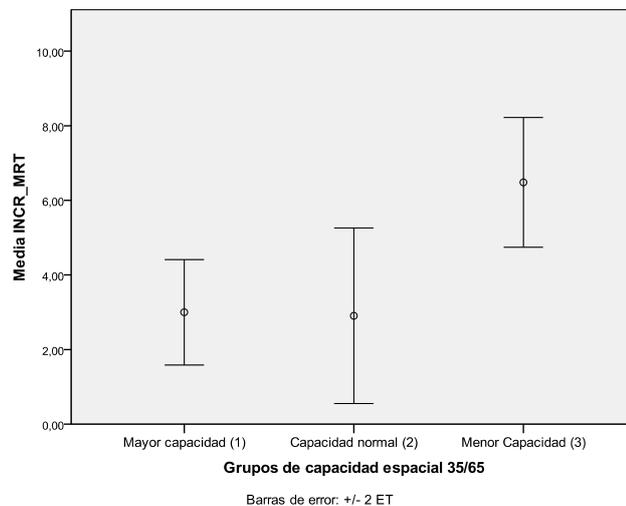


Fig. 82 Media y error típico de ganancia de capacidad espacial por categorías (percentiles 35 y 65)

En primer lugar, se debe comprobar que se cumplen los tres supuestos del análisis citado en el apartado anterior.

Como se ha indicado anteriormente y por la misma razón, se puede decir que existe independencia entre las observaciones.

Como el tamaño muestral es menor de 50 (29, 21 y 27) en las tres categorías creadas con los percentiles 35 y 65, en la Tabla 118 hay que fijarse únicamente en el test Shapiro-Wilk. Se observa que la variable INCR_MRT es normal en las tres categorías, por ser $\alpha > 0,05$.

Tabla 118 Normalidad por categorías de INCR_MRT (35/65)

cap_esp_35_65	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mayor capacidad (1)	,164	29	,045	,963	29	,393
Capacidad normal (2)	,133	21	,200*	,970	21	,722
Menor capacidad (3)	,175	27	,033	,940	27	,122

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

⁹ Esta prueba realiza todas las comparaciones por parejas entre las medias utilizando la distribución del rango de Student. Compara pares de medias dentro de subconjuntos homogéneos utilizando un procedimiento secuencial. Las medias se ordenan por su tamaño, de mayor a menor, y se comparan primero las diferencias más extremas.

La prueba de Levene al 85%, obtenida de SPSS proporciona un valor $\alpha=0,23$, y se pueden suponer las varianzas iguales en las tres categorías.

El análisis en una dirección de la varianza (ANOVA de un factor), según la Tabla 119, da un valor $F=5,3$ mayor que el caso anterior (ver Tabla 112) y un valor de significación $0,007 < 0,05$. Por lo tanto, al menos una de las categorías tiene diferente media.

Tabla 119 ANOVA para INCR_MRT (35/65)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	217,528	2	108,764	5,300	,007
Intra-grupos	1518,550	74	20,521		
Total	1736,078	76			

Para comprobar y reforzar estos resultados se realiza la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. En primer lugar (Tabla 120), del promedio de rangos de la prueba de Kruskal-Wallis se desprende que el rango promedio va aumentando según disminuye la capacidad de visión espacial y en segundo lugar (Tabla 121), el valor de significación es claramente inferior a 0,05, con lo cual no se puede aceptar la hipótesis nula de igualdad de distribución respecto de la posición de INCR_MRT, entre las categorías generadas con los percentiles 35 y 65. Existen diferencias significativas entre categorías. Al menos una de las categorías difiere de las otras dos. Se llega a la misma conclusión que con el análisis de la varianza simple paramétrico.

Tabla 120 Rangos para INCR_MRT (35/65)

cap_esp_35_65	N	Rango promedio
Mayor capacidad (1)	29	33,03
Capacidad normal(2)	21	32,24
Menor capacidad (3)	26	49,65
Total	76	

Como antes, se va a comprobar cómo es esa diferencia o diferencias entre categorías. Se supone, a priori, que la categoría de menor capacidad espacial tiene una ganancia superior a la categoría de mayor capacidad espacial, además la Fig. 82 parece que lo confirma.

Tabla 121 Kruskal-Wallis para INCR_MRT (35/65)

Chi-cuadrado	10,160
gl	2
Sig. asintót.	,006

Para ello, se plantea un contraste a priori considerando solo las medias de las categorías de menor y mayor capacidad espacial.

En la Tabla 122 el contraste entre la categoría de mayor capacidad espacial y de menor capacidad tiene un valor de contraste de 3,48 y su valor de significación es $0,005 < 0,05$.

Tabla 122 Contraste entre mayor y menor capacidad espacial (35/65)

Valor del contraste	Error típico	t	gl	Sig. (bilateral)
3,4815	1,21147	2,874	74	,005

Por lo tanto, establecidas las categorías según los percentiles 35 y 65, la media de ganancia de los alumnos de menor capacidad espacial es mayor que la de los alumnos de mayor capacidad espacial de forma significativa al 95%.

También ahora se comprueba si existe diferencia de medias entre otras categorías, se plantean de nuevo las pruebas HSD de Tukey y de Scheffé de comparaciones múltiples.

Tabla 123 Comparaciones múltiples por categorías de INCR_MRT (35/65)

Pruebas	Categorías	Diferencia de medias entre categorías	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
HSD de Tukey	1-2	,09524	1,29800	,997	-3,0093	3,1998
	1-3	-3,48148*	1,21147	,014	-6,3790	-,5839
	2-3	-3,57672*	1,31804	,022	-6,7292	-,4243
Scheffé	1-2	,09524	1,29800	,997	-3,1473	3,3378
	1-3	-3,48148*	1,21147	,020	-6,5079	-,4551
	2-3	-3,57672*	1,31804	,030	-6,8694	-,2841

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05.

En este caso, ambas pruebas coinciden en todas las comparaciones, ver Tabla 123. Entre las categorías 1 y 3, y entre las categorías 2 y 3, existe una diferencia significativa en la ganancia de capacidad espacial. En cambio no existe claramente, diferencia significativa entre las categorías 1 y 2 ($\alpha=0,997$).

Si como antes y por el mismo motivo, se comprueban los resultados con la prueba a posteriori de comparaciones múltiples S-N-K, en la Tabla 124 se observa que sí existen diferencias significativas entre las categorías 1 y 3, y la 2 y la 3. Además también se confirma que prácticamente no existe diferencia entre las categorías 1 y 2 (significación igual a 0,941).

Tabla 124 Prueba de Student-Newman-Keuls^{ab} por categorías de INCR_MRT (35/65)

Categorías	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
Capacidad normal(2)	21	2,9048	
Mayor capacidad (1)	29	3,0000	
Menor capacidad (3)	27		6,4815
Sig.		,941	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 25,181.
- b. 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 I no están garantizados.

6.7.3. Tercer caso: 50/50

Por último, para comparar si los resultados son análogos a los del primer y segundo caso, se va a realizar el mismo análisis creando únicamente dos categorías con el corte en el percentil 50.

En el gráfico de la Fig. 84 se observa que la media de INCR_MRT de la categoría de alumnos de menor capacidad espacial es superior a la de los alumnos de mayor capacidad, y el intervalo de error típico apenas se solapa. Parece que el incremento de los alumnos con menor capacidad de visión espacial es mayor que el de los alumnos de mayor capacidad de visión espacial, pero se

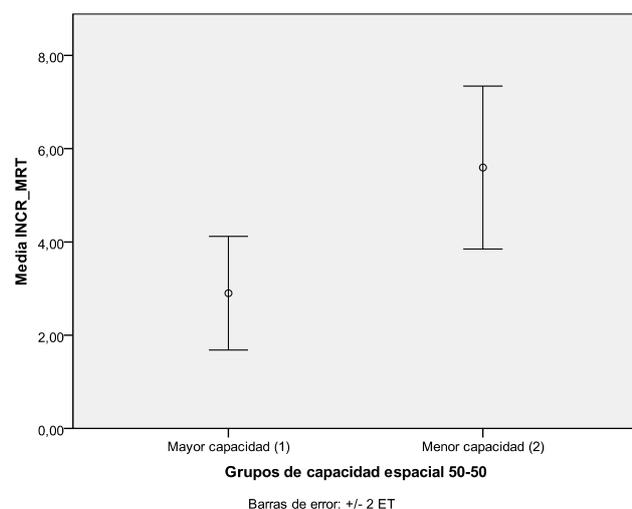


Fig. 83 Media y error típico de ganancia de capacidad espacial por categorías (percentiles 50 y 50)

debe averiguar si esa diferencia es significativa.

Para ello, y como ahora solamente se tienen dos categorías, aunque se podría realizar el análisis de la varianza simple, en este caso, es más apropiada la prueba T de muestras independientes.

Se recuerda que para esta prueba se exigen los supuestos de independencia, normalidad y homocedasticidad. Como en casos anteriores se puede decir que existe independencia entre las observaciones.

Al ser los tamaños muestrales (40 y 37) menores de 50 hay que fijarse en la Tabla 125 únicamente en el test de Shapiro-Wilk, que es más robusto que el de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors para estos tamaños muestrales. Las dos categorías de la variable INCR_MRT son normales, ya que el valor de significación es mayor de 0,05.

Tabla 125 Normalidad por categorías de INCR_MRT (50/50)

Categorías	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mayor capacidad (1)	,164	40	,008	,961	40	,175
Menor capacidad (2)	,129	37	,124	,967	37	,324

a. Corrección de la significación de Lilliefors

De la prueba de Levene se obtiene que no se pueden considerar las varianzas iguales ya que el valor de significación $\alpha=0,04 < 0,05$, como se puede ver en la Tabla 127.

En la Tabla 126 los estadísticos de grupo confirman lo que indicaba el gráfico de la Fig. 83, que la media muestral de los alumnos de menor capacidad espacial es sensiblemente mayor que la de los alumnos de mayor capacidad.

Tabla 126 Estadísticos de grupo por categorías de INCR_MRT (50/50)

Categorías	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Mayor capacidad (1)	40	2,9000	3,85507	,60954
Menor capacidad (2)	37	5,5946	5,31486	,87376

Como se comprueba en la

Tabla 127, se asuman o no varianzas iguales, el valor de significación para la prueba T es menor de 0,05, y por lo tanto se debe rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias. Los alumnos de menor capacidad espacial tienen un incremento medio superior a los alumnos de mayor capacidad.

Tabla 127 Prueba T de muestras independientes para INCR_MRT por categorías (50/50)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias							
F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia		
							Inferior	Superior	
Se han asumido varianzas iguales	4,298	,042	-2,560	75	,012	-2,69459	1,05238	-4,79103	-,59815
No se han asumido varianzas iguales		-2,529	65,291	,014	-2,69459	1,06536	-4,82208	-,56710	

Al no cumplirse uno de los supuestos previos para esta prueba y aunque la salida del programa SPSS muestra valores en el caso de no asumirse varianzas iguales, se procederá a realizar la prueba

no paramétrica correspondiente, esta es la prueba U de Mann-Whitney de comparación de medianas.

Esta prueba corrobora lo dicho anteriormente respecto de los resultados obtenidos de la prueba T de muestras independientes, ya que $\alpha=0,01 < 0,05$ y se debe rechazar la hipótesis de igualdad de distribuciones respecto a su posición. Ver Tabla 128.

Tabla 128 Prueba U de Mann-Whitney

	INCR_MRT
U de Mann-Whitney	489,500
W de Wilcoxon	1309,500
Z	-2,562
Sig. asintót. (bilateral)	,010

Se puede concluir el análisis de esta hipótesis, diciendo que independientemente de la forma en que se han creado las categorías (percentiles 25/75, 35/65 y 50/50), en grados de capacidad espacial, los alumnos de menores capacidades espaciales mejoran más su capacidad de visión espacial que los alumnos de mayores capacidades espaciales y de forma significativa, en los dos grupos (E y T) de experimentación juntos.

6.8 Análisis de la HIPÓTESIS 9

La hipótesis 9 se enuncia de la siguiente manera: “Si se apoya el aprendizaje en el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV, los alumnos de menores capacidades espaciales mejoran más su capacidad de visión espacial que los alumnos de mayores capacidades espaciales y de forma significativa”.

Lo que se quiere comprobar es para qué categoría de alumnos es más adecuado el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV.

En este caso el estudio que se debe realizar es similar al de la hipótesis anterior pero considerando únicamente los alumnos que realizaron la experiencia en el grupo experimental que utilizó el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV. La variable dependiente será como antes INCR_MRT. Para crear las categorías de mayor, normal y menor capacidad espacial, de nuevo se utilizarán los percentiles 25/75 y 35/65 como puntos de corte. Por último se obtendrán también los resultados si se crean solamente dos categorías, de mayor y menor capacidad espacial, utilizando para ello el percentil 50 como punto de corte. Se creará para cada caso otra variable en la que se establecerán las categorías de capacidad de visión espacial teniendo en cuenta los percentiles indicados y que se pueden ver en la Tabla 129.

Tabla 129 Percentiles de Pre_MRT

25	13,250
35	19,550
40	21,000
50	22,500
60	24,000
65	26,000
75	31,000

6.8.1. Primer caso: 25/75

Como lo que se quiere demostrar es que hay diferencias significativas de la variable ganancia de visualización espacial (INCR_MRT), entre las categorías de capacidad de visión espacial, se

va a realizar un análisis de la varianza simple o en una dirección (ANOVA de un factor). Se realizará dicho análisis para las categorías creadas con los percentiles 25-75 (CAP_ESP_25_75).

En la Fig. 84 se puede observar como la media de las diferencias en el post-test se incrementa claramente según disminuye la capacidad de visión espacial para división de las categorías según los percentiles 25 y 75. Lo cual ya muestra indicios de que la variable no se distribuye igual entre las tres categorías.

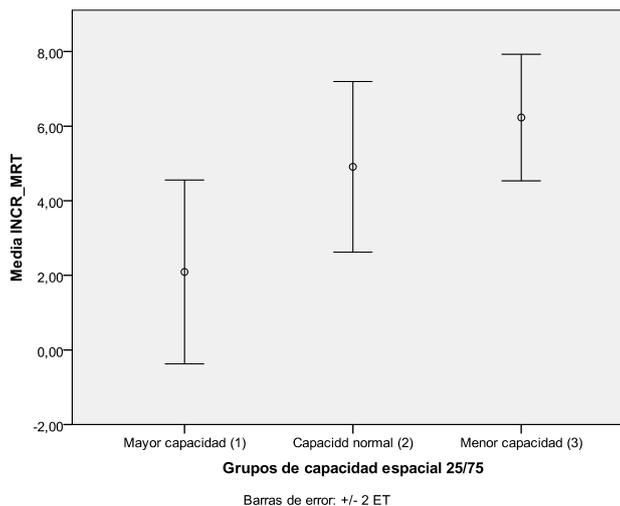


Fig. 84 Media y error típico de ganancia de capacidad espacial por categorías (percentiles 25 y 75)

Como en la hipótesis anterior se debe comprobar que se cumplen los supuestos del análisis. Por los mismos motivos que en el apartado 6.7.1 se puede decir que existe independencia entre las observaciones.

Para los tamaños muestrales de las categorías (11, 22 y 13) de INCR_MRT se debe utilizar el test de Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad. La normalidad se cumple para las dos primeras categorías ($\alpha > 0,05$) pero para la categoría 3 (Menor capacidad espacial) no se puede decir que siga una distribución normal, ya que da un valor α menor de 0,05 (ver Tabla 130). Según Pardo & San Martín (2009) para tamaños de muestra menores de 15 si que es necesaria la normalidad.

Tabla 130 Normalidad por categorías de INCR_MRT (25/75)

cap_esp_25_75	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mayor capacidad (1)	,194	11	,200 [*]	,915	11	,278
Capacidad normal (2)	,098	22	,200 [*]	,974	22	,811
Menor capacidad (3)	,292	13	,003	,854	13	,032

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Al fallarnos este supuesto, se va a realizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, semejante al ANOVA de una

Tabla 131 Rangos para INCR_MRT 25/75

cap_esp_25_75	N	Rango promedio
Mayor capacidad (1)	11	15,59
Capacidad normal (2)	22	23,84
Menor capacidad (3)	13	29,62
Total	46	

dirección. Se observa en la Tabla 131 cómo los rangos van creciendo según disminuye la capacidad de visión espacial.

Los estadísticos de contraste de la prueba de Kruskal-Wallis (Tabla 132) indican que existe diferencia significativa ($\alpha = 0,037 < 0,05$) entre las distribuciones de las tres categorías respecto a su posición con al menos una de las categorías. Como se suponía existe diferencia en la variable INCR_MRT según las categorías de menor, normal y mayor capacidad espacial.

Tabla 132 Kruskal-Wallis para INCR_MRT (25/75)

Chi-cuadrado	6,588
gl	2
Sig. asintót.	,037

Como la prueba de Kruskal-Wallis no dice nada de cómo son esas diferencias entre categorías, se debe buscar qué contrastes de comparaciones múltiples se pueden utilizar.

Aunque existen procedimientos para efectuar comparaciones múltiples tras obtener un estadístico significativo de la prueba de Kruskal-Wallis (Pardo & San Martín, 1998), para analizar con el SPSS qué categorías difieren entre sí, se puede utilizar la prueba U de Mann-Whitney para dos muestras independientes, pero acompañada de la corrección de Bonferroni para controlar la tasa de error (la probabilidad de cometer errores de tipo I). Puesto que con tres categorías se necesita hacer tres comparaciones dos a dos, la aplicación de la corrección de Bonferroni llevará en nuestras decisiones a considerar un nivel de significación de $\alpha/3$. Es decir, se considerará que dos grupos difieren entre sí significativamente cuando el nivel crítico obtenido sea menor de $\alpha/3$. Como se está trabajando con $\alpha=0,05$ el nivel crítico será 0,0167 para las pruebas dos a dos de Mann-Whitney.

Tabla 133 Rangos de INCR_MRT (25/75) por pares

Par	cap_esp_25_75	N	Rango promedio	Suma de rangos
1-3	1	11	8,09	89,00
	3	13	16,23	211,00
1-2	1	11	13,50	148,50
	2	22	18,75	412,50
2-3	2	22	16,59	365,00
	3	13	20,38	265,00

En la Tabla 133 se puede ver que como el tamaño muestral de la categoría 2 es el doble de las otras dos, se debe uno fijar en el rango promedio, y no en la suma de rangos, se observa que solamente el aumento de rango promedio de la comparación entre la categoría 1 y la 3 es considerable, siendo menor en las otras comparaciones.

Si ahora se fija la atención en los valores de significación, se puede observar en la Tabla 134 que de nuevo solamente el valor de la comparación entre las categorías 1 (Mayor capacidad) y 3 (Menor capacidad) es menor de 0,0167.

Tabla 134 Prueba U de Mann-Whitney para INCR_MRT (25/75)

	1-3	1-2	2-3
U de Mann-Whitney	23,000	82,500	112,000
W de Wilcoxon	89,000	148,500	365,000
Z	-2,833	-1,477	-1,063
Sig. asintót. (bilateral)	,005	,140	,288
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,004 ¹	,143 ¹	,302 ¹

1. No corregidos para los empates.

Por lo tanto, se puede concluir que los alumnos de menores capacidades espaciales mejoran más su capacidad de visión espacial que los alumnos de mayores capacidades espaciales y de forma significativa si se apoya su aprendizaje en el taller gestor de contenidos ILMAGE_SV, cuando los puntos de corte para construir las categorías son los percentiles 25 y 75.

6.8.2. Segundo caso: 35/65

A continuación se va a analizar la hipótesis 9 para el caso en que los puntos de corte utilizados para construir las categorías de capacidad espacial son los percentiles 35 y 65.

En la Fig. 85 se puede observar como la media de INCR_MRT aumenta claramente conforme disminuye la capacidad de visión espacial para división de las categorías según los percentiles 35 y 65. Lo cual ya muestra indicios de que la variable no se distribuye igual en cuanto a su posición, entre las tres categorías.

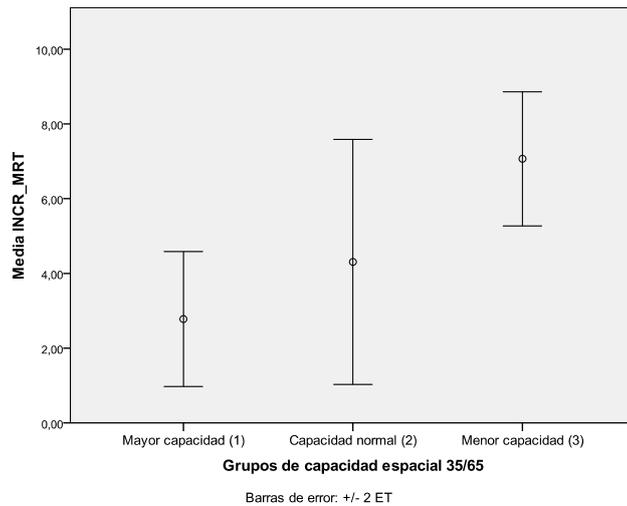


Fig. 85 Media y error típico de ganancia de capacidad espacial (percentiles 35 y 65)

En primer lugar, y como en ocasiones anteriores, se debe comprobar que se cumplen los supuestos del análisis, se ha de suponer independencia, igualdad de varianzas y normalidad de la variable en cada categoría.

Debido a la forma de creación de los grupos de la muestra se puede afirmar que existe independencia entre las observaciones.

En la Tabla 135 se puede ver como la variable INCR_MRT es normal para todas las categorías ($\alpha > 0,05$), dado que como los tamaños muestrales de las tres categorías (18, 13 y 15) son menores de 50 hay que fijarse en el test de Shapiro-Wilk.

Capacidad espacial 35/65	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mayor capacidad (1)	,189	18	,089	,900	18	,058
Capacidad normal (2)	,112	13	,200*	,966	13	,847
Menor capacidad (3)	,226	15	,038	,909	15	,131

a. Corrección de la significación de Lilliefors
 *. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

La prueba de homogeneidad de varianzas indica que tiene varianzas iguales en las tres categorías, puesto que en SPSS el valor de significación es $\alpha = 0,18 > 0,15$. Como en el apartado 6.7.1, se debe ser más exigente con la homogeneidad de las varianzas y se reduce el intervalo de confianza al 85%.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	152,143	2	76,071	3,909	,028
Intra-grupos	836,814	43	19,461		
Total	988,957	45			

Como se cumplen los tres supuestos se realiza el análisis de la varianza simple (ANOVA de un factor), en la Tabla 136 se puede ver como $F = 3,91$ y el valor de α es menor de 0,05. Por lo tanto, se puede afirmar que existe diferencia significativa en la media de alguna de las tres categorías.

Para corroborar y reforzar lo obtenido, se procederá a realizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis que no exige ninguno de los supuestos anteriores. Ya, la tabla de rangos (Tabla 137) indica que existen diferencias entre las categorías al ir creciendo los rangos al disminuir la capacidad espacial de los alumnos.

En la Tabla 138 se observa cómo también se llega a la misma conclusión, al menos una de las categorías presenta distribución diferente respecto a la posición ($\alpha=0,007$).

Tabla 137 Rangos para INCR_MRT (35/65)

cap_esp_35_65	N	Rango promedio
Mayor capacidad (1)	18	17,47
Capacidad normal (2)	13	22,04
Menor capacidad (3)	15	32,00
Total	46	

Se comprobará, por lo tanto, entre qué categorías existen diferencias. Se supone a priori que la categoría de menor capacidad espacial tiene una ganancia superior a la categoría de mayor capacidad espacial, además el gráfico de la Fig. 85 parece que lo confirma. Para ello, se plantea un contraste a priori de igualdad de medias considerando solo las medias de las categorías de menor y mayor capacidad espacial.

Tabla 138 Kruskal-Wallis para INCR_MRT (35/65)

Chi-cuadrado	9,884
gl	2
Sig. asintót.	,007

En la Tabla 139 el contraste entre la categoría de mayor capacidad espacial y de menor capacidad tiene un valor del contraste de 4,29 y su valor de significación es $0,008 < 0,05$. Se debe rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias entre las categorías 1 y 3 de INCR_MRT.

Tabla 139 Contraste entre mayor y menor capacidad espacial (35/65)

Valor del contraste	Error típico	t	gl	Sig. (bilateral)
4,2889	1,54225	2,781	43	,008

Por lo tanto, establecidas las categorías, según los percentiles 35 y 65, en el grupo experimental (E) la media de ganancia de los alumnos del grupo de menor capacidad espacial, es mayor que la de los alumnos de mayor capacidad espacial de forma significativa al 95%.

Tabla 140 Comparaciones múltiples para INCR_MRT (35/65)

Pruebas	Categorías	Diferencia de medias entre categorías		Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
			Error típico		Límite inferior	Límite superior
HSD de Tukey	1-2	-1,52991	1,60566	,610	-5,4276	2,3677
	1-3	-4,28889*	1,54225	,021	-8,0326	-,5452
	2-3	-2,75897	1,67164	,236	-6,8168	1,2988
Scheffé	1-2	-1,52991	1,60566	,638	-5,6011	2,5413
	1-3	-4,28889*	1,54225	,029	-8,1993	-,3784
	2-3	-2,75897	1,67164	,267	-6,9975	1,4795

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05.

También ahora se comprueba si existe diferencia de medias entre otras categorías, se plantean de nuevo las pruebas HSD de Tukey y de Scheffé. En este caso ambas pruebas coinciden en todas las comparaciones, ver Tabla 140. Solo existe diferencia significativa entre las medias de las categorías 1 (Mayor capacidad espacial) y la 3 (Menor capacidad espacial).

Como se indicó en el apartado 6.7.1, para 3 categorías es más robusta la prueba de comparaciones múltiples de Student-Newman-Keuls (S-N-K). En la Tabla 141 se puede ver que sí existe diferencia significativa entre las categorías 1 y 3, que no existen diferencias significativas entre las categorías 1 y 2, y entre la 2 y la 3. Aunque entre la 2 y la 3 existe bastante diferencia ($\alpha=0,093$).

Tabla 141 Prueba S-N-K^{a, b} para INC_MRT (35/65)

cap_esp_35_65	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		1	2
Mayor capacidad (1)	18	2,7778	
Capacidad normal (2)	13	4,3077	4,3077
Menor capacidad (3)	15		7,0667
Sig.		,347	,093

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 15,064.

b. 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 I no están garantizados.

Por lo tanto, se puede afirmar que los alumnos de menores capacidades espaciales mejoran más su capacidad de visión espacial que los alumnos de mayores capacidades espaciales y de forma significativa si se apoya su aprendizaje en el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV, cuando los puntos de corte para construir las categorías son los percentiles 35 y 65.

6.8.3. Tercer caso: 50/50

Por último se realizarán los mismos análisis pero considerando los alumnos divididos únicamente en dos categorías, los de mayor capacidad espacial (1) y los de menor capacidad (2), creadas ambas categorías según el percentil 50.

En primer lugar, a través del gráfico de la Fig. 86 se puede observar como la media de los alumnos de menor capacidad espacial es sensiblemente superior a la de los alumnos de mayor capacidad, y los intervalos de error típico apenas se superponen.

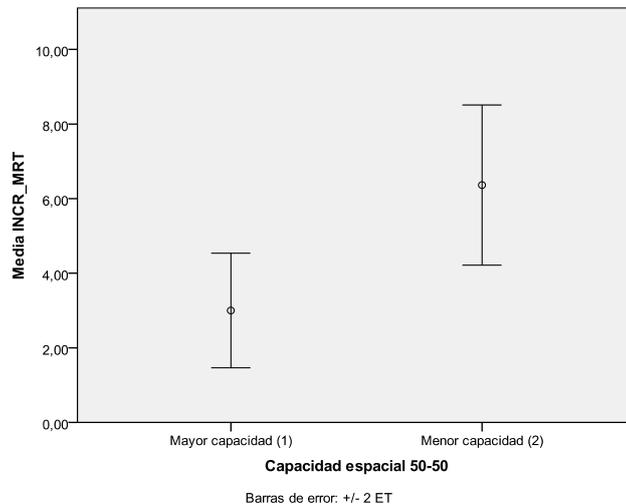


Fig. 86 Media y error típico de ganancia de capacidad espacial (percentiles 50 y 50)

Al ser únicamente dos categorías la prueba a realizar será la T de muestras independientes. Antes se deben cumplir los supuestos de independencia, normalidad y homocedasticidad.

Debido a la forma de creación de los grupos de la muestra, se puede decir que existe independencia entre las observaciones.

En la Tabla 142 con los tamaños muestrales de las categorías, 24 y 22, se debe tener en cuenta el test de Shapiro-Wilk. Se puede ver como la categoría 2 de la variable INCR_MRT es normal, pero la categoría 1 no es normal, el valor de significación 0,04 es menor de 0,05. Como el tamaño de la muestra es 24 y se sitúa entre 15 y 40, como ya se ha indicado anteriormente, bastará con que no

sea muy asimétrica y no tenga valores atípicos. En este caso, la asimetría obtenida con SPSS es -0,55 y su error típico 0,47, valores que no indican un valor muy grande de asimetría. Tampoco tiene valores atípicos. Se puede entonces, realizar la prueba T para muestras independientes aunque no sea normal.

Tabla 142 Normalidad por categorías de INC_MRT (50/50)

cap_esp_50_50	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mayor capacidad (1)	,204	24	,011	,915	24	,044
Menor capacidad (2)	,141	22	,200*	,934	22	,146

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

De la Tabla 144 se obtiene que la prueba de Levene ofrece un valor de significación $\alpha=0,51>0,05$ y por lo tanto las varianzas se pueden considerar iguales.

Si se estudia antes de realizar la prueba T los estadísticos de grupo, en la Tabla 143, se puede observar como la media de INCR_MRT del grupo de menor capacidad espacial es sensiblemente superior a la del grupo de mayor capacidad, asentando lo que indicaba el gráfico de la Fig. 86.

En la Tabla 144 el valor de significación para la prueba T es $\alpha=0,01<0,05$, y esto indica que las medias no se pueden considerar iguales, por lo

Tabla 143 Estadísticos de grupo por categorías de INCR_MRT (50/50)

cap_esp_50_50	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Mayor capacidad (1)	24	3,0000	3,76483	,76849
Menor capacidad (2)	22	6,3636	5,03838	1,07419

tanto, la media de la categoría de menor capacidad espacial es mayor de forma significativa que la media de la categoría de mayor capacidad.

Tabla 144 Prueba T de muestras independientes por categorías de INC_MRT (50/50)

Prueba de Levene para la igualdad de varianzas				Prueba T para la igualdad de medias				
F	Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
,430	,515	-2,579	44	,013	-3,36364	1,30423	-5,99215	-,73513

Como se ha realizado la prueba T aunque la categoría 1 de la variable INCR_MRT no se distribuía normalmente, como comprobación se efectuará la prueba no paramétrica equivalente, la prueba U de Mann-Whitney.

Se confirman los resultados anteriores al ver la Tabla 145 y comprobar que el valor de $\alpha=0,005$ es mucho menor de 0,05. No se puede aceptar la hipótesis nula, las distribuciones de las dos categorías no son iguales en posición.

Tabla 145 Prueba U de Mann-Whitney

	INCR_MRT
U de Mann-Whitney	137,000
W de Wilcoxon	437,000
Z	-2,805
Sig. asintót. (bilateral)	,005

Por lo tanto, se puede decir que los alumnos de menores capacidades espaciales mejoran más su capacidad de visión espacial que los alumnos de mayores capacidades espaciales y de forma significativa si se apoya su aprendizaje en el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV, cuando el punto de corte para construir las dos categorías es el percentil 50.

Por último, se puede concluir el análisis de esta hipótesis diciendo que independientemente de la forma en que se han creado las categorías, los alumnos de menores capacidades espaciales mejoran más su capacidad de visión espacial que los alumnos de mayores capacidades espaciales y de forma significativa en el grupo de experimentación que ha utilizado el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV.

6.9 Análisis de la HIPÓTESIS 10

La hipótesis 10 se enuncia de la siguiente manera: "Divididos los alumnos en tres categorías de capacidad espacial (mayor capacidad, capacidad normal y menor capacidad), los alumnos del grupo que ha utilizado el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV, de la misma categoría de capacidad espacial que los alumnos del grupo tradicional, obtienen mejores resultados de forma significativa que éstos, en visión espacial".

En esta hipótesis se divide a todos los alumnos de los dos cursos de experimentación en tres categorías de capacidad de visión espacial y se comparan dos a dos por igual categoría de capacidad de visión espacial, el grupo de alumnos que ha utilizado el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV (Grupo E) y el grupo con metodología tradicional (Grupo T). No se realiza el análisis por años de experimentación porque los tamaños muestrales de las categorías creadas serían muy pequeños.

Para crear las categorías se utilizan ahora los resultados del test DAT-SR, dado que este test se realizó a todos los alumnos, y como puntos de corte entre categorías se utilizarán únicamente los percentiles 35 y 65. Se utiliza la variable DAT_SR que recoge los resultados del test DAT-SR realizado al principio de la experimentación a todos los alumnos y los dos cursos de experimentación. El percentil 35 de esta variable tiene una puntuación de 39 y el percentil 65 de 49. De esta manera se obtienen las siguientes categorías: mayor capacidad de visión espacial en el grupo E (E1), capacidad normal en el grupo E (E2), menor capacidad en el grupo E (E3), mayor capacidad de visión espacial en el grupo T (T1), capacidad normal en el grupo T (T2), menor capacidad en el grupo T (T3).

Se han realizado dos pruebas en las que se controla el rendimiento en visión espacial, la primera dentro del control de visualización realizado nada más terminar la experimentación, y la segunda en el test final de visualización dentro del examen final de la asignatura. Por tanto, el análisis se realizará en primer lugar comparando los resultados de la parte del control de visualización que específicamente valoraba la capacidad de visión espacial, y en segundo lugar, con los resultados del test final de visualización.

6.9.1. Comparación del rendimiento en el control de visualización por grupos y categorías de capacidad espacial

Una vez que se han creado las categorías con los percentiles 35 y 65, se va a trabajar con la variable VISIÓN extraída del control de visualización.

En la Fig. 87 se muestran los valores medios de las categorías en el grupo E y en el grupo T junto con sus errores típicos. Se observa como la media de VISIÓN es ligeramente superior para los alumnos del grupo E con mayores capacidades espaciales frente a los análogos del grupo T. Para los alumnos de menores capacidades espaciales del grupo E, en cambio, la media de VISIÓN es menor que los alumnos análogos del grupo T. Se debe comprobar si estos valores son significativos.

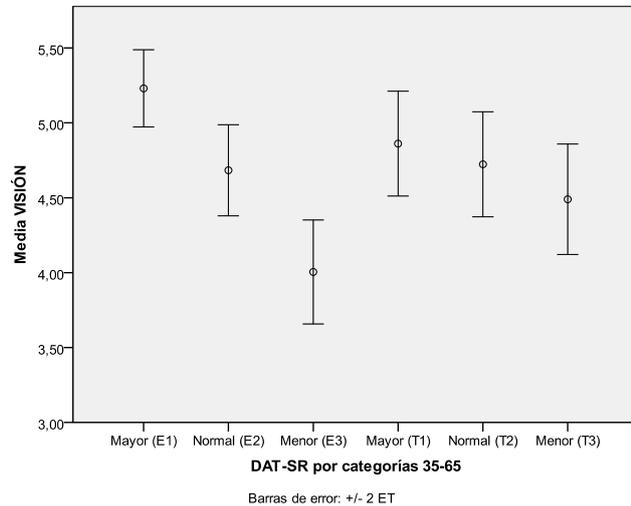


Fig. 87 Media y error típico de ganancia de capacidad espacial (percentiles 35 y 65) para VISIÓN

La prueba que se debe realizar en este caso es el análisis de la varianza simple (ANOVA de un factor). Como ya se ha indicado previamente, se deben cumplir los supuestos de independencia, normalidad e igualdad de varianzas. Como en casos anteriores se supone que existe independencia de las observaciones. En la Tabla 146 se comprueba que existe normalidad para todas las categorías de la variable VISIÓN. La prueba de Levene, cuyos resultados se han obtenido en SPSS, arroja un valor de significación $\alpha=0,613>0,05$. Se debe suponer igualdad de varianzas entre todas las categorías.

Tabla 146 Normalidad por categorías y grupos de VISIÓN

Categorías y grupos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mayor capacidad E1	,089	50	,200*	,969	50	,220
Capacidad normal E2	,119	34	,200*	,943	34	,074
Menor capacidad E3	,087	48	,200*	,963	48	,132
Mayor capacidad T1	,113	41	,200*	,950	41	,070
Capacidad normal T2	,141	35	,078	,972	35	,500
Menor capacidad T3	,096	36	,200*	,985	36	,899

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Como se cumplen los tres supuestos se puede realizar el análisis de la varianza simple o ANOVA de un factor. La variable será VISIÓN y el factor, las categorías creadas de grado de capacidad de visión espacial (E1, E2, E3, T1, T2, T3).

La prueba de ANOVA (Tabla 147) indica que existen diferencias entre alguna de las categorías, ya que el valor de significación $\alpha=0<0,05$.

Se realiza a continuación la prueba de Tukey de comparaciones múltiples entre las categorías de capacidad de visión espacial. Existen diferencias significativas entre varias categorías pero como lo que se pretende en esta hipótesis es comparar dos a dos las categorías análogas en capacidad espacial del grupo E y del grupo T, es decir, la categoría E1 con la T1, la E2 con la T2 y la E3 con la T3, en la Tabla 148 solo se indican los resultados de estas comparaciones. Los resultados indican que no son significativas las diferencias entre los alumnos de mayor capacidad de visualización espacial ni entre los de menor capacidad, entre los grupos E y T. Pero se puede afirmar que los resultados son iguales entre los alumnos de capacidad media, entre los grupos E y T y de forma significativa.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	39,705	5	7,941	7,156	,000
Intra-grupos	264,095	238	1,110		
Total	303,800	243			

(I) Categorías E	(J) Categorías T	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
E1	T1	,36886	,22194	,558	-,2688	1,0065
E2	T2	-,03976	,25365	1,000	-,7685	,6890
E3	T3	-,48492	,23225	,297	-1,1522	,1824

Por lo tanto, no se puede decir que los alumnos del grupo que ha utilizado el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV, de la misma categoría de capacidad espacial que los alumnos del grupo tradicional obtienen mejores resultados de forma significativa que éstos, en la parte de visión del control de visualización.

6.9.2. Comparación del rendimiento en el test final de visualización por grupos y categorías de capacidad espacial

Se trabajará con la variable TEST_FINAL, que recoge los resultados del test final de visualización que se realizó a todos los alumnos durante el examen final de la asignatura (ver anexo III).

En la Fig. 88 se puede ver que los valores medios del test final de visualización, entre categorías de capacidad de visión espacial de los grupos E y T, son prácticamente iguales.

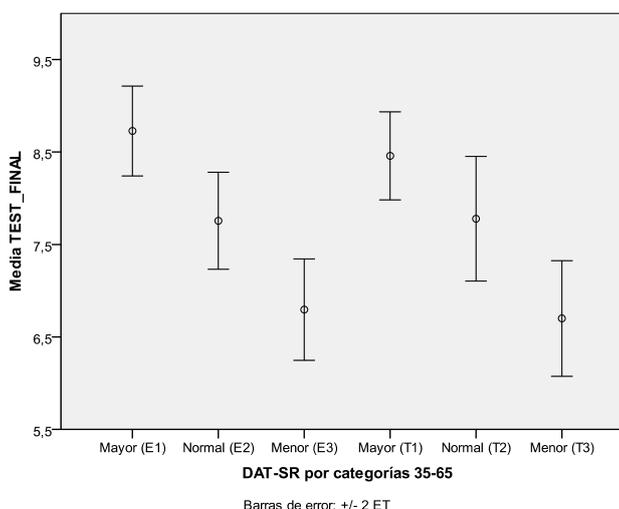


Fig. 88 Media y error típico de ganancia de capacidad espacial (percentiles 35 y 65) para TEST_FINAL

De nuevo antes de realizar la prueba de ANOVA se debe comprobar que se

cumplen los tres supuestos. Se puede asumir que existe independencia de las observaciones.

Para comprobar la normalidad, como los tamaños muestrales de todas las categorías son menores de 50, en la Tabla 149 se tendrá en cuenta solamente el test de Shapiro-Wilk. Se observa en esta tabla que son normales todas las categorías de E y T para la variable TEST_FINAL salvo las categorías E1 y T1. Como sus tamaños muestrales son 38 y 34 respectivamente, y se sitúan entre 15 y 40, según Pardo & San Martín (2010) puede valer con que no sean muy asimétricas ni tengan valores atípicos. Obtenidos los valores de asimetría del programa SPSS, se comprueba que para la categoría E1 sí que existe una fuerte asimetría (-0,89 y error típico 0,38), en consecuencia no se puede realizar el análisis paramétrico, y se debe utilizar la prueba equivalente no paramétrica, que es la prueba de Kruskal-Wallis.

Tabla 149 Normalidad por categorías y grupos de TEST_FINAL

Categorías y grupos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Mayor capacidad E1	,246	38	,000	,805	38	,000
Capacidad normal E2	,130	27	,200*	,954	27	,272
Menor capacidad E3	,106	30	,200*	,967	30	,468
Mayor capacidad T1	,156	34	,035	,885	34	,002
Capacidad normal T2	,139	23	,200*	,934	23	,131
Menor capacidad T3	,101	30	,200*	,967	30	,455

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Tabla 150 Rangos de TEST_FINAL por categorías y grupos

Categorías y grupos	N	Rango promedio
Mayor capacidad E1	38	122,75
Capacidad normal E2	27	89,31
Menor capacidad E3	30	60,45
Mayor capacidad T1	34	112,82
Capacidad normal T2	23	92,67
Menor capacidad T3	30	59,87
Total	182	

Los rangos promedio para la variable test final de visualización son casi iguales para las categorías análogas de la variable, es decir E1 es semejante a T1, E2 a T2 y E3 a T3 (Tabla 150).

En la Tabla 151 se presentan los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis. El valor de significación igual a cero indica que existen diferencias entre al menos alguna de las categorías de la variable TEST_FINAL.

Tabla 151 Prueba de Kruskal-Wallis

TEST_FINAL	
Chi-cuadrado	40,505
gl	5
Sig. asintót.	,000

Como las comparaciones que interesan son dos a dos por categorías análogas de los grupos E y T, se procederá a realizar la prueba paramétrica de Tukey para las categorías que son normales, es decir, para E2, T2, E3 y T3, y la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para dos muestras independientes, únicamente para las categorías E1 y T1, que no son normales.

En la Tabla 152 solamente se van a recoger las comparaciones que en este caso interesan, esto es, entre la categoría E2 y la T2, y la E3 y T3. Se comprueba que no existen diferencias significativas entre ellas. El nivel de significación es mayor de 0,99 para las dos comparaciones, son prácticamente iguales los resultados del grupo E y del grupo T para las categorías de capacidad de visión espacial normal y menor capacidad de visión espacial.

Tabla 152 Comparaciones entre categorías análogas para TEST_FINAL

(I) categoría	(J) categoría	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
E2	T2	-,0221	,4409	1,000	-1,173	1,129
E3	T3	,0956	,4012	,995	-,952	1,143

En la prueba U de Mann-Whitney se debe aplicar la corrección de Bonferroni para controlar el error de tipo I; como son 6 categorías, las posibles comparaciones dos a dos son 15 y por lo tanto, el nivel de significación debe ser $\alpha/15=0,003$. En la Tabla 153 el valor de significación es mayor de 0,003 y por tanto, no existen diferencias significativas entre las categorías E1 y T1.

Tabla 153 Prueba U de Mann-Whitney para TEST_FINAL por categorías y grupos

	E1-T1
U de Mann-Whitney	549,500
W de Wilcoxon	1144,500
Z	-1,107
Sig. asintót. (bilateral)	,268

Aunque según la prueba de Kruskal-Wallis existen diferencias entre alguna de las categorías, no es entre las que interesa comparar.

Por lo tanto, no se puede decir que los alumnos del grupo que ha utilizado el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV, de la misma categoría de capacidad espacial que los alumnos del grupo tradicional, obtienen mejores resultados de forma significativa que éstos, en el test final de visualización.

6.10 Análisis de la HIPÓTESIS 11

La hipótesis 11 se enuncia de la siguiente manera: “El rendimiento académico en el control de visualización es independiente del tiempo empleado en la aplicación ILMAGE_SV por los alumnos del grupo experimental durante la realización de todo el experimento”.

Lógicamente, se tendrá en cuenta solamente los alumnos que realizaron la experiencia en el grupo experimental utilizando el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV. Se realizará en primer lugar, el análisis considerando los dos cursos de experimentación juntos, y luego de forma independiente por cursos de experimentación.

Las variables que se van a utilizar para analizar esta hipótesis serán la variable CONTROL y la variable TIEMPO. La primera se obtiene de los resultados totales (calificados sobre 10 puntos) del control de visualización que se propuso a la semana siguiente de terminar la experiencia. La variable TIEMPO se extrae de la aplicación ILMAGE_SV a través de una de las opciones que tiene disponibles el perfil de profesor, para ello es necesario transformarla de h/min/s a segundos.

Por lo tanto, se planteará la hipótesis nula de que la variable CONTROL y la variable TIEMPO no tienen relación lineal, en caso de rechazarse la hipótesis nula se aceptará que existe una relación, aunque en principio no se sepa cómo es esa relación.

6.10.1. Análisis de los dos cursos de experimentación juntos

Un primer acercamiento al análisis se puede hacer de forma gráfica, observando los gráficos de dispersión de puntos representando las dos variables a analizar. En la Fig. 89 se puede comprobar que no se observa una relación entre ambas variables.

En principio, mediante el procedimiento de correlaciones bivariadas y calculando el coeficiente de correlación de Pearson, se puede saber si no existe relación lineal entre ambas variables, o por el contrario, ambas variables están relacionadas. Es decir, cuanto más se acerque este valor de correlación a -1 o 1 mayor será la relación entre ambas variables, y si es próximo a cero se podrá decir que no existe relación lineal entre ellas. Pero según Pardo & San Martín (2009) el tamaño muestral influye mucho, y cuanto mayor es el tamaño muestral menor necesita ser un coeficiente de correlación para ser declarado estadísticamente significativo.

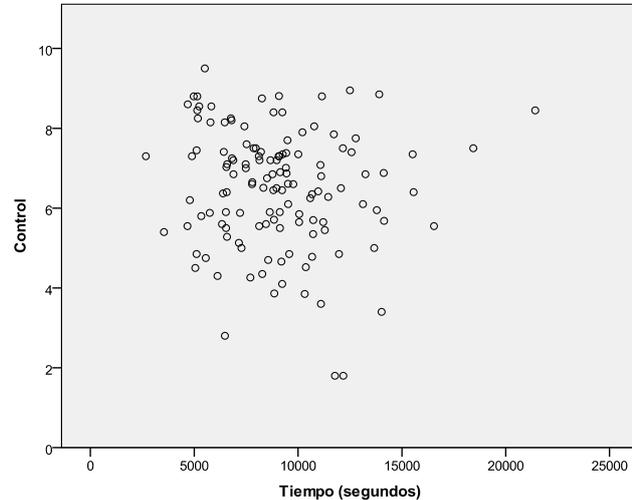


Fig. 89 Gráficos de dispersión CONTROL/TIEMPO

La hipótesis nula plantea por lo tanto, que el coeficiente de correlación es cero. En este contraste se supone independencia y normalidad de las dos variables, CONTROL y TIEMPO.

Como en hipótesis anteriores debido a la forma de creación de los grupos de la muestra, se puede afirmar que existe independencia entre las observaciones.

En la Tabla 154, como los tamaños muestrales son mayores de 50 (132 y 137), el test a utilizar será el de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors. Se puede comprobar que la variable CONTROL sigue una distribución normal ($\alpha=0,2>0,05$), pero la variable TIEMPO no, su valor $\alpha=0,01<0,05$.

Tabla 154 Pruebas de normalidad de CONTROL y TIEMPO

Variables	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CONTROL	,061	132	,200*	,976	132	,020
TIEMPO	,089	137	,010	,961	137	,001

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Se deben utilizar pruebas no paramétricas para ver la relación entre las variables al no ser normal una de ellas. El coeficiente de correlación Rho de Spearman es el procedimiento no paramétrico más habitual para determinar la correlación entre variables.

Como se puede ver en la Tabla 155 el coeficiente de correlación es pequeño y el valor de significación es mayor de 0,05. Por lo tanto, no existe relación lineal entre las variables CONTROL y TIEMPO.

Tabla 155 Correlación Rho de Spearman para CONTROL y TIEMPO

		CONTROL	TIEMPO
CONTROL	Coefficiente de correlación	1,000	-,108
	Sig. (bilateral)	.	,225
	N	132	129
TIEMPO	Coefficiente de correlación	-,108	1,000
	Sig. (bilateral)	,225	.
	N	129	137

Se puede afirmar, que no existe relación significativa entre los resultados del control de visualización y el tiempo empleado en la aplicación ILMAGE_SV por los alumnos del grupo experimental durante el transcurso del experimento.

Si se considera únicamente la parte del control que mide la visualización espacial, entonces, la relación se debe buscar entre las variables VISIÓN y TIEMPO. De nuevo el gráfico de la Fig. 90 indica que no se observa relación entre ambas variables.

Como la variable TIEMPO es la misma de antes y no era normal no es necesario realizar la prueba de normalidad para la variable VISIÓN. No se cumple el supuesto de normalidad y se deben realizar pruebas no paramétricas para ver la relación entre las variables.

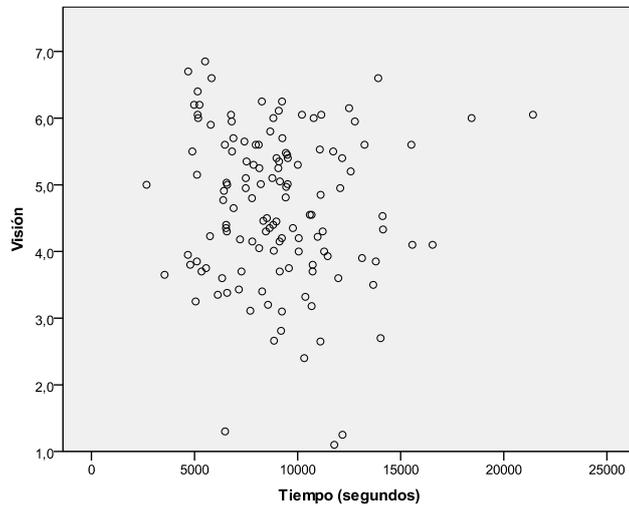


Fig. 90 Gráficos de dispersión VISIÓN/TIEMPO

Se realiza de nuevo el cálculo del coeficiente Rho de Spearman, obteniéndose un bajo valor de correlación y una significación de 0,314 que es mayor de 0,05 (ver Tabla 156). No existe relación lineal entre las variables VISIÓN y TIEMPO.

Tabla 156 Correlación Rho de Spearman para VISIÓN y TIEMPO

		VISIÓN	TIEMPO
VISIÓN	Coefficiente de correlación	1,000	-,089
	Sig. (bilateral)	.	,314
	N	132	129
TIEMPO	Coefficiente de correlación	-,089	1,000
	Sig. (bilateral)	,314	.
	N	129	137

Se puede decir que no existe relación significativa entre los resultados del control de visualización (considerando solo la parte de visualización) y el tiempo empleado en la aplicación ILMAGE_SV por los alumnos del grupo experimental durante el transcurso del experimento.

6.10.2. Análisis por cursos de experimentación

En primer lugar, se debe uno fijar en los gráficos de dispersión de puntos representando las dos variables a analizar. En la Fig. 91 se puede ver que aunque la distribución de puntos es diferente en las dos experimentaciones, no se observa una relación entre ambas variables en ninguna de ellas.

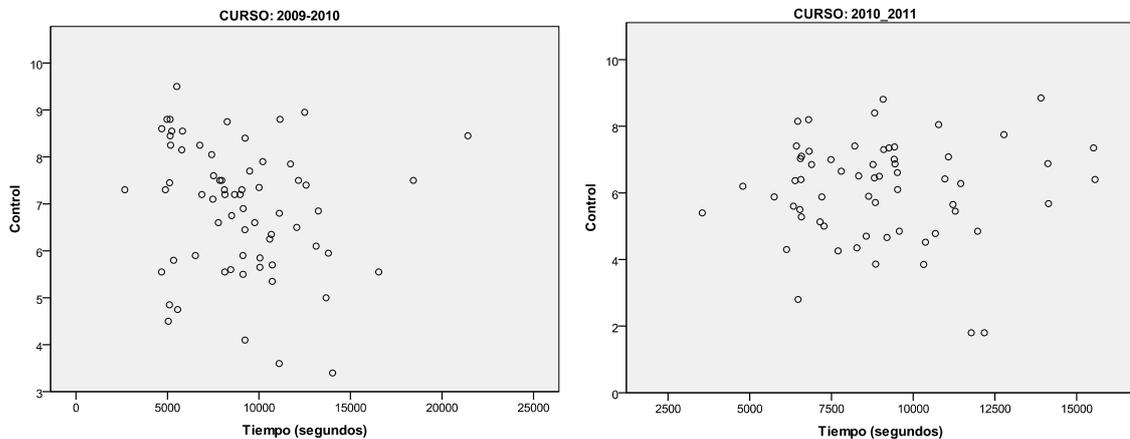


Fig. 91 Gráficos de dispersión CONTROL/TIEMPO por cursos de experimentación

Se puede afirmar como en el apartado anterior que existe independencia de las observaciones. Además, se ha de comprobar si se cumple el supuesto de normalidad antes de realizar el procedimiento de correlaciones bivariadas.

En la Tabla 157 se comprueba como, en todos los casos, el valor de $\alpha > 0,05$ y no se puede rechazar la hipótesis de normalidad. Los tamaños de la muestra son en todos los casos mayores de 50 y en este caso el test de Shapiro-Wilk es menos fiable. Po este motivo se debe uno fijar solo en la significación del test de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors. Son normales las dos variables, CONTROL y TIEMPO, en los dos cursos de experimentación.

Tabla 157 Normalidad de CONTROL y TIEMPO por cursos

Cursos	Variables	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
2009-2010	Control	,107	68	,053	,975	68	,181
	Tiempo	,091	68	,200*	,937	68	,002
2010-2011	Control	,085	64	,200*	,966	64	,078
	Tiempo	,103	69	,066	,971	69	,104

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Asumida la normalidad de las variables, se presentan en las siguientes tablas (Tabla 158 y Tabla 159) los coeficientes de correlación de Pearson y los valores de significación correspondientes al contraste.

El coeficiente de correlación es muy bajo en los dos cursos de experimentación (-0,171 y 0,018), y el valor de α es también en ambos casos mayor de 0,05.

Tabla 158 Correlación CONTROL/TIEMPO (Curso 09-10)			
		CONTROL	TIEMPO
CONTROL	Correlación de Pearson	1	-,171
	Sig. (bilateral)		,167
	N	68	67
TIEMPO	Correlación de Pearson	-,171	1
	Sig. (bilateral)	,167	
	N	67	68

Tabla 159 Correlación CONTROL/TIEMPO (Curso 10-11)			
		CONTROL	TIEMPO
CONTROL	Correlación de Pearson	1	,018
	Sig. (bilateral)		,892
	N	64	62
TIEMPO	Correlación de Pearson	,018	1
	Sig. (bilateral)	,892	
	N	62	69

Por lo tanto, no existe relación lineal entre la variable CONTROL y la variable TIEMPO. Se puede afirmar que no existe relación significativa entre los resultados del control de visualización y el tiempo empleado en la aplicación ILMAGE_SV por los alumnos del grupo experimental durante el transcurso del experimento en los dos cursos de experimentación.

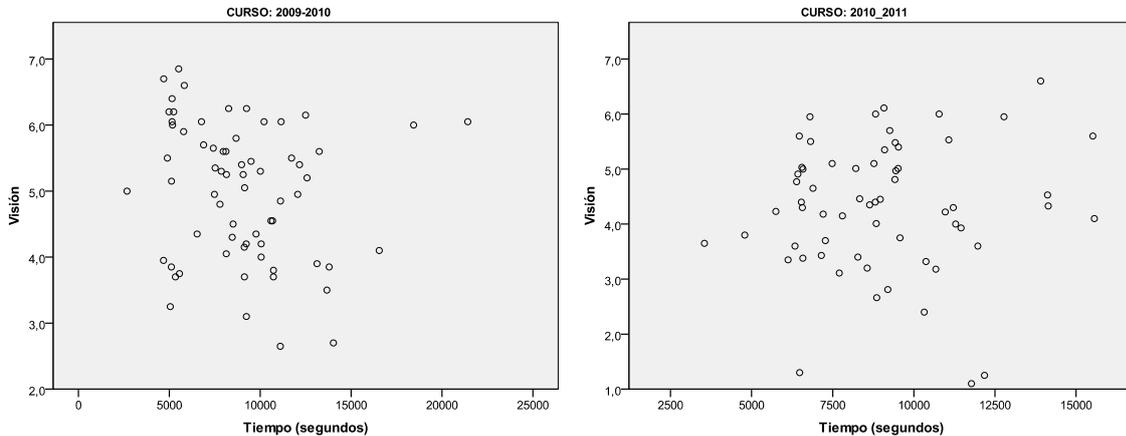


Fig. 92 Gráficos de dispersión VISIÓN/TIEMPO por cursos de experimentación

Se debe comprobar como antes, si existe relación entre la variable VISIÓN y la variable TIEMPO, en los dos cursos de experimentación. En primer lugar, se observan los gráficos de dispersión de puntos representando las dos variables a analizar. En la Fig. 92 se puede observar que aunque la distribución de puntos es diferente en las dos experimentaciones, no se aprecia una relación entre ambas variables en ninguno de los dos cursos académicos.

En primer lugar, se puede decir como en el apartado anterior que existe independencia de las observaciones.

En segundo lugar, se debe comprobar si las variables siguen una distribución normal. En la Tabla 160, como los

Tabla 160 Normalidad de VISIÓN y TIEMPO por cursos							
Cursos	Variables	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
2009-2010	Visión	,092	68	,200*	,966	68	,062
	Tiempo	,091	68	,200*	,937	68	,002
2010-2011	Visión	,060	64	,200*	,966	64	,072
	Tiempo	,103	69	,066	,971	69	,104

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

tamaños muestrales son mayores de 50, se debe utilizar el test de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors. Se puede comprobar que las dos variables siguen una distribución normal en los dos cursos de experimentación, ya que $\alpha > 0,05$ en todos los casos.

Asumida la normalidad de las variables se presentan en las siguientes tablas (Tabla 162 y Tabla 161) los coeficientes de correlación de Pearson y los valores de significación correspondientes al contraste.

		VISIÓN	TIEMPO
VISIÓN	Correlación de Pearson	1	-,170
	Sig. (bilateral)		,169
	N	68	67
TIEMPO	Correlación de Pearson	-,170	1
	Sig. (bilateral)	,169	
	N	67	68

		VISIÓN	TIEMPO
VISIÓN	Correlación de Pearson	1	,068
	Sig. (bilateral)		,601
	N	64	62
TIEMPO	Correlación de Pearson	,068	1
	Sig. (bilateral)	,601	
	N	62	69

El coeficiente de correlación es muy bajo en los dos cursos de experimentación (-0,170 y 0,068), y el valor de α es también, en ambos casos, mayor de 0,05.

Por lo tanto, no existe relación lineal entre la variable VISIÓN y la variable TIEMPO. Se puede afirmar que no existe relación significativa entre los resultados del control de visualización (considerando solo la parte de visualización) y el tiempo empleado en la aplicación ILMAGE_SV por los alumnos del grupo experimental durante el transcurso del experimento en los dos cursos de experimentación.

6.11 Análisis de la HIPÓTESIS 12

Esta hipótesis dice lo siguiente: “El incremento de capacidad de visión espacial experimentado por los alumnos que realizaron la experimentación con el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV no tiene relación lineal con el tiempo empleado por ellos en el taller y gestor de contenidos”.

En esta ocasión como en la hipótesis 9 la muestra se reduce a los alumnos del grupo experimental que realizaron la experimentación durante el curso 2010-2011. Las variables que se van a analizar serán INCR_MRT, ya definida en la hipótesis 3, y la variable TIEMPO, definida en la hipótesis 11.

Por lo tanto, se procederá a estudiar si existe relación lineal entre la variable ganancia de capacidad de visión espacial (INCR_MRT) y la variable TIEMPO.

En el gráfico de la Fig. 93 se observa que no se puede apreciar una relación entre ambas variables.

Cap. 6

La hipótesis de partida será que no existe relación lineal entre las variables. El estadístico que se va a utilizar será el coeficiente de correlación de Pearson, por lo tanto, la hipótesis estadística será que el coeficiente de correlación entre INCR_MRT y TIEMPO es cero.

Como en el caso anterior, por la forma de creación de los grupos se puede decir que existe independencia de las observaciones.

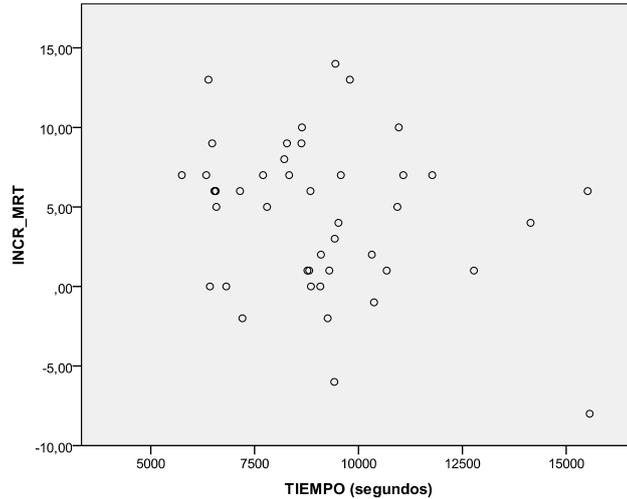


Fig. 93 Gráfico de dispersión INCR_MRT/Tiempo

También se debe demostrar que las dos variables se distribuyen según una normal. En la Tabla 163, como los tamaños muestrales son menores de 50, debe uno fijarse en los resultados del test de Shapiro-Wilk. Se observa que la variable TIEMPO no es normal, $\alpha=0,02 < 0,05$ y se deben utilizar pruebas no paramétricas para establecer si existe relación o no entre las variables. La variable TIEMPO en este caso tiene reducido el tamaño de la muestra en función del tamaño de la muestra de INCR_MRT, dado que el Test MRT lo realizaron menos alumnos, se pasa de 69 a 44 alumnos, y la variable TIEMPO pasa, de ser normal a no serlo.

Tabla 163 Normalidad de INCR_MRT y TIEMPO

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
INCR_MRT	,128	44	,068	,971	44	,336
TIEMPO	,143	44	,023	,907	44	,002

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Se deben buscar estadísticos no paramétricos que den información sobre la relación entre las variables. El más habitual es el coeficiente de correlación Rho de Spearman. En la Tabla 164 se comprueba que este coeficiente es bajo (-0,197) y α es mayor de 0,05, con lo cual se debe asumir que no existe relación entre la variable INCR_MRT y la variable TIEMPO.

Tabla 164 Correlación Rho de Spearman para INCR_MRT y TIEMPO

		INCR_MRT	TIEMPO
INCR_MRT	Coefficiente de correlación	1,000	-,197
	Sig. (bilateral)	.	,200
	N	45	44
TIEMPO	Coefficiente de correlación	-,197	1,000
	Sig. (bilateral)	,200	.
	N	44	69

Por lo tanto, se puede afirmar que la ganancia de capacidad de visualización espacial de los alumnos que realizaron la experimentación con el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV no tiene relación con el tiempo empleado en la experimentación con dicho taller y gestor de contenidos.

6.12 Análisis de la HIPÓTESIS 13

En la hipótesis 13 se plantea: “Los alumnos del grupo experimental (utilizando el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV) sin conocimientos previos de dibujo técnico, tienen una ganancia superior

y de forma significativa en capacidad espacial respecto a los alumnos del grupo T (metodología tradicional) con conocimientos previos de dibujo técnico”.

En España los alumnos pueden acceder a las carreras universitarias de ingeniería con o sin conocimientos previos de dibujo técnico, dado que esta materia es optativa en las enseñanzas de bachillerato. Es por ello que, en esta hipótesis y en la siguiente se estudia si existen relaciones significativas en la visión espacial, entre los alumnos que tienen o no conocimientos previos de dibujo técnico, y los alumnos de los grupos E y T.

Se trabajará con la misma muestra que en la hipótesis 3. Las variables a emplear serán GRUPO (grupo de experimentación), DT (conocimientos previos de dibujo técnico) e INCR_MRT (ganancia en capacidad espacial). En primer lugar, se observa en la Tabla 165 como se distribuyen los alumnos según la categorías Experimental (E), Tradicional (T), con dibujo técnico (DT) y sin dibujo técnico (NT).

Tabla 165 Tabla de contingencia Conocimiento de DT * Grupo experimentación

		Grupo experimentación		Total
		E	T	
Conocimiento de DT	DT	36	21	57
	NT	18	12	30
Total		54	33	87

En la Tabla 166 se expresan las medias de la ganancia de capacidad espacial de los grupos de experimentación (E y T) respecto de los alumnos con o sin conocimientos previos de dibujo técnico (DT y NT). Se observa que la media de los alumnos del grupo experimental que no tienen conocimientos previos de dibujo técnico es superior a los demás subgrupos posibles y en concreto respecto de los alumnos del grupo tradicional con conocimientos de dibujo técnico.

Tabla 166 Medias de Ganancia en capacidad espacial por grupos y conocimientos de Dibujo Técnico

Medias de INCR_MRT		Grupo experimentación	
		E	T
Conocimiento de DT	DT	3,94	2,95
	NT	5,86	4,58

Para analizar si existen diferencias significativas entre estos subgrupos, se creará una nueva variable llamada GRUPO_DTNT con estas cuatro categorías originadas en la tabla de contingencia, es decir, grupo experimental con conocimientos previos de Dibujo Técnico (categoría 1), grupo experimental sin conocimientos previos de Dibujo Técnico (categoría 2), grupo tradicional con conocimientos previos de Dibujo Técnico (categoría 3) y grupo tradicional sin conocimientos previos de Dibujo Técnico (categoría 4).

Generada esta variable se realizará un análisis de la varianza simple para la ganancia de capacidad espacial (INCR_MRT) con un solo factor, la variable GRUPO_DTNT.

Antes de ello, se debe comprobar que se cumplen los supuestos de independencia, normalidad y homocedasticidad (igualdad de varianzas). Debido a la forma de creación de los grupos de la muestra, se puede decir que existe independencia entre las observaciones. Según los valores

de la Tabla 167 la variable es normal para las tres primeras categorías y no es normal en la cuarta categoría.

Tabla 167 Normalidad de INCR_MRT por categorías de Grupo_DTNT

Grupo_DTNT	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
1,00	,113	31	,200 [*]	,975	31	,670
2,00	,157	14	,200 [*]	,967	14	,829
3,00	,116	19	,200 [*]	,971	19	,800
4,00	,251	12	,036	,832	12	,022

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Como se indicó en el apartado 6.8.1 al analizar la hipótesis 9 para tamaños de muestra menores de 15 la normalidad no se puede obviar como supuesto del análisis de la varianza y en nuestro caso el tamaño de la muestra es 12.

Se comprueba por último, el supuesto de igualdad de varianzas; y se obtiene de SPSS un valor de significación $\alpha=0,142$. Aunque se ha comentado que el intervalo de confianza para la igualdad de varianzas en el caso de la prueba de ANOVA se reducía al 85%, en este caso como el valor α es muy próximo a 0,15 se pueden considerar las varianzas de las cuatro categorías iguales, dado que se ha sido muy conservador.

Tabla 168 Rangos de INCR_MRT por categorías de Grupo_DTNT

Grupo_DTNT	N	Rango promedio
1,00	31	38,27
2,00	14	47,11
3,00	19	33,08
4,00	12	37,63
Total	76	

Examinados los supuestos no se debe realizar el análisis de la varianza de forma paramétrica y en su lugar se efectuará la prueba correspondiente no paramétrica de Kruskal-Wallis.

En primer lugar, examinando los rangos (Tabla 168) el rango promedio mayor corresponde a los alumnos del grupo experimental sin conocimientos previos de dibujo técnico, y el menor a los alumnos del grupo tradicional con conocimientos previos de dibujo técnico.

Pero en la Tabla 169 se ve que esas diferencias entre categorías no son significativas, el valor de significación es 0,346 y por lo tanto, no existen diferencias significativas entre categorías de la ganancia de capacidad espacial.

Tabla 169 Prueba de Kruskal-Wallis para INCR_MRT por categorías de Grupo_DTNT

Chi-cuadrado	3,314
gl	3
Sig. asintót.	,346

Por lo tanto, no se puede afirmar que los alumnos del grupo experimental (utilizando el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV) sin conocimientos previos de dibujo técnico, tienen una ganancia superior y de forma significativa en capacidad espacial respecto a los alumnos del grupo T (metodología tradicional) con conocimientos previos de dibujo técnico.

6.13 Análisis de la HIPÓTESIS 14

La hipótesis 14 se redacta de la siguiente manera: "Existen menores diferencias de visión espacial entre los alumnos del grupo Experimental, que tienen y no tienen conocimientos previos de dibujo técnico, que entre los alumnos del grupo tradicional, que tienen y no tienen conocimientos previos de dibujo técnico, y esas diferencias son significativas".

El análisis se realizará con todos los alumnos de los dos cursos de experimentación. No se realiza el análisis por años de experimentación porque los tamaños muestrales de las categorías creadas serían muy pequeños.

La visión espacial se obtendrá de los resultados del control de visualización realizado al finalizar la experimentación. Entonces los resultados de visión espacial se obtendrán con la variable VISIÓN, variable ya definida en la hipótesis 5. Además se va a trabajar inicialmente con las variables, GRUPO y DT_NDT definidas con anterioridad. La variable categórica DT_NDT clasifica a los alumnos según los conocimientos previos de dibujo técnico, datos obtenidos al principio de la experimentación. Se creará también la variable categórica ET_DTNDT que creará cuatro categorías, reagrupando las variables GRUPO y DT_NDT, es decir, alumnos del grupo E con conocimientos previos de dibujo técnico (E_DT), alumnos del grupo E sin conocimientos previos de dibujo técnico (E_NDT), alumnos del grupo T con conocimientos previos de dibujo técnico (T_DT) y alumnos del grupo T sin conocimientos previos de dibujo técnico (T_NDT).

Como se ha indicado se trabaja con los alumnos de los dos cursos de experimentación y las variables VISIÓN y ET_DTNDT.

En una primera aproximación, según la gráfica de la Fig. 94, se puede ver como los alumnos del grupo T que no tenían conocimientos previos de dibujo técnico tienen peores resultados que los alumnos del grupo E sin conocimientos previos de dibujo técnico. Se puede decir que la diferencia de las medias en el grupo E, entre los alumnos que tienen conocimientos previos de dibujo técnico y los que no, es mucho menor que en el grupo T.

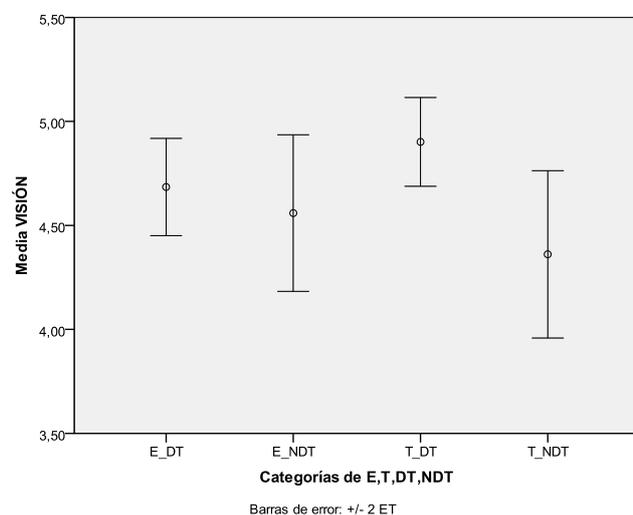


Fig. 94 Media y error típico VISIÓN según categorías de GRUPO y DT_NDT

Para analizar las diferencias entre estas cuatro categorías se va a realizar un análisis de la varianza simple (ANOVA de un factor) de la variable VISIÓN respecto del factor ET_DTNDT. Antes de ello se precisa que se cumplan una vez más los supuestos de independencia, normalidad y homocedasticidad.

La independencia como en ocasiones anteriores se cumple debido a cómo se han creado los grupos y realizado las observaciones.

Para comprobar la normalidad, como las categorías E_DT y T_DT tienen tamaños muestrales mayores de 50 en la Tabla 170 hay que fijarse en el test de Kolmogorov_Smirnov con la

corrección de Lilliefors, y para las categorías E_NDT y T_NDT como tienen tamaños muestrales menores de 50 en el test de Shapiro-Wilk. Según el tamaño muestral de cada una, se comprueba que todas las categorías de la variable VISIÓN son normales, por ser el valor de significación mayor de 0,05.

Tabla 170 Normalidad para VISIÓN por categorías de ET_DTNDT

Categorías	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
E_DT	,067	89	,200*	,963	89	,012
E_NDT	,102	43	,200*	,974	43	,426
T_DT	,102	70	,068	,982	70	,430
T_NDT	,078	42	,200*	,969	42	,308

La prueba de Levene, obtenidos los valores de SPSS, indica al ser el valor de significación 0,01 menor de 0,15 que no se puede suponer la igualdad de varianzas entre las cuatro categorías.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

Como no se cumple uno de los supuestos no se puede realizar la prueba F para el análisis de la varianza, en su lugar se debe realizar la prueba de Welch, válida para cuando las varianzas no son homogéneas.

Tabla 171 ANOVA con la prueba de Welch para VISIÓN

Estadístico ^a	gl1	gl2	Sig.
2,270	3	106,426	,085

El valor de significación de la prueba de Welch es 0,085 > 0,05, con lo cual no se

a. Distribuidos en F asintóticamente.

puede rechazar la hipótesis de igualdad de medias, no existe diferencia significativa entre las cuatro categorías para un intervalo de confianza del 95%, ver Tabla 171. Pero para un intervalo de confianza del 90% este valor de significación lleva a rechazar la hipótesis de igualdad (0,085 < 0,1) y al menos una de las categorías tiene media diferente a alguna de las otras.

Como se presenta una situación en la que las varianzas de las categorías no se pueden considerar iguales, la prueba conveniente para las comparaciones entre categorías es la de Games Howell (Pardo & San Martín, 2010) En la Tabla 172 se comprueba que son significativas las diferencias en la variable VISIÓN en el grupo T entre los alumnos que tienen y los que no tienen conocimientos previos con $\alpha=0,093 < 0,1$. También se puede observar en el grupo E, que las diferencias de la variable visión entre los alumnos que tienen y no tienen conocimientos previos tiene $\alpha=0,94$, por ello se puede decir que la variable visión no tienen diferencias significativas entre los alumnos del grupo E que tiene conocimientos previos y los que no tienen, después de la experimentación.

Tabla 172 Comparaciones múltiples de Games-Howell para VISIÓN

(I) Categorías	(J) Categorías	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 9 %	
					Límite inferior	Límite superior
E_DT	E_NDT	,12567	,22156	,941	-,3909	,7078
	T_DT	-,21654	,15821	,521	-,5821	,1943
	T_NDT	,32353	,23256	,509	-,2195	,9357
E_NDT	T_DT	-,34222	,21637	,396	-,8475	,1631
	T_NDT	,19786	,27545	,890	-,4434	,8391
T_DT	T_NDT	,54007	,22762	,093	-,0078	1,0724

Se puede afirmar por tanto, que existen menores diferencias de visión espacial entre los alumnos del grupo experimental que tienen y no tienen conocimientos previos de dibujo técnico, que entre los alumnos del grupo tradicional que tienen y no tienen conocimientos previos de dibujo técnico y esas diferencias son significativas al nivel de confianza del 90%.

**CAPITULO 7 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS
DE INVESTIGACIÓN**

7.1 Conclusiones

Las conclusiones de este trabajo se van a dividir en tres apartados: el primero con las conclusiones relacionadas con el diseño del gestor de contenidos ILMAGE_SV, en el segundo se expondrán las conclusiones de la encuesta realizada al final de la experimentación con los alumnos que utilizaron ILMAGE_SV, y en el tercer apartado se plantearán las conclusiones relativas a los resultados de la experimentación.

7.1.1. Conclusiones del diseño de ILMAGE_SV

Desde la experiencia adquirida en el diseño e implantación del gestor web interactivo para el aprendizaje de la visualización espacial descrito en el Capítulo 3, se puede concluir que:

La buena acogida del gestor ILMAGE_SV anima a seguir mejorándolo, corrigiendo los errores y ampliándolo con nuevos ejercicios y niveles, y con nuevos temas de expresión gráfica.

Por medio de la Tabla 3 (en el capítulo 2), se indican las herramientas Web de acceso libre disponibles que tienen por objeto el desarrollo de las habilidades de visión 3D. En esta tabla se puede comprobar que ninguna de las aplicaciones cumple con los 8 requerimientos solicitados. ILMAGE_SV sí cumple con estos requisitos y las principales diferencias con algunas de estas aplicaciones (pero no con todas) son: a) tener objetos 3D manipulables, b) calcular y mostrar los resultados y calificaciones de los ejercicios realizados, c) informar del seguimiento del aprendizaje mediante conexión a base de datos, y d) haber sido utilizadas o validadas en alguna comparativa.

Este gestor es un recurso más, de los muchos que existen para desarrollar las habilidades espaciales (croquizado con lápiz y papel, plataformas multimedia, videojuegos, realidad virtual, realidad aumentada, software específico, modelos reales, etc.) (Jorge Martín-Gutiérrez *et al.*, 2010), y debe estar al alcance de todo el que esté interesado en mejorar su capacidad de visión espacial.

La metodología empleada en ILMAGE_SV tiene calidad suficiente como lo demuestran los indicios de calidad de la metodología empleada en el taller de visualización y que han sido validados por:

- Contero *et al.* (2005), demostraron que los alumnos que utilizaron este taller virtual, lograron mejorar su habilidad espacial con un nivel de significación del 95%.
- Gómez-Fabra (2007), manifiesta que este taller Web intenta paliar los problemas intrínsecos de la comprensión del sistema diédrico.
- Font Andreu (2007), cita este taller como ejemplo de aplicaciones docentes en Internet.
- Saorín (2006), manifiesta que este taller es una herramienta que mejora la capacidad de visión espacial.

Se ha diseñado un sistema gestor de contenidos educativos:

- Que es una herramienta de metodología activa e interactiva de apoyo al aprendizaje de la visualización espacial de los alumnos de expresión gráfica y que se puede aplicar a otros contenidos de expresión gráfica.
- Que en cada ejercicio el alumno dispone, en su ordenador, del modelo virtual 3D que puede manipular.
- Que permite la autoevaluación de cada uno de los ejercicios propuestos por el profesor o de ejercicios solicitados por el alumno que se generan de forma aleatoria desde la base de datos existente.
- Que dispone de un test que determina el nivel de conocimientos previos, aconsejando el sistema CMS al alumno, que comience por un nivel determinado de aprendizaje.
- Y que, a su vez, es una herramienta del seguimiento del aprendizaje para el propio alumno y para el profesor, comprobando que esta herramienta es válida y útil para gestionar este aprendizaje.

En definitiva, el gestor ILMAGE_SV es de gran ayuda para adaptar los contenidos y la metodología de la expresión gráfica a las nuevas titulaciones de Grado conforme a las directrices del Espacio Europeo de Educación Superior.

7.1.2. Conclusiones de la encuesta de eficacia, eficiencia y satisfacción

A través de la encuesta realizada a los estudiantes que utilizaron ILMAGE_SV, donde previamente se ha comprobado su fiabilidad y la validez de las agrupaciones realizadas de los distintos ítems (Tablas 12 y 13 del Capítulo 4); en primer lugar, se puede afirmar:

- Que tiene calidad suficiente para ser utilizado como herramienta en la docencia (Tabla 55 del Capítulo 5), en relación a su diseño, estructura, calidad de los recursos, utilidad de los recursos y facilidad de uso. El valor medio de este bloque de ítems es superior a 3 en todo el intervalo de confianza y de forma significativa al 95%.
- Que los contenidos de ILMAGE_SV son adecuados para ayudar el desarrollo de la visualización espacial en los alumnos (Tabla 55 del Capítulo 5), en relación a la motivación, utilidad y adecuación de los contenidos. El valor medio de este bloque de ítems es superior a 3 en todo el intervalo de confianza y de forma significativa al 95%.
- Globalmente, se puede decir, que el 86,5% considera que ILMAGE_SV es bueno o muy bueno. Que el 89% de nuestros alumnos volverían a visitar esta aplicación para mejorar más su capacidad de visualización espacial, y que el 98% recomendaría esta aplicación a otras personas interesadas en el tema de visualización espacial, demostrando con ello el grado de satisfacción de los alumnos que han utilizado este gestor de contenidos. Resultados que están en consonancia con la afirmación: *“Las aplicaciones web son muy apreciadas por los estudiantes”* (Saorín Pérez *et al.*, 2009), hecho que justifica, la investigación y el desarrollo de este tipo de aplicaciones.

- Son necesarios más ejercicios y distintos niveles de dificultad para adaptarse mejor a los distintos grados de visión espacial de nuestros alumnos.

Los resultados de la encuesta de eficacia, eficiencia y satisfacción ponen de manifiesto que el ítem 22 “la utilidad de los objetos 3D”, es el más valorado. Es decir, la posibilidad de interactuar con los modelos 3D interactivos por medio de un visualizador 3D, es el recurso más valorado, con una puntuación media 4,5 sobre 5 puntos y con una desviación típica de la media de 0,07 puntos. Por ello, se considera necesario que este tipo de herramientas tengan integrado un visualizador 3D que ayude al desarrollo de la visualización 3D, y que su elección se realice de forma adecuada a las necesidades de cada aplicación.

Por último, se pueden extraer de los resultados de la encuesta una serie de puntos de mejora de ILMAGE_SV, y por ello se debe:

- Editar los vídeos de nuevo, con nuevos “codecs”, destacando los bordes de los modelos 3D para mejorar su visión.
- Añadir enlaces más accesibles a los menús de ayuda, en mejores posiciones.
- Añadir nuevos formatos de teoría (pdf, flash, etc.) potenciando las animaciones en 2D y en 3D.
- Revisar y mejorar los enunciados e instrucciones de los ejercicios.
- Incluir nuevos ejercicios con un mayor grado de dificultad.

7.1.3. Conclusiones de los resultados de la experimentación

Como consecuencia de las respuestas obtenidas a las diferentes preguntas de investigación formuladas (Capítulo 6), se pueden extraer las siguientes conclusiones:

De forma significativa con $\alpha < 0,05$, se puede afirmar que tanto los alumnos que emplean el método tradicional como los que emplean el método experimental con la aplicación ILMAGE_SV, mejoran su aprendizaje después de la experimentación. El incremento medio es 3,58 puntos en el grupo T y 4,53 puntos en el grupo E. Y con un nivel de confianza del 95%, se puede afirmar, que la mejora del valor medio en el grupo T esta entre 1,77 y 5,39 puntos, mientras que en el grupo E la mejora está entre 3,12 y 5,95 puntos.

Se ha intentado demostrar que los alumnos del grupo E mejoran más su aprendizaje que los alumnos del T por medio de la variable incremento del test MRT “INCR_MRT” (diferencia del post test menos el pre test), obteniendo un valor de $\alpha = 0,18 > 0,05$, por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula y por lo tanto se acepta que las medias de los incrementos son iguales en los dos grupos, a pesar de que el incremento medio sea 1,5 puntos mayor en el grupo E que en el grupo T.

Después de experimentar dos cursos académicos con la división en los grupos E y T se puede afirmar que los resultados de la evaluación de las variables “VISIÓN” y “CROQUIZACIÓN”, al

final de la experimentación, son iguales en ambos grupos. Los estudiantes del grupo E, a pesar de dedicar menos horas a la croquización durante la experimentación, no han obtenido peores resultados en la prueba de croquización.

De la misma manera, no se puede afirmar que los estudiantes del grupo E obtienen mejores resultados en el test final de visualización y de forma significativa que los estudiantes del grupo T.

De forma independiente a como se creen las categorías de grados de capacidades espaciales, los estudiantes de menores capacidades espaciales mejoran más su capacidad espacial que los alumnos de mayores capacidades espaciales y de forma significativa. Conclusión lógica, pues como indica Saorín (2006), la capacidad espacial tiene un límite superior de desarrollo, de forma similar a la forma física.

Si los alumnos que utilizan ILMAGE_SV se dividen en tres categorías de capacidades de visualización espacial: mayor capacidad, capacidad normal y menor capacidad, por los percentiles 25/75, 35/65 y 50/50 del test MRT. Los resultados obtenidos en la variable INCR_MRT, indican que los alumnos de menores capacidades espaciales mejoran más su capacidad de visión espacial que los alumnos de mayores capacidades espaciales y de forma significativa, si se apoya su aprendizaje en el taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV.

Si se comparan la variable del examen "VISIÓN" después de la experimentación, entre los alumnos de mayor, normal y menor capacidad, entre los alumnos de los grupos E y T, se comprueba que no son significativas las diferencias entre los alumnos de mayor capacidad de visualización espacial ni entre los de menor capacidad, entre los grupos E y T. También se puede afirmar que los resultados son iguales entre los alumnos de capacidad normal, entre los grupos E y T y de forma significativa. Pero si se compara la variable "TEST FINAL", obtenida al finalizar la materia de toda la asignatura, se puede afirmar con $\alpha < 0,05$ que obtienen los mismos resultados los alumnos de los grupos E y T entre los alumnos de mayor, normal y menor capacidad espacial.

No existe relación lineal, de forma significativa, entre los resultados del control de visualización, considerando solo la parte de visión 3D, y el tiempo de utilización de ILMAGE_SV por parte de los estudiantes durante la experimentación.

La ganancia de capacidad de visión espacial obtenida en el test MRT por los estudiantes del grupo E, no tiene relación lineal, de forma significativa, con el tiempo de utilización de ILMAGE_SV por parte de los estudiantes durante la experimentación.

Son significativas con $\alpha < 0,1$ las diferencias de la variable "VISIÓN" en el grupo T entre los alumnos que tienen y los que no tienen conocimientos previos de dibujo técnico. También se puede decir, en el grupo E, que no hay diferencias significativas, al nivel de confianza del 90%, en la variable

“VISIÓN” entre los alumnos que tienen y no tienen conocimientos previos de dibujo técnico, después de la experimentación.

El uso del taller y gestor de contenidos ILMAGE_SV es adecuado para aquellos estudiantes que comiencen sus estudios de ingeniería en la universidad y que no tengan conocimientos previos de dibujo técnico. Por ello, se recomienda el uso de esta herramienta en una formación previa al comienzo del curso, para aquellos estudiantes que llegan a los estudios de ingeniería sin conocimientos previos de dibujo técnico.

Para terminar, se puede decir que en la historia de las habilidades espaciales, continúa la problemática de que un número aproximado al 20% de los estudiantes tienen dificultades para desarrollar la habilidad de la visualización espacial (Brus & Boyle, 2009; Duff & Kellis, 2009; Knott & Kampe, 2009; S. Sorby, 2009; N. L. Veurink *et al.*, 2009), y que un método alternativo para disminuir esta problemática es que los estudiantes realicen cursos previos y complementarios de habilidades espaciales (S. Sorby, 2009; N. Veurink, Hamlin, & Sorby, 2008).

7.2 Líneas futuras de trabajo

La creación de varios módulos que se añadan al de habilidades espaciales (SV). Con pequeños cambios en la estructura del “*interface*” de ILMAGE se pueden integrar otros temas de expresión gráfica y visión espacial, como pueden ser: a) vistas auxiliares, b) cortes, secciones y roturas, y c) estudio funcional y representación de mecanismos. Una vez creado se debería realizar la correspondiente validación y evaluación de los módulos.

También se debe seguir desarrollando el seguimiento del aprendizaje que realiza el gestor y la creación de ejercicios aleatorios pero por niveles de dificultad. El sistema debe ser capaz de, a través de la historia de los resultados obtenidos en cada ejercicio, ponderar cada uno de ellos según su grado de dificultad. De esta manera se podrán agrupar los ejercicios por grados de dificultad. Inicialmente se debe partir de un nivel de dificultad prefijado, y establecido en base a la experiencia de los profesores, que se va corrigiendo en el tiempo con los resultados obtenidos por los estudiantes, y de esta forma, con la ponderación obtenida, elegir los ejercicios para una determinada dificultad.

Realizar programas específicos en educación secundaria de mejora de las habilidades espaciales. Es imprescindible el desarrollo de las habilidades espaciales a edades tempranas para evitar el fracaso en los primeros cursos de las carreras técnicas. Para el caso de rotaciones espaciales se deberían realizar entrenamientos específicos a las mujeres.

También se piensa que es posible la adaptación de la estructura del gestor ILMAGE (enunciado, imagen, archivo 3D) a otras áreas de conocimiento y asignaturas y su correspondiente evaluación y validación en estas áreas.

Se está estudiando la posibilidad de incluir una opción de traducción de la página a otros idiomas, dado que ILMAGE_SV está orientado a un uso internacional, de modo que se facilite el modo de interactuar con el mismo a usuarios de otras nacionalidades.

CAPITULO 8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aleman, A., Nieuwenstein, M. R., Böcker, K. B. E., & Haan, E. H. F. d. (2000). Music training and mental imagery ability. *Neuropsychologia*, 38, 1664-1668.
- Alva Obeso, M. E. (2005). *Metodología de Medición y Evaluación de la Usabilidad en Sitios Web Educativos*. Universidad de Oviedo, Oviedo (España).
- Arnheim, R. (1986). A plea for visual thinking. In U. o. C. Press (Ed.), *New essays on the psychology of art* (pp. 132-152). Berkeley and Los Angeles, California.
- Ault, H. K., & John, S. (2010). Assessing and Enhancing Visualization Skills of Engineering Students in Africa: A Comparative Study. *Engineering Design Graphics Journal*, 74(2), 12-20.
- AWE. (2005). Visual Spatial Skills [Electronic Version]. AWE-Assessing Women in Engineering from <http://www.engr.psu.edu/AWE/ARPresources.aspx>.
- Baldwin, T. K., & Hall-Wallace, M. (2003, December 8-12). *Spatial Ability Development in the Geosciences*. Paper presented at the American Geophysical Union Fall Meeting, San Francisco, California.
- Bennett, G. K., Seashore, H. G., & Wesman, A. G. (1997). *DAT. Test de Aptitudes Diferenciales*. Madrid: Publicaciones de Psicología Aplicada.
- Bertoline, G. R. (1998). Visual Science: An Emerging Discipline. *Journal for Geometry and Graphics*, 2(2), 181-187.
- Bertoline, G. R., Wiebe, E. N., Miller, C. L., & Mohler, J. L. (1997). *Tecnical Graphics Communication* (E. G. U. Medal, Trans.). Mexico.
- Bevan, N. (2006). Practical Issues in Usability Measurement. *Interactions*, 13(6), 42-43.
- Bevan, N., & Macleod, M. (1994). Usability measurement in context. *Behaviour and Information Technology*, 13, 132-145.
- Binet, A., & Simon, T. (1916). *The development of intelligence in children (the Binet-Simon scale)*. New Jersey: Publications of the training school at Vineland. Department of Research
- Blakey, R. (1940). A re-analysis of a test of the theory of two factors. *Psychometrika*, 5(2), 121-136.
- Blasko, D. G., Holliday-Darr, K., Mace, D., & Blasko-Drabik, H. (2004). VIZ: The visualization assessment and training Web site. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(2), 256-260.
- Bodner, G. M., & Guay, R. B. (1997). The Purdue Visualization of Rotations Test. *The Chemical Educator*, 2(4).
- Orden CIN, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero, BOE num.42 a 44 C.F.R. (2009).
- Real Decreto 1467, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas BOE num.266 C.F.R. (2007).
- Borges de Barros Pereira, H. (2002). *Análisis experimental de los criterios de evaluación de usabilidad de aplicaciones multimedia en entornos de educación y formación a distancia*. Universitat UPC (Politécnica de Cataluña), Barcelona (Spain).
- Branoff, T. J. (2007). *The state of engineering design graphics in the United States*. Paper presented at the 40th Anniversary Conference of the Japan Society for Graphic Science.
- Brus, C. P., & Boyle, L. N. (2009, January 4-7). *EnVISIONS at The University of Iowa*. Paper presented at the 63rd Annual ASEE/EDGD Mid-Year Conference Proceedings, Berkeley, California.
- Burton, L. J., & Fogarty, G. J. (2003). The factor structure of visual imagery and spatial abilities. *Intelligence*, 31, 289-318.
- Carroll, J. B. (1993). Abilities in the domain of visual perception. In *Human cognitive abilities: a survey of factor-analytic studies* (Edición digital de 2004 ed., pp. 304-363). Cambridge. England: Press Syndicate of the Uiversity of Cambridge.
- Cea D'Ancona, M. A. (1998). *Metodología Cuantitativa: Estrategias y técnicas de investigación social*. Madrid: Editorial Síntesis.
- CEEB. (1939). *Special Aptitude Test in Spatial Relations*. USA: Developed by the College Entrance Examination Board.

- Ciobanu, O., Tornincasa, S., & Ciobanu, G. (2009). *Web based learning and training in the field of the enterprise product lifecycle using 3d technologies*. Paper presented at the The 5^a International Scientific Conference "eLearning and Software for Education". Retrieved 2010 August, from <http://webd.polito.it/3dwebep/press/996.1.Ciobanu.pdf>.
- Coleman, S. L., & Gotch, A. J. (1998). Spatial Perception Skills of Chemistry Students. *Journal of Chemical Education*, 75(2), 206-209.
- Colom-Marañón, B. R., Crespo, J., García, T., Pérez, N., Sánchez, E., & Villa, J. L. (1996). MET, Sistema integrado de medida y entrenamiento de la habilidad para gestionar relaciones tridimensionales representadas bidimensionalmente: un prototipo y algunas consecuencias. *Estudios de Psicología*, 55, 75-97.
- Colom Marañón, R., & Andrés-Pueyo, A. (1999). El estudio de la inteligencia humana: recapitulación ante el cambio de milenio. *Psicothema*, 11(3), pp. 453-476.
- Company, P., Contero, M., Piquer, A., Aleixos, N., Conesa, J., & Naya, F. (2005). Educational software for teaching drawing-based conceptual design skills. *Computer Applications in Engineering Education*, 12(4), 257-268.
- Connell, M. W., & Stevens, D. A. (2002, June 12 - 15). *A Computer-Based Tutoring System for Visual-Spatial Skills: Dynamically Adapting to the User's Developmental Range*. Paper presented at the 2nd International Conference on Development and Learning (ICDL), Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts USA.
- Connolly, P., & Maicher, K. (2005, October 19 – 22). *Work in Progress - Computer-based Instruction & Web-based Tutorials: Effectiveness and Applications*. Paper presented at the 35th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Indianapolis, IN.
- Connolly, P. E. (2009). Spatial Ability Improvement and Curriculum Content. *Engineering Design Graphics Journal*, 73(1), 5.
- Contero, M., Naya, F., Company, P., Saorín, J. L., & Conesa, J. (2005). Improving Visualization Skills in Engineering Education. *Computer Graphics in Education, IEEE*, 25(5), p24-31.
- Crucian, G. P., & Berenbaum, S. A. (1998). Sex Differences in Right Hemisphere Tasks. *Brain and Cognition*, 36, 377-389.
- Cuadras, C. M. (2010). *Nuevos métodos de análisis multivariante* (CMC Editions, Manacor 30, 08023 ed.). Barcelona, Spain.
- Czapka, J. T., Moeinzadeh, M. H., & Leake, J. M. (2002). *Application of Rapid Prototyping Technology to Improve Spatial Visualization*. Paper presented at the American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition.
- Chu, C.-H., Cheng, C.-Y., & Wu, C.-W. (2006). Applications of the Web-based collaborative visualization in distributed product development. *Computers in Industry*, 57(3), pp 272–282.
- D'Oliveira, T. C. (2004). Dynamic Spatial Ability: An Exploratory Analysis and a Confirmatory Study. *The International Journal of Aviation Psychology*, 14(1), 19-38.
- Del Río Cidoncha, M. g., Martín Salinas, J., Martínez Palacios, J., & Ortiz Marín, R. (2006, Junio 2006). *El e-learning en el área de la expresión gráfica en la ingeniería. Descripción de una experiencia piloto*. Paper presented at the XVIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, Barcelona (España).
- Deshpande, A. A., & Huang, S. H. (2009). Simulation Games in Engineering Education: A State-of-the-Art Review. *Computer Applications in Engineering Education, Volume 19(3)*, 399-410.
- Donohue, S. K. (2010, October 27 - 30). *Work In Progress - Identifying Undergraduate Courses Which Develop and Enhance Spatial Abilities*. Paper presented at the 40th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Washington, DC.
- Duff, J. M., & Kellis, H. B. (2009, January 4-7). *EnVISIONS at Red Mountain High School*. Paper presented at the 63rd Annual ASEE/EDGD Mid-Year Conference Proceedings, Berkeley, California.

- Eals, M., & Silverman, I. (1994). The Hunter-Gatherer Theory of Spatial Sex Differences: Proximate Factors Mediating the Female Advantage in Recall of Object Arrays. *Ethology and Sociobiology*, 15, 95-105.
- Ekstrom, R. B., French, J. W., Harman, H. H., & Dermen, D. (1976). *Manual for Kit of Factor-Referenced Cognitive Tests*. Princeton, New Jersey.
- Eliot, J., & Smith, I. M. (1983). *An International Directory of Spatial Tests* (Property of the Archives of the History of American Psychology at The University of Akron ed.). Darville House, 2 Oxford Road East: NFER-NELSON Publishing Company Ltd.
- Fang, R.-J., Chao, S.-F., & Jong, Y.-S. (2008, April 6-8). *Using On-Line Multimedia with Mobile Device in the 3DIMW*. Paper presented at the MUSP'08 Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on Multimedia systems and signal processing, Hangzhou, China.
- Fang, R.-J., Chao, S.-F., & Weng, L.-C. (2005, 5-8 July 2005). *Study of 3D interactive model Web construction for vocational high school drawing courses in Taiwan*. Paper presented at the Advanced Learning Technologies, 2005. ICALT 2005. Fifth IEEE International Conference.
- Feng, X., Morgan, C., & Ahmed, V. (2004, 14-15 September). *Developing visualisation skills – a Virtual Spatial Training (VST) system*. Paper presented at the Conference on Construction Applications of Virtual Reality ADETTI/ISCTE (CONVVR 04), Lisbon.
- Ferguson, C., Ball, A., McDaniel, W., & Anderson, R. (2008). *A Comparison of Instructional Methods for Improving the Spatial-Visualization Ability of Freshman Technology Seminar Students*. Paper presented at the Proceedings of The 2008 IAJC-IJME International Conference.
- Ferreiro Prieto, J. I., Pérez del Hoyo, R., Esclapés Jover, F. J., & Girona Selva, J. Á. (2007, 6,7 y 8 de Junio de 2007). *Diseño de una plataforma on line para la enseñanza aprendizaje de la expresión gráfica*. Paper presented at the Congreso Internacional Conjunto XVI ADM - XIX Ingegraf, Perugia (Italia).
- Field, B. W. (1999). A Course in Spatial Visualisation. *Journal for Geometry and Graphics*, 3(2), 201-209.
- Fleisig, R. V., Robertson, A., & Spence, A. D. (2004). *Improving the Spatial Visualization Skills of First Year Engineering Students*. Paper presented at the First Inaugural CDEN Conference.
- Font Andreu, J. (2007). *Impacto tecnológico del CAD en la docencia de la expresión gráfica en la ingeniería*. Universidad de Barcelona, Barcelona (España).
- Galton, F. (1880). Statistics of mental imagery. *MIND (A quarterly review of Psychology and Philosophy)*, 19, 301-318.
- Galton, F. (1883). *Inquiries into human faculty and its development*. London: MacMillan and CO.
- Gallego Rodríguez, A., & Martínez Caro, E. (2003). Estilos de aprendizaje y e-learning. Hacia un mayor rendimiento académico [Electronic Version]. *RED. Revista de Educación a Distancia* 1. Retrieved 4/12/2008 from <http://www.um.es/ead/red/7/>.
- García García, D., & Sainz Bascones, E. (2002). *Taller virtual de expresión gráfica a través de la web*. Unpublished Proyecto Final de Carrera, Universidad de Burgos, Burgos (España).
- García Maté, E., Melgosa Pedrosa, C., Baños García, E., & Ramos Barbero, B. (2005, 1,2 y 3 de Junio). *Integración de video interactivo en aplicaciones multimedia con modelos CAD 3D*. Paper presented at the Congreso Internacional XVII INGEGRAF- XV ADM, Sevilla (España).
- García Maté, E., Ramos Barbero, B., Melgosa Pedrosa, C., & Baños García, E. (2002, 5,6 y 7 de Junio). *Análisis de visualizadores de los sistemas CAD*. Paper presented at the XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, Santander (España).
- Gardner, H. (1983). *Frames of mind*. Retrieved Marzo 2011, from http://www.amazon.com/Frames-Mind-Theory-Multiple-Intelligences/dp/0465025102#reader_0465025102books.
- Gardner, H. (1987). The theory of multiple intelligences. *Annals of Dyslexia*, 37(1), 19-35.
- Garfias Ampuero, O. (2006). Metodología para la enseñanza del espacio arquitectónico [Electronic Version]. *Pharos [en línea]* 77-131. Retrieved 13 (mayo-junio) from <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=20813109>.

- Garmendia, M., Guisasola, J., & Sierra, E. (2007). First-year engineering students' difficulties in visualization and drawing tasks. *European Journal of Engineering Education*, 32(3), 315-323.
- Geary, D. C., & DeSoto, M. C. (2001). Sex Differences in Spatial Abilities Among Adults from the United States and China Implications for Evolutionary Theory. *Evolution and Cognition*, 7(2), 172-177.
- Gerson, H. B. P., Sorby, S., Wysocki, A., & Baartmans, B. (2001). The Development and Assessment of Multimedia Software for Improving 3-D Spatial Visualization Skills. *Journal Computer Application Engineering Education*, 9, 105-113.
- Goddard, H. H. (1912). *The Kallikak Family: A Study of the Heredity of Feeble-Mindedness*. New York: The MacMillan Company.
- Godfrey, G. S. (1999). *Three-dimensional visualization using solid-model methods: A comparative study of engineering and technology students*. Northern Illinois University, Illinois.
- Goleman, D. (1996). *Inteligencia emocional* (D. González Raga & F. Mora, Trans.). Barcelona: Kairós.
- Gómez-Fabra, M. (2007, 6-8 Giugno). *Colaboración de un programa 3D en la lectura diédrica y obtención del modelo*. Paper presented at the Congreso Internazionale Congiunto XVI ADM - XIX INGEGRAF, Perugia (Italia).
- Gómez-Fabra, M., Company, P., & Gomis, J. M. (2004, 6,7 y 8 de Octubre). *Aspectos históricos actuales del dibujo industrial*. Paper presented at the VIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, Bilbao (España).
- González Navarro, S., & González Villafranca, M. (2008). *Evaluación del aprendizaje asistido por ordenador de diseño*. Unpublished Proyecto Final de Carrera, Universidad de Burgos, Burgos (España).
- Gorska, R., & Sorby, S. (2008, June 22-25). *Testing instruments for the assessment of 3-d spatial skills*. Paper presented at the ASEE Annual Conference Pittsburgh, PA.
- Gottfredson, L. (1997). Mainstream science on intelligence: an editorial with 52 signatories, history, and bibliography. *Intelligence*, 24(1), 13.
- Guay, R. B. (1977). Purdue spatial visualization test: Rotations. *Purdue Research Foundation*.
- Haier, R. J., Jung, R. E., Yeo, R. A., Head, K., & Alkire, M. T. (2004). Structural brain variation and general intelligence. *Neuroimage*, 23(1), 425-433.
- Hake, R. R. (2002, August 2002). *Relationship of Individual Student Normalized Learning Gains in Mechanics with Gender, High-School Physics, and Pretest Scores on Mathematics and Spatial Visualization*. Paper presented at the Physics Education Research Conference, Boise, Idaho.
- Halpern, D. F., & LaMay, M. L. (2000). The Smarter Sex: A Critical Review of Sex Differences in Intelligence. *Educational Psychology Review*, 12(2), 229-246.
- Hamlin, A., Boersma, N., & Sorby, S. (2006). *Do spatial abilities impact the learning of 3-d solid modeling software?* Paper presented at the Annual Conference & Exposition of American Society for Engineering Education.
- Harle, M., & Towns, M. (2010). A Review of Spatial Ability Literature, Its Connection to Chemistry, and Implications for Instruction. *Journal of Chemical Education*, 88(3), 351-360.
- Harper, B., Hedberg, J. G., & Wright, R. (2000). Who benefits from virtuality? *Computers & Education*, 34, 163-176.
- Hartman, N. W., & Bertoline, G. R. (2005, Jul 06-08). *Spatial Abilities and Virtual Technologies: Examining the Computer Graphics Learning Environment*. Paper presented at the Ninth International Conference on Information Visualisation (IV'05).
- Hartman, N. W., Connolly, P. E., Gilger, J. W., Bertoline, G. R., & Heisler, J. (2006). *Virtual Reality-based Spatial Skills Assessment and Its Role in Computer Graphics Education*. Paper presented at the ACM SIGGRAPH 2006 Educators program, Boston, Massachusetts.
- Hegarty, M., & Waller, D. (2004). A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. *Intelligence*, 32, 175-191.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2007). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- Hunt, E., & Pellegrino, J. (1985). Using Interactive Computing to Expand Intelligence Testing: A Critique and Prospectus. *INTELLIGENCE*, 9, 207-236.
- Hunt, E., Pellegrino, J. W., Frick, R. W., Farr, S. A., & Alderton, D. (1988). The ability to reason about movement in the visual field. *Intelligence*, 12(1), 77-100.
- International ISO Standard 9241-11 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11 : Guidance on usability, ISO 9241-11:1998(E) C.F.R. (1998).
- Jenison, R. D. (1997). New Directions for Introductory Graphics in Engineering Education. *Journal for Geometry and Graphics*, 1(1), 67-73.
- Juan-Espinosa, M., Abad, F. J., Colom, R., & Fernández-Truchaud, M. (2000). Individual differences in large spaces orientation: g and beyond. *Personality and Individual Differences*, 29, 85-98.
- Juhel, J. (1991). Spatial Abilities and Individual Differences in Visual Information Processing. *Intelligence*, 15(117-137).
- Kali, Y., & Orion, N. (1996). Spatial Abilities of High-School Students in the Perception of Geologic Structures. *Journal of research in science teaching* vol. 33, no. 4, pp. 369-391 (1996, 33(4), 369-391).
- Kaufmann, H., Schmalstieg, D., & Wagner, M. (2000). Construct3D: A Virtual Reality Application for Mathematics and Geometry Education. *Education and Information Technologies*, 5(4), 263-276.
- Kaufmann, H., Steinbügl, K., Dünser, A., & Glück, J. (2005a). General Training of Spatial Abilities by Geometry Education in Augmented Reality. *Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine*, 3, 65-76.
- Kaufmann, H., Steinbügl, K., Dünser, A., & Glück, J. (2005b). *Improving Spatial Abilities by Geometry Education in Augmented Reality - Application and Evaluation Design*. Paper presented at the Virtual Reality International Conference (VRIC) Laval Virtual 2005 Proceedings, Laval, Canadá.
- Khairul Anuar, S., & Azniah, I. (2004). The Improvement of Mental Rotation through Computer Based Multimedia Tutor. *Malaysian Online Journal of Instructional Technology (MOJIT)*, Vol. 1(2), pp 24-34.
- Khairul, A. S., & Azniah, I. (2004). The Improvement of Mental Rotation through Computer Based Multimedia Tutor. *Malaysian Online Journal of Instructional Technology (MOJIT)*, Vol. 1(2), pp 24-34.
- Kimura, D. (2000). *Sex and Cognition* (First Edition ed.). Cambridge.
- Kinsey, B., Towle, E., & Onyancha, R. (2008). Improvement of Spatial Ability Using Innovative Tools: Alternative View Screen and Physical Model Rotator. *Engineering Design Graphics Journal*, 72(1).
- Király, A. (2006). The Effect of Solid Modelling Software on 3-D Visualization. *Journal of Industrial Design and Engineering Graphics (JIDEG)*, 1(2), 17-20.
- Kirby, J. R., & Boulter, D. R. (1999). Spatial ability and transformational geometry. *European Journal of Psychology of Education*, 14(2), 283-294.
- Knott, T. W., & Kampe, J. C. M. (2009, January 4-7). *EnViSIONS at Virginia Tech*. Paper presented at the 63rd Annual ASEE/EDGD Mid-Year Conference Proceedings, Berkeley, California.
- Koch, D. S. (2006). *The effects of solid modeling and visualization on technical problem solving*. State University of Virginia, Blacksburg (Virginia).
- Konukseven, E. I. (2010). Web-Based Education Support Tools Used for Teaching the "Engineering Graphics" Course. *Key Engineering Materials (Volumes 419 - 420), Advanced Design and Manufacture II*, 777-780.
- Kyllonen, P. C., Woltz, D. J., & Lohman, D. F. (1981). *Models of Strategy and Strategy-Shifting in Spatial Visualization Performance*. California: Stanford University. School of Education

- LaFon, R. (2007). From Any Angle - Publish and Share Your 3D Designs [Electronic Version]. *Cadalyst Labs Review (3D publishing software from Actify, Adobe Systems, Informative Graphics, Lattice Technology, QuadriSpace, Right Hemisphere, and SolidWorks provides access to 3D designs created by popular CAD and engineering applications)*, 24, 18-27. Retrieved Agosto 2010 from <http://www.nxtbook.com/nxtbooks/questex/cadalyst1107/>.
- Lappan, G. (1981). *Middle grades mathematics project. Spatial Visualization Test*: Michigan State University.
- Lee, J., & Bednarz, R. (2009). Effect of GIS Learning on Spatial Thinking. *Journal of Geography in Higher Education*, 33(2), 183-198.
- Leopold, C. (2005). Geometry education for developing spatial visualisation abilities of engineering students. *The Journal of Polish Society for Geometry and Engineering Graphics, Volume 15*, 39 – 45.
- Leopold, C., Górska, R. A., & Sorby, S. A. (2001). International Experiences in Developing the Spatial Visualization Abilities of Engineering Students. *Journal for Geometry and Graphics*, 5(1), 81-91.
- Lohman, D. F. (1993, July 21). *Spatial Ability and G*. Paper presented at the First Spearman Seminar, University of Plymouth.
- Martin-Dorta, N., Sanchez-Berriel, I., Bravo, M., Hernandez, J., Saorin, J. L., & Contero, M. (2010, 5-7 July). *A 3D Educational Mobile Game to Enhance Student's Spatial Skills*. Paper presented at the 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, Sousse, Tunisia.
- Martin-Dorta, N., Saorin, J. L., & Contero, M. (2008). Development of a Fast Remedial Course to Improve the Spatial Abilities of Engineering Students. *Journal of Engineering Education*, 97(4), 505-513.
- Martin-Dorta, N., Saorin, J. L., & Contero, M. (2011). Web-based Spatial Training Using Handheld Touch Screen Devices. *Educational Technology & Society*, 14(3), 163-177.
- Martín-Gutiérrez, J., Gil, F. A., Contero, M., & Saorín, J. L. (2010). Dynamic three-dimensional illustrator for teaching descriptive geometry and training visualisation skills. *Computer Applications in Engineering Education*, 18.
- Martín-Gutiérrez, J., Saorin, J. L., Contero, M., Alcaniz, M., Perez-Lopez, D. C., & Ortega, M. (2010). Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers & Graphics-Uk*, 34(1), 77-91.
- Martín Arribas, M. C. (2004). Diseño y validación de cuestionarios. *Matronas Profesión*, 5(17), 23-29.
- Martín Dorta, N. (2009). *Análisis del uso de dispositivos móviles en el desarrollo de estrategias de mejora de las habilidades espaciales*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Martín Gutiérrez, J. (2010). *Estudio y evaluación de contenidos didácticos en el desarrollo de las habilidades espaciales en el ámbito de la ingeniería* Universidad Politécnica de Valencia, Valencia (España).
- Martín, J., Martín, N., Saorín, J. L., Contero, M., & Navarro, R. (2008, 4,5 y 6 de Junio). *Aplicaciones web para el desarrollo de las habilidades espaciales*. Paper presented at the XX Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, Valencia (España).
- Martín, N., Martín, J., Saorín, J. L., Navarro, R., & Contero, M. (2008, 4,5 y 6 de junio de 2008). *Propuesta de actividades para el desarrollo de las habilidades espaciales en los estudiantes de ingeniería*. Paper presented at the XX Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, Valencia (España).
- Marzal, M. A., Calzada-Prado, J., & Viannello, M. (2008). Criterios para la evaluación de la usabilidad de los recursos educativos virtuales: un análisis desde la alfabetización en información [Electronic Version]. *Information Research*, 13, paper 387. Retrieved Date accessed 2009/09/12 from Available at <http://InformationR.net/ir/13-4/paper387.html>.
- Mathewson, J. H. (1999). Visual-Spatial Thinking: An Aspect of Science Overlooked by Educators. *Science Education*, 83(1), 33-54.

- Medina, A. C., Gerson, H. B. P., & Sorby, S. A. (1998). *Identifying gender differences in the 3-D visualization skills of engineering students in Brazil and in the United States*. Paper presented at the International Conference for Engineering Education, Rio de Janeiro, Brazil.
- Meiling Tang, M. A. (2006). *Gender differences in relationship between background experiences and three levels of spatial ability*. of The Ohio State University, Ohio.
- Melgosa, C., Ramos, B., Baños, E., & García, E. (2009, 10,11 y 12 de Junio). *Herramientas web para el desarrollo de la visión espacial y el seguimiento del aprendizaje*. Paper presented at the Congreso Internacional Conjunto XXI INGEGRAF - XVII ADM, Lugo (España).
- Melgosa, C., Ramos, B., Baños, E., García, E., & de Román, A. (2011, June 15th-17th). *Designing an interactive web manager applied to the development of spatial abilities*. Paper presented at the IMPROVE 2011 International Conference on Innovative Methods in Product Design, San Servolo, Venice (Italy).
- Michael, W. B., Zimmerman, W. S., & Guilford, J. P. (1950). An investigation of two hypotheses regarding the nature of the spatial-relations and visualization factors. *Educational and Psychological Measurement*, 10(2), 187-213.
- Miller, C. L., & Bertoline, G. R. (1991). Spatial Visualization Research and Theories: Their Importance in the Development of an Engineering and Technical Design Graphics Curriculum Model. *Engineering Design Graphics Journal*, 55(3), 5-14.
- Mohler, J. L. (2001, September 10-15). *Using interactive multimedia technologies to improve student understanding of spatially-dependent engineering concepts*. Paper presented at the International conference on the Computer Graphics and Vision (GraphiCon), Nizhny Novgorod (Russia).
- Mohler, J. L. (2006). *Examining the spatial ability phenomenon from the student's perspective*. Purdue University, West Lafayette, Indiana.
- Mohler, J. L. (2008). A Review of Spatial Ability Research. *Engineering Design Graphics Journal*, 72(3), 19-30.
- Molero Moreno, C., Sáiz Vicente, E., & Esteban Martínez, C. (1998). Revisión histórica del concepto de inteligencia: una aproximación a la inteligencia emocional. *Revista latinoamericana de psicología*, 30(1), 11-30.
- Moreno Bayardo, M. G. (1998). El desarrollo de habilidades como objetivo educativo. Una aproximación conceptual [Electronic Version]. *Educar. Estrategias Cognitivas*, 6. Retrieved April 2011 from <http://www.jalisco.gob.mx/srias/educacion/consulta/educar/dirrseed.html>.
- Navarro Trujillo, R., Saorín Pérez, J. L., Contero, M., Piquer, A., & Conesa, J. (2004, 6,7 y 8 de Octubre). *El desarrollo de las habilidades de visión espacial y croquis en la ingeniería de producto*. Paper presented at the VIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, Bilbao (España).
- Neisser, U., Boodoo, G., Bouchard, T. J., Boykin, A. W., Brody, N., Ceci, S. J., et al. (1996). Intelligence: Knowns and Unknowns. *American Psychologist*, 51(2), 77-101.
- Németh, B., & Hoffmann, M. (2006). Gender differences in spatial visualization among engineering students. *Annales Mathematicae et Informaticae*, 33, 169-174.
- Newcombe, N., & Bandura, M. M. (1983). Effect of Age at Puberty on Spatial Ability in Girls: A Question of Mechanism. *Developmental Psychology*, 19(2), 215-224.
- Newcombe, N., Bandura, M. M., & Taylor, D. G. (1983). Sex Differences in Spatial Ability and Spatial Activities. *Sex Roles*, 9(3), 377-386.
- Nyborg, H. (1983). Spatial ability in men and women: review and new theory. *Advances in Behaviour Research and Therapy*, 5(89-140).
- Olkun, S. (2003). Making Connetions: Improving Spatial Abilities with Engineering Drawing Activities. *International Journal of Mathematics Teaching and Learning*, 1-10.
- Onyanha, R., & Kinsey, B. (2007). The effect of engineering major on spatial ability improvements over the course of undergraduate studies. *2007 37th Annual Frontiers*

- in Education Conference, Global Engineering : Knowledge without Borders - Opportunities without Passports, Vols 1- 4, 146-150.*
- Ortega Arceo J., Urraza Digón G., & J., M. C. (2010). Las competencias en dibujo de Ingeniería Industrial ante las necesidades de la Empresa. Industrial Engineering competences above needs of the Enterprise. *DYNA Ingeniería e Industria, 85(2)*, 139-147.
- Ortega Izquierdo, M. (2002). *Evaluación de sistemas de maquetado digital*. Unpublished Proyecto Final de Carrera (Estudio Monográfico), Universidad de Burgos, Burgos (Spain).
- Ozkan, S., & Koseler, R. (2009). Multi-dimensional students' evaluation of e-learning systems in the higher education context: An empirical investigation. *Computers & Education, 53*, 11.
- Pardo, A., Ruiz, M. Á., & San Martín, R. (2009). *Análisis de datos en ciencias sociales y de la salud I* (Vol. I). Madrid: Editorial Síntesis, S.A.
- Pardo, A., & San Martín, R. (1998). *Análisis de datos en psicología II* (Segunda ed. Vol. II). Madrid: Ediciones Pirámide.
- Pardo, A., & San Martín, R. (2010). *Análisis de datos en ciencias sociales y de la salud II* (Vol. II). Madrid: Editorial Síntesis, S.A.
- Pellegrino, J. W., & Hunt, E. B. (1991). Cognitive models for understanding and assessing spatial abilities. In H. A. H. Rowe (Ed.), *Intelligence: reconceptualization and measurement* (pp. 203-226). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers.
- Peña, D., Contreras, M. J., Shih, P. C., & Santacreu, J. (2008). Solution strategies as possible explanations of individual and sex differences in a dynamic spatial task. *Acta Psychologica, 128*, 1-14.
- Pérez Carrión, T., & Serrano Cardona, M. (1998). *Ejercicios para el desarrollo de la PERCEPCIÓN ESPACIAL*. Alicante (España): Editorial Club Universitario.
- Pérez López, C. (2009). *Técnicas de Análisis de datos con SPSS v15*. Madrid: Pearson Educación.
- Peters, M., Laeng, B., Latham, K., Jackson, M., Zaiyouna, R., & Richardson, C. (1995). A redrawn Vandenberg and Kuse Mental Rotations Test: different versions and factors that affect performance. *Brain and cognition, 20*, 39-58.
- Poltrock, S. E., & Brown, P. (1984). Individual Differences in Visual Imagery and Spatial Ability. *Intelligence, 8*, 93-138.
- Potter, C., & Merwe, E. v. d. (2003). Perception, imagery, visualization and engineering graphics. *European Journal of Engineering Education, 28(1)*, 117-133.
- Prieto Adánez, G., & Dias Velasco, A. (2002). Predicting Academic Success of Engineering Students in Technical Drawing from Visualization Test Scores. *Journal for Geometry and Graphics, 6(1)*.
- Prieto, G., Carro, J., Orgaz, B., & Pulido, R. F. (1993). Análisis cognitivo de un test informatizado de visualización espacial. *Psicothema, 5(2)*, 293-301.
- Quaiser-Pohl, C., Lehmann, W., & Eid, M. (2004). The relationship between spatial abilities and representations of large-scale space in children—a structural equation modeling analysis. *Personality and Individual Differences, 36*, 95-107.
- Rafi, A., Anuar, K., Samad, A., Hayati, M., & Mahadzir, M. (2005). Improving spatial ability using a Web-based Virtual Environment (WbVE). *Automation in Construction, 14*, 707-715.
- Rafi, A., & Samsudin, K. (2009). Practising mental rotation using interactive Desktop Mental Rotation Trainer (iDeMRT). *British Journal of Educational Technology, 40(5)*, 889-900.
- Rafi, A., & Samsudin, K. A. (2007). The Relationships of Spatial Experience, Previous Mathematics Achievement, and Gender with Perceived Ability in Learning Engineering Drawing. *Journal of Technology Education, 18(2)*, 53-67.
- Rafi, A., Samsudin, K. A., & Ismail, A. (2006). *On Improving Spatial Ability Through Computer-Mediated Engineering Drawing Instruction*. Paper presented at the International Forum of Educational Technology & Society (IFETS).
- Rafi, A., Samsudin, K. A., & Said, C. S. (2008). Training in spatial visualization: The effects of training method and gender. *Educational Technology & Society, 11(3)*, 127-140.

- Ramírez Szabó, R. R., & Romero Marín, Y. M. (2009). *Desarrollo de un Software educativo para estimular, apoyar y reforzar el aprendizaje de Física General I en estudiantes del ciclo básico de la escuela de ingeniería Informática.*, Universidad Católica Andrés Bello, Caracas – Montalbán.
- Ramos Barbero, B. (1999). *Eficacia de una herramienta hipermedia en la innovación docente de dibujo y diseño neumático en ingeniería.* Universidad de Valladolid, Valladolid (España).
- Ramos Barbero, B., García Maté, E., Baños García, E., & Melgosa Pedrosa, C. (2003, Cassino, 3 de Junio; Napoli, 4 y 6 de junio; Salerno, 5 de junio). *Aprendizaje innovador en la visualización de piezas y dispositivos, en la formación de dibujo técnico mediante aplicación hipermedia.* Paper presented at the Tools and methods evolution in engineering design. Herramientas y métodos en diseño de ingeniería., Cassino, Napoli y Salerno (Italia).
- Ramos Barbero, B., García Maté, E., Baños García, E., Melgosa Pedrosa, C., García García, D., & Sainz Báscones, E. (2003). Aprendizaje innovador de visualización de piezas mediante taller virtual. Retrieved 2010 August, from <http://www2.ubu.es/expgraf/expgrain/visualizacion3d/>
- Ramos Barbero, B., Melgosa Pedrosa, C., & García Maté, E. (en prensa). Assessment of 3D viewers for the display of interactive documents in the learning of graphic engineering. *Educational Technology & Society.*
- Rilea, S. L., Roskos-Ewoldsenb, B., & Boles, D. (2004). Sex Differences in Spatial Ability: A Lateralization of Function Approach. *Brain and Cognition, 56(3), 332-343.*
- Rileaa, S. L., Roskos-Ewoldsenb, B., & Boles, D. (2004). Sex Differences in Spatial Ability: A Lateralization of Function Approach. *Brain and Cognition, 56(3), 332-343.*
- Rodríguez Quesada, A. A. (2009). Los nuevos retos: “cerebro e inteligencia”. Aproximación científica al estudio del cerebro en relación con la inteligencia en edades tempranas. *Revista Docencia e Investigación, 19, 211-221.*
- Saccuzzo, D. P., Craig, A. S., Johnson, N. E., & Larson, G. E. (1996). Gender differences in dynamic spatial abilities. *Personality and Individual Differences, 21(4), 599-607.*
- Salthouse, T. A. (1987). Sources of Age-Related Individual Differences in Block Design Tests. *Intelligence, 11 n3 p245-62 Jul-Sep 1987(3), 245-262.*
- Salthouse, T. A., Babcock, R. L., Mitchell, D. R. O., Palmon, R., & Skovronek, E. (1990). Sources of individual differences in spatial visualization ability. *Intelligence, 14, 187-230.*
- Saorín Pérez, J. L. (2006). *Estudio del efecto de la aplicación de tecnologías multimedia y del modelado basado en bocetos en el desarrollo de las habilidades espaciales.*, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Saorín Pérez, J. L., Martín Dorta, N., & Navarro Trujillo, R. (2005, 1,2 y 3 de Junio de 2005). *Efecto de los programas de las asignaturas de expresión gráfica en el desarrollo de la visión y habilidades espaciales de los alumnos de carreras técnicas en la Universidad de La Laguna.* Paper presented at the XVII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, Sevilla (España).
- Saorín Pérez, J. L., Navarro Trujillo, R., Martín Dorta, N., Martín Gutiérrez, J., & Contero, M. (2009). La capacidad espacial y su relación con la ingeniería. *DYNA Ingeniería e Industria, 84(9), 721-732.*
- Scribner, S. A., & Anderson, M. A. (2005). Novice Drafters’ Spatial Visualization Development: Influence of Instructional Methods and Individual Learning Styles. *Journal of Industrial Teacher Education, 42(2), 38-60.*
- Schroeder, K. G. (1981). *The subjective difficulty of spatial ability tests.* The University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- Seabra, R. D., & Santos, E. T. (2006, 6-10 August). *Evaluation of the spatial visualization ability of entering students in a brazilian engineering course using computerized versions of MRT and TVZ.* Paper presented at the 12th International Conference on Geometry and Graphics, Salvador, Brazil.

- Shiina, K., Short, D. R., Miller, C. L., & Suzuki, K. (2001). Development of Software to Record Solving Process of a Mental Rotations Test. *Journal for Geometry and Graphics*, 5(2), 193-202.
- Sierra Bravo, R. (2001). *Técnicas de investigación social: teoría y ejercicios*. Madrid.
- Sierra, E., M.Garmendia, Muniozguren, J., & Larrakoetxea, I. (2009). *Methodology for part visualization problem solving (reading multiview technical drawing)*. Paper presented at the 17th International Conference on Engineering Design (ICED'09), Stanford University, California, United States.
- Sjölander, M. (1998). Spatial cognition and environmental descriptions [Electronic Version]. *Towards a Framework for Design and Evaluation of Navigation in Electronic Spaces / SICS*, 45-58. Retrieved Marzo 2011 from <http://www.sics.se/humle/projects/persona/web/littsurvey/abstracts.html>.
- Smith, I. M. (1970). The use of diagnostic tests for assessing the abilities of overseas students attending institutions of further education. *The Vocational Aspect of Education*, 22(51), 1-8.
- Smith, I. M. (1974). Spatial ability, field independence and climate: Some thoughts on the testing of overseas students. *The Vocational Aspect of Education*, 26(65), 121-125.
- Smith, S. S., Saunders, K. P., Antonenko, P., Green, T., Peterson, N., & Thompson, A. D. (2007). Experiences in using virtual reality in design and graphics classrooms. *International Journal of Engineering Education*, 23(6), 1192-1198.
- Sorby, S. (2000). Spatial abilities and their relationship to effective learning of 3-D solid modeling software. *Engineering Design Graphics Journal*, 64(3), 30-35.
- Sorby, S. (2003). *Introduction to 3D Spatial Visualization: an active approach*. New York: Delmar.
- Sorby, S. (2009). Educational Research in Developing 3-D Spatial Skills for Engineering Students. *International Journal of Science Education*, Vol. 31(3), 459-480.
- Sorby, S. A. (1999). Developing 3-D Spatial Visualization Skills. *Engineering Design Graphics Journal*, 63(2), 21-32.
- Sorby, S. A. (2007). Developing 3D spatial skills for engineering students. *Australasian Journal of Engineering Education*, 13(1), 11.
- Sorby, S. A., Drummer, T., Hungwe, K., & Charlesworth, P. (2005, June). *Developing 3-D Spatial Visualization Skills for Non-Engineering Students*. Paper presented at the American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Portland, OR.
- Sorby, S. A., Drummer, T., & Molzon, R. L. (2006, August 6-10). *Experiences in using spatial skills testing instruments with younger audiences*. Paper presented at the 12th International Conference on Geometry and Graphics (ISGG), Salvador, Brazil.
- Sorby, S. B., & Baartmans, B. J. (1996). A Course for the Development of 3-D Spatial Visualization Skills. *Engineering Design Graphics Journal*, Vol. 60(1), 8.
- Spearman, c. (1927). *The abilities of man. Their nature and measurement*. London: Macmillan and CO., Limited.
- Sternberg, R. J., Prieto, M. D., & Castejón, J. L. (2000). Análisis factorial confirmatorio del Sternberg Triarchic Abilities Test (nivel-H) en una muestra española: resultados preliminares. *Psicothema*, 12(4), 642-647.
- Strong, S., & Smith, R. (2001). Spatial Visualization: Fundamentals and Trends in Engineering Graphics. *Journal of Industrial Technology*, Volume 18(1), 6.
- Stumpf, H., & Eliot, J. (1995). Gender-related differences in spatial ability and the K factor of general spatial ability in a population of academically talented students. *Personality and Individual Differences*, 19, 33-45.
- Suárez Quirós, J., Rubio García, R., Gallego Santos, R., & Martín González, S. (2004, 26,27 y 28 de Julio de 2004). *Desarrollo de un entrenador para la percepción espacial basado en realidad virtual mediante tecnologías de dominio público*. Paper presented at the XII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (XII CUIEET), Barcelona.

- Sueoka, H., Shimizu, S., & Yokosawa, H. (2001, July 4-6). *The Use of Internet Technology for the Development of 3-D Spatial Skills*. Paper presented at the International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, Kumamoto (Japan).
- Sun, X., & Suzuki, K. (1999). Evaluation of Educational Effects of the Solid Simulator. *Journal for Geometry and Graphics*, 3(2), 219-226.
- Terman, L. M. (1916). *The measurement of intelligence (Chapter 1: The Uses of Intelligence Tests)*: Boston: Houghton Mifflin.
- Thompson, P. M., Cannon, T. D., Narr, K. L., van Erp, T., Poutanen, V. P., Huttunen, M., et al. (2001). Genetic influences on brain structure. *Nature Neuroscience*, 4(12), 1253-1258.
- Titus, S., & Horsman, E. (2009). Characterizing and Improving Spatial Visualization Skills. *Journal of Geoscience Education*, 57(4), 242-254.
- Tornincasa, S., & Chirone, E. (2002, June 5-7). *The leonardo webd project: an example of the web3d technology applications for distance training and learning*. Paper presented at the XIV Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, Santander, Spain.
- Tornincasa, S., Vezzetti, E., Calignano, F., & Moos, S. (2008, June 4,5,6th). *Integration of Web3D technologies for an e-learning platform oriented to product lifecycle management*. Paper presented at the 20 Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica (INGEGRAF), Valencia (Spain).
- Tsutsumi, E., Ichikawa, A., & Kadowaki, N. (2001). Evaluation of Mentally Perceived Differences Between the 3D Objects Used in Mental Cutting Tests. *Journal for Geometry and Graphics*, 5(1), 101-109.
- Tsutsumi, E., Schröcker, H.-P., Stachel, H., & Weiss, G. (2005). Evaluation of Students' Spatial Abilities in Austria and Germany. *Journal for Geometry and Graphics*, 9(1), 107-117.
- Tsutsumi, E., Shiina, K., Suzaki, A., Yamanouchi, K., Saito, T., & Suzuki, K. (1999). A Mental Cutting Test on Female Students Using a Stereographic System. *Journal for Geometry and Graphics*, 3(1), 111-119.
- Vanderberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental Rotations, A group Test of Three-Dimensional Spatial Visualization. *Perceptual and Motor Skills*, v.47, 599-604.
- Varona Temiño, C. (2010). *Análisis de Visualizadores 3d para Plataformas Educativas Web de Ingeniería Gráfica*. Unpublished Proyecto Final de Carrera, Universidad de Burgos, Burgos (España).
- Vederhus, L., & Kreklinga, S. (1996). Sex differences in visual spatial ability in 9-year-old children. *Intelligence*, 23(1), 33-43.
- Vélez, M. C., Silver, D., & Tremaine, M. (2005, October 23-October 28). *Understanding Visualization through Spatial Ability Differences*. Paper presented at the 16th IEEE Visualization 2005 (VIS 2005), Minneapolis, Minnesota (EEUU).
- Veurink, N., Hamlin, A., & Sorby, S. (2008). *EnVISIONS Incorporating Spatial Visualization Curriculum across the United States*. Paper presented at the Conference on Research and Training in Spatial Intelligence. from http://www.ed.mtu.edu/spatial2008/presentations/veurink_and_Others.ppt.
- Veurink, N. L., Hamlin, A. J., Kampe, J. C. M., Sorby, S. A., Blasko, D. G., Holliday-Darr, K. A., et al. (2009). Enhancing Visualization Skills-Improving Options and Success (EnVISIONS) of Engineering and Technology Students. *Engineering Design Graphics Journal*, 73(2), 17.
- Vezzetti, E. (2009). Product lifecycle data sharing and visualisation: Web-based approaches. *Int J Adv Manuf Technol*, 41(5-6), 613-630.
- Violante, M. G., Vezzetti, E., Tornincasa, S., Bonisoli, E., & Moos, S. (2009, June 10,11y 12). *Development of an e-learning course oriented to mechanical engineering field using we3d technologies*. Paper presented at the Congreso Internacional Conjunto XXI INEGRAF-XVII ADM, Lugo (Spain).
- Web 3D Consortium. (1999). Retrieved June 15th, 2010, from <http://www.web3d.org/realtime-3d/>

- Willis, S. L., & Schaie, K. W. (1988). Gender Differences in Spatial Ability in Old Age: Longitudinal and Intervention Findings. *Sex Roles*, 18(3 y 4), 189-203.
- Yang, J. C., & Chen, S. Y. (2010). Effects of gender differences and spatial abilities within a digital pentominoes game. *Computers & Education*, 55, 1220-1233.
- Youa, J.-H., Chuanga, T.-Y., & Chenb, W.-F. (2008, October 27-31). *Enhancing Students' Spatial Ability by Implementing a Digital Game*. Paper presented at the International Conference on Computers in Education (ICCE), Taipei, Taiwan.
- Yue, J. (2006, October 19-21). *Spatial Visualization by Isometric Drawing*. Paper presented at the IJME - INTERTECH Conference International Conference on Engineering & Technology: Research-Education-Entrepreneurship, Kean University, New Jersey.
- Zurita de la Vega, e., & Tato Sánchez del Valle, P. (2008, 4,5,6 de Junio de 2008). *Formación a través de plataformas virtuales*. Paper presented at the XX Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica, Valencia (España).

ANEXO I TESTS, PRUEBAS Y ENCUESTA

1. Plantilla de respuestas para el test DAT-SR

Nº 43

DAT

HOJA DE RESPUESTAS

Apellidos y nombre:..... Edad:..... Sexo:.....

Procedencia: Bachillerato Provincia:.....

Formación Profesional

Primera matrícula: Estudios previos de Dibujo Técnico:

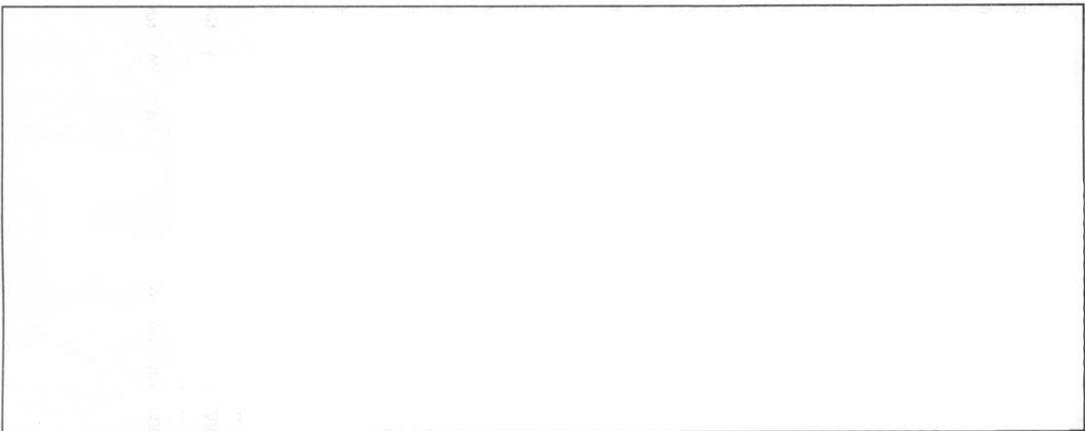
Al contestar, comprueba que el número es igual en Cuadernillo y Hoja

SR

EJEMPLOS

- 1º CA) CB) CC) CD)
2º CA) CB) CC) CD)

1	CA) CB) CC) CD)	16	CA) CB) CC) CD)	31	CA) CB) CC) CD)	46	CA) CB) CC) CD)
2	CA) CB) CC) CD)	17	CA) CB) CC) CD)	32	CA) CB) CC) CD)	47	CA) CB) CC) CD)
3	CA) CB) CC) CD)	18	CA) CB) CC) CD)	33	CA) CB) CC) CD)	48	CA) CB) CC) CD)
4	CA) CB) CC) CD)	19	CA) CB) CC) CD)	34	CA) CB) CC) CD)	49	CA) CB) CC) CD)
5	CA) CB) CC) CD)	20	CA) CB) CC) CD)	35	CA) CB) CC) CD)	50	CA) CB) CC) CD)
6	CA) CB) CC) CD)	21	CA) CB) CC) CD)	36	CA) CB) CC) CD)	51	CA) CB) CC) CD)
7	CA) CB) CC) CD)	22	CA) CB) CC) CD)	37	CA) CB) CC) CD)	52	CA) CB) CC) CD)
8	CA) CB) CC) CD)	23	CA) CB) CC) CD)	38	CA) CB) CC) CD)	53	CA) CB) CC) CD)
9	CA) CB) CC) CD)	24	CA) CB) CC) CD)	39	CA) CB) CC) CD)	54	CA) CB) CC) CD)
10	CA) CB) CC) CD)	25	CA) CB) CC) CD)	40	CA) CB) CC) CD)	55	CA) CB) CC) CD)
11	CA) CB) CC) CD)	26	CA) CB) CC) CD)	41	CA) CB) CC) CD)	56	CA) CB) CC) CD)
12	CA) CB) CC) CD)	27	CA) CB) CC) CD)	42	CA) CB) CC) CD)	57	CA) CB) CC) CD)
13	CA) CB) CC) CD)	28	CA) CB) CC) CD)	43	CA) CB) CC) CD)	58	CA) CB) CC) CD)
14	CA) CB) CC) CD)	29	CA) CB) CC) CD)	44	CA) CB) CC) CD)	59	CA) CB) CC) CD)
15	CA) CB) CC) CD)	30	CA) CB) CC) CD)	45	CA) CB) CC) CD)	60	CA) CB) CC) CD)



MR

EJEMPLOS

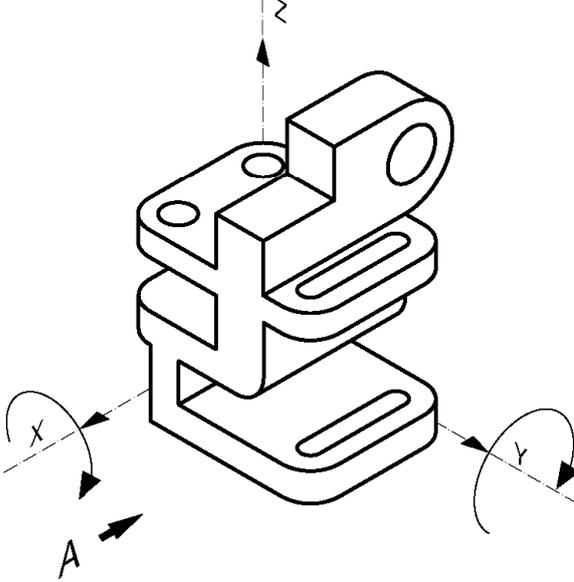
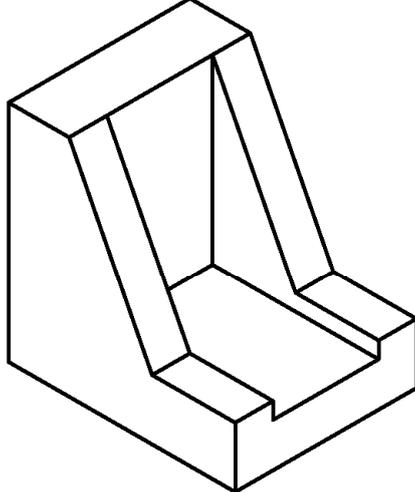
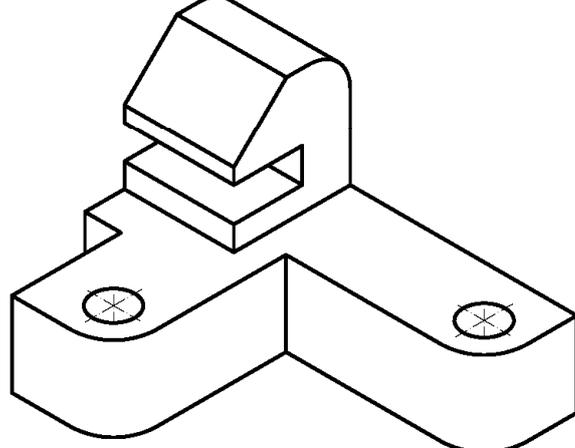
- 1º CA) CB) CC) CD)
2º CA) CB) CC) CD)

1	CA) CB) CC) CD)	18	CA) CB) CC) CD)	35	CA) CB) CC) CD)	52	CA) CB) CC) CD)
2	CA) CB) CC) CD)	19	CA) CB) CC) CD)	36	CA) CB) CC) CD)	53	CA) CB) CC) CD)
3	CA) CB) CC) CD)	20	CA) CB) CC) CD)	37	CA) CB) CC) CD)	54	CA) CB) CC) CD)
4	CA) CB) CC) CD)	21	CA) CB) CC) CD)	38	CA) CB) CC) CD)	55	CA) CB) CC) CD)
5	CA) CB) CC) CD)	22	CA) CB) CC) CD)	39	CA) CB) CC) CD)	56	CA) CB) CC) CD)
6	CA) CB) CC) CD)	23	CA) CB) CC) CD)	40	CA) CB) CC) CD)	57	CA) CB) CC) CD)
7	CA) CB) CC) CD)	24	CA) CB) CC) CD)	41	CA) CB) CC) CD)	58	CA) CB) CC) CD)
8	CA) CB) CC) CD)	25	CA) CB) CC) CD)	42	CA) CB) CC) CD)	59	CA) CB) CC) CD)
9	CA) CB) CC) CD)	26	CA) CB) CC) CD)	43	CA) CB) CC) CD)	60	CA) CB) CC) CD)
10	CA) CB) CC) CD)	27	CA) CB) CC) CD)	44	CA) CB) CC) CD)	61	CA) CB) CC) CD)
11	CA) CB) CC) CD)	28	CA) CB) CC) CD)	45	CA) CB) CC) CD)	62	CA) CB) CC) CD)
12	CA) CB) CC) CD)	29	CA) CB) CC) CD)	46	CA) CB) CC) CD)	63	CA) CB) CC) CD)
13	CA) CB) CC) CD)	30	CA) CB) CC) CD)	47	CA) CB) CC) CD)	64	CA) CB) CC) CD)
14	CA) CB) CC) CD)	31	CA) CB) CC) CD)	48	CA) CB) CC) CD)	65	CA) CB) CC) CD)
15	CA) CB) CC) CD)	32	CA) CB) CC) CD)	49	CA) CB) CC) CD)	66	CA) CB) CC) CD)
16	CA) CB) CC) CD)	33	CA) CB) CC) CD)	50	CA) CB) CC) CD)	67	CA) CB) CC) CD)
17	CA) CB) CC) CD)	34	CA) CB) CC) CD)	51	CA) CB) CC) CD)	68	CA) CB) CC) CD)



Copyright © 1984 by TEA Ediciones, S.A. - Traducido y adaptado con permiso de The Psychological Corporation, USA - Edita: TEA Ediciones, S.A.; Fray Bernardino de Sahagún, 24; 28036 MADRID - Prohibida la reproducción total o parcial. Todos los derechos reservados - Este ejemplar está impreso en tinta azul. Si le presentan otro en tinta negra, es una reproducción ilegal. En beneficio de la profesión y en el suyo propio, NO LA UTILICE - Printed in Spain. Impreso en España por Aguirre Campans; Daganzo, 15 dpdo.; 28002 MADRID - Depósito legal: M - 27.882 - 1984.

2. Control de visualización - Modelo A -

<i>Ing. Téc. Industrial (Mecánica). Expresión Gráfica y Diseño Asistido por Ordenador (E.P.S. Burgos)</i>	
Control de Visualización.	28-10-09
<p>EJERCICIO N°1.- Dado el punto de vista fijo A, croquizar la vista de alzado que se obtiene después de girar la pieza 90° alrededor del eje X en el sentido indicado. Repetir la operación cuando la giramos 270° alrededor del eje Y en el sentido indicado.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;"> <p>EJERCICIO N°2.- Croquizar el desarrollo de la pieza.</p>  </div> </div> <p>EJERCICIO N°3.- Croquizar las vistas mínimas necesarias de la pieza dada.</p> <div style="text-align: center;">  </div>	
Alumno:	Grupo: N°:

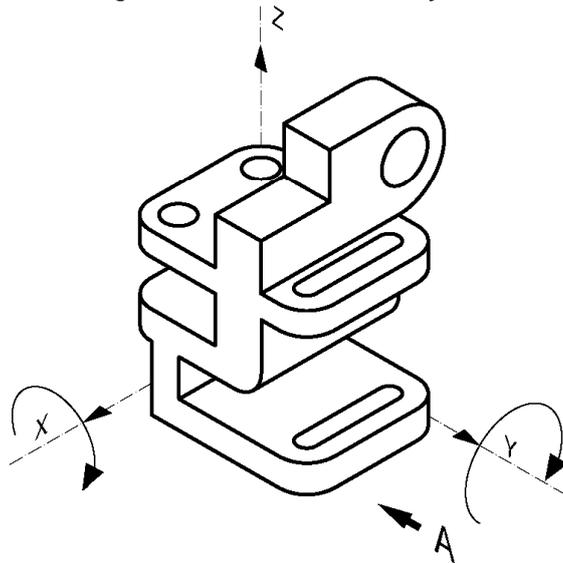
3. Control de visualización - Modelo B

Ing. Téc. Industrial (Mecánica). Expresión Gráfica y Diseño Asistido por Ordenador (E.P.S. Burgos)

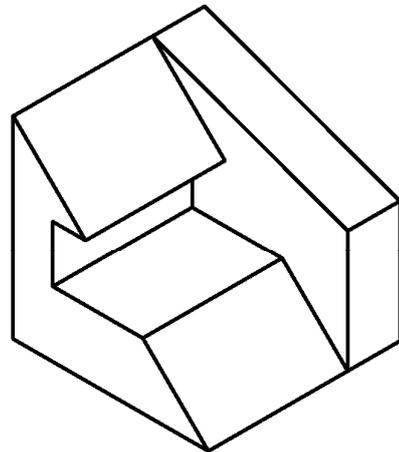
Control de Visualización.

29-10-09

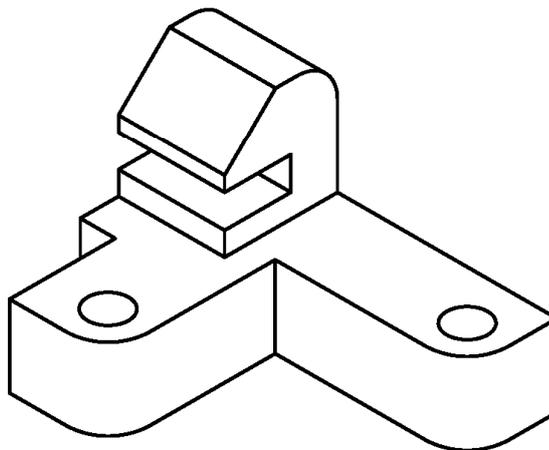
EJERCICIO N°1.- Dado el punto de vista fijo A, croquizar la vista de alzado que se obtiene después de girar la pieza 90° alrededor del eje X en el sentido indicado. Repetir la operación cuando la giramos 270° alrededor del eje Y en el sentido indicado.



EJERCICIO N°2.- Croquizar el desarrollo de la pieza.



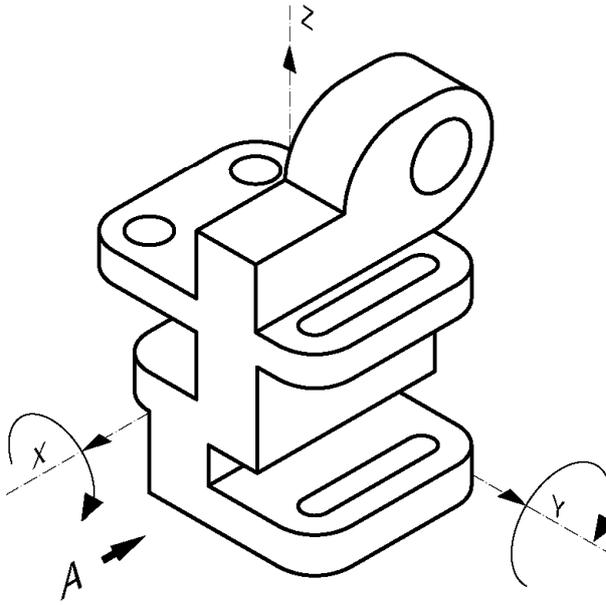
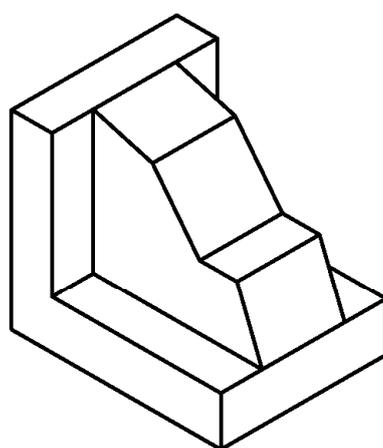
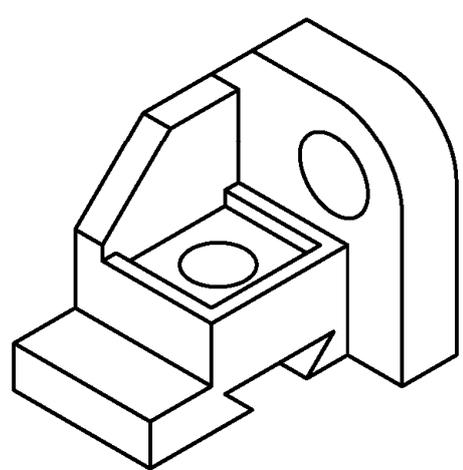
EJERCICIO N°3.- Croquizar las vistas mínimas necesarias de la pieza dada.



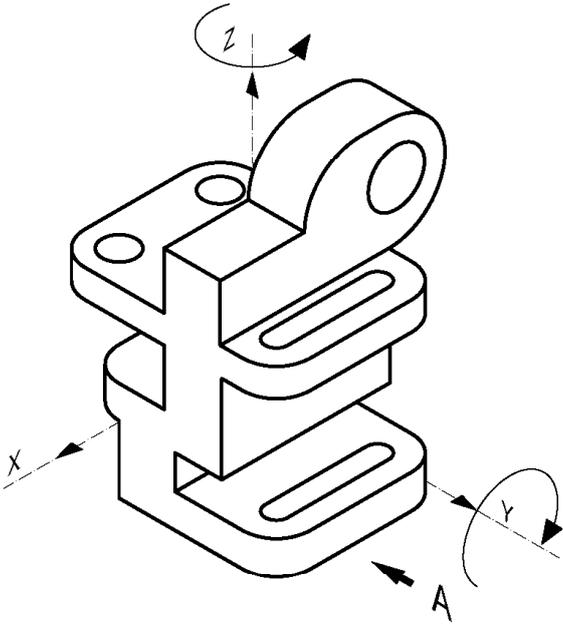
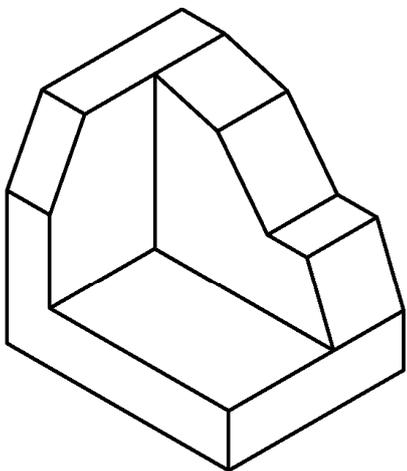
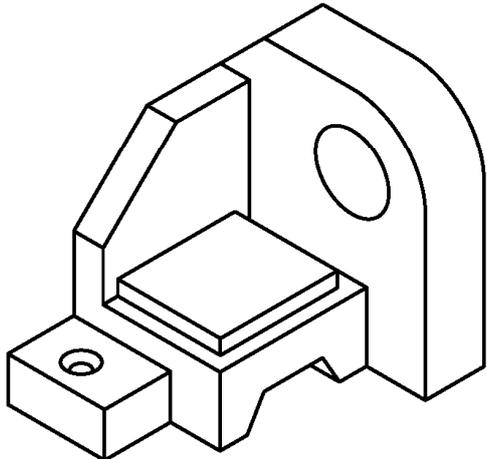
Alumno:

Grupo: N°:

4. Control de visualización - Modelo C

<i>Ing. Téc. Industrial (Electrónica). Expresión Gráfica y Diseño Asistido por Ordenador (E.P.S. Burgos)</i>	
Control de Visualización.	16-11-09
<p>EJERCICIO N°1.- Dado el punto de vista fijo A, croquizar la vista de alzado que se obtiene después de girar la pieza 180° alrededor del eje X en el sentido indicado. Repetir la operación cuando la giramos 90° alrededor del eje Y en el sentido indicado.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"><div style="text-align: center;"></div><div style="text-align: center;"><p>EJERCICIO N°2.- Croquizar el desarrollo de la pieza.</p></div></div> <p>EJERCICIO N°3.- Croquizar las vistas mínimas necesarias de la pieza dada.</p> <div style="text-align: center;"></div>	
Alumno:	Grupo: N°:

5. Control de visualización - Modelo D -

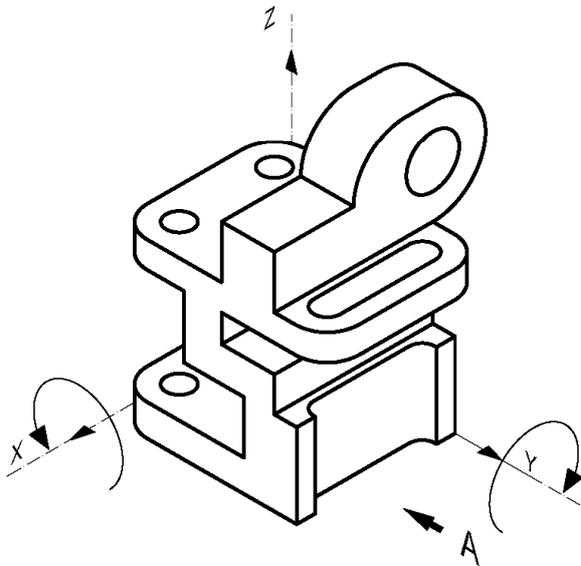
Ing. Téc. Industrial (Electrónica). Expresión Gráfica y Diseño Asistido por Ordenador (E.P.S. Burgos)	
Control de Visualización.	20-11-09
<p>EJERCICIO N°1.- Dado el punto de vista fijo A, croquizar la vista de alzado que se obtiene después de girar la pieza 180° alrededor del eje Y en el sentido indicado. Repetir la operación cuando la giramos 90° alrededor del eje Z en el sentido indicado.</p> 	
<p>EJERCICIO N°2.- Croquizar el desarrollo de la pieza.</p> 	
<p>EJERCICIO N°3.- Croquizar las vistas mínimas necesarias de la pieza dada.</p> 	
Alumno:	Grupo: N°:

6. Control de visualización - Modelo E -

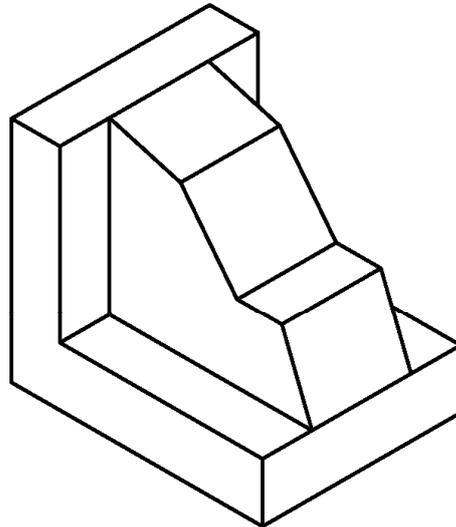
GRADO EN INGENIERIA. Expresión Gráfica (E.P.S. Burgos)

Control de Visualización

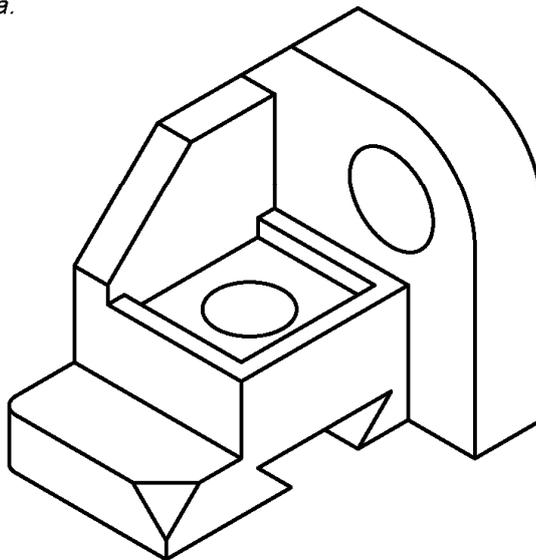
EJERCICIO N°1.- Dado el punto de vista fijo A, croquizar la vista de alzado que se obtiene después de girar la pieza 180° alrededor del eje Y en el sentido indicado. Repetir la operación cuando la giramos 90° alrededor del eje X en el sentido indicado.



EJERCICIO N°2.- Croquizar el desarrollo de la pieza.



EJERCICIO N°3.- Croquizar las vistas mínimas necesarias de la pieza dada.

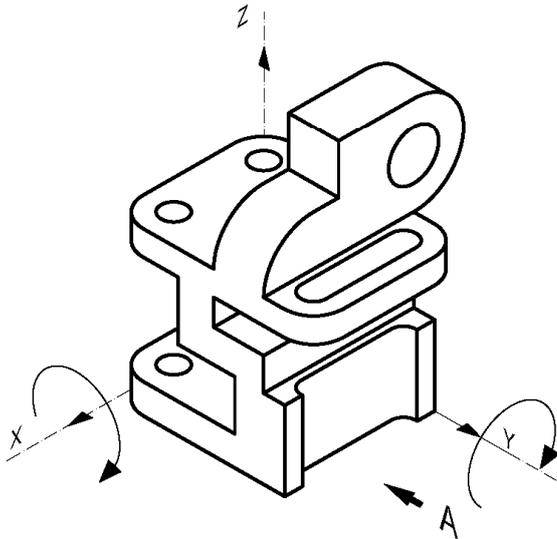


7. Control de visualización - Modelo F -

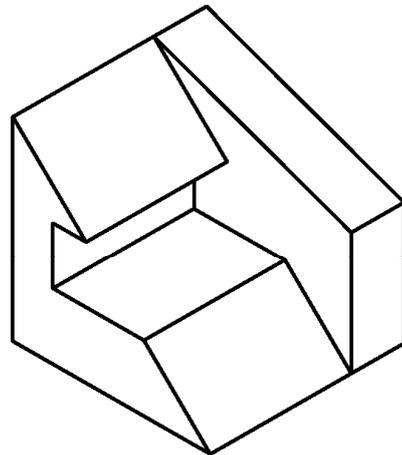
GRADO EN INGENIERIA. Expresión Gráfica (E.P.S. Burgos)

Control de Visualización

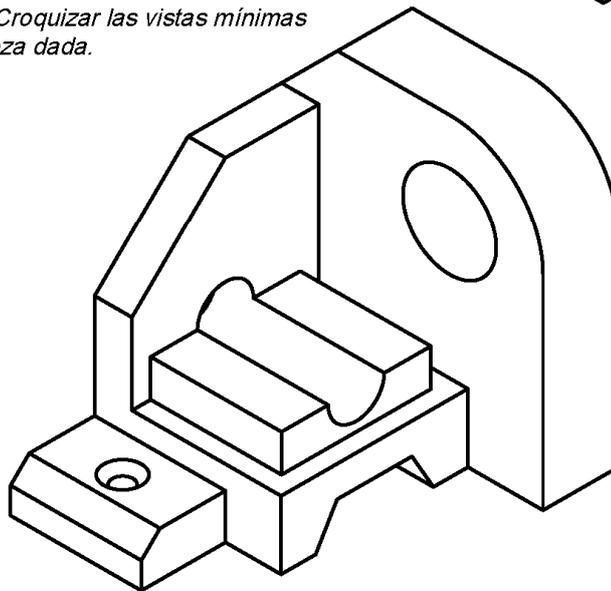
EJERCICIO N°1.- Dado el punto de vista fijo A, croquizar la vista de alzado que se obtiene después de girar la pieza 180° alrededor del eje Y en el sentido indicado. Repetir la operación cuando la giramos 90° alrededor del eje X en el sentido indicado.



EJERCICIO N°2.- Croquizar el desarrollo de la pieza.



EJERCICIO N°3.- Croquizar las vistas mínimas necesarias de la pieza dada.



8. Control de visualización - Modelo G -

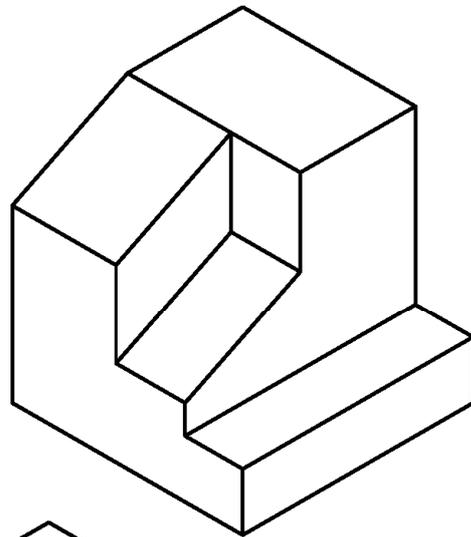
GRADO EN INGENIERIA. Expresión Gráfica (E.P.S. Burgos)

Control de Visualización

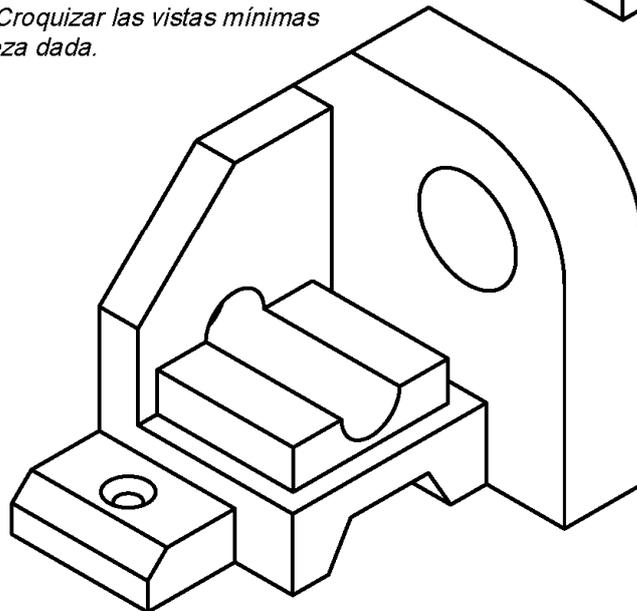
EJERCICIO N°1.- Dado el punto de vista fijo A, croquizar la vista de alzado que se obtiene después de girar la pieza 180° alrededor del eje Y en el sentido indicado. Repetir la operación cuando la giramos 270° alrededor del eje Z en el sentido indicado.



EJERCICIO N°2.- Croquizar el desarrollo de la pieza.



EJERCICIO N°3.- Croquizar las vistas mínimas necesarias de la pieza dada.



9. Control de visualización - Modelo H -

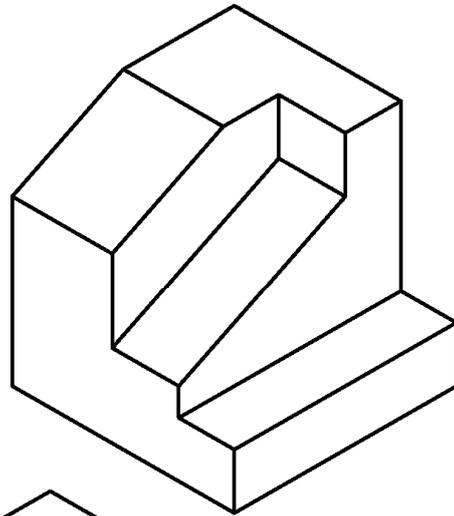
GRADO EN INGENIERIA. Expresión Gráfica (E.P.S. Burgos)

Control de Visualización

EJERCICIO N°1.- Dado el punto de vista fijo A, croquizar la vista de alzado que se obtiene después de girar la pieza 180° alrededor del eje Y en el sentido indicado. Repetir la operación cuando la giramos 270° alrededor del eje Z en el sentido indicado.



EJERCICIO N°2.- Croquizar el desarrollo de la pieza.



EJERCICIO N°3.- Croquizar las vistas mínimas necesarias de la pieza dada.



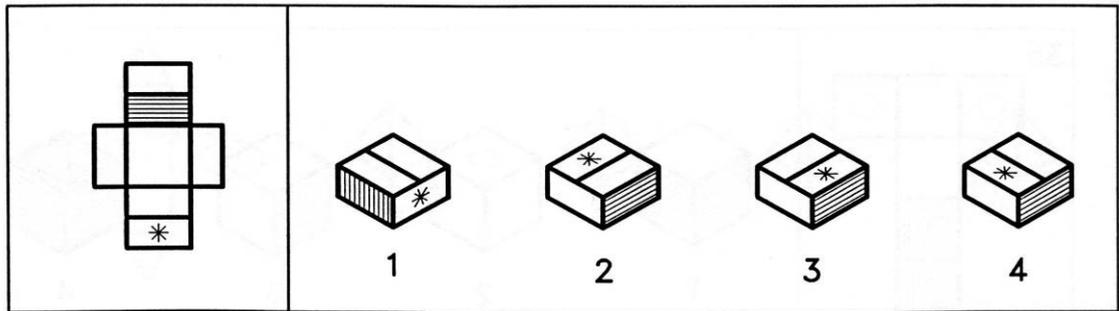
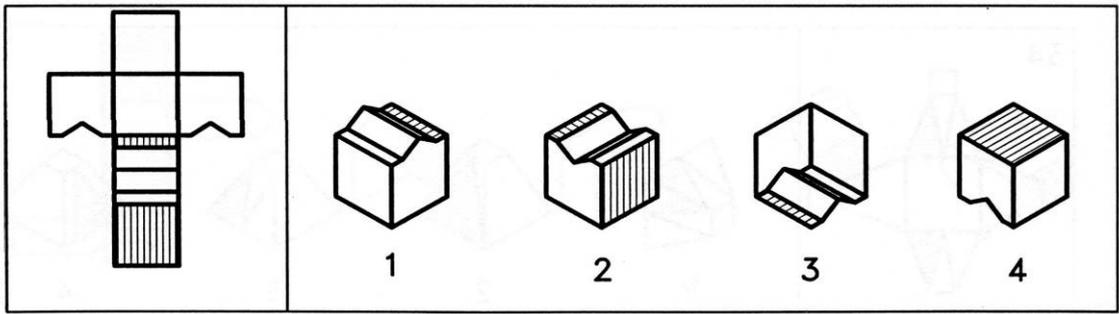
10. Test final de visualización - Modelo A -

Apellidos.....Nombre.....

1º Determinar para cada una de las piezas, las vistas que les corresponden según la dirección de proyección indicada. Rellenar la tabla con las soluciones.

Pieza		A	B	C
vistas	a			
	b			
	c			

2º Dado el desarrollo elegir el volumen que le corresponde. Rodear el número.

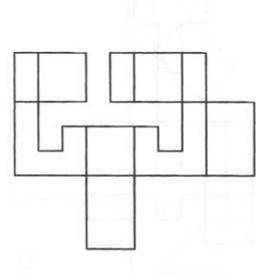
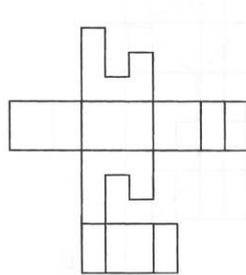
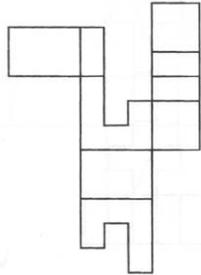
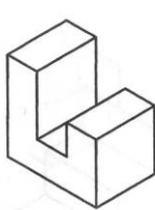


3º Dado el volumen escoger el correcto desarrollo de dicho volumen. Marcar la casilla.

A

B

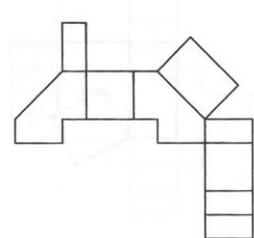
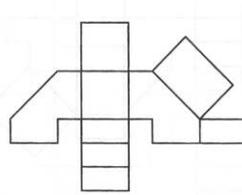
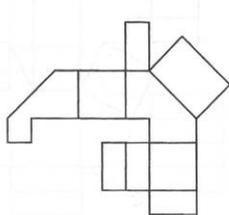
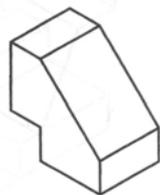
C



A

B

C



Anexo I

4º Elegir la opción que muestra un volumen igual al del modelo. Marcar la casilla.

MODELO	A	B	C	D
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				

5º Dados, una pieza en perspectiva que puede girar alrededor de los ejes **a**, **b**, **c**, y un punto de vista siempre fijo en la dirección del eje **a** (según se indica en la figura). Determinar qué vistas, se obtienen después de girar el volumen dado alrededor de los ejes **a**, **b**, **c** y en el sentido indicado, según se indica en la tabla de la figura.

1 2 3 4

5 6 7 8

9 10 11 12

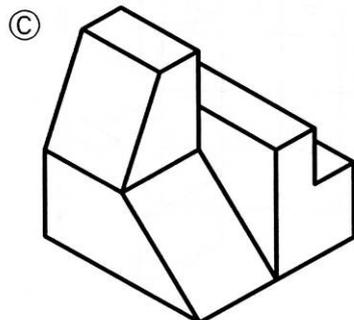
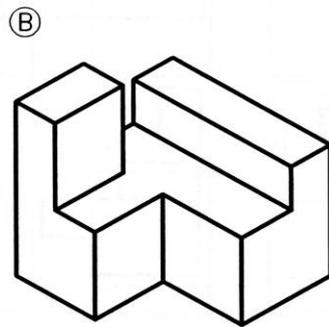
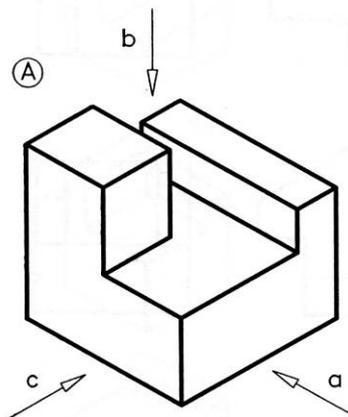
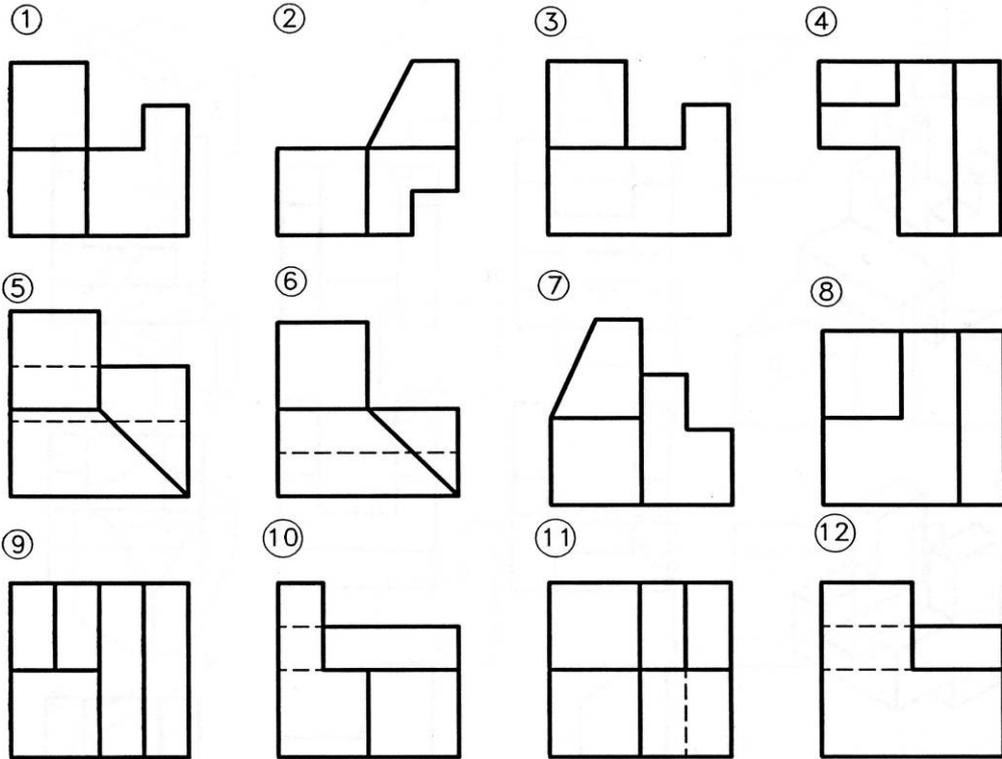
GIROS CONSECUTIVOS

	a	b	c
90°			
180°			
270°			

11. Test final de visualización - Modelo B -

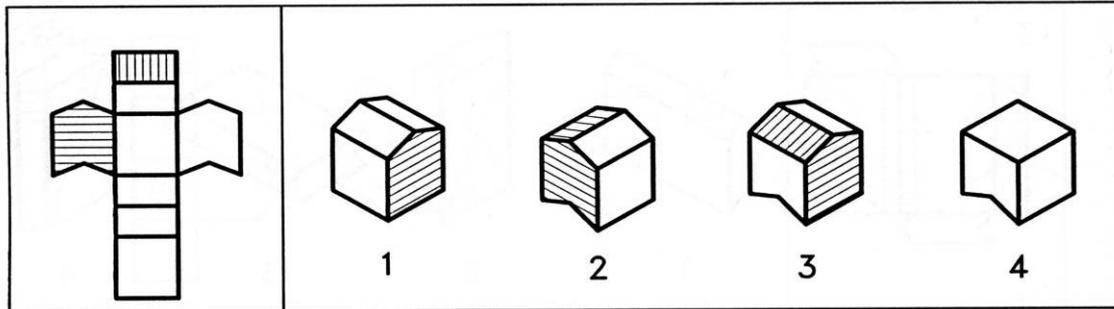
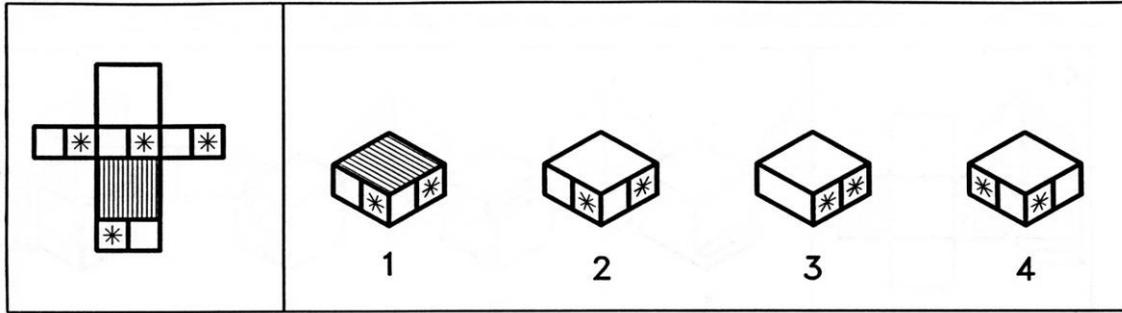
Apellidos.....Nombre.....

1º Determinar para cada una de las piezas, las vistas que les corresponden según la dirección de proyección indicada. Rellenar la tabla con las soluciones.

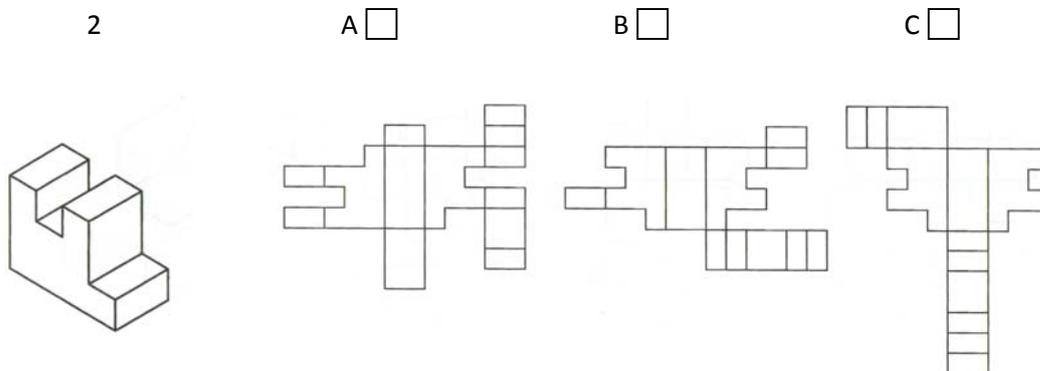
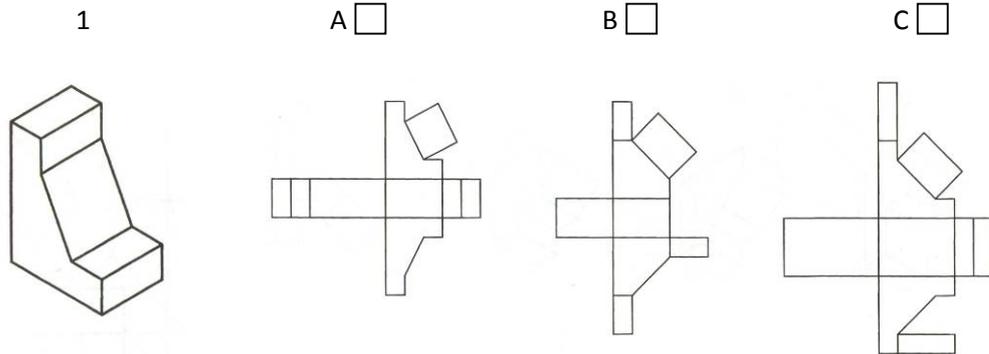


Pieza		A	B	C
vistas	a			
	b			
	c			

2º Dado el desarrollo elegir el volumen que le corresponde. Rodear el número.



3º Dado el volumen escoger el correcto desarrollo de dicho volumen. Marcar la casilla.



4º Elegir la opción que muestra un volumen igual al del modelo. Marcar la casilla.

MODELO

A B C D

5º Dados, una pieza en perspectiva que puede girar alrededor de los ejes **a**, **b**, **c**, y un punto de vista siempre fijo en la dirección del eje **a** (según se indica en la figura). Determinar qué vistas, se obtienen después de girar el volumen dado alrededor de los ejes **a**, **b**, **c** y en el sentido indicado, según se indica en la tabla de la figura.

Punto de vista

GIROS CONSECUTIVOS

	a	b	c
90°			
180°			
270°			

1 2 3

4 5 6

7 8 9

10 11 12

12. Encuesta de satisfacción, eficacia y eficiencia de ILMAGE_SV

ENCUESTA DE EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN WEB CALCUBU

- El objetivo de esta encuesta es evaluar por parte de sus usuarios la aplicación "www2.ubu.es/calcubu".
- Responde con sinceridad a las cuestiones y no dudes en consultar de nuevo la aplicación si necesitas recordar algo o asegurar alguna contestación.
- La información obtenida de estas encuestas será utilizada con fines de investigación docente.

Marca con una **X** la opción elegida

A. Experiencia en Internet

	Menos de 1	Entre 1-3	Entre 3 y 5	Entre 5 y 8	Más de 8
1 Horas diarias de uso de Internet	<input type="checkbox"/>				
2 Horas diarias de uso de Internet con fines educativos	<input type="checkbox"/>				

	SI	NO
3 En tu casa, ¿Tienes acceso a Internet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 En caso afirmativo, ¿Has utilizado la aplicación en casa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B. Dificultades técnicas encontradas (tanto en casa como en el aula)

5 Dificultades técnicas encontradas (se puede seleccionar más de una opción)

Pérdida de conexión a Internet	<input type="checkbox"/>	Pérdidas de sesión fortuitas	<input type="checkbox"/>	Problemas de registro	<input type="checkbox"/>
No funcionaban los enlaces	<input type="checkbox"/>	Acceso lento	<input type="checkbox"/>	Ninguna	<input type="checkbox"/>
No se instaló el visualizador 3D	<input type="checkbox"/>				

	< 1 vez	1-5 veces	6-10 veces	> 10 veces
6 Frecuencia por semana de esas dificultades técnicas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	< 12 horas	12-24 horas	2-6 días	> 1 semana	Nunca
7 ¿Cuánto tiempo tardaste en solucionarlas?	<input type="checkbox"/>				

	SI	NO
8 ¿Has tenido problemas para ver los vídeos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9 ¿Has tenido problemas para escuchar el audio?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10 ¿Qué software/plugins te ha hecho falta descargar (se puede seleccionar más de una opción)?

Windows media player	<input type="checkbox"/>	Visualizador 3D	<input type="checkbox"/>	Internet Explorer	<input type="checkbox"/>
Codecs de video/audio	<input type="checkbox"/>	Ninguno	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>

C. Diseño, estructura, facilidad de uso

Valora tu grado de acuerdo con el aspecto, calidad y utilidad de los siguientes elementos de la aplicación. Marca con una **X** el **1** si estas muy en desacuerdo, el **2** si estás en desacuerdo, el **3** si eres indiferente, el **4** si estás de acuerdo o el **5** si estás muy de acuerdo

	1	2	3	4	5
11 El aspecto y apariencia de las pantallas, en cuanto a colores y fondos	<input type="checkbox"/>				
12 El tamaño y tipo de texto	<input type="checkbox"/>				
13 La situación de los botones de navegación	<input type="checkbox"/>				

14	La relación entre los iconos y botones con su contenido o función (ej: un icono verde indica correcto o que los botones hagan lo que dicen que hacen)	<input type="checkbox"/>				
15	La calidad de las imágenes	<input type="checkbox"/>				
16	La calidad de los objetos 3D	<input type="checkbox"/>				
17	La calidad de los vídeos	<input type="checkbox"/>				
18	La calidad del audio	<input type="checkbox"/>				
19	La distribución de la pantalla en cuanto a puntos principales, subpuntos, áreas de objetos 3D, imágenes y zona de respuestas	<input type="checkbox"/>				
20	La utilidad de las imágenes	<input type="checkbox"/>				
21	La utilidad del texto escrito	<input type="checkbox"/>				
22	La utilidad de los objetos 3D	<input type="checkbox"/>				
23	La utilidad de los vídeos	<input type="checkbox"/>				
<p>Señala tu grado de acuerdo con las siguientes afirmaciones. Marca con una X el 1 si estas muy en desacuerdo, el 2 si estás en desacuerdo, el 3 si eres indiferente, el 4 si estás de acuerdo o el 5 si estás muy de acuerdo</p>						
		1	2	3	4	5
24	Resulta atractivo el aspecto general de la aplicación	<input type="checkbox"/>				
25	Se integran con éxito los diferentes lenguajes empleados (gráfico, texto, audio, etc.)	<input type="checkbox"/>				
26	Es fácil saber dónde te encuentras en cada momento dentro de la aplicación (orientación)	<input type="checkbox"/>				
27	Es fácil acceder y avanzar en la información de la aplicación (navegación)	<input type="checkbox"/>				
28	Es complicado el manejo del visualizador 3D	<input type="checkbox"/>				
29	Se accede a la guía o ayudas de forma rápida y fácil	<input type="checkbox"/>				
30	Esta aplicación es sencilla de utilizar, es decir, no requiere adiestramiento específico	<input type="checkbox"/>				
31	La aplicación es útil en docencia como complemento de ayuda al auto-estudio	<input type="checkbox"/>				
32	La aplicación es útil en docencia como herramienta de información del progreso en el estudio	<input type="checkbox"/>				
33	Son necesarios otros soportes y formatos de teoría (pdf, flash, etc.)	<input type="checkbox"/>				
34	Son útiles las instrucciones de uso del visualizador 3D	<input type="checkbox"/>				
35	La aplicación presenta elementos innecesarios	<input type="checkbox"/>				
D. Valoración de los contenidos						
		1	2	3	4	5
36	Esta aplicación es motivadora porque impulsa mi participación en el proceso de aprendizaje	<input type="checkbox"/>				
37	La aplicación presenta la información de forma amena y esto me motiva e interesa	<input type="checkbox"/>				

Anexo I

38	Me parece motivador y me ayuda al estudio el hecho de conocer los resultados de los ejercicios de forma cuantitativa	<input type="checkbox"/>					
39	Considero útil en esta aplicación el poder conocer estadísticas de uso y tiempos de conexión	<input type="checkbox"/>					
40	En cuanto a la claridad de explicaciones en videos y en enunciados: es difícil el lenguaje empleado	<input type="checkbox"/>					
41	Desde el punto de vista educativo es útil en esta aplicación el visualizador de objetos en 3D	<input type="checkbox"/>					
42	Considero muy útil la creación aleatoria de ejercicios a partir del nivel que yo elija	<input type="checkbox"/>					
43	La dificultad de los ejercicios es adecuada	<input type="checkbox"/>					
44	La posibilidad de que el profesor pueda asignarme ejercicios y exámenes me parece muy positiva	<input type="checkbox"/>					
45	Los recursos empleados (visualizador 3D, imágenes, vídeos, audios, etc.) son adecuados	<input type="checkbox"/>					
46	La cantidad de ejercicios es adecuada	<input type="checkbox"/>					
47	Los niveles son adecuados	<input type="checkbox"/>					
48	Los resultados obtenidos en los ejercicios me parecen objetivos y adecuadamente calculados	<input type="checkbox"/>					
49	En esta aplicación existen contradicciones en los contenidos	<input type="checkbox"/>					
50	Esta aplicación es útil para la asignatura "Expresión Gráfica y Diseño Asistido por Ordenador"	<input type="checkbox"/>					
Marca con una X la opción elegida							
		Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta	
51	Señala la frecuencia de uso de los vídeos de teoría y de los ejemplos	<input type="checkbox"/>					
		Muy poco	Poco	Medianamente	Bastante	Mucho	
52	Después del uso de la aplicación mi capacidad de visualización espacial ha aumentado:	<input type="checkbox"/>					
		Muy mala	Mala	Regular	Buena	Muy buena	
53	Valoración general de la aplicación	<input type="checkbox"/>					
		SI	NO				
54	¿Volverías a visitar esta aplicación para mejorar más tu capacidad de visualización espacial?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
55	¿Recomendarías esta aplicación a otras personas interesadas en el tema que trata?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Observaciones: <div style="border: 1px solid black; height: 60px; width: 100%; margin-top: 5px;"></div>							
MUCHAS GRACIAS POR TU COLABORACIÓN							

ANEXO II PRÁCTICAS

1 Prácticas del grupo tradicional

1.1. Práctica 1a

Nº 1 Colocar en la casilla correspondiente, el número que, en las vistas, designa cada plano de la perspectiva.

VISUALIZACION

	Aa	Ps	Ld
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			
H			
K			
L			

Nº2 Colocar en la casilla correspondiente, el número que, en las vistas, designa cada plano de la perspectiva.

VISUALIZACION

	Aa	Ps	Ld
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			
H			
K			
L			

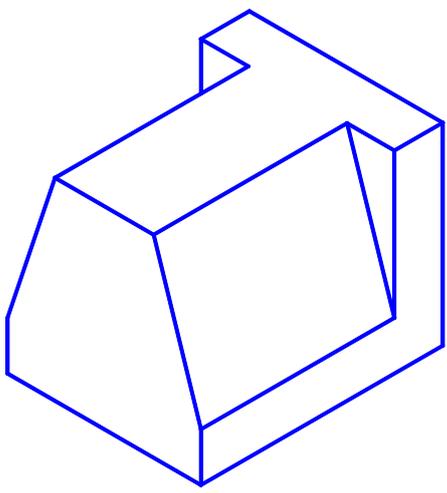
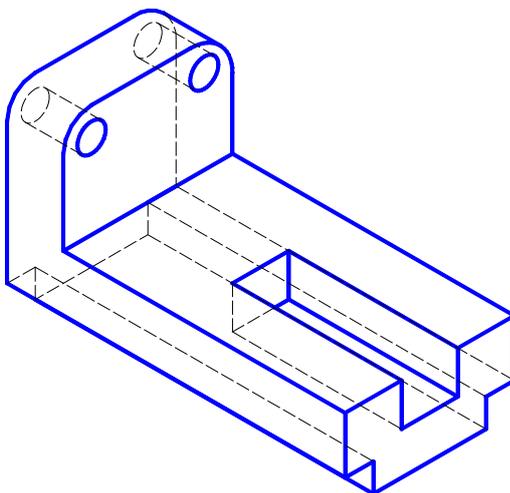
LBI

ALUMNO

GRUPO

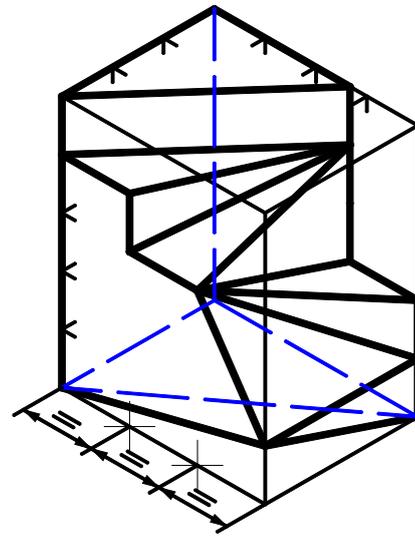
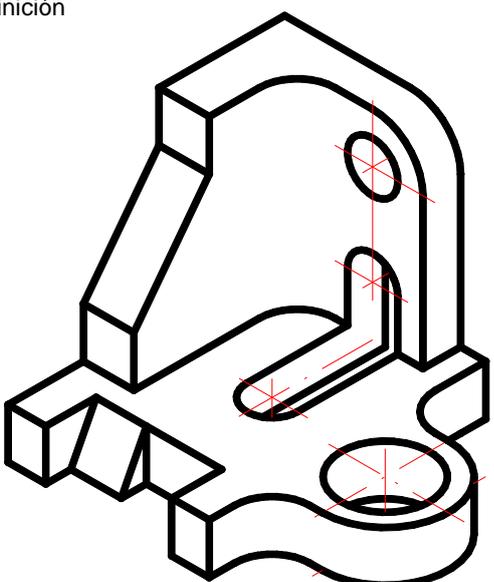
Nº

1.2. Práctica 1b

Ing. Téc. Industrial (Mecánica). Expresión Gráfica y Diseño Asistido por Ordenador (E.P.S. Burgos)	
TEMA: Técnico	Práctica N°:1B
EJERCICIO N°1.- Croquizar el desarrollo de la pieza así como sus vistas principales.	EJERCICIO N°2.- Croquizar las vistas principales de la pieza dada.
	
Alumno:	Grupo: N°:

Arturo de Román Miguel

1.3. Práctica 2a

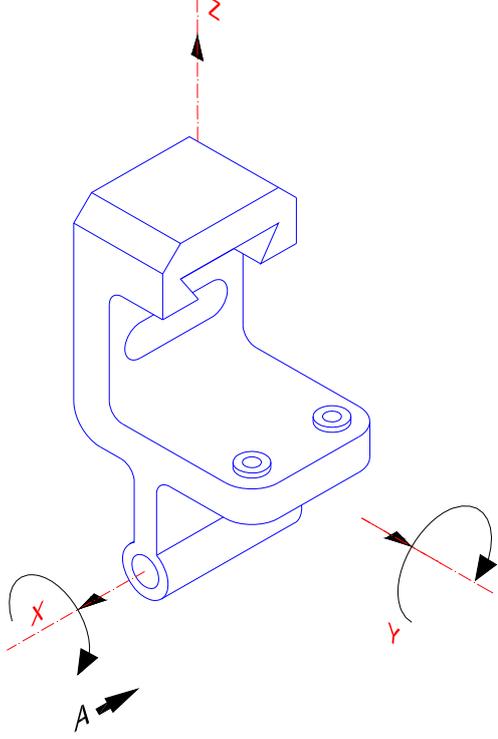
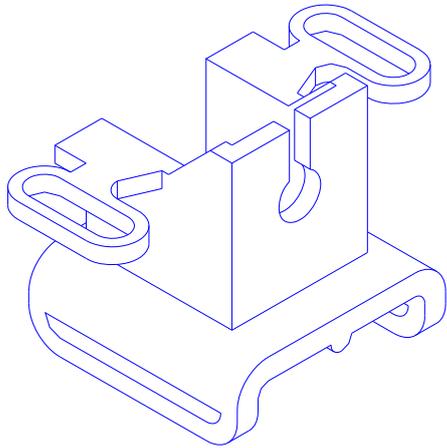
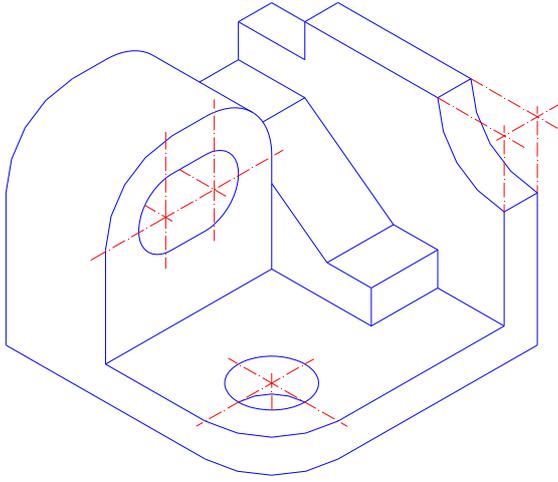
LÁMINA T2a	Escuela Politécnica Superior de Burgos Ingeniería Electrónica. Expresión Gráfica	TEMA: Vistas mínimas necesarias. Croquización.
<p>EJERCICIOS N° 1 y 2: CROQUIZAR, según UNE-1032, las vistas mínimas necesarias para la correcta definición de las piezas dadas.</p>		
		

M. Esther Baños

1.4. Práctica 2b

<i>Ing. Téc. Industrial (Mecánica). Expresión Gráfica y Diseño Asistido por Ordenador (E.P.S. Burgos)</i>	
TEMA: Técnico	Práctica N°:2B
<p>EJERCICIO N°1.- Croquizar los nuevos alzados A1 y A2 al girar la pieza 90° en los sentidos indicados en cada eje.</p> <p>EJERCICIO N°2.- Croquizar las vistas mínimas necesarias de la pieza dada.</p>	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Arturo de Román Miguel</p>	
Alumno:	Grupo: N°:

1.5. Práctica 3

Grado en Ingeniería. Expresión Gráfica (E.P.S. Burgos)	
Tema: Técnico	Práctica N°: 3
<p>EJERCICIO N°1.- Dado el punto de vista fijo A, croquizar el nuevo alzado que resulta al girar la pieza 90° alrededor del eje X en el sentido indicado. Repetir la operación cuando la giramos 270° alrededor del eje Y en el sentido indicado.</p>	
	<p>EJERCICIO N°2.- Croquizar las vistas mínimas necesarias de la pieza dada.</p> 
<p>EJERCICIO N°3.- Croquizar las vistas mínimas necesarias de la pieza dada.</p> 	
<p>Alumno:</p>	<p>Grupo: N°:</p>

2 Prácticas del grupo experimental

Las prácticas del grupo experimental P1 y P2 fueron las mismas los dos cursos de experimentación. Se crearon 4 versiones de cada práctica P1 y P2. La práctica P3 se redujo en ejercicios de un curso para otro. En total se crearon 16 prácticas diferentes con todos los ejercicios disponibles en la base de datos según se indicó en el Capítulo 4, apartado 4.8.

2.1. Práctica P1_a

The screenshot shows the user interface for the 'PRÁCTICA/EXAMEN: P1E1_ELEC' on the University of Burgos website. The interface is organized into several levels:

- Nivel 1a:** Contains four exercise boxes:
 - Ejercicio 1(94):** Aciertos: 1 de 5, Nota: 0.37
 - Ejercicio 2(104):** Aciertos: 1 de 1, Nota: 0.67
 - Ejercicio 3(109):** Pulse para resolver
 - Ejercicio 4(110):** Pulse para resolver
- Nivel 1b:** Contains four exercise boxes, all with 'Pulse para resolver' buttons:
 - Ejercicio 1(7)**
 - Ejercicio 2(95)**
 - Ejercicio 3(96)**
 - Ejercicio 4(128)**
- Nivel 2:** Contains four exercise boxes, all with 'Pulse para resolver' buttons:
 - Ejercicio 1(12)**
 - Ejercicio 2(14)**
 - Ejercicio 3(15)**
 - Ejercicio 4(119)**
- Nivel 3a:** Contains two exercise boxes, both with 'Pulse para resolver' buttons:
 - Ejercicio 1(17)**
 - Ejercicio 2(129)**
- Nivel 3b:** Contains two exercise boxes:
 - Ejercicio 1(21):** Pulse para resolver
 - Ejercicio 2(120):** Aciertos: 3 de 3, Nota: 6

At the bottom of the interface, there is a link for [Ver Teoría y ejemplos](#).

2.2. Práctica P1_b



Nivel 1a

[Ejercicio 1\(93\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(105\)](#)
Aciertos: 1 de 3
Nota: 0.55

[Ejercicio 3\(108\)](#)
Aciertos: 0 de 1
Nota: 0

[Ejercicio 4\(111\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 1b

[Ejercicio 1\(6\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(9\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(95\)](#)
Aciertos: 1 de 2
Nota: 0.63

[Ejercicio 4\(126\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 2

[Ejercicio 1\(11\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(13\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(15\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 4\(119\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 3a

[Ejercicio 1\(16\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(129\)](#)
Aciertos: 0 de 1
Nota: 0

Nivel 3b

[Ejercicio 1\(19\)](#)
Aciertos: 5 de 5
Nota: 10

[Ejercicio 2\(114\)](#)
Aciertos: 0 de 2
Nota: 0

[Ver Teoría y ejemplos](#)

2.3. Práctica P1_c

UNIVERSIDAD DE BURGOS UBU Area de Expresión Gráfica en la Ingeniería

Usuario: Canico [Cerrar sesión](#) [Perfil de usuario](#) [Ver estadísticas](#)

[Crear práctica nueva](#) PRÁCTICA/EXAMEN: P1E2_ELEC [Ver otra](#)

Nivel 1a

Ejercicio 1(93) Aciertos: 0 de 1 Nota: 0	Ejercicio 2(105) Pulse para resolver	Ejercicio 3(108) Pulse para resolver	Ejercicio 4(111) Pulse para resolver
--	---	---	---

Nivel 1b

Ejercicio 1(6) Pulse para resolver	Ejercicio 2(9) Pulse para resolver	Ejercicio 3(95) Pulse para resolver	Ejercicio 4(126) Pulse para resolver
---	---	--	---

Nivel 2

Ejercicio 1(11) Pulse para resolver	Ejercicio 2(13) Pulse para resolver	Ejercicio 3(15) Pulse para resolver	Ejercicio 4(119) Pulse para resolver
--	--	--	---

Nivel 3a

Ejercicio 1(16) Pulse para resolver	Ejercicio 2(129) Aciertos: 0 de 1 Nota: 0
--	---

Nivel 3b

Ejercicio 1(19) Pulse para resolver	Ejercicio 2(114) Pulse para resolver
--	---

[Ver Teoría y ejemplos](#)

2.4. Práctica P1_d



UNIVERSIDAD DE BURGOS

Area de Expresión Gráfica en la Ingeniería

Usuario: Carlos [Cerrar sesión](#) [Perfil de usuario](#) [Ver estadísticas](#)

[Crear práctica nueva](#) PRÁCTICA/EXAMEN: P1_MEC_2 [Ver otro/a](#)

Nivel 1a

Ejercicio 1(94) Aciertos: 0 de 1 Nota: 0	Ejercicio 2(104) Pulse para resolver	Ejercicio 3(109) Pulse para resolver	Ejercicio 4(110) Aciertos: 0 de 6 Nota: 0
--	---	---	---

Nivel 1b

Ejercicio 1(7) Pulse para resolver	Ejercicio 2(95) Pulse para resolver	Ejercicio 3(96) Pulse para resolver	Ejercicio 4(128) Pulse para resolver
---	--	--	---

Nivel 2

Ejercicio 1(12) Pulse para resolver	Ejercicio 2(14) Pulse para resolver	Ejercicio 3(15) Pulse para resolver	Ejercicio 4(119) Pulse para resolver
--	--	--	---

Nivel 3a

Ejercicio 1(17) Pulse para resolver	Ejercicio 2(129) Pulse para resolver
--	---

Nivel 3b

Ejercicio 1(21) Pulse para resolver	Ejercicio 2(120) Pulse para resolver
--	---

[Ver Teoría y ejemplos](#)

2.5. Práctica P2_a

Nivel 1a

[Ejercicio 1\(107\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(108\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(111\)](#)

[Pulse para resolver](#)

Nivel 1b

[Ejercicio 1\(6\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(9\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(128\)](#)

[Pulse para resolver](#)

Nivel 2

[Ejercicio 1\(12\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(14\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(125\)](#)

[Pulse para resolver](#)

Nivel 3a

[Ejercicio 1\(18\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(100\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(130\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 4\(131\)](#)

[Pulse para resolver](#)

Nivel 3b

[Ejercicio 1\(19\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(114\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(122\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 4\(124\)](#)

[Pulse para resolver](#)

Nivel 3c

[Ejercicio 1\(23\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(25\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(132\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ver Teoría y ejemplos](#)

2.6. Práctica P2_b



UNIVERSIDAD DE BURGOS



Area de Expresión Gráfica en la Ingeniería

Usuario: Centro Centro: MEC Perfil: alumno Ver actividades

[Crear práctica nueva](#) PRÁCTICA/EXAMEN: P2E1_MEC [Ver otros/a](#)

Nivel 1a

Ejercicio 1(106) Pulse para resolver	Ejercicio 2(109) Pulse para resolver	Ejercicio 3(110) Pulse para resolver
---	---	---

Nivel 1b

Ejercicio 1(7) Pulse para resolver	Ejercicio 2(96) Pulse para resolver	Ejercicio 3(127) Pulse para resolver
---	--	---

Nivel 2

Ejercicio 1(12) Pulse para resolver	Ejercicio 2(14) Pulse para resolver	Ejercicio 3(125) Pulse para resolver
--	--	---

Nivel 3a

Ejercicio 1(18) Pulse para resolver	Ejercicio 2(100) Pulse para resolver	Ejercicio 3(130) Pulse para resolver	Ejercicio 4(131) Pulse para resolver
--	---	---	---

Nivel 3b

Ejercicio 1(20) Pulse para resolver	Ejercicio 2(21) Pulse para resolver	Ejercicio 3(120) Pulse para resolver	Ejercicio 4(123) Pulse para resolver
--	--	---	---

Nivel 3c

Ejercicio 1(22) Aciertos: 9 de 9 Nota: 10	Ejercicio 2(24) Pulse para resolver	Ejercicio 3(132) Pulse para resolver
---	--	---

[Ver Teoría y ejemplos](#)

Campus Río Vena: Avenida Cantabria s/n. Tel. 947 25 89 26 Campus San Amaro: O/ Villadiego s/n Tel. 947 25 89 94

ESUELA POLITÉCNICA SUPERIOR UNIVERSIDAD DE BURGOS DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN GRÁFICA

 [Creative Commons](#) Página mantenida por el Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería. 2011  [Sugerencias](#)

2.7. Práctica P2_c

Nivel 1a

[Ejercicio 1\(106\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(109\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(110\)](#)

[Pulse para resolver](#)

Nivel 1b

[Ejercicio 1\(7\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(96\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(127\)](#)

[Pulse para resolver](#)

Nivel 2

[Ejercicio 1\(11\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(13\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(142\)](#)

[Pulse para resolver](#)

Nivel 3a

[Ejercicio 1\(18\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(100\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(133\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 4\(134\)](#)

[Pulse para resolver](#)

Nivel 3b

[Ejercicio 1\(20\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(21\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(120\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 4\(123\)](#)

[Pulse para resolver](#)

Nivel 3c

[Ejercicio 1\(22\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(24\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(135\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ver Teoría y ejemplos](#)

2.8. Práctica P2_d



UNIVERSIDAD DE BURGOS

Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería

Usuario: [Inicio](#) [Inicio](#) [Inicio](#) [Inicio](#)

[Crear práctica nueva](#) PRÁCTICA/EXAMEN: P2_MEC_2 [Ver otro/s](#)

Nivel 1a

Ejercicio 1(107) Pulse para resolver	Ejercicio 2(108) Pulse para resolver	Ejercicio 3(111) Pulse para resolver
---	---	---

Nivel 1b

Ejercicio 1(6) Pulse para resolver	Ejercicio 2(9) Pulse para resolver	Ejercicio 3(127) Pulse para resolver
---	---	---

Nivel 2

Ejercicio 1(11) Pulse para resolver	Ejercicio 2(13) Pulse para resolver	Ejercicio 3(126) Pulse para resolver
--	--	---

Nivel 3a

Ejercicio 1(18) Pulse para resolver	Ejercicio 2(100) Pulse para resolver	Ejercicio 3(130) Pulse para resolver	Ejercicio 4(131) Pulse para resolver
--	---	---	---

Nivel 3b

Ejercicio 1(19) Pulse para resolver	Ejercicio 2(114) Pulse para resolver	Ejercicio 3(122) Pulse para resolver	Ejercicio 4(124) Pulse para resolver
--	---	---	---

Nivel 3c

Ejercicio 1(23) Pulse para resolver	Ejercicio 2(26) Pulse para resolver	Ejercicio 3(132) Pulse para resolver
--	--	---

[Ver Teoría y ejemplos](#)

2.9. Práctica P3_a

Nivel 3a

[Ejercicio 1\(133\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(134\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 3b

[Ejercicio 1\(121\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(124\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 3c

[Ejercicio 1\(101\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(136\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(137\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 4

[Ejercicio 1\(26\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(28\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(29\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 4\(112\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 5\(116\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 6\(118\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 5

[Ejercicio 1\(30\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(31\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(32\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 4\(33\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 5\(138\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 6\(139\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ver Teoría y ejemplos](#)

2.10. Práctica P3_b

UNIVERSIDAD DE BURGOS UBU Area de Expresión Gráfica en la Ingeniería

Usuario: Carlos Compañación Perfil de usuario Ver estadísticas

[Crear práctica nueva](#) PRÁCTICA/EXAMEN: P3E2_MEC [Ver otra/s](#)

Nivel 3a

[Ejercicio 1\(131\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(134\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 3b

[Ejercicio 1\(120\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(123\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 3c

[Ejercicio 1\(132\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(136\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(137\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 4

[Ejercicio 1\(26\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(27\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(29\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 4\(115\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 5\(117\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 6\(118\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 5

[Ejercicio 1\(30\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(31\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(32\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 4\(33\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 5\(138\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 6\(139\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ver Teoría y ejemplos](#)

Campus Río Vena: Avenida Cantabria s/n. Tel. 947 25 89 26 Campus San Amaro: O/ Villadiego s/n Tel. 947 25 89 94

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR UNIVERSIDAD DE BURGOS DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN GRÁFICA

[Accesibilidad](#) Página mantenida por el Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería, 2011 [Sugerencias](#)

2.11. Práctica P3_c

Nivel 3a

[Ejercicio 1\(133\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(134\)](#)

[Pulse para resolver](#)

Nivel 3b

[Ejercicio 1\(121\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(123\)](#)

[Pulse para resolver](#)

Nivel 3c

[Ejercicio 1\(24\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(136\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(137\)](#)

[Pulse para resolver](#)

Nivel 4

[Ejercicio 1\(27\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(29\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(115\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 4\(117\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 5\(118\)](#)

[Pulse para resolver](#)

Nivel 5

[Ejercicio 1\(30\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(31\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(32\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 4\(33\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 5\(138\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 6\(140\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ver Teoría y ejemplos](#)

2.12. Práctica P3_d



Nivel 3a

[Ejercicio 1\(130\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(131\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 3b

[Ejercicio 1\(122\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(124\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 3c

[Ejercicio 1\(101\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(132\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(137\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 4

[Ejercicio 1\(27\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(29\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(112\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 4\(115\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 5\(117\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 5

[Ejercicio 1\(30\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(32\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(33\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 4\(138\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 5\(139\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 6\(141\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ver Teoría y ejemplos](#)

2.13. Práctica P3_e

Nivel 3a

[Ejercicio 1\(133\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(134\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 3b

[Ejercicio 1\(121\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(124\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 3c

[Ejercicio 1\(101\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(136\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(137\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 4

[Ejercicio 1\(28\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(112\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(116\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 4\(118\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 5

[Ejercicio 1\(31\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(32\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(33\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 4\(139\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 5\(141\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ver Teoría y ejemplos](#)

2.14. Práctica P3_f

UNIVERSIDAD DE BURGOS
LBU
Area de Expresión Gráfica en la Ingeniería

Usuario: Carlos Generar sesión Perfil de usuario Ver estadísticas

[Crear práctica nueva](#) PRÁCTICA/EXAMEN: P3_MEC_2 [Ver otro/a](#)

Nivel 3a

[Ejercicio 1\(129\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(133\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 3b

[Ejercicio 1\(114\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(123\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 3c

[Ejercicio 1\(135\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(136\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(137\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 4

[Ejercicio 1\(26\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(29\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(117\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 4\(118\)](#)
[Pulse para resolver](#)

Nivel 5

[Ejercicio 1\(31\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(32\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(33\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 4\(139\)](#)
[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 5\(141\)](#)
Aciertos: 4 de 4
Nota: 8

[Ver Teoría y ejemplos](#)

2.15. Práctica P3_g

Nivel 3a

[Ejercicio 1\(133\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(134\)](#)

Aciertos: 0 de 1
Nota: 0

Nivel 3b

[Ejercicio 1\(121\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(123\)](#)

Aciertos: 0 de 5
Nota: 0

Nivel 3c

[Ejercicio 1\(24\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(136\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(137\)](#)

Aciertos: 1 de 4
Nota: 0.81

Nivel 4

[Ejercicio 1\(27\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(29\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(115\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 4\(117\)](#)

[Pulse para resolver](#)

Nivel 5

[Ejercicio 1\(30\)](#)

Aciertos: 1 de 1
Nota: 2

[Ejercicio 2\(31\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(33\)](#)

Aciertos: 2 de 2
Nota: 4

[Ejercicio 4\(138\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 5\(140\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ver Teoría y ejemplos](#)

2.16. Práctica P3_h

UNIVERSIDAD DE BURGOS

Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería

Inicio | Crear sesión | Perfil de usuario | Ver estadísticas

[Crear práctica nueva](#) | PRÁCTICA/EXAMEN: P3_ORG | [Ver otro/a](#)

Nivel 3a

[Ejercicio 1\(130\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(131\)](#)

[Pulse para resolver](#)

Nivel 3b

[Ejercicio 1\(122\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(124\)](#)

[Pulse para resolver](#)

Nivel 3c

[Ejercicio 1\(101\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(132\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(137\)](#)

Aciertos: 6 de 8
Nota: 6.46

Nivel 4

[Ejercicio 1\(27\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(29\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(115\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 4\(117\)](#)

[Pulse para resolver](#)

Nivel 5

[Ejercicio 1\(30\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 2\(32\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 3\(138\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 4\(139\)](#)

[Pulse para resolver](#)

[Ejercicio 5\(141\)](#)

Aciertos: 2 de 4
Nota: 3.43

[Ver Teoría y ejemplos](#)

ANEXO III DATOS INICIALES

1 Curso 2009-2010 Mecánica-Miércoles

Alumno	Edad	DAT-SR	Centil	Sexo	1ª Matricula	Procedencia	DT	Provincia
1	18	40	40	M	R	B	NT	Burgos
2	18	50	77	M	R	B	NT	Burgos
3	19	22	0	M	R	B	DT	Burgos
4	21	42	45	H	NR	FP	NT	Burgos
5	22	34	15	H	NR	FP	NT	Burgos
6	21	40	40	H	NR	FP	DT	Burgos
7	25	54	87	H	NR	FP	DT	Burgos
8	17	44	53	H	NR	B	NT	Burgos
9	19	47	57	H	NR	B	NT	Burgos
10	18	43	49	H	NR	B	DT	Burgos
11	17	23	2	H	NR	B	DT	Burgos
12	18	37	26	H	NR	B	DT	Burgos
13	18	48	60	H	NR	B	DT	Burgos
14	18	53	85	H	NR	B	DT	Burgos
15	18	57	98	H	NR	B	DT	Burgos
16	18	39	34	H	NR	B	DT	Burgos
17	18	56	94	H	NR	B	DT	Burgos
18	18	49	68	H	NR	B	DT	Burgos
19	19	27	4	H	R	B	NT	Palencia
20	19	33	13	H	R	B	DT	Burgos
21	19	42	45	H	R	B	DT	Burgos
22	19	51	79	H	R	B	DT	Burgos
23	18	56	94	H	R	B	DT	Burgos
24	18	33	13	M	NR	B	NT	Burgos
25	18	52	81	M	NR	B	NT	Burgos
26	20	29	6	M	R	B	DT	Burgos
27	22	49	68	H	NR	FP	NT	Burgos
28	21	33	13	H	NR	FP	DT	Burgos
29	21	39	34	H	NR	FP	DT	Burgos
30	29	56	94	H	NR	FP	DT	Burgos
31	23	50	77	H	NR	FP	DT	
32	19	36	23	H	NR	B	NT	Burgos
33	18	49	68	H	NR	B	NT	Burgos
34	18	36	23	H	NR	B	DT	Burgos
35	18	39	34	H	NR	B	DT	Burgos
36	18	44	53	H	NR	B	DT	Burgos
37	20	50	77	H	NR	B	DT	Burgos
38	18	36	23	H	NR	B	DT	Burgos
39	18	50	77	H	NR	B	DT	Burgos
40	18	57	98	H	NR	B	DT	Burgos
41	19	43	49	H	NR	B	DT	Burgos
42	18	49	68	H	NR	B	DT	Burgos
43	19	53	85	H	R	B	NT	Burgos
44	19	36	23	H	R	B	DT	Burgos
45	19	40	40	H	R	B	DT	Burgos
46	19	39	34	H	R	B	DT	Burgos
47	20	46	55	H	R	B	DT	Burgos

2 Curso 2009-2010 Mecánica-Jueves

Alumno	Edad	DAT-SR	Centil	Sexo	1ª Matricula	Procedencia	DT	Provincia
1	23	46	55	M	NR	FP	DT	Burgos
2	18	54	81	M	NR	B	DT	Burgos
3	18	50	71	M	NR	B	DT	Burgos
4	18	39	26	M	NR	B	DT	Burgos
5	21	34	16	M	R	B	DT	Burgos
6	21	28	6	H	NR	FP	DT	Burgos
7	21	59	97	H	NR	FP	DT	Burgos
8	23	52	77	H	NR	FP	DT	Soria
9	18	41	35	H	NR	B	NT	Burgos
10	17	57	87	H	NR	B	NT	Burgos
11	18	33	10	H	NR	B	DT	Burgos
12	18	41	35	H	NR	B	DT	Burgos
13	18	27	3	H	NR	B	DT	Burgos
14	18	37	23	H	NR	B	DT	Burgos
15	19	55	84	H	NR	B	DT	Burgos
16	17	47	61	H	NR	B	DT	León
17	17	34	16	H	NR	B	DT	Burgos
18	18	50	71	H	NR	B	DT	Burgos
19	18	44	45	H	NR	B	DT	Burgos
20	18	59	97	H	NR	B	DT	Burgos
21	18	52	77	H	NR	B	DT	Burgos
22	26	44	45	H	NR	B	DT	Burgos
23	18	49	65	H	NR	B	DT	Burgos
24	18	45	48	H	NR	B	DT	Burgos
25	24	59	97	H	R	FP	DT	Burgos
26	19	26	0	H	R	B	DT	Burgos
27	21	37	23	H	R	B	DT	Burgos
28	19	42	39	H	R	B	DT	Burgos
29	21	47	61	H	R	B	DT	Burgos
30	20	46	55	H	R	B	DT	Guadalajara
31	18	40	29	H	R	B	DT	Burgos

3 Curso 2009-2010 Electrónica-Lunes

Alumno	Edad	DAT-SR	Promedio	Sexo	1ª Matricula	Procedencia	DT	Provincia
1	19	36	27	M	NR	B	NT	Madrid
2	20	32	16	M	NR	B	NT	Colombia
3	22	36	27	M	NR	B	NT	Burgos
4	17	37	32	M	NR	B	NT	Burgos
5	18	29	11	M	NR	B	DT	Burgos
6	18	42	46	M	NR	B	DT	Burgos
7	17	38	35	M	NR	B	DT	Burgos
8	18	32	16	M	NR	B	DT	Burgos
9	19	54	89	M	R	B	DT	Soria
10	19	45	57	M	R	B	DT	Burgos
11	20	42	46	H	NR	FP	NT	Burgos
12	20	56	95	H	NR	FP	NT	Burgos
13	26	43	51	H	NR	FP	NT	Burgos

Alumno	Edad	DAT-SR	Promedio	Sexo	1ª Matricula	Procedencia	DT	Provincia
14	20	54	89	H	NR	FP	NT	Burgos
15	18	29	11	H	NR	B	NT	Burgos
16	17	44	54	H	NR	B	NT	Burgos
17	18	54	89	H	NR	B	NT	Guipúzcoa
18	19	37	32	H	NR	B	NT	Burgos
19	18	35	22	H	NR	B	NT	Burgos
20	17	35	22	H	NR	B	NT	Burgos
21	21	27	5	H	NR	B	NT	Burgos
22	17	26	3	H	NR	B	DT	Burgos
23	18	43	51	H	NR	B	DT	Burgos
24	18	46	59	H	NR	B	DT	Burgos
25	18	41	41	H	NR	B	DT	Burgos
26	25	52	70	H	R	FP	NT	Burgos
27	26	53	76	H	R	FP	NT	Burgos
28	22	54	89	H	R	FP	DT	Burgos
29	20	20	0	H	R	B	NT	Burgos
30	19	50	62	H	R	B	NT	Burgos
31	20	53	76	H	R	B	NT	Burgos
32	20	54	89	H	R	B	NT	Burgos
33	24	51	68	H	R	B	NT	Burgos
34	19	40	38	H	R	B	DT	Burgos
35	19	51	68	H	R	B	DT	Burgos
36	20	56	95	H	R	B	DT	Burgos
37	19	58	97	H	R	B	DT	Burgos

4 Curso 2009-2010 Electrónica-Viernes

Alumno	Edad	DAT-SR	Centil	Sexo	1ª Matricula	Procedencia	DT	Provincia
1	18	33	12	M	NR	B	NT	Burgos
2	18	34	19	M	NR	B	NT	Burgos
3	17	36	31	M	NR	B	NT	Burgos
4	18	32	4	M	NR	B	DT	Burgos
5	18	42	54	M	NR	B	DT	Burgos
6	20	32	4	H	NR	FP	NT	Burgos
7	21	33	12	H	NR	FP	NT	Burgos
8	24	39	46	H	NR	FP	NT	Burgos
9	20	43	58	H	NR	FP	NT	Burgos
10	22	36	31	H	NR	FP	DT	Burgos
11	22	37	38	H	NR	FP	DT	Burgos
12	18	38	42	H	NR	B	NT	Burgos
13	18	45	62	H	NR	B	NT	Burgos
14	18	47	73	H	NR	B	NT	Burgos
15	19	51	77	H	NR	B	NT	Burgos
16	17	52	81	H	NR	B	NT	Burgos
17	17	36	31	H	NR	B	DT	Burgos
18	17	46	65	H	NR	B	DT	Burgos
19	17	56	88	H	NR	B	DT	Burgos
20	18	57	92	H	NR	B	DT	Burgos
21	17	59	96	H	NR	B	DT	Burgos
22	19	34	19	H	R	FP	NT	Burgos
23	24	37	38	H	R	FP	NT	Burgos

Anexo III

Alumno	Edad	DAT-SR	Centil	Sexo	1ª Matricula	Procedencia	DT	Provincia
24	22	47	73	H	R	FP	DT	Burgos
25	19	54	85	H	R	B	NT	Palencia
26	23	42	54	H	R	B	DT	Burgos

5 Curso 2010-2011 Electrónica

Alumno	Edad	DAT	Centil SR	post MRT	Centil MRT	Sexo	1ª Matricula	Proced.	DT	Provincia
1	24	38	33,3		#N/A	H	R	FP	DT	Burgos
2	22	39	38,1	25,0	71,4	H	NR	FP	DT	Burgos
3	21	33	9,5	17,0	40,5	M	NR	B	DT	Burgos
4	18	37	26,2	19,0	52,4	H	NR	B	DT	Burgos
5	18	47	64,3	19,0	52,4	M	R	B	DT	Burgos
6	21	46	54,8	14,0	35,7	H	NR	FP	DT	Burgos
7	18	50	76,2	31,0	85,7	H	NR	B	DT	Burgos
8	23	31	2,4		#N/A	H	NR	FP	NT	Burgos
9	18	46	54,8	23,0	64,3	H	NR	B	DT	Burgos
10	18	32	4,8	9,0	31,0	H	NR	B	DT	Burgos
11	18	35	14,3	13,0	33,3	H	R	B	DT	Burgos
12	18	37	26,2	25,0	71,4	H	NR	B	NT	Burgos
13	23	54	88,1	21,0	57,1	H	NR	B	DT	Burgos
14	17	52	83,3		#N/A	M	NR	B	NT	Burgos
15	24	48	69,0		#N/A	H	NR	FP	NT	Burgos
16	22	48	69,0	26,0	76,2	H	NR	FP	DT	Burgos
17	20	49	71,4		#N/A	H	NR	FP	NT	Soria
18	21	47	64,3	9,0	31,0	M	R	B	DT	Colombia
19	21	24	0,0		#N/A	H	NR	FP	NT	Burgos
20	19	56	92,9	34,0	90,5	H	R	B	NT	Guipúzcoa
21	19	39	38,1		#N/A	H	NR	FP	NT	Burgos
22	21	43	42,9		#N/A	H	NR	FP	DT	Burgos
23	20	50	76,2	40,0	97,6	H	NR	FP	DT	Burgos
24	18	56	92,9	38,0	95,2	H	NR	B	DT	Burgos
25	17	35	14,3	25,0	71,4	H	NR	B	NT	Burgos
26	18	38	33,3	23,0	64,3	H	NR	B	NT	Burgos
27	23	40	40,5		#N/A	H	NR	FP	DT	Burgos
28	22	47	64,3	27,0	81,0	H	NR	FP	DT	Burgos
29	18	33	9,5		#N/A	H	NR	B	NT	Burgos
30	24	51	81,0	27,0	81,0	H	R	FP	DT	Palencia
31	18	53	85,7	17,0	40,5	M	NR	B	NT	Burgos
32	19	46	54,8	19,0	52,4	H	R	B	DT	Burgos
33	20	51	81,0	38,0	95,2	H	NR	B	DT	Burgos
34	20	46	54,8	33,0	88,1	H	NR	FP	DT	Burgos
35	18	57	97,6	21,0	57,1	H	R	B	DT	Burgos
36	18	36	21,4	18,0	45,2	H	NR	B	NT	Burgos
37	18	36	21,4	28,0	83,3	H	NR	B	NT	Burgos
38	19	57	97,6	26,0	76,2	H	R	B	DT	Burgos
39	21	38	33,3		#N/A	H	R	B	NT	Burgos
40	20	45	45,2		#N/A	H	NR	FP	NT	Burgos
41	23	47	64,3	23,0	64,3	H	NR	FP	NT	Burgos
42	24	36	21,4	18,0	45,2	H	NR	FP	DT	Burgos

6 Curso 2010-2011 Mecánica-Mañana

Alumno	Edad	DAT	Cent SR	Pre MRT	Centil MRT	Post MRT	Sexo	1ª Matricula	Proced.	DT	Provincia
1	18	55	77,5	36	90,0	40	H	NR	B	DT	Burgos
2	24	58	97,5	36	90,0		H	R	FP	DT	Álava
3	18	56	87,5	40	97,5		H	R	B	DT	Burgos
4	19	48	45,0	21	42,5	27	H	R	B	DT	Burgos
5	18	38	20,0	11	5,0	21	M	NR	B	DT	Burgos
6	30	52	65,0	26	60,0	33	H	R	B	NT	Burgos
7	18	52	65,0	19	37,5	29	H	NR	B	NT	Burgos
8	25	52	65,0	14	20,0		H	NR	FP	DT	Burgos
9	20	49	47,5	23	47,5	23	H	R	B	DT	Burgos
10	18	53	67,5	33	80,0	40	H	NR	B	DT	Burgos
11	18	36	10,0	17	25,0	30	H	NR	B	DT	Burgos
12	19	58	97,5	24	55,0	31	H	R	B	DT	Burgos
13	18	54	72,5	26	60,0	24	H	NR	B	DT	Burgos
14	19	37	12,5	24	55,0	26	H	NR	B	DT	Burgos
15	18	38	20,0	13	12,5	14	H	R	B	DT	Burgos
16	18	34	2,5	24	55,0	23	H	NR	B	DT	Burgos
17	20	39	25,0	22	45,0	36	H	NR	FP	DT	Burgos
18	17	44	40,0	18	32,5	27	H	NR	B	NT	Burgos
19	18	41	32,5	13	12,5	14	M	NR	B	DT	Palencia
20	18	57	92,5	31	77,5	38	H	NR	B	DT	Burgos
21	17	56	87,5	27	70,0	38	H	NR	B	DT	Burgos
22	19	57	92,5	18	32,5	20	H	R	B	DT	Burgos
23	19	45	42,5	19	37,5	18	H	NR	B	DT	Soria
24	18	56	87,5	40	97,5	38	H	NR	B	DT	Burgos
25	19	55	77,5	38	92,5	36	H	R	B	DT	Burgos
26	19	56	87,5	36	90,0	38	H	R	B	NT	Burgos
27	18	41	32,5	27	70,0		H	NR	B	DT	Burgos
28	18	44	40,0	35	82,5	38	H	NR	B	DT	Burgos
29	19	42	35,0	11	5,0	12	H	R	B	DT	Burgos
30	17	39	25,0	20	40,0	20	H	NR	B	NT	Burgos
31	20	50	52,5	28	72,5	34	H	NR	B	DT	Burgos
32	18	36	10,0	12	7,5		H	R	B	DT	Burgos
33	18	50	52,5	27	70,0	33	H	NR	B	DT	Burgos
34	18	38	20,0	15	22,5	14	H	NR	B	NT	Burgos
35	18	54	72,5	14	20,0	16	H	R	B	DT	Burgos
36	18	51	55,0	29	75,0	34	H	NR	B	DT	Burgos
37	21	36	10,0	14	20,0	21	H	NR	FP	DT	Burgos
38	18	33	0,0	7	0,0	20	H	NR	B	NT	Burgos
39	18	52	65,0	18	32,5	20	M	NR	B	DT	Burgos
40	23	40	27,5	27	70,0	31	H	NR	FP	DT	Burgos

7 Curso 2010-2011 Mecánica-Tarde

Alumno	Edad	DAT	Centil SR	Pre MRT	Centil MRT	Post MRT	Sexo	1ª Matricula	Proced.	DT	Provincia
1	19,0	52,0	57,7	19,0	26,9		M	R	B	DT	Burgos
2		41,0	26,9	24,0	46,2	32,0	H	NR	B	NT	
3	22,0	36,0	7,7	5,0	0,0	10,0	H	NR	FP	DT	Segovia
4	18,0	53,0	65,4	28,0	61,5	34,0	H	NR	B	NT	Burgos
5	22,0	27,0	3,8	12,0	11,5		H	R	B	DT	Burgos
6	26,0	56,0	76,9	40,0	96,2	34,0	H	R	FP	DT	Burgos
7	17,0	59,0	96,2	22,0	38,5	35,0	H	NR	B	NT	Burgos
8	18,0	58,0	84,6	36,0	92,3	34,0	H	NR	B	NT	Burgos
9	18,0	47,0	42,3	22,0	38,5	26,0	H	NR	B	NT	Burgos
10	17,0	47,0	42,3	32,0	65,4	38,0	H	NR	B	DT	Burgos
11	18,0	59,0	96,2	34,0	80,8	40,0	H	NR	B	DT	Burgos
12	18,0	47,0	42,3	26,0	53,8	31,0	H	NR	B	NT	Burgos
13	20,0	39,0	19,2	11,0	7,7	20,0	H	R	B	DT	Burgos
14	19,0	38,0	15,4	18,0	23,1	27,0	H	R	B	DT	Burgos
15	18,0	54,0	73,1	34,0	80,8	40,0	H	NR	B	NT	Burgos
16	19,0	46,0	30,8	36,0	92,3	35,0	H	NR	B	NT	Burgos
17	21,0	48,0	50,0	16,0	15,4	31,0	H	NR	FP	NT	Soria
18	17,0	41,0	26,9	8,0	3,8	20,0	H	NR	B	NT	Burgos
19	21,0	22,0	0,0	24,0	46,2	24,0	H	NR	FP	NT	Burgos
20	23,0	58,0	84,6	33,0	73,1	34,0	H	NR	FP	NT	Burgos
21	18,0	54,0	73,1	33,0	73,1	33,0	H	NR	B	NT	Burgos
22		59,0	96,2	36,0	92,3	37,0	H	NR	B	DT	
23	20,0	37,0	11,5	26,0	53,8	22,0	H	R	B	DT	Burgos
24	20,0	49,0	53,8	17,0	19,2	25,0	M	NR	FP	DT	Burgos
25	22,0	53,0	65,4	20,0	30,8	18,0	H	R	FP	DT	Burgos
26	18,0	48,0	50,0	28,0	61,5	36,0	H	NR	B	NT	Burgos

8 Curso 2010-2011 Mecánica-Tarde

Alumno	Edad	DAT	Centil SR	Pre MRT	Centil MRT	Post MRT	Sexo	1ª Matricula	Proced.	DT	Provincia
1	17	36	52,4	40,0	95,2	40,0	H	NR	B	DT	Burgos
2	21	36	52,4	11,0	23,8	18,0	M	NR	B	NT	Burgos
3	19	47	76,2	20,0	47,6	12,0	H	NR	B	DT	Burgos
4	18	31	42,9	35,0	85,7	36,0	H	NR	B	DT	Burgos
5	19	52	85,7	31,0	76,2	32,0	M	NR	B	NT	Burgos
6	17	16	0,0		#N/A		H	NR	B	NT	Burgos
7	21	47	76,2	38,0	90,5	38,0	H	NR	B	DT	Burgos
8	18	44	66,7	8,0	14,3	16,0	M	NR	B	DT	Soria
9	17	44	66,7	20,0	47,6		H	NR	B	NT	Ávila
10	21	31	42,9	22,0	57,1	22,0	M	NR	FP	DT	Guipúzcoa
11	18	42	57,1	27,0	71,4	30,0	M	NR	B	DT	Burgos
12	18	56	95,2	34,0	81,0	40,0	H	NR	B	DT	Burgos
13	18	23	19,0	13,0	38,1	22,0	H	NR	B	DT	Burgos
14	19	18	9,5	4,0	9,5	11,0	H	NR	B	DT	Burgos
15	17	27	33,3	26,0	66,7	27,0	H	NR	B	NT	Burgos
16	18	55	90,5	21,0	52,4	26,0	M	NR	B	DT	Álava
17	17	24	23,8	12,0	33,3	14,0	M	NR	B	DT	León

Alumno	Edad	DAT	Centil SR	Pre MRT	Centil MRT	Post MRT	Sexo	1ª Matricula	Proced.	DT	Provincia
18	18	48	81,0	24,0	61,9	30,0	M	NR	B	NT	Burgos
19	22	23	19,0	10,0	19,0		H	NR	B	NT	Rumanía
20	19	26	28,6	12,0	33,3	19,0	H	NR	B	NT	Ecuador
21	25	17	4,8		#N/A		M	NR	FP	NT	Navarra

9 Resultados del control y test final de visualización

Alumno	CURSO	Edad	Visión (7)	Croquizado (3)	Total Control (10)	Test final (10)
1	2009-2010	19	4,35	2,25	6,60	
2	2009-2010	22	2,70	0,70	3,40	
3	2009-2010	18	3,80	1,90	5,70	5,80
4	2009-2010	18	3,50	1,50	5,00	5,40
5	2009-2010	19	4,50	2,25	6,75	9,60
6	2009-2010	26	4,15	1,75	5,90	9,60
7	2009-2010	20	6,25	2,50	8,75	6,30
8	2009-2010	17	6,00	1,50	7,50	7,10
9	2009-2010	19	2,65	0,95	3,60	
10	2009-2010	21	4,00	2,15	6,15	6,30
11	2009-2010	18	5,30	2,20	7,50	9,60
12	2009-2010	18	4,80	1,80	6,60	8,80
13	2009-2010	25	5,50	1,80	7,30	8,80
14	2009-2010	26	6,05	1,85	7,90	8,80
15	2009-2010	19	3,90	2,20	6,10	7,50
16	2009-2010	19	5,50	2,35	7,85	9,20
17	2009-2010	19	5,45	2,25	7,70	8,30
18	2009-2010	20	5,60	1,90	7,50	
19	2009-2010	20	4,30	2,25	6,55	
20	2009-2010	17	4,20	1,55	5,75	7,10
21	2009-2010	17	5,75	2,55	8,30	9,20
22	2009-2010	18	4,05	1,70	5,75	5,80
23	2009-2010	19	5,30	2,20	7,50	10,00
24	2009-2010	20	2,75	1,25	4,00	3,80
25	2009-2010	20	4,40	2,25	6,65	8,80
26	2009-2010	18	3,50	1,75	5,25	6,30
27	2009-2010	18	3,20	1,90	5,10	7,90
28	2009-2010	18	4,95	2,10	7,05	5,40
29	2009-2010	17	3,50	1,20	4,70	7,90
30	2009-2010	17	4,30	1,65	5,95	7,90
31	2009-2010	18	5,30	2,65	7,95	7,10
32	2009-2010	22	5,03	2,05	7,08	9,20
33	2009-2010	20	3,60	1,40	5,00	
34	2009-2010	20	3,20	1,60	4,80	7,90
35	2009-2010	20	5,45	2,45	7,90	10,00
36	2009-2010	24	4,15	1,65	5,80	9,60

Anexo III

Alumno	CURSO	Edad	Visión (7)	Croquizado (3)	Total Control (10)	Test final (10)
37	2009-2010	19	5,95	2,45	8,40	10,00
38	2009-2010	18	3,85	1,00	4,85	
39	2009-2010	18	3,70	1,65	5,35	7,10
40	2009-2010	17	4,20	2,25	6,45	
41	2009-2010	20	3,10	1,00	4,10	
42	2009-2010	24	5,60	1,70	7,30	3,80
43	2009-2010	22	4,85	1,95	6,80	
44	2009-2010	18	5,70	1,50	7,20	8,30
45	2009-2010	19	6,05	2,40	8,45	10,00
46	2009-2010	17	5,30	2,05	7,35	7,90
47	2009-2010	17	5,20	2,20	7,40	10,00
48	2009-2010	17	6,85	2,65	9,50	10,00
49	2009-2010	19	4,30	1,30	5,60	
50	2009-2010	22	5,15	2,30	7,45	10,00
51	2009-2010	19	6,70	1,90	8,60	9,20
52	2009-2010	18	5,20	2,30	7,50	5,00
53	2009-2010	18	4,40	1,90	6,30	7,90
54	2009-2010	21	3,55	1,20	4,75	5,00
55	2009-2010	20	5,45	2,25	7,70	9,20
56	2009-2010	22	6,60	2,05	8,65	9,60
57	2009-2010	18	5,05	2,05	7,10	7,10
58	2009-2010	18	6,70	2,80	9,50	9,20
59	2009-2010	17	6,45	2,55	9,00	10,00
60	2009-2010	17	5,10	1,65	6,75	8,30
61	2009-2010	18				
62	2009-2010	24	6,75	2,85	9,60	5,80
63	2009-2010	23	5,70	2,45	8,15	8,30
64	2009-2010	18	4,20	1,65	5,85	
65	2009-2010	18	3,70	2,10	5,80	6,70
66	2009-2010	21	3,85	2,10	5,95	
67	2009-2010	21	6,40	2,40	8,80	
68	2009-2010	17	5,35	2,25	7,60	10,00
69	2009-2010	18	4,10	1,45	5,55	
70	2009-2010	19	6,00	2,25	8,25	
71	2009-2010	17	3,70	1,80	5,50	
72	2009-2010	18	3,25	1,25	4,50	
73	2009-2010	18	4,05	1,50	5,55	9,60
74	2009-2010	26				
75	2009-2010	18	5,90	2,25	8,15	9,20
76	2009-2010	24	6,20	2,35	8,55	10,00
77	2009-2010	19	4,05	1,10	5,15	
78	2009-2010	21	3,95	1,60	5,55	8,30
79	2009-2010	20	4,55	1,80	6,35	
80	2009-2010	23	4,35	1,70	6,05	
81	2009-2010	18	4,85	2,15	7,00	
82	2009-2010	21	3,40	1,70	5,10	7,50
83	2009-2010	23				
84	2009-2010	18	4,95	2,05	7,00	
85	2009-2010	18	5,80	1,95	7,75	7,50
86	2009-2010	18	5,15	1,85	7,00	

Alumno	CURSO	Edad	Visión (7)	Croquizado (3)	Total Control (10)	Test final (10)
87	2009-2010	18	5,35	2,35	7,70	9,60
88	2009-2010	17	3,00	1,25	4,25	9,20
89	2009-2010	18	3,85	1,40	5,25	
90	2009-2010	18	5,25	2,20	7,45	10,00
91	2009-2010	18	4,70	2,25	6,95	
92	2009-2010	19	4,95	1,95	6,90	
93	2009-2010	21	3,35	1,55	4,90	
94	2009-2010	18	5,00	1,65	6,65	
95	2009-2010	18	4,00	1,65	5,65	
96	2009-2010	18	5,25	1,95	7,20	
97	2009-2010	20	5,40	2,10	7,50	6,70
98	2009-2010	22	4,95	1,55	6,50	6,30
99	2009-2010	21	3,75	1,00	4,75	
100	2009-2010	21	6,05	2,40	8,45	
101	2009-2010	29	6,15	2,80	8,95	
102	2009-2010	23				
103	2009-2010	19				
104	2009-2010	18	5,05	1,85	6,90	
105	2009-2010	18	5,60	1,25	6,85	9,60
106	2009-2010	18	4,55	1,70	6,25	
107	2009-2010	18	5,80	1,40	7,20	
108	2009-2010	20	4,95	2,15	7,10	5,40
109	2009-2010	18	4,35	1,55	5,90	
110	2009-2010	18	6,20	2,60	8,80	10,00
111	2009-2010	18	5,25	2,05	7,30	
112	2009-2010	19	5,40	1,80	7,20	
113	2009-2010	18	6,25	2,15	8,40	
114	2009-2010	19	6,60	1,95	8,55	
115	2009-2010	19	6,05	2,20	8,25	
116	2009-2010	19	6,05	2,75	8,80	10,00
117	2009-2010	19	5,65	2,40	8,05	
118	2009-2010	20	5,00	2,30	7,30	6,30
119	2009-2010	18	4,70	2,35	7,05	7,10
120	2009-2010	18	5,10	2,00	7,10	
121	2009-2010	19	4,00	1,45	5,45	7,90
122	2009-2010	21	5,55	1,90	7,45	
123	2009-2010	22				
124	2009-2010	21	6,25	2,20	8,45	
125	2009-2010	25	5,90	1,90	7,80	
126	2009-2010	17	6,40	1,90	8,30	10,00
127	2009-2010	19	4,40	2,05	6,45	
128	2009-2010	18	4,75	1,70	6,45	
129	2009-2010	17	4,90	1,60	6,50	
130	2009-2010	18	3,85	1,65	5,50	7,90
131	2009-2010	18	5,70	2,25	7,95	
132	2009-2010	18	4,70	2,05	6,75	
133	2009-2010	18	6,00	1,90	7,90	8,30
134	2009-2010	18	5,50	2,05	7,55	
135	2009-2010	18	6,25	2,80	9,05	9,60
136	2009-2010	18	6,40	2,35	8,75	10,00
137	2009-2010	19	5,65	2,05	7,70	8,80

Anexo III

Alumno	CURSO	Edad	Visión (7)	Croquizado (3)	Total Control (10)	Test final (10)
138	2009-2010	19	3,95	1,85	5,80	5,40
139	2009-2010	19	4,80	1,95	6,75	10,00
140	2009-2010	19	5,35	1,70	7,05	9,60
141	2009-2010	18	6,55	2,50	9,05	10,00
142	2010_2011	17	5,50	1,75	7,25	9,58
143	2010_2011	21	3,75	1,10	4,85	6,25
144	2010_2011	19	4,10	2,30	6,40	5,83
145	2010_2011	18	5,10	1,75	6,85	6,67
146	2010_2011	19	5,95	1,80	7,75	10,00
147	2010_2011	17				
148	2010_2011	21	6,11	2,70	8,81	8,33
149	2010_2011	18	5,01	2,40	7,41	6,67
150	2010_2011	17				6,25
151	2010_2011	21	2,66	1,20	3,86	5,00
152	2010_2011	18	5,48	1,90	7,38	8,33
153	2010_2011	18	5,60	1,75	7,35	10,00
154	2010_2011	18	1,30	1,50	2,80	5,00
155	2010_2011	19	1,10	0,70	1,80	5,42
156	2010_2011	17				5,00
157	2010_2011	18				6,67
158	2010_2011	17	2,40	1,45	3,85	5,00
159	2010_2011	18	4,01	1,70	5,71	7,50
160	2010_2011	22	1,25	0,55	1,80	5,42
161	2010_2011	19	3,11	1,15	4,26	5,83
162	2010_2011	25				
163	2010_2011	24	6,30	2,50	8,80	6,30
164	2010_2011	22	5,10	1,90	7,00	8,80
165	2010_2011	21	3,20	1,50	4,70	
166	2010_2011	18	5,00	0,65	5,65	9,20
167	2010_2011	18	5,15	2,45	7,60	7,90
168	2010_2011	21	4,73	2,00	6,73	8,30
169	2010_2011	18	4,65	2,20	6,85	
170	2010_2011	23				
171	2010_2011	18	4,45	2,05	6,50	8,80
172	2010_2011	18	5,00	2,20	7,20	6,30
173	2010_2011	18	4,30	1,35	5,65	7,90
174	2010_2011	18	4,30	1,65	5,95	6,70
175	2010_2011	23	5,00	2,10	7,10	10,00
176	2010_2011	17				
177	2010_2011	24				
178	2010_2011	22	5,95	2,25	8,20	7,10
179	2010_2011	20				
180	2010_2011	21	4,00	1,45	5,45	7,50
181	2010_2011	21				
182	2010_2011	19	5,40	1,70	7,10	7,50
183	2010_2011	19				
184	2010_2011	21				
185	2010_2011	20	4,85	1,80	6,65	10,00
186	2010_2011	18	5,45	2,35	7,80	9,60
187	2010_2011	17	5,13	1,60	6,73	7,50
188	2010_2011	18	2,81	1,85	4,66	7,90
189	2010_2011	23	3,65	1,75	5,40	
190	2010_2011	22	4,85	1,85	6,70	7,50

Alumno	CURSO	Edad	Visión (7)	Croquizado (3)	Total Control (10)	Test final (10)
191	2010_2011	18				
192	2010_2011	24	5,60	2,55	8,15	9,60
193	2010_2011	18	6,60	2,25	8,85	10,00
194	2010_2011	19	3,70	1,30	5,00	7,10
195	2010_2011	20	3,15	1,55	4,70	9,20
196	2010_2011	20	6,00	2,05	8,05	7,90
197	2010_2011	18	4,80	2,05	6,85	6,70
198	2010_2011	18	5,40	0,70	6,10	7,10
199	2010_2011	18	2,65	1,75	4,40	5,40
200	2010_2011	19	6,00	2,40	8,40	10,00
201	2010_2011	21	4,75	1,55	6,30	3,80
202	2010_2011	20				5,40
203	2010_2011	23	3,35	0,95	4,30	
204	2010_2011	24	3,60	1,25	4,85	6,70
205	2010_2011	18	5,01	1,60	6,61	9,60
206	2010_2011	24	3,80	2,40	6,20	9,60
207	2010_2011	18	3,93	2,35	6,28	7,50
208	2010_2011	19	4,30	2,10	6,40	7,50
209	2010_2011	18	4,35	1,55	5,90	8,30
210	2010_2011	30	4,46	2,05	6,51	7,50
211	2010_2011	18	4,22	2,20	6,42	7,10
212	2010_2011	25	4,53	2,35	6,88	
213	2010_2011	20	4,91	2,50	7,41	7,10
214	2010_2011	18	5,53	1,55	7,08	10,00
215	2010_2011	18				
216	2010_2011	19	3,60	2,00	5,60	5,40
217	2010_2011	18	4,18	1,70	5,88	10,00
218	2010_2011	19	5,35	1,95	7,30	7,10
219	2010_2011	18	3,18	1,60	4,78	7,90
220	2010_2011	18	3,32	1,20	4,52	5,80
221	2010_2011	20	4,97	1,90	6,87	9,20
222	2010_2011	17	3,40	0,95	4,35	6,30
223	2010_2011	18	4,40	2,05	6,45	7,10
224	2010_2011	18	4,23	1,65	5,88	9,60
225	2010_2011	17	5,53	2,30	7,83	7,90
226	2010_2011	19	6,13	2,25	8,38	6,70
227	2010_2011	19	4,33	1,70	6,03	6,70
228	2010_2011	18	3,88	1,20	5,08	8,80
229	2010_2011	19	5,22	2,15	7,37	6,30
230	2010_2011	19	2,65	1,85	4,50	8,80
231	2010_2011	18	4,68	1,70	6,38	4,60
232	2010_2011	18	3,48	1,75	5,23	8,30
233	2010_2011	19	3,75	1,70	5,45	
234	2010_2011	17	3,17	1,15	4,32	5,00
235	2010_2011	20	3,73	1,65	5,38	6,30
236	2010_2011	18				
237	2010_2011	18	4,00	1,10	5,10	6,70
238	2010_2011	18	2,10	1,20	3,30	5,00
239	2010_2011	18	5,33	2,00	7,33	7,10
240	2010_2011	18	5,35	2,05	7,40	6,70
241	2010_2011	21	5,75	1,80	7,55	2,90
242	2010_2011	18	3,69	1,70	5,39	5,80

Anexo III

Alumno	CURSO	Edad	Visión (7)	Croquizado (3)	Total Control (10)	Test final (10)
243	2010_2011	18	4,77	1,75	6,52	9,20
244	2010_2011	23	5,05	2,20	7,25	9,60
245	2010_2011	19	3,67	1,95	5,62	6,70
246	2010_2011		3,80	1,05	4,85	
247	2010_2011	22	3,38	1,90	5,28	5,80
248	2010_2011	18	5,03	2,00	7,03	7,10
249	2010_2011	22				
250	2010_2011	26	4,81	2,20	7,01	
251	2010_2011	17	4,77	1,60	6,37	9,60
252	2010_2011	18	5,70	1,65	7,35	10,00
253	2010_2011	18	4,33	1,35	5,68	5,80
254	2010_2011	17	4,40	1,10	5,50	
255	2010_2011	18	3,43	1,70	5,13	9,20
256	2010_2011	18	4,15	2,50	6,65	7,50
257	2010_2011	20				
258	2010_2011	19				
259	2010_2011	18	4,66	2,05	6,71	8,80
260	2010_2011	19	5,85	2,10	7,95	8,80
261	2010_2011	21	3,22	1,60	4,82	6,30
262	2010_2011	17	2,15	1,20	3,35	
263	2010_2011	21	2,70	1,70	4,40	7,90
264	2010_2011	23	6,48	2,20	8,68	5,80
265	2010_2011	18	2,35	1,20	3,55	6,30
266	2010_2011		4,25	1,60	5,85	
267	2010_2011	20				
268	2010_2011	20	5,36	2,40	7,76	8,30
269	2010_2011	22	2,65	1,40	4,05	
270	2010_2011	18	4,03	2,15	6,18	7,90