



## **UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA**

**Departamento de Didácticas Especiales**

**Programa de doctorado: Formación del Profesorado**

### **Título de la tesis**

**Habilidades espaciales y género. Análisis y desarrollo en estudiantes de los grados de ingeniería en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.**

**Tesis Doctoral presentada por Dña. Cristina Roca González**

**Directores:**

**Dr. Dña. M<sup>a</sup> del Carmen Mato Carrodegua**

**Dr. D. Jorge Martín Gutiérrez**

**La Directora**

**El Director**

**La Doctoranda**

**Las Palmas de Gran Canaria, a 18 de noviembre de 2015**



“Como no sabía que era imposible, lo hice”, Albert Einstein.



## Agradecimientos

---

*A Jorge Martín Gutierrez*

*Por introducirme en esta línea de investigación, su paciencia y apoyo incansable. Sus dimensiones humanas e investigadoras han sido una fuente de inspiración.*

*A M<sup>a</sup> del Carmen Mato Carrodegua*

*Por su cariño y sus buenos consejos en cuanto al método científico e investigador. No puedo imaginar mejores directores que el tándem formado por ella y Jorge.*

*A Alejandra Sanjuan Hernán-Pérez*

*Que siempre me ha apoyado como Directora de Departamento, y sobre todo como compañera y amiga.*

*A Ildfonso Jiménez Mesa*

*Durante los muchos años que fuiste director del Departamento de Cartografía y Expresión Gráfica en la Ingeniería, me enseñaste la labor docente y siempre sentí tu apoyo y cariño.*

*A Don Melchor García Domínguez*

*Compañero de investigación y amigo. Por estar siempre.*

*A mis compañeros del Departamento de Cartografía y Expresión Gráfica en la Ingeniería*

*Por permitirme realizar prueba con sus alumnos y por el esfuerzo que algunos ha dedicado para que yo pueda dedicar tiempo a finalizar este trabajo. Mil gracias.*

*Al servicio de deportes de la ULPGC,*

*Cuyos miembros se implicaron, más allá de sus obligaciones laborales, en la ejecución en el campo de la prueba de orientación.*

*A Don Ulises Ortiz,*

*Antiguo alumno de la Escuela, y experto Internacional en pruebas de orientación, que desinteresadamente me instruyó sobre las bases de este deporte.*

*A Doña Leonor Curbelo*

*Que me instruyó en el manejo del programa tratamiento datos estadísticos spss para realizar los cálculos y revisó los resultados.*

*A mi familia y a mis amigos en cualquiera de sus formas*

*Os he tenido abandonados mucho tiempo. Aunque dicen que el tiempo no se recupera, espero pasar a partir de ahora muchos buenos momentos con todos.*



A mi madre.



# Índices de contenidos

---

Agradecimientos.....	i
Índice de contenidos .....	v
Índice de tablas .....	xi
Índice de figuras .....	xiii
Lista de abreviaturas.....	xv
Resumen de la Tesis .....	xvii

<b>CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Contexto y justificación de la tesis.....	3
1.2 Antecedentes .....	5
1.3 Factores motivantes.....	7
1.4 Objetivos e hipótesis.....	9
1.5 Estructura de la tesis. ....	10
1.6 Contribuciones .....	11
1.7 Colaboraciones.....	14
<b>CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
2.1 Introducción.....	17
2.2 Consideraciones históricas en la investigación de la capacidad espacial....	17
2.2.1 Investigación psicométrica. ....	20
2.3 Capacidad/factor espacial. ....	22
2.3.1 Componentes de la capacidad/factor espacial.....	23
2.3.2 Percepción Espacial vs capacidad espacial.....	24
2.3.3 Líneas Investigación actuales. ....	24
2.4 . Consideraciones sobre la nomenclatura habilidad y capacidad espacial. ..	28
2.5 Instrumentos para medir la habilidad espacial.....	30

2.5.1 Test de Rotacion mental de Vandenberg.....	34
2.5.2 Test D.A.T:SR5 (Differential Attitude Test-Spatial Rotation Subset) .....	35
2.5.3 Perspective Taking/Spatial Orientation Test .....	36
<b>2.6 Investigaciones en el ámbito de capacidades espaciales.....</b>	<b>38</b>
2.6.1 Capacidad espacial y Edad.....	38
2.6.2 Investigación diferencial. ....	39
2.6.3 Diferencias de Género en la percepción espacial.....	40
2.6.4 Diferencias de Género en la capacidad espacial. ....	40
2.6.5 Género y orientación espacial.....	41
<b>2.7 Interpretación de las diferencias de género. ....</b>	<b>43</b>
2.7.1 En Capacidad espacial. Factores: Relaciones espaciales y Visualización.....	43
2.7.2 En Orientación espacial.....	47
<b>2.8 Importancia de la capacidad espacial. ....</b>	<b>50</b>
2.8.1 Importancia en estudios de ingenierías.....	50
<b>CAPÍTULO 3 DISEÑO Y DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>53</b>
<b>3.1 Introducción.....</b>	<b>55</b>
<b>3.2 Hipótesis de estudio.....</b>	<b>56</b>
<b>3.3 Tecnologías y recursos utilizados en el desarrollo de la investigación. ....</b>	<b>56</b>
3.3.1 Realidad Aumentada.....	56
3.3.2 Videojuegos.....	58
3.3.3 Experiencias sobre orientación .....	60
<b>3.4 Entrenamiento con realidad aumentada .....</b>	<b>62</b>
3.4.1 Propósito de estudio.....	62
3.4.2 Descripción de la muestra. ....	63
3.4.3 Descripción del entrenamiento con realidad aumentada.....	64
3.4.4 Intervención del profesor en el entrenamiento.....	67
3.4.5 Detalles de la ejecución de la experiencia. ....	67
3.4.6 Resultados.....	67
<b>3.5 Entrenamiento Orientación Espacial en Escenario Real.....</b>	<b>68</b>
3.5.1 Propósito de estudio.....	69
3.5.2 Participantes en el entrenamiento.....	69

3.5.3 Descripción del entrenamiento .....	70
3.5.4 Intervención del profesor en el entrenamiento. ....	74
3.5.5 Detalles de la ejecución de la experiencia. ....	75
3.5.6 Resultados.....	75
<b>3.6 Entrenamiento Orientación Espacial en Escenario Virtual .....</b>	<b>76</b>
3.6.1 Propósito de estudio.....	76
3.6.2 Participantes en el entrenamiento.....	76
3.6.3 Descripción del entrenamiento.....	77
3.6.4 Intervención del profesor en el entrenamiento.....	79
3.6.5 Detalles de la ejecución de la experiencia. ....	80
3.6.6 Resultados.....	81
<b>3.7 Entrenamiento con RA y orientación en escenario virtual.....</b>	<b>81</b>
3.7.1 Propósito de estudio.....	81
3.7.2 Participantes en el entrenamiento.....	81
3.7.3 Descripción del entrenamiento.....	83
3.7.4 Intervención del profesor en el entrenamiento.....	83
3.7.5 Detalles de la ejecución de la experiencia. ....	83
3.7.6 Resultados.....	83
<b>3.8 Análisis de la mejora de la habilidad espacial mediante entrenamiento con RA en relación a la componente orientación espacial.....</b>	<b>84</b>
3.8.1 Propósito del estudio.....	84
3.8.2 Participantes en el entrenamiento.....	84
3.8.3 Descripción del entrenamiento.....	85
3.8.4 Intervención del profesor en el entrenamiento.....	85
3.8.5 Detalles de la ejecución de la experiencia. ....	86
3.8.6 Resultados.....	86
<b>3.9 Entrenamiento con videojuego Interlocked. ....</b>	<b>86</b>
3.9.1 Propósito de estudio.....	86
3.9.2 Participantes en el entrenamiento.....	87
3.9.3 Descripción del entrenamiento con videojuego- .....	88
3.9.4 Intervención del profesor en el entrenamiento.....	89

3.9.5 Detalles de la ejecución de la experiencia.....	89
3.9.6 Resultados.....	90
<b>CAPÍTULO 4 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>91</b>
<b>4.1 Análisis de la mejora de la habilidad espacial mediante entrenamiento con realidad aumentada .....</b>	<b>93</b>
4.1.1 Hipótesis planteadas .....	93
4.1.2 Análisis de resultados.....	93
<b>4.2 Análisis de la mejora de la habilidad espacial mediante entrenamiento de orientación en escenario real. ....</b>	<b>104</b>
4.2.1 Hipótesis planteadas. ....	104
4.2.2 Análisis de resultados.....	104
<b>4.3 Análisis de la mejora de la habilidad espacial mediante entrenamiento de orientación en escenario virtual.....</b>	<b>109</b>
4.3.1 Hipótesis planteadas .....	109
4.3.2 Análisis de resultados.....	109
<b>4.4 Análisis de la mejora de la habilidad espacial mediante entrenamiento con RA y orientación en escenario virtual. ....</b>	<b>114</b>
4.4.1 Hipótesis planteadas .....	114
4.4.2 Análisis de resultados.....	115
<b>4.5 Análisis de la mejora de la habilidad espacial mediante entrenamiento con RA en relación a la componente ORIENTACIÓN ESPACIAL.....</b>	<b>121</b>
4.5.1 Hipótesis planteadas .....	121
4.5.2 Análisis de resultados.....	121
<b>4.6 Análisis de la mejora de la habilidad espacial mediante entrenamiento con videojuego -Interlocked. ....</b>	<b>126</b>
4.6.1 Hipótesis planteadas .....	126
4.6.2 Análisis de resultados.....	127
<b>CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.....</b>	<b>135</b>
<b>5.1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>137</b>
<b>5.2 Cumplimiento de los objetivos.....</b>	<b>137</b>
<b>5.3 Conclusiones.....</b>	<b>138</b>
<b>5.4 Líneas futuras.....</b>	<b>141</b>

**REFERENCIAS.....143**  
**ANEXOS.....157**



# Índices de tablas

Tabla 2-1 Clasificaciones más seguidas en las investigaciones sobre el factor espacial.....	28
Tabla 2-2 Test para medir las Relaciones Espaciales. Fuente Martín-Gutiérrez (2010) .....	31
Tabla 2-3 Test para medir la Visualización Espacial. Fuente Martín-Gutiérrez (2010).....	32
Tabla 2-4 Test para medir la Orientación Espacial.....	32
Tabla 2-5 Estudios experimentales respecto a la orientación espacial en clave de género .....	42
Tabla 3-1 Distribución estudiantes por sexo entrenamiento RA.....	63
Tabla 3-2 Distribución estudiantes por edades entrenamiento RA.....	63
Tabla 3-3 Distribución estudiantes por sexo entrenamiento RO.....	70
Tabla 3-4 Distribución estudiantes por edades entrenamiento RO .....	70
Tabla 3-5 Puntuación Pre y Post test SOT Grupo Experimental RO.....	70
Tabla 3-6 Puntuación Pre y Post test SOT Grupo Control RO. ....	70
Tabla 3-7 Valores Pre/Post SOT y ganancias obtenidas RO .....	75
Tabla 3-8 Distribución estudiantes por sexo entrenamiento VO.....	76
Tabla 3-9 Distribución estudiantes por edad entrenamiento VO .....	76
Tabla 3-10 Puntuación Pre y Post test SOT Grupo Experimental VO.....	77
Tabla 3-11 Puntuación Pre y Post test SOT Grupo Control VO .....	77
Tabla 3-12 Valores Pre/Post SOT y ganancias obtenidas VO .....	81
Tabla 3-13 Distribución estudiantes por sexo grupo experimental entrenamiento AR-VO.....	82
Tabla 3-14 Distribución estudiantes por edad grupo experimental entrenamiento AR-VO.....	82
Tabla 3-15 Distribución estudiantes por sexo grupo control entrenamiento AR-VO.....	82
Tabla 3-16 Distribución estudiantes por edad grupo experimental entrenamiento AR-VO.....	82
Tabla 3-17 Descriptivos Ganancia grupos Control y Experimental entrenamiento AR-VO .....	83
Tabla 3-18 Distribución estudiantes por sexo grupo experimental entrenamiento RA con test SOT.....	84
Tabla 3-19 Distribución estudiantes por edad grupo experimental entrenamiento RA con test SOT .....	84
Tabla 3-20 Distribución estudiantes por sexo grupo control entrenamiento RA con test SOT .....	85
Tabla 3-21 Distribución estudiantes por edad grupo control entrenamiento RA con test SOT .....	85
Tabla 3-22 Descriptivos Ganancia grupos Control y Experimental entrenamiento AR con test SOT. ....	86
Tabla 3-23 Distribución estudiantes por sexo grupo experimental entrenamiento Interlocked.....	87
Tabla 3-24 Distribución estudiantes por edad grupo experimental entrenamiento Interlocked. ....	87
Tabla 3-25 Distribución estudiantes por sexo grupo control entrenamiento Interlocked.....	88
Tabla 3-26 Distribución estudiantes por edad grupo control entrenamiento Interlocked. ....	88
Tabla 3-27 Descriptivos Ganancia grupos Control y Experimental entrenamiento Interlocked .....	90
Tabla 4-1 Nivel de capacidad espacial antes de entrenamiento RA.....	94
Tabla 4-2 Prueba de normalidad de las variables para grupo experimental RA.....	96
Tabla 4-3 Tabla ANOVA .....	98
Tabla 4-4 Tabla ANOVA de un factor (DAT y MRT) .....	98
Tabla 4-5 Nivel de capacidad espacial después de entrenamiento RA.....	99
Tabla 4-6 Prueba de normalidad de la variable Ganancia DAT y MRT para grupo experimental y control RA .....	99
Tabla 4-7 Prueba de muestras independientes Ganancia DAT Género RA.....	103
Tabla 4-8 Prueba de muestras independientes Ganancia MRT Género RA .....	103
Tabla 4-9 Prueba normalidad PRE_SOT Grupo Experimental Real Orienteering.....	104
Tabla 4-10 Prueba normalidad PRE_SOT Grupo Control Real Orienteering .....	105
Tabla 4-11 Estadísticos Pres_SOT Real Orienteering .....	105

Tabla 4-12 Prueba de muestras independientes Pre_SOT Real Orientering .....	105
Tabla 4-13 Prueba normalidad GANANCIA SOT Grupo Experimental Real Orientering .....	106
Tabla 4-14 Prueba normalidad GANANCIA SOT Grupo Control Real Orientering.....	107
Tabla 4-15 Estadísticos Ganancia SOT Control-Experimental Real Orientering.....	107
Tabla 4-16 Prueba muestras independientes Ganancia SOT Control-Experimental Real Orientering.....	107
Tabla 4-17 Estadísticos Ganancia SOT Género Real Orientering.....	108
Tabla 4-18 Prueba muestras independientes Ganancia Género Real Orientering.....	108
Tabla 4-19 Prueba normalidad PRE_SOT Grupo Experimental Virtual Orientering.....	110
Tabla 4-20 Prueba normalidad PRE_SOT Grupo Control Virtual Orientering .....	110
Tabla 4-21 Estadísticos Pres_SOT Virtual Orientering.....	111
Tabla 4-22 Prueba de muestras independientes Pre_SOT Virtual Orientering .....	111
Tabla 4-23 Prueba normalidad GANANCIA SOT Grupo Experimental Virtual Orientering.....	112
Tabla 4-24 Prueba normalidad GANANCIA SOT Grupo Control Virtual Orientering .....	112
Tabla 4-25 Estadísticos Ganancia SOT Control-Experimental Virtual Orientering .....	112
Tabla 4-26 Prueba muestras independientes Ganancia SOT Control-Experimental Virtual Orientering .....	113
Tabla 4-27 Estadísticos Ganancia SOT Género Virtual Orientering.....	113
Tabla 4-28 Prueba muestras independientes Ganancia Género Virtual Orientering.....	113
Tabla 4-29 Prueba de normalidad de las variables para grupo experimental RA-VO.....	115
Tabla 4-30 Prueba de normalidad de las variables para grupo control RA-VO.....	116
Tabla 4-31 Prueba de muestras independientes PRE_MRT, PRE_DAT, PRE_SOT RA-VO .....	117
Tabla 4-32 Prueba de normalidad de las variables GANANCIA para grupo experimental RA-VO.....	117
Tabla 4-33 Prueba de normalidad de las variables para grupo experimental RA-VO .....	118
Tabla 4-34 Estadísticos descriptivos Ganancia grupos Control y Experimental RA-VO.....	119
Tabla 4-35 Prueba de muestra independientes Ganancia MRT, DAT y SOT RA-VO .....	119
Tabla 4-36 Estadísticos descriptivos Ganancia Género RA-VO.....	120
Tabla 4-37 Prueba de muestra independientes Ganancia Género MRT, DAT y SOT RA-VO .....	120
Tabla 4-38 Prueba de normalidad de las variables para grupo experimental RA (estudio SOT) .....	122
Tabla 4-39 Prueba de normalidad de las variables para grupo control RA (estudio SOT) .....	122
Tabla 4-40 Prueba de muestras independientes PRE_MRT, PRE_DAT, PRE_SOT RA estudio SOT .....	123
Tabla 4-41 Prueba Normalidad Ganancia grupo control RA (estudio SOT). .....	123
Tabla 4-42 Prueba Normalidad Ganancia grupo experimental RA (estudio SOT).....	123
Tabla 4-43 Estadísticos descriptivos Ganancia grupos Control y Experimental RA (estudio SOT).....	125
Tabla 4-44 Prueba de muestras independientes Ganancia Control y Experimental RA (estudio SOT). .....	125
Tabla 4-45 Estadísticos descriptivos Ganancia Género RA (estudio SOT).....	126
Tabla 4-46 Prueba de muestras independientes Ganancia Género RA (estudio SOT).....	126
Tabla 4-47 Prueba de normalidad de las variables para grupo experimental Interlocked. ....	128
Tabla 4-48 Prueba de normalidad de las variables para grupo control Interlocked. ....	128
Tabla 4-49 Prueba de muestras independientes PRE_MRT, PRE_DAT, PRE_SOT Interlocked. ....	129
Tabla 4-50 Prueba Normalidad Ganancia grupo experimental Interlocked. ....	130
Tabla 4-51 Normalidad Ganancia grupo control Interlocked. ....	130
Tabla 4-52 Estadísticos descriptivos Ganancia grupos Control y Experimental Interlocked .....	132
Tabla 4-53 Prueba de muestras independientes Ganancia Control y Experimental Interlocked. ....	132
Tabla 4-54 Estadísticos descriptivos Ganancia -Género Interlocked. ....	133
Tabla 4-55 Prueba de muestra independientes Ganancia-Género Interlocked.....	134
Tabla 5-1 Relación entre conclusiones e hipótesis planteadas por entrenamiento .....	141

## Índice de figuras

Fig. 2.1 Estructura de la inteligencia humana (Smith 1964) .....	21
Fig. 2.2 Concepción de Capacidad espacial. Fuente (Sánchez Carlessi, 2003) .....	30
Fig. 2.3 Subcomponentes y test de medida del factor espacial.....	34
Fig. 2.4 Ejemplos del Vanderberg Mental Rotation Tes MRT(Vanderberg 1971).....	35
Fig. 2.5 Ejemplos del DAR:SR5.....	36
Fig. 2.6 Ejemplo del Perspective Taking-Spatial Orientation Test.....	38
Fig. 3.1 Ejemplos de los cinco niveles de entrenamiento con RA. ....	66
Fig. 3.2 Resultados Pre y Post test DAT .....	67
Fig. 3.3 Resultados pre y Post test MRT. ....	68
Fig. 3.4 Izq Experto indica instrucciones. Dcha. Estudiantes midiendo distancias con pasos.....	72
Fig. 3.5 Mapa del campo de futbol con las balizas. Dcha. “mapa ciego” facilitado al estudiante.....	73
Fig. 3.6 Panorámica del campo de futbol con balizas. ....	73
Fig. 3.7 Momentos de la experiencia RO. ....	73
Fig. 3.8 Resultados totales y registros parciales prueba RO.....	74
Fig. 3.9 Escenarios Catching Features.....	78
Fig. 3.10 Ejemplo resultado alumno .....	78
Fig. 3.11 Documento ayuda comandos Catching Features. ....	79
Fig. 3.12 Ejemplo dos puntos de vista mismo puzle en Tablet.....	86
Fig. 3.13 Entrega resultados smartphone.....	88
Fig. 3.14 Entrega resultados Pc .....	89
Fig. 3.15 Entrega resultados Tablet.....	89
Fig. 4.1 Prueba de Rachas.....	95
Fig. 4.2 Prueba de homogeneidad de varianzas .....	97



## Lista de abreviaturas

---

HE Habilidad Espacial  
RA Realidad Aumentada  
RV Realidad Virtual  
RO Real Orienteering  
VO Virtual Orienteering



En esta Tesis se ha revisado y utilizado diversas tecnologías existentes para la realización de distintos entrenamientos para desarrollar las habilidades espaciales más ampliamente investigadas, relaciones espaciales y visualización espacial, así mismo se ha diseñado un estudio piloto para mejorar la componente orientación espacial, que va adquiriendo presencia en las últimas investigaciones.

Se han realizado numerosas investigaciones en la línea de la mejora y desarrollo de las habilidades espaciales. Todas coinciden en establecer que existe relación entre un buen nivel de habilidades espaciales y el éxito en ciertos estudios universitarios o profesiones, como en nuestro caso, la ingeniería.

Para un ingeniero, las habilidades espaciales son necesarias para desarrollar con éxito la profesión: desde visualizar estructuras de datos expresadas por sistemas de símbolos abstractos hasta entender la interacción de piezas mecánicas interpretando croquis o planos, convirtiendo a estas habilidades, en una destreza codiciada para cualquiera que quiera progresar en su carrera. A pesar de esta importancia para los ingenieros, muchos planes de estudios dedican poco tiempo a desarrollarlas.

En la parte experimental se han realizado cortos entrenamientos para mejorar las habilidades espaciales en estudiantes de primer curso de los grados de ingenieros de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria con el objeto de aminorar las deficiencias de estas y que pueda servir para favorecer la comprensión de las materias que se cursan en dichas titulaciones. Estos entrenamientos son de corta duración, no superándose las 12 horas, basados en videojuegos, entornos virtuales, entornos físicos, y contenidos didácticos que se trabajan con realidad aumentada.

Los resultados obtenidos, se han tratado con técnicas estadísticas con el fin de estudiar la mejora lograda en cada uno de los entrenamientos, analizándolos en función del género y el impacto que tiene en la mejora.



## Summary of the Thesis

---

Throughout the development of the present thesis, several technologies related to the development of spatial abilities have been reviewed and applied. Furthermore, a pilot study was developed in order to improve spatial orientation.

After performing a deep research in the field of spatial abilities, it was determined that a good level of such abilities can be determinant to achieve success in certain disciplines or jobs, such as engineering.

An engineer needs good spatial abilities to successfully develop his or her career, extending from visualizing abstract data structures or fully understating the interaction of mechanical components to interpreting complex layouts or drawings. These skills certainly tend to become very valuable for an engineer and also become an important asset for career development. However, in spite of the importance of these abilities, most university curricula underestimate their value and invest little to no time in their development.

During the experimental research phase of the present thesis, a set of short trainings focused on spatial abilities improvement have taken place involving first-year engineering students of the University of Las Palmas de Gran Canaria, with the objective of enhancing students to easily assimilate complex concepts used throughout their courses. These trainings had duration of less than 12 hours and mainly relied on video games, virtual and physical environments, as well as augmented reality experiences with didactical contents.

Statistical techniques have been used to analyses the results obtained. This has been key to determine the improvement achieved on each one of the different trainings, including focus on gender and its impact on the grade of improvement achieved.



# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

---



## 1.1 CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS.

Desde mis comienzos como profesora en el Departamento de Expresión Gráfica en la Ingeniería de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, fue una preocupación como docente llegar a entender por qué para algunos alumnos les era mucho más complicado que para otros comprender el lenguaje de los Sistemas de Representación.

Por aquel entonces, ni siquiera había oído hablar sobre las componentes de la inteligencia humana, y mucho menos tenía idea sobre mis propias capacidades espaciales, cosa que, sorprendentemente, como me confirmaron antiguos compañeros de estudio cuando supieron de mi carrera docente, eran percibidas por el resto como elevadas.

Los primeros años, junto con el resto de compañeros de Departamento, nos esforzamos por crear materiales que hicieran más atractivos y accesibles los contenidos de las asignaturas entonces llamadas de Dibujo Técnico. Simultáneamente, los sistemas CAD (Computer Aided Design) comenzaron a extenderse en la docencia, siendo nuestro departamento pionero en la Escuela en su uso. Durante ese periodo, todos nuestros esfuerzos se centraron en utilizar estos programas como herramientas que mejoraran la visualización de conceptos y elementos del Dibujo Técnico e Industrial. Una segunda fase de este periodo nos llevó a utilizar herramientas VRML (Virtual Reality Modeling Language) para representar interactivamente en tres dimensiones los objetos que creábamos en los sistemas CAD.

Todas estas experiencias previas me llevaron a interesarme sobre los campos de investigación en marcha para la mejora de los resultados en las Asignaturas de Dibujo Técnico y comencé a leer por primera vez sobre habilidades espaciales y su influencia en el éxito en ciertas materias.

De todas las investigaciones en marcha, en 2010 tuve noticias de un grupo de investigación formado por investigadores de la Universidad de La Laguna y la

Universidad Politécnica de Valencia DEHAES, que estaba trabajando en el desarrollo distintos tipos de acciones y materiales para mejorar la habilidad espacial.

De la lectura de los artículos presentados por ese grupo de investigación a distintas revistas y congresos, nació mi interés por conocer a los integrantes de ese grupo de investigación comenzando una colaboración profesional que se materializa en esta Tesis doctoral.

De ese contacto con los compañeros del grupo DEHAES, comenzó, en primer lugar, la colaboración con la toma de datos de niveles de habilidad espacial en nuestros estudiantes. Posteriormente empezamos a aplicar algunas de las herramientas y estrategias desarrolladas por ese grupo para mejorar dichas estrategias.

Durante el transcurso de esas pruebas surgieron me surgieron dos inquietudes importantes. ¿Influye el género en el nivel de habilidad espacial? Y ¿por qué no incluían en los estudios el sentido de orientación de los alumnos?

La primera pregunta es difícil de contestar. No existe unanimidad en los resultados obtenidos por los investigadores de diversos campos. Si bien parece que es un tópico extendido que las mujeres tienen menores habilidades espaciales que los hombres, no hay una opinión clara sobre qué tipo de factores produciría este hecho: neurológicos, hormonales, sociales, étnicos, etc., tal como veremos en la revisión bibliográfica. Pero, en lo que todos los estudios concuerdan, es que pueden mejorar en la misma medida, estadísticamente hablando, que los hombres.

En cuanto a la segunda pregunta, la mayoría de los estudios sobre medición y mejora de habilidades espaciales, no contemplaban el sentido de orientación de los alumnos, sentido que se traducía en otra componente de las habilidades espaciales, la ORIENTACIÓN ESPACIAL, que en la mayoría de los estudios quedaba relegada.

Esta inquietud me llevó a la lectura, por primera vez, de los artículos de una investigadora de la Universidad de Santa Bárbara, la Doctora Mary Hegarty, que junto con su equipo no sólo ha diseñado un test para medir la componente ORIENTACIÓN ESPACIAL, sino que es fuente de muchos estudios y diseño de experiencias en el Hegarty Spatial Thinking Lab.

Esta variable componente orientación espacial, no sólo me pareció interesante en cuanto a la asociación que pudiera tener con las otras dos (VISUALIZACIÓN Y ROTACIÓN), sino se me rebelaba importante dado el uso cada vez más extendido de los SIG Sistemas de Información Geográfica y la proliferación de aplicaciones Web Geoespaciales usadas cada vez más frecuentemente en trabajos de ingeniería.

La relación descrita por muchos autores entre grandes capacidades espaciales y el éxito en carreras tecnológicas es la última justificación para la redacción de la presente Tesis doctoral. Si bien los alumnos que eligen los grados de ingeniería suelen ser los que a priori tienen elevadas habilidades espaciales, es mi interés seguir el camino iniciado por otros en cuanto a estudiar y llevar a cabo acciones oportunas que la mejoren.

## 1.2 ANTECEDENTES

La expresión gráfica está en continua evolución, por una parte debido a las continuas reestructuraciones a que se ha visto sometida por la implantación de los nuevos planes de estudio en algo más de una década y por otro por el desarrollo de nuevas tecnologías y TIC'S

Si bien en los planes de estudio antiguos no se encontraba específicamente la capacidad espacial en los descriptores, en el plan de estudio actual se incluye la CAPACIDAD DE VISIÓN ESPACIAL como competencias profesionales específicas.

Normalmente los profesores de las asignaturas de Expresión Gráfica no han trabajado directamente la forma de mejorar la capacidad espacial, sino que se deja que los propios contenidos de la asignatura la desarrollen.

El interés de algunos docentes de Expresión Gráfica del ámbito universitario por mejorar las deficiencias de sus alumnos en cuanto a la capacidad de visión espacial, les ha llevado desarrollar nuevas herramientas docentes y estudios sobre el desarrollo de la habilidad espacial.

Algunas de las aportaciones Nacionales en este contexto son:

- Destacar la aportación realizada por el equipo de Teresa Pérez Carrión y Manuel Serrano Cardona (Carrión & Cardona, 2013), cuyo libro y trabajo en el campo de la capacidad de visión espacial, ha abierto una línea de investigación que ha servido de base a todos los que de una forma u otra nos hemos acercado a esta línea de trabajo. En el libro entrenan a los estudiantes en el desarrollo paulatino y ordenado en la visión espacial. En el libro no parecen problemas concretos de geometría descriptiva sino ejercicios que permiten al alumno una fácil comprensión del mecanismo que rige la relación 2D-3D, así como la fluidez necesaria para pensar tridimensionalmente a partir de una representación bidimensional
- El profesor Saorín que, en su trabajo doctoral (Saorín, 2006) realizó una serie de cursos de intensificación con objeto de desarrollar la HE de aquellos alumnos que mostraban niveles más bajos en los test de medición de rotaciones mentales y visualización espacial. También comprobó el efecto que tiene, cursar las asignaturas de Expresión Gráfica en el desarrollo de la habilidad espacial.
- El equipo de trabajo del profesor Basilio Ramos Barbero, del Área de Expresión Gráfica en la Ingeniería de la Universidad de Burgos, ha desarrollado el proyecto titulado: "Aprendizaje innovador en la visualización de piezas, en la formación de Dibujo Técnico mediante

aplicación Hipermedia". Se trata de un material didáctico multimedia e interactivo que facilita a los alumnos el desarrollo de la visión espacial.

- Tesis doctoral *“Desarrollo de habilidades espaciales en la docencia de la Ingeniería Gráfica”*, donde diserta si el uso de una herramienta de modelado de sólidos 3D, como Solidworks, desarrolla la HE en los estudiantes y esta intervención realizada en las clases de la asignatura produce un entrenamiento de la HE.
- Diseño y desarrollo un gestor web interactivo para el aprendizaje de la expresión gráfica en la ingeniería especializado en el desarrollo de la capacidad de visión espacial ILMAGE\_SV por el profesor Carlos Melgosa Pedrosa (Melgosa Pedrosa, Ramos Barbero, & Baños García, 2013)
- Dr. Jorge Martín Gutiérrez en su Tesis Doctoral *“Estudio y evaluación de contenidos didácticos en el desarrollo de las habilidades espaciales en el ámbito de la ingeniería”* (Martín Gutiérrez, 2010).
- *Grupo de Investigación para desarrollo de competencias educativas con tecnologías avanzadas DEHAES, con líneas de investigación sobre: diseño, creación y evaluación de objetos tridimensionales en educación ,tecnologías avanzadas de bajo coste para el aprendizaje de dibujo diseño y artes plásticas, uso de videojuegos en entornos educativos., mejora de competencias espaciales, dispositivos móviles en educación, etc.*

### 1.3 FACTORES MOTIVANTES.

Las habilidades espaciales son un aspecto importante a tener en cuenta en los estudios de ingeniería; mejoran la comprensión del estudiante y les ayuda a formular y solucionar problemas, ya que le permite crear en su mente imágenes que le permiten realizar las tareas ingenieriles con mayor fluidez.

La habilidad espacial es esencial para los ingenieros puedan llevar a cabo las tareas requeridas en la profesión pero también en el ámbito académico ya que

disponer de ellas es un indicativo de rendimiento académico en estudios de ingeniería (Yue, 2002).

Es una realidad que los estudiantes que acceden a las titulaciones de ingeniería tienen distintos niveles de habilidad espacial, dependiendo del género, donde han estudiado bachillerato e incluso el lugar donde viven, por ello hay cierta necesidad de mayor atención en algunos estudiantes para que puedan comprender los contenidos hecho que se minimiza cuando incrementan las HE.

En algunas universidades optan por realizar cursos introductorios, también llamados cursos cero, con objeto de nivelar conocimientos, pero en el caso de Expresión gráfica no es suficiente.

Los estudiantes con niveles bajos de habilidades espaciales necesitan remediarlo y obtener un nivel acorde al medio del resto de compañeros o bien alcanzar todos por igual un nivel superior a la media estipulada en los instrumentos de medición.

Evidentemente el desarrollo de las habilidades espaciales no es algo que haya que realizar en un momento concreto, aquí propondremos actividades para remediar los niveles bajos; el desarrollo de las HE debe trabajarse a lo largo de los años de estudio en las diferentes asignaturas.

Lo cierto es que las acciones para remediar los niveles bajos se pueden llevar a cabo a través de actividades relacionadas con la construcción (tipo legos), la manipulación táctil de los objetos, ejemplo trabajo con piezas físicas (Saorín 2004) y otras tareas relacionadas con el ocio como realizar ciertos deportes y jugar a videojuegos (Morea et al, 2012, 2015), (Subrahmanym and Greenfield, 1994)(Feng et al,2007).

Disponer de un buen nivel de habilidad espacial contribuye a mantener bajas las tasas de abandono de estudiantes que cursan titulaciones de ciencias y

de ingeniería, y mejoran en general el rendimiento de los estudiantes en los programas de ingeniería (Sorby, 2009).

La carencia de habilidades espaciales en los estudiantes de primer curso en titulaciones de ingeniería y otros campos técnicos en los que se requieren pueden hacer fracasar al estudiantes en sus estudios el primer año, produciendo el abandono de los estudios de ingeniería por parte del estudiante, por ello que la Competencia de visualización espacial es, pues, una preocupación significativa que se ha incluido en los programas formativos de todas las titulaciones de ingeniería.

## 1.4 OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El objetivo general que persigue este trabajo doctoral es evaluar las Habilidades Espaciales en los alumnos de nuevo ingreso en las titulaciones de Grado en Ingeniería de la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria., así como desarrollar distintos entrenamientos que mejoren estas, con la pretensión de incidir en la mejora de la calidad docente y el éxito en las asignaturas de Expresión Gráfica.

Este objetivo general podemos desglosarlo en los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el nivel de HABILIDADES ESPACIALES (HE), midiendo las componentes visualización ESPACIAL, ROTACIÓN ESPACIAL Y ORIENTACIÓN ESPACIAL, que tienen los alumnos de nuevo ingreso en los Grados en Ingeniería.
- Conocer las herramientas y entrenamientos para la mejora de las HE utilizados en el ámbito educativo de ingenierías.
- Evaluar y seleccionar, de entre esas herramientas, las que vamos a utilizar en nuestro estudio.
- Diseñar entrenamientos para la mejora de la componente ORIENTACIÓN ESPACIAL.

- Comprobar el impacto que tienen estos entrenamientos seleccionados y diseñados en la mejora de las HE en los alumnos testados.
- Comprobar el impacto que tienen estos entrenamientos en la mejora de las HE en los alumnos testados, en relación al GÉNERO.
- Proponer líneas de actuación futura.

Todo ello partiendo de dos hipótesis básicas:

Hipótesis 1: Los estudiantes mejoran significativamente las habilidades espaciales, después de realizar el entrenamiento propuesto.

Hipótesis 2: La mejora de las habilidades espaciales se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

Habida cuenta que estudiamos tres componentes de la HE (VISUALIZACIÓN ESPACIAL, ROTACIÓN ESPACIAL Y ORIENTACIÓN ESPACIAL) en cinco entrenamientos distintos y en clave GÉNERO, estas hipótesis básicas se multiplican y se especifican para cada entrenamiento.

## **1.5 ESTRUCTURA DE LA TESIS.**

La presente Tesis está organizada en seis capítulos.

En el capítulo uno se realiza Capítulo 1. Una descripción General del trabajo que trata de justificar el porqué de esta investigación. Indica cuáles son los antecedentes existentes y se formulan los objetivos de este trabajo para posteriormente poder plantear las diferentes hipótesis. En este capítulo se indican las contribuciones más importantes fruto de la investigación y colaboraciones habidas.

En el capítulo 2 se realiza una revisión bibliográfica sobre la investigación en el campo de las habilidades espaciales: reseña histórica distintas definiciones

y clasificaciones, su relación con la ingeniería, los test de medida y los factores que influyen en los niveles de estas habilidades.

El capítulo 3 está dedicado a exponer y justificar la elección y diseño de las herramientas y entrenamientos utilizados para el desarrollo de los objetivos de esta Tesis. Además de describirlos se expone cómo se ha llevado a cabo cada uno de ellos con el grado de intervención del profesor e implicación del alumno.

En el capítulo 4 se tratan estadísticamente los datos obtenidos en las distintas experiencias y se exponen los resultados sobre las hipótesis planteadas.

Las conclusiones derivadas de los resultados obtenidos sobre las hipótesis planteadas se exponen en el capítulo 5. También se indica cuáles pueden ser las líneas futuras de investigación derivadas de este trabajo.

Los dos últimos capítulos de esta Tesis están dedicados a las referencias bibliográficas utilizadas en los distintos capítulos y anexos como complemento informativo de los test y encuestas utilizadas.

## 1.6 CONTRIBUCIONES

Durante el desarrollo de los trabajos de investigación y experimentales, algunas de las experiencias y los resultados obtenidos se han ido publicando en revistas científicas y presentándolos en congresos internacionales.

### ARTÍCULOS INDEXADOS EN SCIENCE CITATION INDEX. (JCR)

1. García-Domínguez, Melchor; Sanjuán-Hernández, Alejandra; Roca-González, Cristina; Romero-Mayoral, Jesús, Martín-Gutiérrez, Jorge. *Improving the Teaching-Learning Process of Graphic Engineering Students Through Strengthening of their Spatial Skills*. **International Journal of Engineering Education**. Publishing:Tempus Publications, Vol. 31(3), pp. 814-828, 2015. [Q3]

2. Jorge Martín Gutiérrez, Melchor García Domínguez, Cristina Roca. *Using 3D Visual Technologies to Train Spatial Skills in Engineering*. **International Journal of Engineering Education**. Publishing:Tempus Publications,Vol. 31(1), pp. 323-334, 2015.[Q3]

#### ARTÍCULOS INDEXADAS EN BASE DE DATOS WEB OF SCIENCE (ISI WEB KNOWLEDGE) y SCOPUS

1. J Martín-Gutiérrez, M García-Domínguez, C Roca-González. *Comparative Analysis between Training Tools in Spatial Skills for Engineering Graphics Students based in Virtual Reality, Augmented Reality and PDF3D Technologies*. **Procedia Computer Science Journal** 25, 360-363
2. CR González, J Martín-Gutiérrez, MG Domínguez, AS Hernán Pérez. *Improving Spatial Skills: An Orienteering Experience in Real and Virtual Environments with First Year Engineering Students*. **Procedia Computer Science Journal** 25, 428-435
3. Garcia Dominguez, M., Martín-Gutiérrez, J., Roca Gonzalez, C., Mato Carrodegua, M.C. *Using Different Methodologies and Technologies to Training Spatial Skill in Engineering Graphic Subjects*. **IEEE Computer Society Frontiers in Education** 2013.
4. Cristina Roca González, Jorge Martín-Gutiérrez, Melchor García Domínguez. *Training with augmented reality on engineering degrees*. **Asme digital: Engineering Systems Design And Analysis**. pp.395-402
5. Melchor García Domínguez, Jorge Martín-Gutiérrez, Cristina Roca González, Carmen M. Mato Carrodegua. *Methodologies and Tools to Improve Spatial Ability*. **Procedia-Social and Behavioral Journal**, vol 51, pp.736-744 (ISSN: 1877-0428). Publishing: Elsevier

#### CAPÍTULOS DE LIBROS.

1. Cristina Roca-Gonzalez, Jorge Martín-Gutiérrez, Carmen Mato Carrodegua, and Melchor García-Domínguez. *Training to Improve Spatial Orientation in Engineering Students Using Virtual Environments*, in R. Shumaker (Eds.): **Human-Computer Interaction**, Part II, HCII 2014, LNCS 8526, pp. 96–104. Springer International Publishing Switzerland (2014)
2. Melchor García Domínguez; Cristina Roca González; Alejandra San Juan Hernán-Pérez; Javier Romero; Jorge Martín Gutiérrez. *Realidad Virtual vs Realidad Aumentada vs PDF3D como herramienta de entrenamiento para la mejora de las habilidades espaciales y de los resultados académicos de los estudiantes de ingeniería gráfica*. **Actas Congreso Internacional sobre Innovación, Aprendizaje y Competitividad**. 2013. pp. 47 - 52. ISBN 978-84-695-8927-4

## CONGRESOS

1. Melchor García Domínguez, Jorge Martín-Gutiérrez, Cristina Roca González, Carmen M. Mato Carrodeaguas. Methodologies and Tools to Improve Spatial Ability. **Word Conference on Design, Arts Education**. Antalya, Turquía, 1-3, Mayo 2012.
2. Cristina Roca González, Jorge Martín-Gutiérrez, Melchor García Domínguez. Training with augmented reality on engineering degrees. Proceeding **ESDA2012 11th Biennial Conference On Engineering Systems Design And Analysis**. Nantes, Francia, 2-4 Julio, 2012.
3. Jorge Martín-Gutiérrez, Cristina Roca González, Melchor García Domínguez. Training of spatial ability on engineering students through a remedial course based on augmented reality. **ASME 2012 International Desing Engineering Technical conference & Computers and Information in Engineering Conference**, Chicago. IL, USA, 13-15 Agosto 2012.
4. Garcia Dominguez, M., Martín-Gutiérrez, J., Roca Gonzalez, C. Tools, methodologies and motivation to improve spatial skill on engineering students. Conference Proceedings, **2013 ASEE Annual Conference and Exposition**. Atlanta, USA. 23-26 Junio 2013.
5. Garcia Dominguez, M., Martín-Gutiérrez, J., Roca Gonzalez, C., Mato Carrodeguas, M.C. Using Different Methodologies and Technologies to Training Spatial Skill in Engineering Graphic Subjects. **IEEE 2013 Frontiers in Education Conference**. Oklahoma city, Oklahoma, October 23 – 26, 2013.
6. Melchor García Domínguez; Cristina Roca González; Alejandra San Juan Hernán-Pérez; Javier Romero; Jorge Martin Gutiérrez. Realidad Virtual vs Realidad Aumentada vs PDF3D como herramienta de entrenamiento para la mejora de las habilidades espaciales y de los resultados académicos de los estudiantes de ingeniería gráfica. **Congreso Internacional sobre Innovación, Aprendizaje y Competitividad. CINAIC 2013**. Madrid, Spain. 6-8 Noviembre 2013.
7. J Martín-Gutiérrez, M García-Domínguez, C Roca-González. Comparative Analysis between Training Tools in Spatial Skills for Engineering Graphics Students based in Virtual Reality, Augmented Reality and PDF3D Technologies. **2013 International Conference Virtual and Augmented Reality in Education**. Tenerife. Spain. 7-9 Noviembre 2013.
8. C Roca González, J Martín-Gutiérrez, MG Domínguez, AS Hernán Pérez. Improving Spatial Skills: An Orienteering Experience in Real and Virtual Environments with First Year Engineering Students. **2013 International Conference Virtual and Augmented Reality in Education**. Tenerife. Spain. 7-9 Noviembre 2013.
9. Cristina Roca-González, Jorge Martín-Gutiérrez, Carmen Mato Carredeguas, and Melchor García-Domínguez. Training to Improve Spatial Orientation in Engineering Students Using Virtual Environments, HCI2014. 16th International Conference on Human-Computer Interaction. Creta 22-27 Junio 2014.

## 1.7 COLABORACIONES

Para conseguir llevar a buen puerto la realización de este trabajo ha sido imprescindible la colaboración de:

- Todos los profesores del Área de Expresión Gráfica del departamento de Cartografía y Expresión Gráfica que han colaborado cediendo su tiempo lectivo para la realización de entrenamientos y test.
- El servicio de deportes de la ULPGC y su personal del Campus Universitario de Tafira.
- Don Ulises Ortiz, experto internacional en pruebas de orientación en Limonium Canarias, empresa de deporte y actividades en la naturaleza.

## **CAPÍTULO 2**

# **MARCO TEÓRICO**

---



## 2.1 INTRODUCCIÓN.

La amplitud de trabajos y profundidad de las investigaciones relacionadas con la habilidad espacial es muy extensa. Quizás no tanto en el ámbito de la orientación espacial, que a menudo, según los autores queda integrada dentro de uno de los subfactores que integran la habilidad espacial. Como cualquier investigador comencé el trabajo con discusiones entre colegas profesores universitarios, amigos y familiares y rápidamente se me abrieron nuevos caminos e ideas para comenzar la búsqueda de material y hacerme con una increíble cantidad de material histórico, teórico y práctico relacionado con la habilidad espacial.

La investigación y la práctica la habilidad espacial ha tocado casi todos los campos por lo que la revisión del estado del arte en este documento será un tanto extensa sobre todo en bibliográfica. En mi búsqueda, he optado por no detenerme en detalles específicos a fin de proporcionar una visión integral del tema. Los críticos pueden alegar que he omitido detalles muy importantes, y puede ser cierto en algunos casos. Sin embargo, en un esfuerzo por proporcionar la cobertura adecuada del estado del arte y mantener una longitud del manuscrito manejable, este es el enfoque que he seleccionado. Mi propósito para este capítulo es que pueda servir como punto de partida principal para el estudio de las capacidades espaciales proporcionando una amplia revisión del tema, con cierto enfoque a las diferencias de género, el factor de orientación espacial y las habilidades espaciales en los estudios de ingeniería.

## 2.2 CONSIDERACIONES HISTÓRICAS EN LA INVESTIGACIÓN DE LA CAPACIDAD ESPACIAL.

Es fundamental comenzar esta revisión del estado del arte, con una sección dedicada a la historia de la investigación sobre la capacidad espacial. Varias obras, proporcionan datos históricos con diferentes niveles de detalle sobre la inteligencia, capacidad espacial, y sus factores (Carroll, 1993; Eliot & Smith,

1983; McGee, 1979b; Smith, 1964).

Las publicaciones científicas que enfocan su investigación en la capacidad espacial o factores espaciales no empezaron a surgir hasta principios de 1920. La investigación más reciente (1880-1940) se centró en la definición de la capacidad espacial como algo separado de la inteligencia general. En los trabajos de Thorndike (1921), Kelley (1928), El Koussy (1935), y Thurstone (1938), la habilidad espacial fue reconocida como una capacidad independiente del factor de inteligencia general, que fue definido por Spearman (1927). Estas investigaciones de los años 20-30, utilizó un enfoque psicométrico (Pellegrino, Alderton, y Shute, 1984), que se caracteriza por "un conjunto de técnicas estadísticas [análisis factorial] desarrollados para determinar el número y la naturaleza de la inteligencia o de la personalidad, factores que proporcionan un hecho y una medida de rendimiento" (Cooper y Mumaw, 1985, p.68).

Sin embargo, aunque en la época mencionada la capacidad espacial ganó un poco de atención por parte de investigadores, no fue ampliamente destacada como importante y, a menudo se consideraba una habilidad menor. Es durante la Segunda Guerra Mundial, donde las pruebas de la capacidad espacial obtuvieron un punto de apoyo importante debido a las pruebas a gran escala llevado a cabo en las Fuerzas Aéreas del Ejército (Guilford y Lacy, 1947; Guilford y Zimmerman, 1947a). Durante el período de 1940 a 1960, los investigadores centraron la mayor parte de sus energías en la definición de lo que compone la capacidad espacial. Las primeras investigaciones reconoció un solo factor espacial, mientras que la investigación posterior determinó que no era una capacidad unitaria. Este período de actividad de investigación condujo a una mejor comprensión de los factores que comprenden la capacidad espacial.

Los trabajos llevados a cabo por (Guilford y Lacy, 1947; Guilford y Zimmerman, 1947a) produjo una explosión en lo que se refiere a la investigación de la componente espacial como un factor de inteligencia, y por las numerosas teorías y trabajos se produjo confusión entre la comunidad de investigadores

(D'Oliveira, 2004; Lohman, 1979a), ya que se proporcionan diferentes nombres de los factores, la cantidad de factores, así como definiciones de los mismos, lo que produjo una gran dispersión a la hora de realizar implementaciones técnicas o pruebas de habilidad espacial para realizar análisis de factores (Cooper & Mumaw, 1985). En el periodo que nos referimos, décadas de los 50, 60 y 70, y consecuencia de la falta de uniformidad en cuanto al tratamiento de la capacidad espacial, se acordó en general que la capacidad espacial no era unitario, sino que es un factor de la inteligencia pero que está formado por varios subfactores de hecho surgieron numerosas pruebas espaciales con objeto de medir dichos subfactores (Smith y Eliot, 1983).

El período de 1960 a 1980 la investigación fundamentalmente se centró en análisis factoriales con objeto de medir y obtener un número para la capacidad espacial, eso sí como ya hemos comentado con divergencias en las investigaciones consecuencia de la dispersión mencionada. Pero mientras se producían estos estudios psicométricos, también surgieron estudios de desarrollo y estudios diferenciales se convirtieron en centros de observación por otros investigadores. Así en estudios Psicométricos, examinaron diversas cuestiones cognitivas tales como los estilos de aprendizaje (Witkin 1949, 1950) y Gardner (1953, 1957) y en estudios examinaron cómo la capacidad se desarrolla a lo largo de la niñez para ser determinante en la edad adulta (Piaget y Inhelder, 1967; 1971), investigaciones que han creado mucho interés en esta área. Los estudios psicométricos, también pusieron su centro de atención en la diferencia en la capacidad espacial, en lo que se refiere a las diferencias entre los sexos, Maccoby y Jacklin (1974) sirve como punto de partida más referenciado en esta área.

Por último, el período de 1980 hasta la actualidad ha seguido los temas de investigación anteriores, ampliado además por estudiar diferencias por cuestiones biológicas, razas, estatus social..., que serán tratadas y referenciadas en secciones posteriores, pero además se ha estudiado y examinado específicamente el impacto del uso de las diferentes tecnologías en la medición,

el análisis y la mejora de la capacidad espacial.

En los casi 100 años de historia de investigación en capacidad espacial, podemos afirmar que sigue siendo un conjunto de habilidades cognitivas complejas, sobre el que todavía hay preguntas que hacerse y resolver.

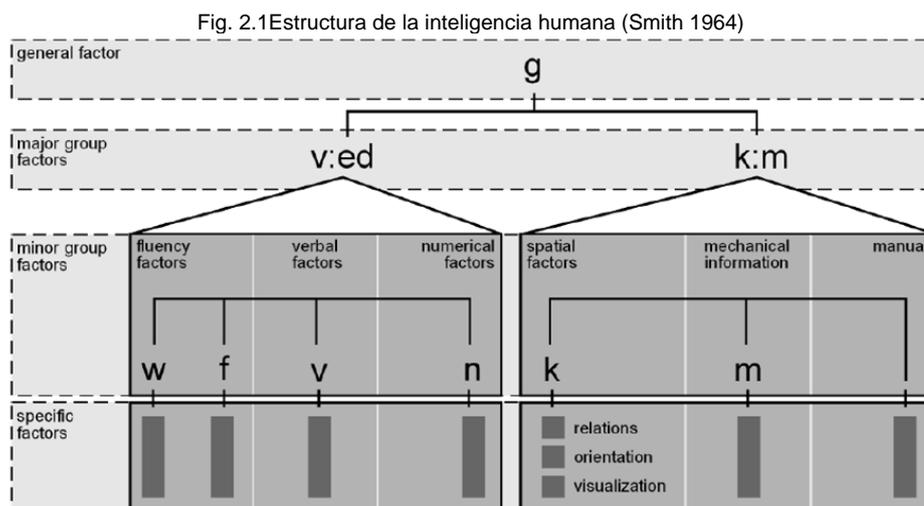
En los siguientes apartados se revisará la relación entre la capacidad espacial y la inteligencia general definidos por las investigaciones psicométricas y la investigación de la capacidad espacial referida a estudios de desarrollo y diferencial.

### **2.2.1 Investigación psicométrica.**

Uno de los primeros retos que se plantea en la investigación de habilidad espacial es distinguirlo del factor de inteligencia general, definido como "g".

La investigación de Inteligencia fue llevado a cabo por dos grandes grupos con diferentes puntos de vista. Investigación en Gran Bretaña llevada a cabo por Spearman le llevó a centrarse en la inteligencia como un único factor, mientras que la investigación en los EE.UU. consideró la inteligencia formada por múltiples factores. La primera investigación defendida por Spearman (1904, 1927), Burt (1949) y Vernon (1950) y la segunda por Thurstone (1938, 1944, 1950), Cattell (1971), y Guilford (1956, 1959, 1.967).

De las investigaciones anteriores se observa que los investigadores tuvieron dificultades para distinguir los factores de la capacidad espacial dentro del Factor general de la inteligencia (g), porque varios de los factores espaciales están en gran medida relacionados con la inteligencia general, por ejemplo, las pruebas de visualización espacial eran consideradas un factor de la inteligencia, y ahora se podría presuponer un subfactor del factor espacial. La figura 2.1 muestra una vista jerárquica básica de la estructura de las habilidades humanas (Smith, 1964).



Como se muestra en la Figura 2.1, cuando se realizaban pruebas de medición de inteligencia se analizaban mediante análisis factorial, de forma que el primer factor que se extrae corresponde a g. Las pruebas se dividen en dos grupos principales: verbal-numérica (v:ed) y espacio-mecánico-práctico (k:m). Estos grupos están formados por subgrupos (factor rapidez mental, verbal, numérico, espacial, mecánico, práctico). Uno de estos subgrupos, el factor espacial, está formado por factores específicos, según la clasificación de Smith, factor rotación, orientación, visualización.

Investigaciones más reciente han tratado de definir los modelos jerárquicos de inteligencia y los factores específicos de dichos modelos (Carroll, 1993; Jensen, 1998; Snow y Lohman, 1989; Snow, Kyllonen, y Marshalek, 1984). La clasificación propuesta por Carroll (1993), es la que se ha considerado en la parte experimental de este trabajo, debido a ser investigador contemporáneo más conocido y clasificación más utilizada en los estudios actuales. Se consideran dos sub-habilidades: la visualización y la rotación mental. A esta clasificación y por el tema que nos ocupa en este trabajo (análisis de orientación espacial) se ha añadido la componente o factor de orientación siguiendo las teorías y recomendaciones de quien más ha investigado en este tema Hegarty (2001; 2006). Esta misma opción de estudiar las tres componentes como integrantes de la habilidad espacial en sus investigaciones ha sido utilizada por otros autores Mafalda(2000).

### 2.3 CAPACIDAD/FACTOR ESPACIAL.

La primera vez que se identificó la capacidad espacial como un factor importante en la inteligencia humana fue en el trabajo de Thorndike (1921). Fue importante la distinción que proporcionó indicando tres grandes componentes del funcionamiento intelectual, en lugar de la "visión singular" y única que indicaba Spearman sobre la inteligencia. Thorndike sostuvo que las pruebas de inteligencia de Spearman eran "estándar" ya que medían solamente una "inteligencia abstracta". Thorndike incluía la "inteligencia abstracta" en su propio modelo de tres componentes, y destacó que las otras dos componentes "mecánica" y "social" de inteligencia eran igualmente importantes. El trabajo de Thorndike (1921) sirve como punto de partida en la que una investigación hace referencia a habilidad espacial. En su trabajo, definió "inteligencia mecánica" como la capacidad de visualizar las relaciones entre los objetos y entender cómo funcionaba el mundo físico. Thorndike sentó las bases para la investigación la capacidad espacial y indicando la necesidad de herramientas para medirla.

Kelley (1928) y El Koussy (1935) también cuestionaron la definición base de la inteligencia de Spearman (Burnett y Lane, 1980; Miller & Bertoline, 1991). El Koussy estudió e investigó la inteligencia espacial y, como consecuencia desarrolló métodos para medirla. El Koussy sugirió la existencia de un factor "K", que se define como la capacidad de obtener y utilizar la imaginación visual espacial. Kelley fue más allá con sus nociones de que la manipulación de las relaciones espaciales era otro factor distinto dentro de la capacidad espacial.

Del mismo modo, Thurstone (1938) define un factor de "espacio" que representa la capacidad de operar mentalmente con imágenes espaciales o visuales. Su teoría era que la inteligencia se compone de varias habilidades mentales primarias en lugar de un solo factor holístico. Fue uno de los primeros en proponer y demostrar estos factores a través de su teoría de múltiples factores. La teoría identificó siete habilidades mentales primarias, que incluyen la memoria asociativa, razonamiento numérico, velocidad de percepción, el razonamiento, la visualización espacial, la comprensión verbal y fluidez verbal. Esta teoría fue la

base para crear los Test de inteligencia, proporcionan una medición única para cada uno de los factores.

### 2.3.1 Componentes de la capacidad/factor espacial.

Thurstone (1950) identificó tres factores espaciales primarios dentro de la capacidad espacial. En trabajos posteriores se siguió utilizando los factores espaciales definidos por Thurstone pero reemplazado las denominaciones por términos más descriptivos (Smith, 1964). La rotación mental se definió como la capacidad de reconocer un objeto si movido a diferentes orientaciones o ángulos. Visualización espacial es definida como la capacidad de reconocer las partes de un objeto si se movían o desplazados de su posición original. La percepción espacial se define como la capacidad de utilizar la propia orientación corporal para relacionarse con el entorno y por tanto con la orientación espacial.

Después de Thurstone, numerosos investigadores formularon nombres y definiciones para los factores que conforman la capacidad espacial. El desacuerdo en la nomenclatura y definición ha sido un factor limitante en la investigación de la capacidad espacial. D'Oliveira (2004) reconoce que este conflicto se observa en (1) las definiciones de la capacidad espacial, (2) el número de habilidades identificadas, (3) los nombres de los factores, y (4) pruebas utilizadas para medir cada factor.

Varios de los investigadores defendían la existencia de sólo dos factores espaciales (visualización y relaciones espaciales). Las últimas aportaciones (Lohman, 1979b, McGee 1079b) incluyen tanto la rotación (orientación de un objeto) y orientación (orientación del espectador). En estos estudios, los investigadores no encuentran la forma de diferenciar entre la rotación y la orientación. Estudios recientes han demostrado que dicha diferencia entre los dos factores no se encontraba porque los instrumentos que se utilizan para medir la orientación eran similares a los que miden la rotación (Hegarty y Waller, 2004; Kozhevnikov y Hegarty, 2001; Zacks , Mires, Tversky y Hazeltine, 2002).

### **2.3.2 Percepción Espacial vs capacidad espacial.**

La percepción espacial, a menudo se considera independiente y distinta de la capacidad espacial, es decir no incluida en el factor espacial (Linn y Petersen, 1986).

Es el mismo caso que ocurre con la relación entre la imaginación mental (crear imágenes mentales) y capacidad espacial. Numerosos investigadores han estudiado el impacto de la habilidad de crear imágenes mentales con la capacidad espacial (Barry, 2002; Burton, 2003; Burton y Fogarty, 2002; Dean & Morris, 2003; Ernest 1977 ; Galton, 1880; 1991; Kosslyn, 1980; Marks, 1990; Mathewson, 1999; Miyake, Friedman, Rettinger, Shah, y Hegarty, 2001; Podell & Phillips, 1959; Poltrock y Agnoli, 1986; Walker & Marshall, 1982) . La mayoría de estas investigaciones ha indicado que las medidas obtenidas de los test que miden la imaginación y capacidad espacial no están correlacionadas. La imaginación, es decir ser capaz de crear imágenes mentales no implica que se disponga de la capacidad espacial, pero el éxito en las tareas espaciales requiere a menudo crear imágenes mentales, sobre todo en tareas de visualización complejas (Poltrock & Brown, 1984).

En el mismo sentido, los test de percepción espacial no miden la visualización, la rotación, o la capacidad de orientación directa; miden la capacidad de un individuo para ignorar la información que sirven de distracción visual dentro del campo visual. Aunque la imaginación mental y la percepción espacial no son factores específicos en la capacidad espacial, sí que está relacionada con la investigaciones de la capacidad espacial, no directamente, pero sí de forma indirecta.

### **2.3.3 Líneas Investigación actuales.**

Actualmente los trabajos en habilidades espaciales siguen dos líneas de investigación en lo que se refiere a definición de factores que componen la capacidad espacial. El primero de ellos es la propuesta de tres factores (Percepción espacial, Orientación espacial o rotación mental – considerada como

única- y visualización espacial) y por otro lado la propuesta de dos factores (relación espacial o rotación mental y Visualización).

A continuación se realiza un resumen de las líneas más citadas y seguidas en el estudio de las habilidades espaciales.

En los comienzos del estudio de las componentes de las habilidades espaciales (Smith, 1964), las subdivide en:

- Rotación mental: habilidad para reconocer si objeto se ha movido desde diferentes ángulos.
- Visualización espacial: habilidad para reconocer las partes de un objeto aunque éstas se hayan movido o se hayan desplazado respecto de su posición original.
- Percepción espacial: habilidad para usar la posición del cuerpo para resolver cuestiones relacionadas con la orientación espacial.

Lohman (1996) y el meta-análisis de Linn & Petersen (1985) distinguen tres categorías o componentes que forman la habilidad espacial:

- Percepción espacial, es la capacidad de determinar las relaciones espaciales de los objetos aun existiendo información que puede distraer al individuo.
- Orientación espacial o 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.

Halpern & LaMay (2000), introducen dos factores adicionales a los anteriores: habilidad espacio-temporal y memoria de imagen espacial. El primero hace referencia a la capacidad de identificar cambios producidos por aspectos dinámicos en los que actúa el tiempo con referente al espacio, es decir el cambio que se produce en un momento determinado sobre un objeto (forma, orientación,

color...). El segundo se refiere a crear en la mente una imagen y utilizarla para realizar una determinada tarea cognitiva.

Otros investigadores del ámbito de la psicología (Pellegrino, Alderton, & Shute, 1984) y de la ingeniería (Olkun, 2003) 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 (1998), propone cinco componentes principales en las habilidades espaciales y los define de la siguiente forma:

- Relaciones espaciales - Spatial Relations (SR) 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 - Spatial perceptions (SP) es la capacidad para determinar las relaciones espaciales entre objetos, a pesar de la existencia de información que no es significativa.
- Visualización espacial - Spatial Visualization (SV) es la capacidad de manipular mentalmente, las imágenes visuales. Esto puede implicar imaginar las rotaciones de objetos en el espacio.
- Rotación mental - Mental Rotation (MR) se refiere a la capacidad de rotar mentalmente imágenes visuales. Estas imágenes pueden ser bidimensionales o tridimensionales.
- Orientación espacial - Spatial orientation (SO) es la capacidad de orientarse física o mentalmente en el espacio. La posición espacial de una persona es esencial para esta tarea.

En general la mayoría de autores e investigadores reconocen dos factores:

rotación mental (MR) y Visualización (SV). Aunque en algunas investigaciones recientes, en las que ha sido objeto de medición las capacidades espaciales, se ha incluido una tercera categoría: la Orientación Espacial (SO) (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.

Smith (2001) define la visualización espacial como la capacidad para resolver problemas que precisan varios pasos para resolverse y están basados en cambios de formas, para llegar a la solución hay que recurrir principalmente a imágenes mentales que establezcan relaciones topológicas y geométricas del problema. Potter & van der Merwe (2003) explican que la visualización espacial se refiere a la capacidad de rotar mentalmente en el espacio 2-D y 3-D objetos que pueden tener una o más partes móviles. La consideran una capacidad basada en tareas complejas que implican la manipulación mental de los objetos y la integración de las múltiples partes móviles de dichos objetos en el proceso mental. La percepción espacial la describen como una sensación en el cerebro donde ocurren de forma inmediata los estímulos. Un individuo percibe un objeto o una presencia, de forma consciente o inconscientemente. La percepción no incluye la memoria, la reflexión, la conciencia o razonamiento. La orientación espacial es considerada como la capacidad de orientarse en el espacio con relación a otros los objetos y la conciencia de donde se encuentra el observador.

La clasificación propuesta por Carroll (1993), es la que se ha considerado en la parte experimental de este trabajo para medir las habilidades espaciales. Se consideran dos sub-habilidades: la visualización y la rotación mental.

- Rotación mental (MR) es definida como la velocidad mental para girar formas simples y reconocerlas en otra posición.
- Visualización (Vz) la define como la capacidad de manejar mentalmente formas complejas.

A esta propuesta se le ha añadido el factor Orientación espacial teniendo en cuenta la línea de investigación para este factor de Hegarty (2002)

Tabla 2-1 Clasificaciones más seguidas en las investigaciones sobre el factor espacial.

<b>Autor</b>	<b>Componentes del factor espacial</b>	
<b>McGee(1979)</b>	✓ Relaciones espaciales (SR)	
<b>Maier (1998)</b>	✓ Percepción espacial (SP) ✓ Visualización espacial (SV) ✓ Rotación mental (MR) ✓ Orientación espacial (SO)	<b>5 Componentes</b>
<b>Linn y Petersen (1982)</b>	✓ Percepción espacial. ✓ Visualización espacial. ✓ Rotación espacial.	<b>3 Componentes</b>
<b>Pellegrino (1984)</b>	✓ Relaciones espaciales. (incluye rotaciones mentales y percepción espacial).	<b>2 Componentes</b>
<b>Olkun (2003).</b>	✓ Visualización espacial.	
<b>Carroll (1993).</b>	✓ Rotación Mental. ✓ Visualización espacial.	<b>2 Componentes</b>

## 2.4 . CONSIDERACIONES SOBRE LA NOMENCLATURA HABILIDAD Y CAPACIDAD ESPACIAL.

En la revisión bibliográfica realizada, los investigadores utilizan indistintamente habilidad o capacidad espacial (de ability o skill en inglés), considerando ambos términos como sinónimos, aunque consideramos necesario distinguir entre aptitud, destreza, habilidad y capacidad espacial.

El diccionario de la Real Academia Española, define el término Capacidad como la cualidad que dispone a alguien para el buen ejercicio de algo. Las aportaciones de Sánchez Carlessi y Reyes Romero (2003), acotan los términos que componen la capacidad espacial (aptitud, destreza y habilidad), lo cierto es que si se consultan en el diccionario de la Real Academia Española estos

términos (aptitud, capacidad, habilidad y destreza), se origina el problema denominado “de circularidad”, ya que 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. Con este punto de partida y del hecho que, a menudo en la literatura son manejados como sinónimos, se tratará de conceptualizar cada uno de estos términos:

- 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 que remitirá en realizar 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 (Sánchez Carlessi & Reyes Romero, 2003). Algunas personas pueden tener un mayor grado de aptitud innata, pero esta habilidad se puede adiestrar a través de la práctica y el entrenamiento (Sorby, Wysocki, & Baartmans, 2003).

Se considera que las habilidades son "educables" en el sentido de que es posible contribuir a su desarrollo de diversas formas: según el proceso de transmitir el conocimiento, según las técnicas para llevar a cabo el aprendizaje, según cómo se utilicen los recursos didácticos o la calidad de los materiales.

Moreno Bayardo (1998), comenta que la vinculación de los conceptos anteriores (aptitud, destreza y habilidad) constituye un rasgo intrínseco del 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.

El desarrollo de habilidades tiene además, como nota característica, la posibilidad de transferencia, en el sentido que una habilidad no se desarrolla para un momento determinado, sino que se convierte en una cualidad, en una forma de respuesta aplicable a múltiples situaciones que comparten esencialmente la misma naturaleza; por ello se dice que las habilidades desarrolladas por un individuo configuran una forma peculiar de resolver tareas o resolver problemas en áreas determinadas. Por tanto La capacidad espacial supone la integración de aptitudes, habilidades y destrezas (Sánchez Carlessi & Reyes Romero, 2003).

Fig. 2.2 Concepción de Capacidad espacial. Fuente (Sánchez Carlessi, 2003)



## 2.5 INSTRUMENTOS PARA MEDIR LA HABILIDAD ESPACIAL.

Consecuencia de las diferentes líneas de investigación en el ámbito de la psicología, han dado como resultado numerosos instrumentos (test) para medir y

evaluar los diferentes factores de la capacidad espacial. Con el paso del tiempo, incluso algunos de estos instrumentos han pasado a ser Test estandarizados de carácter comercial.

Martín-Gutiérrez, (2010) presenta una recopilación de los test más utilizados para medir las componentes que forman las habilidades espaciales. Además señala los autores que han desarrollado test informatizados para medir alguna de las componentes de la habilidad espacial (Prieto, Carro, Orgaz, & Pulido, 1993), (Hartman, Connolly, Gilger, Bertoline, & Heisler, 2006).

Tabla 2-2 Test para medir las Relaciones Espaciales. Fuente Martín-Gutiérrez (2010)

<b>RELACIONES ESPACIALES</b>			
<b>Nombre del Test</b>	<b>Acrónimo</b>	<b>Autores</b>	<b>Descripción</b>
Spatial Relation subset of Primary Mental Abilities Test	PMA –SR	Thurstone, 1958	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales
Cards Rotation Test	CRT	Ekstrom, French y Harman, 1976	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales
Mental Rotation Test	MRT	Vandenberg 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 rotaciones en el espacio
Rod-and-frame test	RFT	Witkin y Asch, 1948	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 2-3 Test para medir la Visualización Espacial. Fuente Martín-Gutiérrez (2010)

<b>VISUALIZACIÓN ESPACIAL</b>			
<b>Nombre del Test</b>	<b>Acrónimo</b>	<b>Autores</b>	<b>Descripción</b>
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 (letras y números en las caras del bloque)
The Block Design Subset of the Weschler Adult Intelligence Scale, Intelligence Scale- Revised and the Weschler Intelligence Scale for Children		Weschler, 1946, 1949, 1955, 1974, 1981	Hay que reconstruir una forma utilizando bloques tridimensionales
Paper Folding	PF	Ekstrom, French y Harman, 1976	Hay que indicar 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	and Witkin, 1950	Hay que encontrar una figura simple incluida dentro de una imagen más compleja
Hidden Figures Test	HFT	Ekstrom, French y Harman, 1976	Hay que encontrar una figura simple incluida dentro de una imagen más compleja
Revised Minnesota Paper Form Board Test	RMPFB	Rensis Likert y Quasha, 1995	Hay que determinar si una pieza se puede realizar con una serie de trozos de papel recortados
Middle Grades Mathematics Project (1983).	Spatial visualisation test,	Department of Mathematics, Michigan State University, USA.	

Completamos esta recopilación realizada Martín-Gutiérrez (2010) con la tabla 2.3.

Tabla 2-4 Test para medir la Orientación Espacial

<b>ORIENTACIÓN ESPACIAL</b>			
<b>Nombre del Test</b>	<b>Acrónimo</b>	<b>Autores</b>	<b>Descripción</b>
Guilford-Zimmerman Spatial Orientation Test	GZ	Guilford & Zimmerman (1948)	No mide solamente la orientación espacial sino una mezcla de esta con otras habilidades cognitivas.
Perspective Taking/Spatial Orientation Test	SOT	Mary Hegarty, Maria Kozhevnikov, David Waller (2008)	Se trata de imaginar diferentes orientaciones en el espacio, señalando con una flecha las posiciones relativas de tres objetos ubicados en el perímetro de un círculo.
Perspective Taking Test for Children	PPPT-C	Frick, A, Möhring, W. and Newcombe, N. S. (2014)	Los niños observan de juguetes tomadas desde distintos ángulos y se les pide que elijan la tomada desde un ángulo determinado.
Virtual SILC Test of Navigation	SILCTON	Weisberg, S. M., Schinazi, V. R., Newcombe, N. S., Shipley, T. F. & Epstein, R. A. (2014)	Se realiza en el ordenador mide la precisión con la que un individuo aprende el trazado de las edificaciones en un ambiente virtual a gran escala
The 3D Perspective Tacking Ability	PTA	Maria Kozhevnikov (2008)	Se trata de localizar y elegir mediante direcciones y posiciones relativas de entre varios objetos mostrados en pantalla

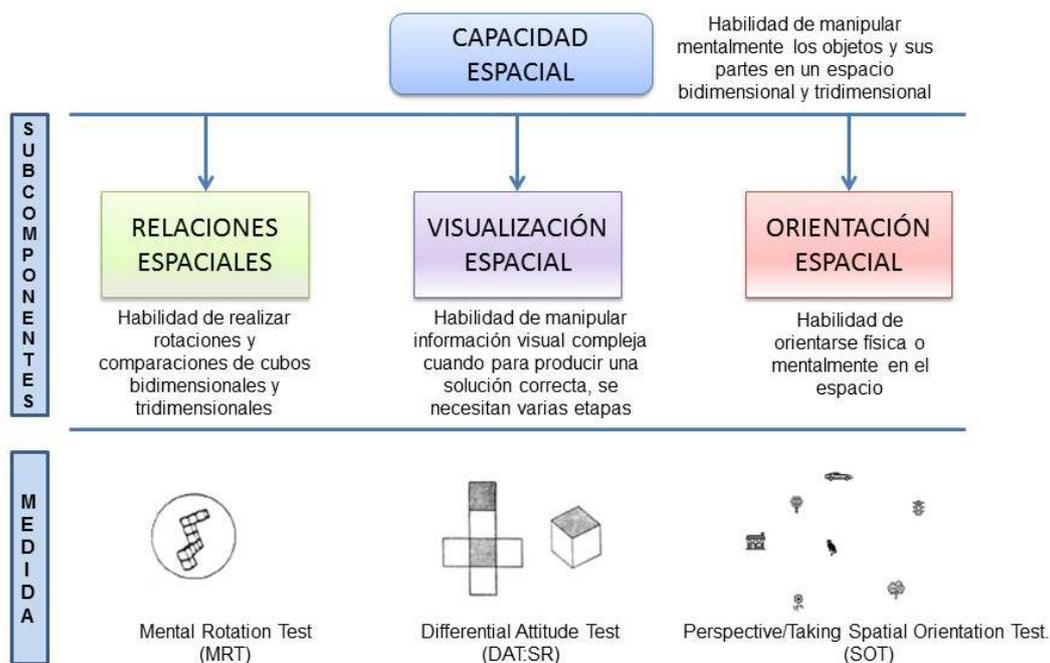
Cabe destacar la aportación de Chay (2000), al desarrollar una versión online del test de rotación mental de Vandenberg & Kuse (1978), aunque a día de hoy no ha sido validada mediante un estudio estadístico que garantice la obtención de parámetros de referencia.

Una interesante investigación (Sutton & Williams, 2011), propició el desarrollo del test 3D AbilityTest (3DAT) con objeto de medir las componentes de la habilidad espacial, de forma informatizada utilizando plataformas web y multimedia. El instrumento validado por Sutton, K., & Williams, A. (2011) está formada por una batería de test que miden las cinco componentes que forman las habilidades espaciales enumeradas por Maier (1998) y está orientada para medir estas habilidades en el ámbito de la ingeniería.

En el ámbito de ingeniería es muy utilizado el Test Purdue Spatial Visualization Test PSVT- desarrollado por Seryl Sorby (1996). Este test ha sido ampliamente utilizado en investigaciones de la propia autora, y en experiencias realizadas en el ámbito académico de ingeniería de Estados Unidos.

En la parte experimental de esta tesis, para medir las habilidades espaciales se ha seguido la clasificación propuesta por Carroll más la componente de Orientación espacial que también ha sido utilizada por Kozhevnikov y Hegarty (2001) en sus experiencias. Las herramientas para medir cada una de las componentes han sido los test MRT- Mental Rotation Test (relaciones espaciales), DAT-5 - Differential Attitude Test (visualización espacial), Nombre del test, (Orientación espacial). Se ha optado por estos instrumentos y no PSVT, por seguir el criterio de investigaciones en el ámbito nacional y europeo, en el ámbito de ingenierías y a nivel internacional los más utilizados para medir estas componentes en otras áreas de conocimiento. Esta homogeneidad podrá permitir comparar resultados si fuera de interés.

Fig. 2.3 Subcomponentes y test de medida del factor espacial.



### 2.5.1 Test de Rotación mental de Vandenberg.

De importancia para esta investigación es el Vandenberg Rotaciones Mental Test (a veces también llamado el Vandenberg-Shepard Mental Rotaciones de prueba o MRT).

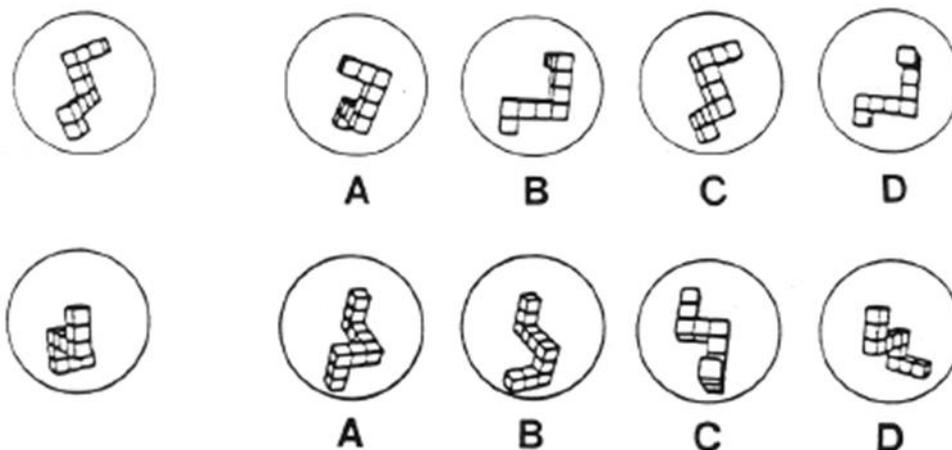
Creado por Stephen Vandenberg utilizando configuraciones de bloques creados originalmente por Shepard y Metzler (1971), la prueba de MRT en papel se ha utilizado en varios estudios relacionados con los gráficos de ingeniería desde su aparición hasta la actualidad (McCuiston, 1990; Miller 1992c; Study, 2001; Zavotka, 1985; Martín-Gutierrez, 2010; Melgosa et al., 2015) y es una prueba válida y fiable de la capacidad de rotación espacial.

En su trabajo, Vandenberg Kuse (1971) introdujeron éste Test espacial y proporcionaron antecedentes sobre su construcción, así como las métricas relacionadas con ella. La validación del test se realizó con grandes muestras (3.268 adultos y adolescentes en edad de 14 años o más), el test mostró una consistencia interna (Kuder-Richardson 20 = 0,88) y la fiabilidad test-retest (0,83). Estas métricas también fueron confirmadas por la documentación en el Directorio de Medidas experimentales no publicados (Goldman y Osborne, 1985). Esta

publicación también informó que las correlaciones de validez de la MRT con otras pruebas espaciales varían 0,31 a 0,68.

La prueba de MRT contiene 20 ítems, en los que la persona que realiza la prueba, dispone de una figura de bloques en perspectiva tridimensional, y a continuación se le muestra 4 figuras de bloques en perspectiva tridimensional con una orientación diferente, de las cuales debe elegir dos de las figuras que se corresponden con el bloque modelo. Las alternativas correctas son siempre idénticos al objeto de estímulo, pero se muestran en una posición girada. La figura 2.4 muestra un ejemplo de dos preguntas de esta prueba.

Fig. 2.4 Ejemplos del Vanderberg Mental Rotation Tes MRT(Vanderberg 1971)



Debido al acceso de dominio público a la prueba MRT; su alta validez, fiabilidad y apoyo continuo como una medida válida de la capacidad espacial; y su uso por los investigadores anteriores; este estudio utilizó la prueba de Vandenberg MRT como un método para determinar la capacidad espacial de los estudiantes.

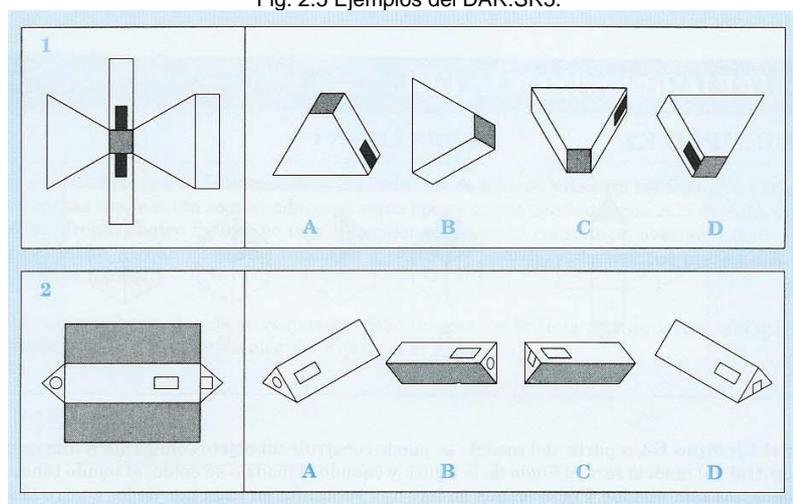
### 2.5.2 Test D.A.T:SR5 (Differential Attitude Test-Spatial Rotation Subset)

George K. Bennet y Alexander G. Wesman crearon en el año 1947 una batería de test denominada D.A.T. (Differential Attitude Test) para medir las

aptitudes de estudiantes entre los grados 8<sup>o</sup> y 12<sup>o</sup> del High School americano. En 1967 se llevó a cabo la adaptación española de este test bajo la dirección de Mariano Yela a través de la editorial TEA. Este test se usa en España para medir el Coeficiente Intelectual (C.I.), por lo que se dispone de gran cantidad de datos. En los últimos años aparece una nueva versión denominada DAT-SR5. Para la presente tesis empleamos el D.A.T. SR5 (Bennet, Seashore, & Wesman, 2000).

El test tiene una duración de 20 minutos y consta de 50 ejercicios que se reparte en un cuadernillo. En cada uno de ellos se presenta un modelo o patrón y a la derecha de cada modelo se ofrecen cuatro figuras de tres dimensiones. El alumno debe averiguar cuál de esas figuras es la única que ha podido formarse a partir del modelo y marcarlo en una hoja separada de respuestas. Se aplica 1 punto por respuesta acertada, siendo la puntuación máxima de 50 puntos. La figura 2.5 muestra un ejemplo de dos preguntas de este test.

Fig. 2.5 Ejemplos del DAR:SR5.



### 2.5.3 Perspective Taking/Spatial Orientation Test

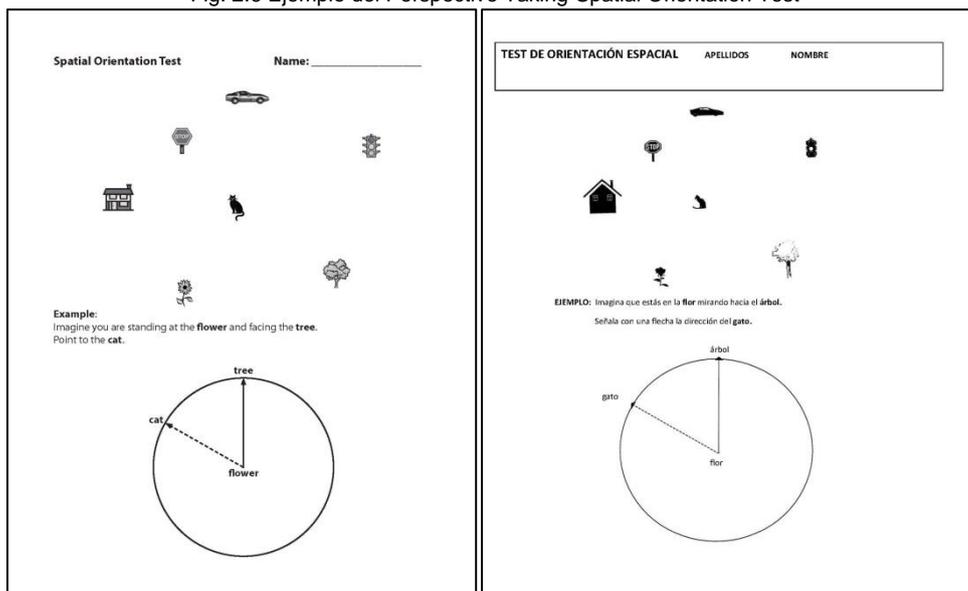
Según Kozhevnikov & Hegarty (2001), de la Universidad de Santa Bárbara, California, existía una confusión respecto a los test utilizados hasta ese momento para medir la orientación espacial, ya que realmente servían para medir las rotaciones mentales y numerosos autores las identificaban también con orientación. El Guilford-Zimmerman Orientation Survey Test (Guilford &

Zimmerman, 1948) que había sido el test más utilizado para la medida de la orientación espacial, no medía sólo esta, sino también otras habilidades cognitivas. Además, Kozhevnikov y Hegarty (2001) concluyeron que el Guilford-Zimmerman Orientation Survey Test era un test poco válido para medir la orientación espacial porque no trabaja con grandes cambios de perspectiva, limitados a 30°.

Kozhevnikov & Hegarty (2001), desarrollaron un test psicométrico específico para la medida de la orientación espacial para resolver el conflicto anteriormente expuesto: el Object Perspective Taking Test, que tras una revisión en el año 2004 pasaría a denominarse Perspective Taking/Spatial Orientation Test. Un análisis factorial concluyó finalmente que las medidas de orientación espacial realizadas con el Object Perspective Taking Test estaban dissociadas de medidas de visualización espacial, al contrario de lo que ocurría con el Guilford-Zimmerman Orientation Survey test. (Kozhevnikov, Hegarty, 2001).

El Perspective Taking/Spatial Orientation Test en formato papel, representa en la parte superior, un conjunto de siete objetos, y en la parte inferior un círculo con una dirección indicada. Para cada una de las 12 preguntas o ítems que se plantean, el usuario debe imaginarse situado en la localización de uno de los objetos del conjunto (que pasará a estar en el centro del círculo), mirando a otro de ellos (que pasará a estar en la parte superior del círculo).y como respuesta deberá trazar una flecha desde el objeto del centro indicando la dirección a un tercer objeto desde la nueva orientación. La puntuación de cada ítem es la desviación absoluta en grados sexagesimales entre la respuesta del individuo y la respuesta correcta. De esta forma, obtener una menor puntuación en el test supone un mayor acierto. La puntuación total será la media de las desviaciones de los errores direccionales absolutos de las 12 posiciones planteadas. Caso de no responder a alguna pregunta, se le asigna un valor de 90 °. El test no existe en versión castellana, así que se ha hecho una traducción del mismo (Figura 2.6).

Fig. 2.6 Ejemplo del Perspective Taking-Spatial Orientation Test



## 2.6 INVESTIGACIONES EN EL ÁMBITO DE CAPACIDADES ESPACIALES.

La investigación del desarrollo de la capacidad espacial tiene por objetivo responder a preguntas relacionadas con cuándo y cómo se desarrolla la capacidad espacial. En torno a estas preguntas surgen líneas de trabajo relacionadas con las diferencias en el desarrollo o adquisición de capacidades espaciales en clave de género, etnia, estatus social, edad, entorno, materiales, instrumentos y tecnologías utilizadas para la mejora, etc...

### 2.6.1 Capacidad espacial y Edad.

Piaget e Inhelder (1971) indican que la capacidad espacial se desarrolla desde la niñez a la madurez en tres fases. En la primera etapa, los niños adquieren habilidades 2D y aprenden la relación de los objetos entre sí. Durante la segunda etapa, los niños aprenden a trabajar con objetos 3D, entrenando habilidades de orientación y de rotación. En la tercera etapa, los individuos aprenden a relacionar los espacios bidimensionales y tridimensionales 2D y 3D (relación del espacio proyectivo al espacio euclidiano), teniendo presente e identificados y controlados conceptos como el paralelismo, la proporción, área,

volumen, y la distancia.

Halpern, (2000), en la investigación llevada a cabo concluye que la edad afecta en los niveles de la capacidad espacial de los individuos y en la mejora de la misma, habiendo más resistencia a mejorar a mayor edad.

Capacidad espacial mejora con la edad en los años de la infancia (Flanery y Balling, 1979; Orde, 1996), pero disminuye con la edad en la edad adulta (Lawton, 1994; Macnab y Johnstone, 1990; Pak, 2001). Las diferencias relacionadas con la edad son a menudo el resultado de las diferencias en la velocidad de procesamiento, el conocimiento y la experiencia (Salthouse, 1987) y la edad afectan a la precisión en la resolución de problemas (Núñez, Corti, y Retschitzki, 1998).

### **2.6.2 Investigación diferencial.**

En la literatura que se ha trabajado, se menciona constantemente las diferencias en los niveles de capacidad espacial de los hombres frente a mujeres, con frecuencia reconociendo la superioridad masculina.

Maccoby y Jacklin (1974) generaron el interés en ésta campo al mencionar cuatro áreas en las que surgen las diferencias de género; siendo la más notable, la capacidad espacial. Además de esto, varios investigadores han proporcionado estudios específicos en los que se pone de manifiesto la diferencia en niveles de capacidad espacial por género (Harris, 1978; Linn y Petersen, 1986; Lohman, 1979b; McGee, 1979b; Nyborg, 1983; Voyer, Voyer, y Bryden, 1995).

La investigación en cuestión de diferencias por género es bastante amplia y es uno de los temas más controvertidos en la investigación de la capacidad espacial. En general, en tareas espaciales (en particular las rotaciones), la percepción espacial, razonamiento matemático, y la capacidad de focalización, los varones superan a las mujeres. En la fluidez verbal, velocidad de percepción, la

memoria y ciertas habilidades motoras, las mujeres superan a los hombres (Kimura, 1996).

También hay estudios que indican que la diferencia de capacidades espaciales entre los géneros está disminuyendo, o en algunos casos, que no existe en absoluto (Brownlow, 2001; Caplan, MacPherson, y Tobin, 1985, 1986; Fennema y Sherman, 1977; Hyde, 1981; Jagacinski y Lebold, 1981; Linn & Hyde, 1989; Lohman, 1994; Lord & Garrison, 1998; Michaelides, 2003; Smith & Litman, 1979)

### **2.6.3 Diferencias de Género en la percepción espacial.**

En la percepción espacial, los estudios en el ámbito de la orientación indican que las personas que viven en entornos abiertos y realizan actividades en exteriores (de campo) tienen mayor capacidad espacial (Gardner, Jackson, y Messick, 1960; Manfredo, 1987; Miller, 1992c; O'Brien, 1991; Podell & Phillips, 1959; Sherman, 1974 ; Study, 2001; Thurstone, 1944). La realización de tareas que requieren de percepción espacial suelen ser más fácil para los hombres ( Linn y Petersen, 1985; Witkin, 1950; Sherman, 1974, Witkin, Moore, Goodenough, and Cox, 1977; Miller, 1992c; Dwyer & Moore, 1997)

### **2.6.4 Diferencias de Género en la capacidad espacial.**

Las diferencias de sexo en la capacidad espacial también favorecen los varones y es así casi de forma "universal" en todas las regiones, clases, etnias, edades (Eals y Silverman, 1994). La superioridad masculina es más acusada en tareas de rotación mental, y con menores diferencias con las mujeres en la orientación y no hay diferencias evidentes en la visualización (Harris, 1978; Linn y Peterson, 1986; Stumpf, 1989). La mayoría de los investigadores también reconocen que la diferencia de sexo no aparece de forma fiable hasta después de la pubertad y que, maduración tiene un efecto sobre el desarrollo espacial de maduración tardía se relaciona con alta capacidad espacial (Nyborg, 1983).

Algunos estudios reconocen el efecto de las hormonas en la capacidad espacial, indicando que el estrógeno afecta negativamente a la capacidad espacial, mientras que la testosterona no afecta en la capacidad espacial (Alderton, 1989; Harris, 1978; Kimura, 1996; McGee, 1979a; Moffat y Hampson, 1996; Nyborg, 1983). Incluso algunos de estos estudios van tan lejos como para afirmar que las hormonas son la razón primordial para el surgimiento de las diferencias de sexo, mientras que otros se centran en el efecto "en tiempo real" de las hormonas.

### **2.6.5 Género y orientación espacial.**

Existe un estereotipo muy tendido que sugieren que las mujeres tienen mayores dificultades en pruebas donde está implicado el sentido de la orientación que los hombres. Lo cierto es que los investigadores no han encontrado evidencia científica que respalde este estereotipo. No se encontraron diferencias en un estudio que examinaba la elección de rutas para visitar un edificio de oficinas desconocido (Beaumont; Gray; Moorey Robinson 1984). Otros dos estudios no encontraron evidencia de la existencia de diferencia entre géneros en la precisión al dirigirse a puntos de referencia (Sadalla y Montello 1989 , Montello y Pick 1993).

Cuando consideramos las diferencias de género en la orientación espacial, siempre surgen resultados contradictorios, desde estudios que muestran que los hombres superan a las mujeres (Galea y Kimura, 1993, Malinowski,y Gillespie, 2001; Waller, Knapp y Hunt,E. 2001), hasta estudios donde las diferencias de género están totalmente ausentes (Sadalla y Montello 1989, Lahar y Mosley, 1998). Actualmente no es posible afirmar la existencia de diferenciar de género en la orientación espacial.

A continuación mostramos una tabla con distintas experiencias realizadas encontradas en la bibliografía donde estudian la variable género en la orientación.

Tabla 2-5 Estudios experimentales respecto a la orientación espacial en clave de género

AUTORES	PRUEBAS	DIF. GÉNERO	CONTEXTO
McGuinness and Sparks (1983)	Croquizado de mapas	F=M	Mapa
McGuinness and Sparks (1983)	Croquizado de mapas	F>M	Mapa
McGuinness and Sparks (1983)	Croquizado de mapas	M>F	Mapa
McGuinness and Sparks (1983)	Croquizado de mapas	M<F	Mapa
McGuinness and Sparks (1983)	Croquizado de mapas	F<M	Mapa
Kirasic et al. (1984)	Dirigirse a ptos. de referencia difíciles	M<F	Campus Universitario
Kirasic et al. (1984)	Dirigirse a ptos. de referencia fáciles	F=M	Campus Universitario
Ward et al. (1986)	Descripción verbal de una ruta (con mapa)	F=M	Mapa
Ward et al. (1986)	Descripción verbal de una ruta (sin mapa)	M<F	Mapa
Ward et al. (1986)	Descripción verbal de una ruta	M>F	Mapa
Miller and Santoni (1986)	Descripción verbal de una ruta	M>F	Mapa
Miller and Santoni (1986)	Descripción verbal de una ruta	F>M	Mapa
Sadalla and Montello (1989)	Dirigirse a puntos de referencia conocidos	F=M	Edificio real
Holding and Holding (1989)	Traslado de ptos. de referencia	F=M	Secuencia de imágenes
Holding and Holding (1989)	Señalización	M<F	Secuencia de imágenes
Holding and Holding (1989)	Señalización	F=M	Secuencia de imágenes
Holding and Holding (1989)	Estimación de distancias	M<F	Secuencia de imágenes
Holding and Holding (1989)	Estimación de distancias en línea recta	F=M	Secuencia de imágenes
Taylor & Tversky (1992a) (1992b)	Croquizado de mapas	F=M	Mapa
Taylor & Tversky (1992a) (1992b)	Croquizado de mapas	F=M	Mapa
Montello and Pick (1993)	Orientarse con ptos. De referencia familiares	F=M	Campus Universitario
Galea and Kimura (1993)	"Euclidean composite"	M>F	Map
Galea and Kimura (1993)	"Landmark composite"	F>M	Map
Galea and Kimura (1993)	Interpretación de mapas	M<F	Mapa
Galea and Kimura (1993)	Interpretación de mapas	M<F	Mapa
Galea and Kimura (1993)	Interpretación de mapas	M<F	Mapa
Galea and Kimura (1993)	Preguntas de orientación	M>F	Mapa
Galea and Kimura (1993)	Extrapolación de mapas	F=M	Mapa
Galea and Kimura (1993)	reconocimiento de ptos. de referencia	F>M	Mapa
Galea and Kimura (1993)	Reconocimiento de nombres de calles	F>M	Mapa
Galea and Kimura (1993)	Estimación de distancias en línea recta	F=M	Mapa
Lawton (1994)	Auto cuestionario	M<F	
Lawton (1994)	Auto cuestionario	F>M	
Lawton (1994)	Auto cuestionario	M>F	
Devlin and Bernstein (1995)	Wayfinding	M<F	Simulado
Lawton et al. (1996)	Pruebas cambio de ruta	F=M	Edificio real
Lawton et al. (1996)	Señalización	M<F	Edificio real
Lawton et al. (1996)	Auto cuestionario	M<F	
Lawton et al. (1996)	Pruebas cambio de ruta	F=M	Edificio real
Lawton (1996)	Autoevaluación de señalización	M>F	
Lawton (1996)	Señalización	M<F	Edificio real
Lawton (1996)	Señalización	M<F	Edificio real
Lawton (1996)	Auto cuestionario	M<F	
Lawton (1996)	Auto cuestionario	F>M	
Lawton (1996)	Auto cuestionario	M>F	
Schmitz (1997)	Descripción verbal de una ruta (con mapa)	M>F	Laberinto real
Schmitz (1997)	Laberinto	M>F	Laberinto real
Schmitz (1997)	Auto cuestionario	M<F	
Sandstrom et al. (1998)	Encontrar un objetivo escondido usando claves geométricas	M<F	Simulated (water maze)
Sandstrom et al. (1998)	Encontrar objetivo escondido usando ptos. de ref.	F=M	Laberinto simulado
O'Laughlin and Brubaker (1998)	Croquizado de mapas	F=M	Simulado
O'Laughlin and Brubaker (1998)	Croquizado de mapas	F=M	Simulado
O'Laughlin and Brubaker (1998)	Auto cuestionario	F>M	
O'Laughlin and Brubaker (1998)	Auto cuestionario	M>F	
Moffat et al. (1998)	Wayfinding	M<F	Laberinto 3D simulado
Moffat et al. (1998)	Wayfinding	M<F	Laberinto 3D simulado
Dabbs et al. (1998)	Descripción verbal de una ruta	M>F	Mapa
Dabbs et al. (1998)	Descripción verbal de una ruta	F>M	Mapa
Brown et al. (1998)	Map learning	F=M	Mapa
Brown et al. (1998)	Descripción verbal de una ruta	F=M	Mapa
Lawton and Morrin (1999)	Señalización	M<F	Simulated
Pazzaglia et al. (2000)	Auto cuestionario	F=M	
Pazzaglia et al. (2000)	Auto cuestionario	M>F	
Pazzaglia et al. (2000)	Auto cuestionario	M>F	
Waller et al. (2001)	Señalización	M<F	Simulación 3D
Malinowski and Gillespie (2001)	Prueba orientación	M<F	Bosque real
Malinowski and Gillespie (2001)	Prueba orientación	M>F	Bosque real
Saucier et al. (2002)	Wayfinding with "Euclidean instructions"	M<F	Real (campus)
Saucier et al. (2002)	Wayfinding with "Euclidean instructions"	M<F	Real (campus)
Saucier et al. (2002)	Wayfinding con intrucciones sobre ptos. Ref.	F=M	Campus Universitario
Saucier et al. (2002)	Wayfinding with "landmark instructions"	F=M	Real (campus)
Coluccia and Martello (2004)	Map placement (irregular map)	F=M	Map
Coluccia and Martello (2004)	Map placement (regular map)	M>F	Map
Coluccia and Martello (2004)	Test especificación de orientación (mapa irregular)	F=M	Mapa
Coluccia and Martello (2004)	Test especificación de orientación (mapa habitual)	M>F	Mapa
Coluccia and Martello (2004)	Estimación de distancia de rutas(mapa irregular)	F=M	Mapa
Coluccia and Martello (2004)	Estimación de distancia de rutas(mapa habitual)	M>F	Mapa
Coluccia and Martello (2004)	Reconocimiento de rutas ( mapa irregular)	F=M	Mapa
Coluccia and Martello (2004)	Reconocimiento de rutas ( mapa habitual)	M>F	Mapa
Coluccia and Martello (2004)	Estimación de distancias en línea recta	F=M	Mapa
Coluccia and Martello (2004)	Straight-line distance estimation (regular map)	F=M	Map
Coluccia and Martello (2004)	Wayfinding mapa irregular	F=M	Mapa
Coluccia and Martello (2004)	Wayfinding mapa habitual	M>F	Mapa

## 2.7 INTERPRETACIÓN DE LAS DIFERENCIAS DE GÉNERO.

### 2.7.1 En Capacidad espacial. Factores: Relaciones espaciales y Visualización.

#### 2.7.1.1 Teorías biológicas

Foreman, (1985); Margueles y Gallistel, (1988); Williams, Barnett, y Meck, (1990), propusieron explicaciones biológicas que consideran las diferencias sexuales en la adquisición del aprendizaje.

Las hipótesis biológicas se basan en la suposición de que las hormonas sexuales influyen en el desarrollo cognitivo. De hecho, la manipulación hormonal afecta no sólo el comportamiento sexual, sino también algunos aspectos de la cognición, en particular, la memoria espacial (Williams et al., 1990).

Dawson, Cheung, y Lau (1975), en un experimento de laboratorio con animales, indican que la administración de testosterona en ratas hembras durante el período prenatal, mejora el rendimiento en el aprendizaje de los caminos de un laberinto, mientras que la castración de las ratas macho, al nacer, deteriora la exactitud de elegir la dirección correcta en un laberinto.

Estudios posteriores (Suzuki, Augerinos, y Negro, 1980; Foreman, 1985; Margueles y Gallistel, 1988) mostraron que las ratas macho cuando realizan un camino en un laberinto, por lo general ignoran puntos de referencia y muestran un comportamiento de orientación basado en las "propiedades euclidianas" de los pasillos / habitaciones del laberinto (por ejemplo, tiene en cuenta, la forma de la habitación o la relación métrica entre el largo-alto de la pared de la habitación). Williams et al. (1990) concluyeron que las ratas macho cuando se les entrena para aprender un laberinto, sí se basan en señales-marcas geométricas y en las formas del espacio, de manera que su orientación para encontrar la salida del laberinto disminuye si la geometría de los pasillos o habitaciones cambian, pero no se ve afectada si puntos de referencia no se modifican. Por el contrario, la orientación de ratas hembra es siempre pobre en ambas condiciones de señales

geométricas y formas del espacio, siendo significativamente menor que la orientación de las ratas macho

Sin embargo, no hay razón científica para extender a los seres humanos esta experiencia con ratas. Lo que parece probable es que, entre los seres humanos, los efectos biológicos interactúan con factores de la experiencia.

Kimura y Hampson (1994) en su trabajo experimental, concluyeron que las mujeres mejoran la fluidez verbal hasta un 10% en periodos de alta concentración de estrógeno (5-10 días antes de la menstruación). En cambio, en las pruebas de capacidad espacial, tenían mejores resultados cuando los niveles de hormonas eran bajos (cuando se inicia el ciclo menstrual). Por otra parte, en el caso de los hombres, el rendimiento en el desarrollo de las tareas espaciales fluctúa durante el día, de acuerdo con las variaciones naturales de los niveles de testosterona: cuando la concentración de hormonas masculinas es alta, el rendimiento aumenta; cuando la concentración es baja, el rendimiento disminuye (Moffat y Hampson, 1996). Además, se demostró que la administración de andrógenos a las mujeres reducía significativamente la capacidad verbal y mejoraba el rendimiento del espacio, mientras que la privación de andrógenos tiene los efectos opuestos sobre los hombres (Van Goozen, Cohen-Kettenis, Gooren, Frijda, y Van De Poll, 1995).

Según Annett (1992) un fuerte desarrollo del hemisferio izquierdo del cerebro, lo hace dominante en habilidades verbales y por tanto para las realizar tareas del lenguaje, pero tiene una influencia negativa en el desarrollo de la capacidad espacial. Según sus conclusiones, las mujeres, parecen más desfavorecidas que los hombres en la capacidad espacial, debido a que tienen una ventaja en el desarrollo temprano del hemisferio izquierdo para el lenguaje. Como resultado de esta temprana ventaja hemisferio izquierdo, las mujeres prefieren espontáneamente estrategias verbales para resolver problemas que para realizar tareas que impliquen una componente espacial.

Todas las referencias indicadas anteriormente están a favor de la presencia de algunas bases biológicas (niveles hormonales y sección cerebral) para las diferencias de sexo. Sin embargo, hay factores ambientales (sociedad, cultura, raza, etc.) que puede modificar fuertemente las diferencias entre hombres y mujeres (Ceci, S. J., Williams, W. M., & Barnett, S. M. 2009).

#### **2.7.1.2 Factores del entorno.**

Gaulin y Hoffman (1988) concluyen que las diferencias de género en habilidades espaciales, están marcadas por las experiencias, el tipo de tareas cotidianas que desarrolla y el aprendizaje adquirido en el entorno en el que se desenvuelven. Por tanto tiene que ver el tipo de tareas que realizan hombres y mujeres en función del entorno en el que se desenvuelven, lo que implica un uso más o menos frecuente de dichas habilidades.

Una correlación positiva entre el rendimiento espacial y la participación en actividades que requieren realizar tareas espaciales se pone de manifiesto en el meta-análisis de Baenninger y Newcombe (1989).

Los diferentes niveles de habilidad espacial entre hombres y mujeres podrían deberse la diferencia de tiempo que le dedican unos y otros a realizar tareas espaciales. Por ello que esté relacionado con el tipo de actividad diaria que realizan, si están relacionadas o no con actividades que requieren resolver mentalmente tareas espaciales.

Por lo general, los hombres tienen más experiencia en actividades que mejoren el desarrollo de las habilidades espaciales (Lawton y Morrin, 1999). Los hombres, de hecho, desde la infancia, realizan juegos que requieren componentes espaciales, como los juegos de exploración, deportes de equipo, LEGO-construcción (Goldberg & Lewis, 1969; Baenninger y Newcombe, 1989) (Barnett et al, 1997). También los videojuegos, proporciona estar expuesto a una mayor "experiencia espacial" y por lo general los varones son mayores consumidores de videojuegos que las féminas. Incluso según indica (Webley,

1981), a los niños se les permite con más frecuencia que las niñas, más libertad explorar nuevos entornos.

### **2.7.1.3 Teorías de interacción.**

El enfoque interaccionista afirma que las diferencias de género son causados por una continua interacción entre los factores ambientales (entorno que rodea al individuo, es decir basado en experiencias) y factores biológicos. Según Sherman (1978), las aptitudes y destrezas innatas influyen en la elección de determinadas actividades. En consecuencia, los varones suelen estar interesados de forma natural en realizar actividades espaciales, búsqueda activa de experiencias de componente espacial y dedicarle mucho más tiempo a ellas que las mujeres. Estas actividades, a su vez, mejoran el desarrollo de las habilidades espaciales, fomentan el aumento de las diferencias entre hombres y mujeres.

Casey (1996b) plantea la hipótesis de que los hombres tienen esa predisposición innata para las habilidades espaciales y que depende de su propia organización cerebral, estando más caracterizada por una baja lateralización hemisférica. Es decir, partiendo del hecho que el hemisferio izquierdo del cerebro humano controla el lenguaje, sin lugar a dudas nuestro atributo mental más destacable y el hemisferio derecho ejerce control sobre el modo en que percibimos la interrelación de las cosas en el espacio, los hombres disponen de un mayor desarrollo del hemisferio derecho, consecuencia de realizar tareas habituales que entrenan ese hemisferio del cerebro. Casey indica que, los individuos que tienen un claro dominio fisiológico de su hemisferio derecho y, al mismo tiempo, una alta exposición a tareas espaciales pueden sobresalir en habilidades espaciales en comparación con los individuos que tienen la misma exposición espacial pero diferentes patrones cerebrales. Las personas con un predominio del patrón del hemisferio izquierdo del cerebro y baja exposición a tareas espaciales no son propensas a desarrollar sus habilidades espaciales.

## 2.7.2 En Orientación espacial

### 2.7.2.1 *Teorías evolucionistas*

Siguiendo un enfoque evolucionista, Silverman y Eals (1992) plantearon la hipótesis de que, las mujeres desarrollan altamente la memoria de forma que son capaces de recordar la localización de objetos. Se apoyan en el hecho histórico que la prehistoria actividad de las mujeres estaba dedicada a estar en la caverna al cuidado de sus hijos, mientras que los hombres desarrollaban habilidades espaciales consecuencia de realizar tareas espaciales para la caza, la exploración de los entornos, la búsqueda de alimentos. Este argumento se puede extender a todas las sociedades bajo el paraguas de las teorías de las sociedades de cazadores y recolectores.

### 2.7.2.2 *Diferencias en las estrategias*

Esta hipótesis surge por algunas diferencias entre hombres y mujeres en relación con las estrategias utilizadas para desarrollar las tareas de orientación.

Los hombres dependen de estrategias relacionadas con datos, medidas, distancias, ubicación de los puntos cardinales, escalas, referencia y distancia a lugares, etc... para orientarse en el espacio, mientras que las mujeres atienden a las instrucciones o procedimientos de cómo llegar de un lugar a otro (Lawton, 1994; Galea y Kimura, 1993; Lawton, 1996; Lawton et al. 1996; O 'Laughlin y Brubaker, 1998).

Según Saucier et al. (2002), las diferentes formas de actuar entre hombres y mujeres no se deben a una mayor capacidad de orientación en los hombres sobre las mujeres, sino que son debidas a las diferentes estrategias empleadas. Los hombres son propensos a usar las estrategias de medición y de empleo de herramientas que le sirven para orientarse y son más eficientes que por ejemplo seguir instrucciones.

En el trabajo de Saucier et al. (2002) se realizó una prueba de orientación con participantes que tenían que alcanzar cuatro lugares desconocidos para los

participantes. Se proporcionó la ubicación de cada destino siguiendo algunas instrucciones basadas en “instrucciones euclidianas”, es decir indicando direcciones (al norte, al oeste....) y distancias métricas ( a 100 m de...). También se proporcionan otras instrucciones basadas en marcas o hitos relevantes (por ejemplo, la puerta de color rojo), o (a la derecha de..., al lado de ... ).

Los autores concluyen que los hombres tienen mejor rendimiento en tareas de orientación cuando se les proporciona información euclidiana, mientras que las mujeres se desempeñan mejor cuando se les proporciona información de marcas o hitos. De hecho, cuando las instrucciones son "euclidianas", las mujeres cometen más errores que los hombres para alcanzar el punto de llegada. Cuando las instrucciones son basadas en "marcas o hitos", los hombres y las mujeres tienen actuaciones similares.

En Sandstrom, et al. (1998), en referencia al tipo de instrucciones tal como se indican en el trabajo anterior (euclidianas o por marcas) indica que los hombres pueden cambiar las estrategias en caso necesario, adaptar dinámicamente sus estrategias a la información disponible en el entorno, en cambio las mujeres se centran en los puntos de referencia de marcas e hitos teniendo más dificultades en el intercambio de estrategias.

A la vista de los análisis de varios autores, suelen coincidir en que los hombres se desempeñan mejor en la orientación espacial, porque espontáneamente prefieren estrategias con las que pueden configurar sus propias decisiones (más completas que otras estrategias) y porque pueden intercambiar fácilmente sus estrategias, de acuerdo con la información disponible.

### **2.7.2.3 Factores de personalidad**

Otra posible interpretación de las diferencias de género en la habilidad de orientación espacial proviene de estudios psicológicos de la personalidad. Según Lawton (1996) y Kozlowski y Bryant (1977) los hombres tienen más confianza que las mujeres acerca de sus habilidades en la búsqueda de un camino y sobre su

propio sentido de la orientación. Lawton, (1994) afirma como resultados de los cuestionarios de auto-evaluación que las mujeres revelan más ansiedad que los hombres cuando se navega.

La "ansiedad espacial" (Lawton (1994) y Lawton (1996)) o "el miedo a perderse" (Kozloswki y Bryant, 1977) puede reducir la capacidad de centrarse en las señales esenciales para mantener la orientación geográfica. Muchos estudios encuentran que el estrés afecta la capacidad de memorizar localizaciones espaciales (Mackintosh, West & Saegert, 1975; Evans, Skorpanich, Garling, Bryant, y Bresolin, 1984; Sunanda, Rao, y Raju, 2000). En Schmitz (1997), la ansiedad espacial y miedo a la oscuridad se correlacionan negativamente con la velocidad al caminar por un laberinto: los sujetos con niveles altos de ansiedad son los más lentos. La ansiedad de perderse es probable que inhiba la exploración de lugares desconocidos, que tiene un impacto negativo en la autoestima y la motivación para navegar en nuevos entornos (Bryant (1982) y Bryant (1991)). Así que las mujeres tienen pocas experiencias de navegación que los hombres, tienen menos oportunidades de aumentar sus habilidades de orientación espacial.

Por otra parte, algunos estudios demuestran una relación entre la ansiedad espacial, tipos de estrategia y el desempeño de orientación. En Schmitz (1997), los varones muestran bajos niveles de ansiedad y prefieren incluir más elementos direccionales (estrategia configuracional) en descripciones verbales de un laberinto; sino que también se desempeñan mejor que las mujeres cuando se ejecuta a través de un laberinto. Contrariamente a esto, las hembras muestran altos niveles de ansiedad e incluyen algunos elementos direccionales y muchos puntos de interés en sus descripciones. De acuerdo con estos resultados, Lawton (1994) encuentra que el uso de las estrategias de la encuesta (configuracionales) se correlaciona negativamente con el nivel de ansiedad espacial. Las personas con alto nivel de ansiedad espacial generalmente no utilizan este tipo de estrategia. Estas personas no son capaces de mantener un sentido de dirección y/o auto-posición con respecto al medio ambiente (estrategia de encuesta)

circundante. Ellos tienden a perderse, confundido y ansioso.

## **2.8 IMPORTANCIA DE LA CAPACIDAD ESPACIAL.**

La importancia de la capacidad espacial se apoya tanto en hechos empíricos como en hechos anecdóticos. Albert Einstein decía que sus mejores logros los consiguió a través de experimentos donde visualizaba los cuerpos físicos y los sistemas de ondas en estado de movimiento en lugar de utilizar proceso verbales. Otros físicos inventores y biólogos como Michael Faraday, Nikola Tesla, and James Watson también declaraban que las capacidades espaciales había jugado un importante papel en sus procesos creativos y descubrimientos (Lohman, 1996; Shepard, 1978). Las capacidades espaciales auto evaluadas en estudiantes de pregrado y posgrado en Estados Unidos, fueron mayores en estudiantes de ingeniería, física, química, geología, astronomía etc., en comparación con estudiantes de disciplina como humanidades, ciencias sociales o psicología (Hegarty, Crookes, Dara-Abrams, & Shipley, 2010). El 45 % de estos estudiantes de ese país con un doctorado en campos STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics), se encontraban dentro del 4% superior de capacidad espacial, medida un año después de acabar el instituto.

### **2.8.1 Importancia en estudios de ingenierías.**

Existe una relación directa entre el rendimiento académico, creencias motivacionales, y el aprendizaje autorregulado (Wigfield, Eccles, Schiefele, Roeser, & Davis-Kean, 2007; Zimmerman & Martinez-Pons, 1990). La capacidad de visualizar con eficacia conceptos gráficos de ingeniería puede afectar al rendimiento académico. (Burton & Dowling, 2009) determinaron que la capacidad de visualización, la capacidad de comprender las formas espaciales y girarlas mentalmente en dos dimensiones comparándola con un modelo, era un predictor para determinar el éxito académico de un estudiante. Esto fue apoyado también por (Potter, Van Der Merwe, Kaufman, & Delacour, 2006), quien indicó que la capacidad del estudiante para comprender las relaciones espaciales en 3D

influenciaba su éxito académico. Ambos estudios demostraron que existía una relación directa entre el rendimiento académico y las habilidades espaciales.

Comprender la motivación de los estudiantes en las materias de Ingeniería Gráfica es fundamental para entender los posibles problemas de permanencia. La permanencia en la carrera sigue siendo un problema vigente con los estudiantes de ingeniería, especialmente durante su primer año (Sheppard & Jennison, 1997). Un estudiante que lucha durante el comienzo de su carrera académica, puede desanimarse y abandonar el programa de ingeniería (Sorby, 2009). Según (Sorby, 2007), los estudiantes que poseen pocas habilidades espaciales y se esfuerzan por desarrollarlas, tienen un alto riesgo de abandonar los programas de ingeniería. Diferentes cursos, ejercicios de entrenamiento y distintas tecnologías se han desarrollado para hacer frente a la falta de habilidades espaciales.

En la ingeniería gráfica, el pensamiento visual sirve tanto como un medio de comunicación con los demás como una herramienta de razonamiento personal.



**CAPITULO 3**  
**DISEÑO Y DESARROLLO DE LA**  
**INVESTIGACIÓN.**

---



### 3.1 INTRODUCCIÓN.

De las distintas clasificaciones de habilidades espaciales descritas en la bibliografía, las más estudiadas en el ámbito de estudiantes de carreras científicas y Tecnológicas son las de visualización espacial y rotación espacial. Hemos querido incorporar la componente de orientación espacial a estos estudios en estudiantes de Ingeniería.

Para ello se han realizado distintos entrenamientos a lo largo de tres cursos académicos. Alguno de los entrenamientos es específico para desarrollar algunos factores de las habilidades. A los participantes en los entrenamientos se les ha administrado el test específico que mide el nivel adquirido para cada factor. En algún caso, aun no siendo entrenamientos específicos, se han administrado los tres para comprobar si, independientemente de la idoneidad del entrenamiento, tenía algún efecto significativo estadísticamente ablando en la mejora de la habilidad no entrenada.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los entrenamientos realizados por curso académico y los instrumentos de medida utilizados.

		TIPO DE TEST		
		<b>MRT</b> Rotación Espacial	<b>DAT:SR</b> Visualización Espacial	<b>SOT</b> Orientación Espacial
2010-2011	Realidad Aumentada	X	X	
2011-2012	Realidad Aumentada	X	X	
	Orientación Real			X
	Orientación Virtual			X
	Interlocked	X	X	X
2013-2014	Realidad Aumentada	X	X	X
	RA+ Orientación Virtual	X	X	X

## **3.2 HIPÓTESIS DE ESTUDIO**

Las hipótesis generales de nuestro estudio serían:

Hipótesis 1: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de la VISUALIZACIÓN ESPACIAL medida con el test DAT-5:SR, después de realizar el entrenamiento propuesto.

Hipótesis 2: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de RELACIONES ESPACIALES medida con el test MRT, después de realizar el entrenamiento propuesto.

Hipótesis 3: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de ORIENTACIÓN ESPACIAL medida con el Perspective Taking Spatial Orientation Test, después de realizar el entrenamiento propuesto.

Hipótesis 4: La mejora de la componente de VISUALIZACIÓN ESPACIAL se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

Hipótesis 5: La mejora de la componente de RELACIONES ESPACIALES se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

Hipótesis 6: La mejora de la componente de ORIENTACIÓN ESPACIAL se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

Habida cuenta que no se midieron todas las habilidades para todos los entrenamientos, en el desarrollo de cada entrenamiento se enunciarán las hipótesis específicas para cada uno de ellos.

## **3.3 TECNOLOGÍAS Y RECURSOS UTILIZADOS EN EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **3.3.1 Realidad Aumentada**

La Realidad Aumentada RA es una variante de la realidad virtual RV donde el usuario está inmerso en escenarios completamente creados con tecnologías informáticas. Mientras está inmerso en el sistema, el usuario no puede ver el mundo real que le rodea. Por el contrario, la RA permite al usuario ver el mundo real, con objetos virtuales superpuestos o combinados con este. Por lo tanto, la

RA complementa la realidad en vez de reemplazarla. Lo que pretende esta tecnología es que el usuario tenga la sensación que los objetos reales y virtuales coexisten en el mismo espacio, similar a los efectos de la película “Quién engañó a “Roger Rabbit” o “Spacejam”, aunque estos no sean tecnologías de RA como veremos a continuación.

Según (Barfield & Caudell, 2001) el concepto de RA se refiere a “la ampliación del mundo real con imágenes sintéticas, por lo que no se requiere que la escena esté completamente generada por ordenador, sino que la imagen sintética se utiliza como complemento de la escena del mundo real”. Sin embargo, a continuación añade que “la RA no debe entenderse como exclusivamente visual, sino que debe incluir también información táctil tangible y auditiva”. Mediante los sistemas de RA, a la realidad física se le pueden añadir elementos sensoriales, tales como imágenes, modelos virtuales, sonidos, etc. También se pueden alterar algunas partes de la realidad (mediante filtros), que sería el caso de la realidad mediatizada. Aparte de añadir o alterar, existe una tercera posibilidad: la de eliminar elementos del entorno real por ejemplo, mediante la utilización de máscaras que oculten objetos físicos.

Según (Sherman & Craig, 2002) los sistemas de RA tienen restricciones de diseño diferentes a los sistemas de RV. Mientras que en la RV el objetivo es la visualización de suficientes caras o superficies para que el entorno creado sea creíble, en la RA el mundo ya existe, y solo es necesario añadir una pequeña cantidad de información. Así pues, para la RA el reto consiste en producir sistemas independientes, portables, y que sean capaces de registrar o ubicar de forma precisa el entorno virtual en el entorno real.(Sherman & Craig, 2002). Para (Azuma et al., 2001) un sistema de realidad aumentada tienen que contener simultáneamente las tres siguientes características:

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

Usaremos esta tecnología de RA como un medio de mejorar las habilidades espaciales de los alumnos y también por su probado impacto motivacional en experiencias de aprendizaje. Algunos estudios indican que la habilidad de interactuar con la RA es motivacional (Di Serio, Ibáñez, & Kloos, 2013; Lee, Wong, & Fung, 2010) y proporciona una aproximación al aprendizaje centrado en el alumno (Di Serio et al., 2013; Larsen, Buchholz, Brosda, & Bogner, 2011). Además, el diseño de los sistemas de RA permite un fácil manejo de la tecnología como herramienta motivacional (Martín-Gutiérrez, Saorín, Contero, & Alcañiz, 2010)

Resultados de experiencias con realidad aumentada podemos encontrarlos desde etapas tempranas de la enseñanza (guardería) donde los estudiantes se sentían motivados con el aprendizaje, disfrutaban la experiencia y mostraban curiosidad, rechazando acabar el entrenamiento hasta completarla (Campos, Pessanha, & Jorge, 2011), hasta casos como los estudiados por (Thornton, Clark, & Lammi, 2014; Tumkor, Aziz, Esche, & Chassapis, 2013) que concluyó que incluir la Realidad Aumentada en los cursos de ingeniería gráfica aumentaba el interés y concienciación de los alumnos por la asignatura.

### **3.3.2 Videojuegos**

Existen numerosos estudios que relacionan el uso de video juegos con los distintos tipos de habilidades espaciales (Battista, Wheatley, & Talsma, 1982; Feng, Spence, & Pratt, 2007; Green & Bavelier, 2006; Kearney, 2007). En la bibliografía consultada, las investigaciones se centran en encontrar las características que tienen que tener los videojuegos para mejorar las habilidades espaciales en encontrar cuales de esas características se relacionan con los distintos tipos de habilidades, pero aún no hay resultados significativos. Tampoco se ha establecido, cuando se usa un video juego como recurso, como influye el tiempo que dura el entrenamiento con las ganancias en habilidades espaciales. De forma que para los investigadores es muy importante encontrar las relaciones entre tipo de videojuego, tiempo de entrenamiento y las mejoras en habilidad espacial.

Algunas características de los videojuegos son interesantes desde el punto de vista de la investigación cognitiva. (Corti, 2006) señala que los videojuegos tienen entornos realistas que permiten la exploración de opciones y límites en el espacio, tienen definidas claramente metas y objetivos, se adaptan en cuanto al rendimiento del usuario y animan a la resolución de problemas, pensamiento creativo, pensamiento lateral e investigación. Algunas de esas características (pensamiento lateral, exploración de límites, pensamiento creativo) se pueden considerar como tipos de razonamiento abstracto. La inteligencia abstracta, como comentar grande, tiene una fuerte conexión con las habilidades espaciales. De esta manera, es lógico plantearnos la influencia que puede tener un videojuego, que desafía al usuario mediante el ejercicio de su razonamiento abstracto, con la influencia en las habilidades espaciales. (Kimura, 2000) estudia varias habilidades cognitivas relacionadas con la habilidad espacial, mencionando las técnicas o habilidades de navegación como un tipo a de habilidad espacial.

También se ha demostrado que los videojuegos afectan a la percepción y cognición humana en las capacidades básicas que sustentan el conocimiento espacial. Una breve lista realizada por (Green & Bavelier, 2006) incluye la localización periférica, la atención visual, la habilidad cognitiva general, la coordinación mano-ojo, el tiempo de reacción, visualización espacial, rotación mental, análisis de trayectoria y el cambio de a atención.

Las áreas donde se ha demostrado la eficacia del uso de videojuegos incluye el aumento de la multitarea y del pensamiento estratégico (Kearney, 2007), rendimiento matemático y el pensamiento científico (Battista et al., 1982).

Numerosos videojuegos comerciales incluidos en la categoría de TETRIS requieren realizar procesos de rotación mental y visualización espacial cuando se utilizan. Un estudio llevado a cabo por demostró la mejora de la capacidad espacial de los adolescentes usando este juego (Okagaki & Frensch, 1994). Otros estudios experimentales con participantes no universitarios, revelan los beneficios del uso del videojuego en la mejora de las habilidades espaciales (De Lisi & Cammarano, 1996; Forsyth & Lancy, 1987; Subrahmanyam & Greenfield, 1994).

Para el entrenamiento que hemos diseñado, hemos elegido un juego llamado Interlocked, que como el TETRIS, necesita utilizar rotaciones mentales y visualización espacial para pasar niveles.

La forma como un jugador se mueve en el escenario de un video juego varía mucho de unos juegos a otros. Algunos usan los típicos puntos de referencia y señalética, otros incluyen foto satélite del escenario y en otros se reduce a una simple flecha de dirección de navegación. Sería interesante determinar si el uso de video juegos que usan estos distintos tipos de herramientas de navegación tiene impacto en la mejora de los resultados en los test de orientación. En nuestro caso, el juego elegido para la prueba de orientación, Catching features, usa las herramientas típicas del deporte carreras de orientación, que son los puntos de referencia geográficos y arquitectónicos junto con un mapa topográfico de la zona y una brújula.

### **3.3.3 Experiencias sobre orientación**

Para ejercitar la habilidad espacial ORIENTACIÓN ESPACIAL, distintos investigadores han realizado experiencias que van desde búsquedas de tesoros en los Campus Universitarios (Hegarty, Montello, Richardson, Ishikawa, & Lovelace, 2006; Montello, Lovelace, Golledge, & Self, 1999), hasta experiencias de navegación virtual con distintas pruebas (Dahmani, Ledoux, Boyer, & Bohbot, 2012; R. Darken & Goerger, 1999; Lin, Chen, & Lou, 2014)

Con el progreso de la tecnología, los investigadores han ganado la capacidad de desarrollar las habilidades espaciales en mundos virtuales. Sin embargo, existe poca investigación que nos permita comprender si el rendimiento en mundos virtuales puede predecir el rendimiento en el mundo real o incluso saber, entre las medidas que se ha llevado a cabo, cuál de ellas lo predice mejor. No sabemos si la experiencia que una persona adquiera en entornos virtuales va inducirla a tener un comportamiento similar en el mundo real en similares circunstancias.

Un estudio realizado por McKinnon (McKinnon & North, 2004) compara el sentido de presencia explorando escenarios en entornos virtuales con el sentido de presencia en el mundo real. Los resultados de este estudio, revelan una interesante teoría preliminar que señala que el sentido global del entorno mejora levemente dentro de escenarios virtuales.

La forma como un jugador se mueve en el escenario de un videojuego varía mucho de unos juegos a otros. Algunos usan los típicos puntos de referencia y señalética, otros incluyen foto satélite del escenario y en otros se reduce a una simple flecha de dirección de navegación. Sería interesante determinar si el uso de video juegos que usan estos distintos tipos de herramientas de navegación tiene impacto en la mejora de los resultados en los test de orientación. En nuestro caso, el juego elegido para la prueba de orientación, *Catching features*, usa las herramientas típicas del deporte carreras de orientación, que son los puntos de referencia geográficos y arquitectónicos junto con un mapa topográfico de la zona y una brújula.

Llevar a cabo un entrenamiento en un mundo virtual requiere un esfuerzo menor que el mismo entrenamiento en el mundo real. Llevar a cabo una prueba de orientación con personas con cierto grado de discapacidad, requiere de grandes dosis de precaución en cuanto a la seguridad de los individuos porque se requiere el desplazamiento de estos. Incluso con los participantes que no tengan ningún tipo de discapacidad, la experiencia puede arruinarse por algún tipo de malestar o accidente inesperado de las participantes. Por esto, para llevar a cabo un entrenamiento sobre orientación, los entornos virtuales pueden ser una buena alternativa para evitar estos riesgos (R. P. Darken & Banker, 1998).

## 3.4 ENTRENAMIENTO CON REALIDAD AUMENTADA

### 3.4.1 Propósito de estudio.

La importancia de la capacidad espacial se ha vinculado con las habilidades prácticas y mecánicas necesarias para ocupaciones técnicas (Smith, 1964)

La visión espacial, entendida como la habilidad para visualizar y manipular objetos mentalmente, no es sólo una destreza importante ampliamente reconocida para el campo de la Ingeniería, sino para una gran variedad de campos. En este sentido, Van der Geer indica que la visión espacial es importante para tener éxito en campos como Biología, Química, Matemáticas y Ciencias Naturales (Van der Geer, Hanraads, & Lupton, 2000).

El propósito es realizar un entrenamiento, apoyándonos en la tecnología de Realidad Aumentada, para mejorar las componentes RELACIONES ESPACIALES Y VISIÓN ESPACIAL de las habilidades espaciales en los alumnos de nuevo ingreso que cursan las asignaturas de Expresión Gráfica los Grados de Ingeniería que se imparten en la Escuela de Ingenierías Industrial y Civil de Las Palmas de Gran Canaria. Este entrenamiento, en caso de obtener resultados positivos de mejora, ayudará a los estudiantes a tener menores dificultades en el estudio y obtener mejores resultados académicos al menos en esta asignatura. Para la medición de dichas capacidades se ha utilizado los test MRT y DAT-SR descritos en el capítulo anterior.

Las hipótesis que nos planteamos son las siguientes:

- Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de VISUALIZACIÓN ESPACIAL medida con el test DAT-5:SR, después de realizar el entrenamiento propuesto.
- Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de RELACIONES ESPACIALES medida con el test MRT, después de realizar el entrenamiento propuesto.
- La mejora de la componente de VISUALIZACIÓN ESPACIAL se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

- La mejora de la componente de RELACIONES ESPACIALES se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

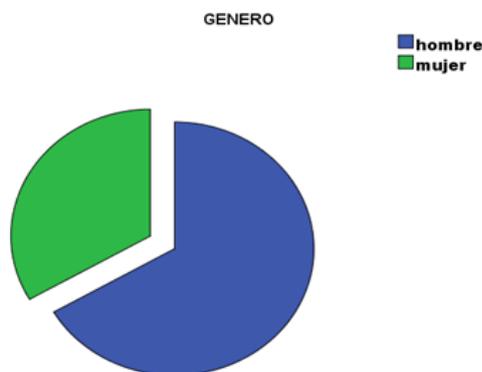
### 3.4.2 Descripción de la muestra.

Los participantes de este estudio fueron estudiantes de nuevo ingreso que cursan las asignaturas de Expresión Gráfica en los Grados de Ingeniería que se imparten en la Escuela de Ingenierías Industrial y Civil de Las Palmas de Gran Canaria. La muestra estudiada está formada por 83 individuos, de los cuales 56 son hombres y 27 mujeres, como se muestra a continuación:

Tabla 3-1 Distribución estudiantes por sexo entrenamiento RA

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
HOMBRE	56	67,5	67,5	67,5
Válidos MUJER	27	32,5	32,5	100,0
Total	83	100,0	100,0	

Esto supone que un 67.5% de la muestra son hombres y un 32.5% mujeres. En el siguiente gráfico refleja estos porcentajes:



Los individuos tienen edades comprendidas entre 18 y 24 años como se muestra a continuación.

Tabla 3-2 Distribución estudiantes por edades entrenamiento RA.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
EDAD	83	17,00	24,00	19,2410	2,22837
N válido (según lista)	83				

Además, se eligió un grupo control de 25 estudiantes, con las mismas características que los anteriores, que fueron seleccionados al azar. Estos estudiantes no realizan ningún tipo de entrenamiento

### **3.4.3 Descripción del entrenamiento con realidad aumentada.**

El entrenamiento se desarrolló durante la primera semana de los cursos académicos 2011-2012 Y 2012-2013, de forma que los estudiantes de nuevo ingreso no habían asistido a ninguna clase de la asignatura de expresión gráfica del grado. Las habilidades espaciales de estos estudiantes de ingeniería se midieron antes y después que el entrenamiento con los test MRT (Mental Rotation Test) y DAT-5:SR (Differential Aptitude Test).

El material del entrenamiento está formado por un software informático de realidad aumentada, un video explicativo del contenido teórico y un libro interactivo 3D “VIRTUAL AUGMENTED BOOK”, cuya traducción al castellano, académicamente hablando, puede ser “LIBRO AUMENTADO” según algunas referencias bibliográficas. El software y el “LIBRO AUMENTADO” del entrenamiento está disponible a través del sitio web [www.ar-books.com](http://www.ar-books.com).

El entrenamiento se organiza en cinco sesiones con una duración total de nueve horas (cuatro sesiones de dos horas y una sesión final de una hora de duración). Los estudiantes pueden visualizar el modelo tridimensional en realidad aumentada y comprobar si sus soluciones corresponden con el modelo que ven en pantalla.

Los cinco niveles en los que se estructura el entrenamiento tienen varios tipos de ejercicios.

**Nivel 1. Reconocimiento.** Los alumnos tienen que identificar las superficies y los vértices de las piezas en las vista ortográficas y axonométricas de los modelos virtuales tridimensional que se presenta en el “LIBRO AUMENTADO” (contiene tres tipos de ejercicios).

**Nivel 2. Comprensión.** Los estudiantes tienen que identificar las vistas ortográficas normalizadas en el libro de ejercicios, teniendo presente el modelo virtual en pantalla (contiene dos tipos de ejercicios).

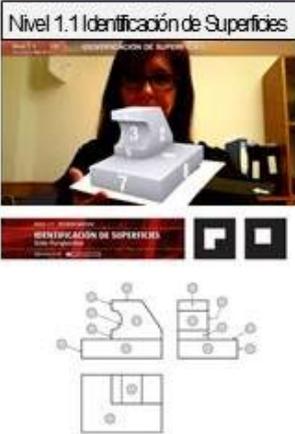
**Nivel 3. Análisis.** El alumno ha de valorar las relaciones de unos elementos con respecto a otros, estableciendo aquellas relaciones que le permitan un conocimiento de cada una de las partes del objeto por separado. El alumno debe ser capaz de orientarse espacialmente y abstraer la información necesaria. Los ejercicios están dedicados a la identificación de las relaciones espaciales entre objetos para ello es preciso conocer la relación espacial de unos elementos con respecto a otros. También hay ejercicios sobre la selección del número mínimo de vistas para definir completamente un objeto (contiene dos tipos de ejercicios).

**Nivel 4. Síntesis.** Es un nivel más alto de dificultad que los anteriores. Hay ejercicio donde los estudiantes tienen que croquizar, dada dos vistas ortográficas, la que falta, mientras que en otros tiene que dibujar las tres vistas ortográfica del modelo virtual.

**Nivel 5. Evaluación.** Este nivel evalúa la capacidad de aprendizaje del alumno en cuanto a contenidos de comprensión de vistas normalizadas. Es el nivel que presenta mayor dificultad para los estudiantes, porque requiere un alto nivel habilidad espacial. El alumno debe ser capaz de recomponer mentalmente el objeto tridimensional a partir de tres vistas normalizadas, y debe dibujar una perspectiva a mano alzada de cada pieza. En este ejercicio el alumno integra en su mente todos los niveles anteriores. Cuando ha finalizado los ejercicios del nivel 5, el alumno puede comprobar la solución, visualizando los objetos tridimensionales en realidad aumentada.

Fig. 3.1 Ejemplos de los cinco niveles de entrenamiento con RA.

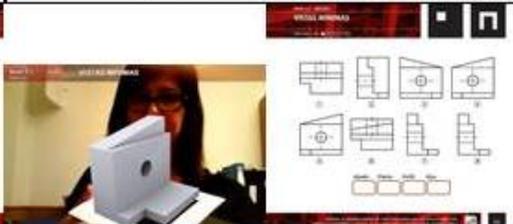
**NIVEL 1 RECONOCIMIENTO**

<div style="background-color: #e6f2ff; text-align: center; padding: 2px;">Nivel 1.1 Identificación de Superficies</div> 	<div style="background-color: #e6f2ff; text-align: center; padding: 2px;">Nivel 1.2 Identificación de Superficies</div> 	<div style="background-color: #e6f2ff; text-align: center; padding: 2px;">Nivel 1.3 Identificación de vértices</div> 
---	---	--

**NIVEL 2 COMPRESIÓN**

<div style="background-color: #e6f2ff; text-align: center; padding: 2px;">Nivel 2.1 Discriminación de vistas</div> 	<div style="background-color: #e6f2ff; text-align: center; padding: 2px;">Nivel 2.2 Discriminación de vistas</div> 
---	--

**NIVEL 3 ANÁLISIS**

<div style="background-color: #e6f2ff; text-align: center; padding: 2px;">Nivel 3.1 Recuentos</div> 	<div style="background-color: #e6f2ff; text-align: center; padding: 2px;">Nivel 3.2 Vistas mínimas</div> 
---	---

**NIVEL 4 SÍNTESIS**

<div style="background-color: #e6f2ff; text-align: center; padding: 2px;">Nivel 4.1 Obtención de vistas. Tercera vista</div> 	<div style="background-color: #e6f2ff; text-align: center; padding: 2px;">Nivel 4.2 Obtención de vistas</div> 
--	--

**NIVEL 5 EVALUACIÓN**

<div style="background-color: #e6f2ff; text-align: center; padding: 2px;">Obtención de perspectivas</div> 
--

### 3.4.4 Intervención del profesor en el entrenamiento.

La intervención del profesor en este entrenamiento utilizando la Realidad Aumentada es escasa dado que se ciñe a una explicación inicial sobre el contenido y temporalización del entrenamiento. El alumno realiza el entrenamiento por su cuenta en casa previa visualización de un vídeo explicativo de teoría. Para llevar a cabo dicho entrenamiento sólo es necesario un Pc estándar con webcam.

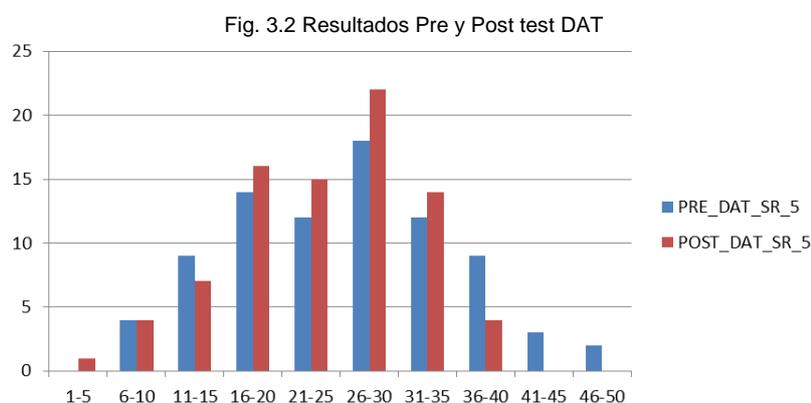
### 3.4.5 Detalles de la ejecución de la experiencia.

Dado que los estudiantes que acceden a la universidad está muy familiarizado con las nuevas tecnologías y el uso de ordenadores, este tipo de entrenamiento resulta muy atractivo para ellos.

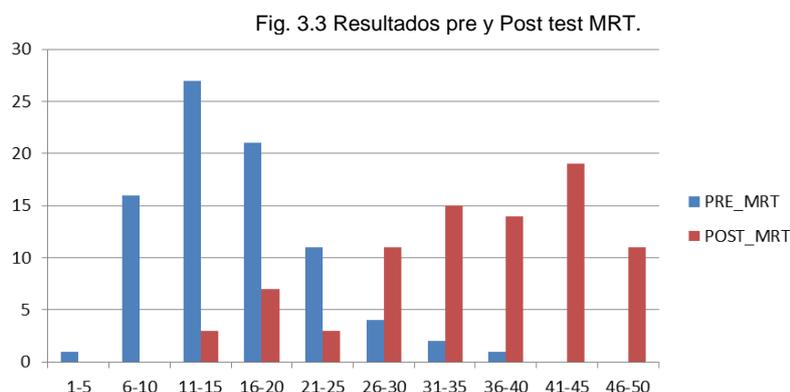
Durante el los dos años en lo que se ha realizado la experiencia, el feedback obtenido de los alumnos que han realizado todo el entrenamiento ha sido muy positivo. En este sentido, cabe destacar que en el curso académico actual, donde no se han llevado a cabo dicha experiencia, alumnos de primera matrícula en la asignatura se han interesado por el entrenamiento a través de las opiniones recibidas de compañeros de cursos superiores.

### 3.4.6 Resultados

Los resultados obtenidos con los instrumentos de medición, TEST MRT Y DAT-SR5, son los que se muestran en las figuras



En este gráfico se observa que los alumnos que obtuvieron una mayor puntuación en la primera prueba (valor superior a 36), han disminuido su puntuación en el segundo test. Después de recibir la formación, las puntuaciones de los alumnos tienden a concentrarse en valores entre 16 y 35 puntos, con una menor dispersión que en el primer test.



En este gráfico observamos una mejora significativa en la puntuación tras la realización de la prueba, muchos alumnos han pasado del extremo inferior de puntuación al extremo superior de puntuación, incrementando significativamente la media.

El análisis de estos datos con respecto a las hipótesis planteadas, se desarrolla en el siguiente capítulo.

### **3.5 ENTRENAMIENTO ORIENTACIÓN ESPACIAL EN ESCENARIO REAL.**

La forma de orientarnos es estableciendo relaciones espaciales entre los objetos, definiendo su situación respecto de otro objeto, respecto de nosotros mismos o respecto del norte, empleando conceptos como derecha-izquierda, delante- detrás, arriba- abajo o mediante los puntos cardinales: Norte, Sur, Este y Oeste y sus derivados: NE, NO, SE, SO. Si empleamos mapas dependerá de nuestra capacidad para interpretarlos- las relaciones espaciales se establecerán sobre símbolos- y de nuestra capacidad para relacionar mapa-terreno y terreno- mapa.

En la Orientación, como deporte, se trata de que los participantes deben completar un número de puntos del terreno marcados en un mapa en el menor tiempo posible, eligiendo él mismo el recorrido entre cada punto y ayudado solo por el mapa y la brújula.

Basándonos en el deporte de Orientación, diseñamos las dos siguientes experiencias.

### 3.5.1 Propósito de estudio.

Nuestro propósito es realizar entrenamientos de mejora de la componente de Orientación Espacial de las habilidades espaciales en los alumnos de nuevo ingreso que cursan las asignaturas de Expresión Gráfica los Grados de Ingeniería que se imparten en la Escuela de Ingenierías Industrial y Civil de Las Palmas de Gran Canaria. Este entrenamiento, en caso de obtener resultados positivos de mejora, ayudará a los estudiantes a tener menores dificultades en el estudio y obtener mejores resultados académicos al menos en estas asignaturas.

### 3.5.2 Participantes en el entrenamiento.

Los participantes han sido un total de 79 alumnos de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, todos de nuevo ingreso, pertenecientes al Grado de Ingeniería Industrial, 29 mujeres y 50 hombres. La edad media y desviación estándar (SD) era 18.8 (1.3) entre 18 y 24 años en el grupo de los hombres, y 18.8 (1,2) entre 18 y 23 años en el grupo de las mujeres. Se dividieron en dos grupos homogéneos para realizar el entrenamiento, 30 realizaron la experiencia de orientación en el campo real y 33 en un entorno virtual, experiencia que describiremos en el siguiente apartado. Consideramos un grupo de control formado por 16 alumnos que no realizaron ningún tipo de entrenamiento.

En esta experiencia realizada en un entorno real, a partir de ahora **RO REAL ORIENTERING**, participaron 30 estudiantes, 13 mujeres y 17 hombres. Ninguno de

ellos declaró haber tenido ninguna experiencia previa en el deporte de orientación.

Tabla 3-3 Distribución estudiantes por sexo entrenamiento RO

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	HOMBRE	17	56,7	56,7	56,7
	MUJER	13	43,3	43,3	100,0
	Total	30	100,0	100,0	

Tabla 3-4 Distribución estudiantes por edades entrenamiento RO

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
EDAD	30	18,00	20,00	18,6000	,72397	,524
N válido (según lista)	30					

Realizando un estudio descriptivo de los datos se observa cómo existe una mejora en la media y desviación típica de las puntuaciones antes y después, incluso podemos observar cómo esta mejora es mayor que en el grupo de control.

Tabla 3-5 Puntuación Pre y Post test SOT Grupo Experimental RO.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
PRE_SOT	30	13,50	94,10	52,2020	24,45317	597,958
POST_SOT	30	10,90	74,20	25,7420	15,21110	231,378
N válido (según lista)	30					

Tabla 3-6 Puntuación Pre y Post test SOT Grupo Control RO.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
PRE_SOT_CONTROL	23	21,60	107,00	65,5174	28,19040	794,699
POST_SOT_CONTROL	23	13,70	89,00	50,6635	26,67656	711,639
N válido (según lista)	23					

### 3.5.3 Descripción del entrenamiento.

Las experiencias se realizaron la primera semana del primer semestre del curso académico 2012/13, de forma que al tomar parte en la experiencia, ningún alumno había asistido a clases de alguna materia de Expresión Gráfica en la Ingeniería. Ninguno de los alumnos había practicado con anterioridad carreras de

orientación. Antes y después de tomar parte en la experiencia, se midió la orientación con una herramienta de medición contrastada, The Perspective Taking/ Spatial Orientation Test (SOT), desarrollado en la Universidad de Santa Bárbara por (Hegarty & Waller, 2004)

Para incentivar la participación, se les indicó que a los tres mejores tiempos se les aumentaría la calificación de la asignatura siempre que esta fuera igual o superior a 4.5.

La experiencia consistió en dos fases, en la primera de 45 minutos de duración y en el aula, un experto en el deporte de orientación les explicó las bases de esta práctica haciendo hincapié en el uso de la brújula.

Algunos conceptos propios de una carrera de orientación son los siguientes:

- Navegar: implica desplazarnos por un terreno, conocido o no, con un mapa o plano. Es necesario orientar el mapa e ir leyéndolo a nuestro avance.
- Puntos de apoyo: son las referencias del terreno que me sirven para verificar mi itinerario. Es necesario relacionar o identificar mapa-terreno, terreno-mapa.

En la experiencia que iban a realizar existían cambios importantes respecto de lo que usualmente es una carrera de orientación. Durante la carrera no iban a disponer de ningún elemento geográfico, vegetal o arquitectónico de referencia o punto de apoyo, tan sólo de distancias y ángulos relativos, así que, en el campo, se les instruyó sobre cómo medir distancias a la escala del plano mediante pasos. Además, cómo no se trataba de una prueba física, se les indicó que no era necesario correr, la celeridad de la prueba residiría en la rapidez en orientarse y no en la rapidez de movimiento.

Fig. 3.4 Izq Experto indica instrucciones. Dcha. Estudiantes midiendo distancias con pasos.



Al emplear mapas, la forma de orientarse dependerá de la capacidad para interpretarlos- las relaciones espaciales se establecerán sobre símbolos- y de la capacidad para relacionar mapa-terreno y terreno-mapa.

También considerarnos algunas acciones como propias de este deporte:

- Transportar y manejar el mapa y otros materiales de carrera (brújula, tarjeta y descripción de controles).
- Orientar el mapa.
- Leer el mapa.
- Elegir un recorrido apropiado.
- Decidir qué técnica emplear.

En nuestra experiencia obviamos algunas de estas acciones para potenciar el sentido que queríamos darle a la prueba. La experiencia se desarrolló en un campo de fútbol, donde sólo había elementos arquitectónicos para establecer relaciones espaciales. Pero dada la simpleza de la configuración de un campo de fútbol, y como se pretendía entrenar el sentido de orientación, se obviaron los elementos arquitectónicos y se les proporcionó a los alumnos un “mapa ciego” en el que sólo se mostraba la disposición relativas de las balizas en ángulo y distancia y por supuesto la dirección del Norte Geográfico.

Fig. 3.5 Mapa del campo de futbol con las balizas. Dcha. "mapa ciego" facilitado al estudiante.

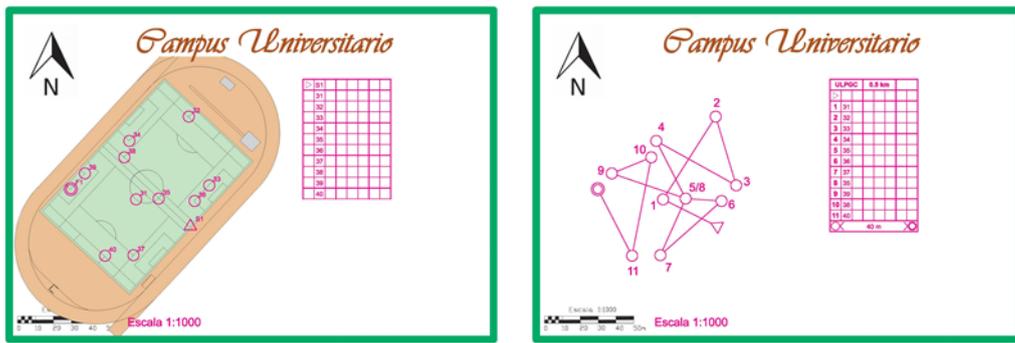


Fig. 3.6 Panorámica del campo de futbol con balizas.



Para la segunda fase, la “carrera de orientación” propiamente dicha, se diseñaron dos trazados con un recorrido similar en longitud. Los alumnos fueron informados que se trataba de recorridos distintos, para evitar que se siguieran unos a otros, de manera que no sabían que recorrido llevaban los alumnos que iban saliendo al campo. Cada alumno hizo los dos recorridos que se habían diseñado, así que los resultados obtenidos no dependen del azar.

Fig. 3.7 Momentos de la experiencia RO.



Para la realización de la prueba se utilizó el sistema Sportident. Dicho sistema está basado en el sistema SPORTident-Card, similar a un lápiz de memoria (pendrive). Durante la carrera el sistema almacena tiempos y códigos numéricos de los puntos de control. La salida nos ofrece registros individuales de tiempos intermedios y totales.

Fig. 3.8 Resultados totales y registros parciales prueba RO.

A Course (1): 11 KP

#	Name	Result	Start	1. ( 31)	2. ( 32)	3. ( 33)	4. ( 34)	5. ( 35)	6. ( 36)	7. ( 37)	8. ( 38)	9. ( 39)	10. ( 40)	11. ( 40)	Finish	
1.	PAUL CABRERA GLOFSSON ...	00:02:50	14:33:13	00:17 2	00:31 2	00:44 1	01:02 2	01:15 2	01:27 2	01:45 2	01:58 2	02:15 2	02:35 2	02:40 1	02:50 1	00:02:50
2.	JAVIER EDUARDO MORENO ...	00:03:04	14:38:52	00:13 1	00:30 1	00:44 1	00:58 1	01:16 1	01:25 1	01:42 1	01:54 1	02:09 1	02:22 1	02:31 2	03:04 2	00:03:04
3.	SERGIO CUBAS MEDINA ...	00:03:35	14:38:04	00:19 4	00:37 3	00:52 3	01:17 3	01:39 3	01:51 3	02:14 3	02:27 3	02:48 3	03:00 3	03:25 3	03:35 3	00:03:35
4.	FRANCISCO HERNÁNDEZ GA...	00:03:46	14:37:27	00:25 6	00:52 6	01:08 6	01:26 5	01:47 4	01:57 4	02:19 5	02:36 4	02:51 4	03:05 4	03:35 4	03:46 4	00:03:46
5.	VICTOR RUANO JIMÉNEZ ...	00:04:02	14:44:17	00:20 5	00:37 3	00:55 4	01:23 4	01:47 4	01:58 5	02:18 4	02:39 5	02:57 5	03:13 5	03:51 5	04:02 5	00:04:02
6.	JUDITH DOMÍNGUEZ TOLED...	00:05:06	14:36:23	00:41 8	01:22 8	01:35 8	02:01 7	02:18 7	02:29 6	02:55 6	03:14 6	03:49 6	04:01 6	04:54 6	05:06 6	00:05:06
7.	ANTONIO SEGURA GARCÍA ...	00:06:02	14:29:17	00:30 7	01:07 7	01:23 7	02:05 8	03:13 8	03:23 8	03:44 8	04:17 8	04:45 7	05:01 7	05:49 7	06:02 7	00:06:02
8.	CARLOTA TORRADO GARCÍA...	00:06:36	14:30:06	00:13 10	00:23 10	00:43 10	00:53 10	01:00 11	01:09 10	01:28 11	01:37 6	01:56 7	02:08 8	02:33 6	02:55 11	00:06:36
9.	JOSÉ FLASENCIA FULIDO ...	00:06:41	14:24:36	01:51 13	03:08 13	03:20 12	04:03 11	04:31 11	04:46 11	05:10 10	05:25 10	05:50 10	06:10 10	06:31 9	06:41 9	00:06:41
10.	PEDRO RODRÍGUEZ DE RIV...	00:07:11	14:44:26	00:18 3	00:42 5	01:06 5	01:36 6	02:05 6	02:33 7	02:59 7	03:24 7	04:58 8	05:17 8	06:42 10	07:11 10	00:07:11
11.	NIKHIL MAHTANI MAHTANI...	00:07:44	14:22:07	01:44 12	02:06 9	03:23 13	03:46 10	04:19 10	04:31 10	05:12 11	05:40 11	06:19 11	06:38 11	07:30 11	07:44 11	00:07:44
12.	CRISTIAN DOMÍNGUEZ DEN...	00:10:52	14:13:59	01:42 11	01:34 15	00:52 13	01:01 12	01:04 13	00:34 12	00:40 13	00:30 12	00:35 10	00:39 14	01:04 12	00:37 13	00:10:52
13.	SIDDHARTA DÍAZ PÉREZ ...	00:11:46	14:10:49	01:28 9	01:21 14	00:30 12	02:00 15	01:54 15	00:45 14	00:49 15	00:31 13	00:46 13	00:23 13	01:07 13	00:12 6	00:11:46
14.	ZORAIMA RAQUEL ARIAS R...	00:12:08	14:06:56	03:45 15	04:37 15	05:23 15	06:15 15	07:48 15	08:26 15	08:52 15	09:06 13	09:33 13	09:53 13	10:38 13	12:08 14	00:12:08
	KILLIAM RIVERO HERNÁNDEZ	DQ	14:25:17	02:20 14	02:53 12	03:07 10	04:18 12	04:43 12	06:16 12	06:46 12	09:36 15					DQ
	Ideal time:			00:13	00:14	00:12	00:15	00:15	00:09	00:17	00:12	00:15	00:12	00:15	00:10	00:02:39

Se proveyó al alumno de un GPS que registrara los trayectos que seguían con la intención de realizar un posterior análisis del número de rutas acertadas/erróneas que elegían, pero dada la limitadas dimensiones del campo de futbol para el sistema de posicionamiento global, los datos obtenidos no pudieron ser tratados.

### 3.5.4 Intervención del profesor en el entrenamiento.

Junto con la intervención del experto en deportes de Orientación, la intervención del profesor se limitó a explicar las características y normas para la realización de la prueba. Además era el encargado de controlar la correcta utilización del sistema Sportident en el momento de iniciar la experiencia y control en la llegada.



### 3.5.5 Detalles de la ejecución de la experiencia.

Dada las características de la prueba, la visión que previamente los alumnos podían tener sobre ella y habida cuenta que se realizó fuera de las horas regladas de la asignatura, era una completa incógnita la motivación y participación en la misma. Las expectativas iniciales fueron superadas con creces, siendo el entusiasmo e implicación máxima por parte de los alumnos.

Un aspecto a regular en sucesivas ediciones será controlar el componente competitivo del entrenamiento. Aunque los alumnos fueron advertidos sobre la velocidad a la que realizar los trayectos, instintivamente echaban a correr.

Cabe resaltar que una vez terminado el entrenamiento, todos los alumnos quisieron realizar la prueba alternativa, lo que es una medida de la motivación que tuvieron al realizarla.

Al terminar la prueba en este entorno real se les pasó un cuestionario y durante una semana tuvieron disponible via web, un cuestionario sobre el sentido de la dirección, Santa Barbara Sense-of-Direction Scale (Hegarty 2002) que tenían que complementar junto con los alumnos de la prueba de ORIENTACIÓN VIRTUAL.

### 3.5.6 Resultados

Los resultados obtenidos en The Perspective Taking/ Spatial Orientation Test (SOT) antes y después de realizar el entrenamiento se detallan en la siguiente tabla, donde se observa como la ganancia en el grupo experimental es mucho mayor que en el grupo de control.

Tabla 3-7 Valores Pre/Post SOT y ganancias obtenidas RO

	Pre-Test	Post-Test	Ganancia
Grupo Real Orienteering	42.33	18.75	23.58
Grupo Control	54.29	45.65	8.64

El análisis de estos datos con respecto a las hipótesis planteadas, se desarrolla en el siguiente capítulo.

## 3.6 ENTRENAMIENTO ORIENTACIÓN ESPACIAL EN ESCENARIO VIRTUAL

### 3.6.1 Propósito de estudio.

Nuestro propósito, como en el caso anterior es realizar un entrenamiento de mejora de la componente de Orientación Espacial de las habilidades espaciales en los alumnos de nuevo ingreso que cursan las asignaturas de Expresión Gráfica los Grados de Ingeniería que se imparten en la Escuela de Ingenierías Industrial y Civil de Las Palmas de Gran Canaria. En este caso, el entrenamiento se realizará bajo la plataforma de un juego de orientación.

### 3.6.2 Participantes en el entrenamiento

En esta experiencia tomaron parte 31 alumnos, 12 mujeres y 19 hombres. Como en el caso anterior, ninguno de ellos tenía experiencia previa en el deporte de orientación y se incentivó la participación con una subida de nota con iguales condiciones que la experiencia anterior. También, como en el caso anterior, ninguno de ellos declaró haber tenido experiencia previa en el deporte de orientación.

Tabla 3-8 Distribución estudiantes por sexo entrenamiento VO

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	HOMBRE	19	61,3	61,3	61,3
	MUJER	12	38,7	38,7	100,0
	Total	31	100,0	100,0	

Tabla 3-9 Distribución estudiantes por edad entrenamiento VO

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	18,00	18	58,1	58,1	58,1
	19,00	8	25,8	25,8	83,9
	20,00	5	16,1	16,1	100,0
	Total	31	100,0	100,0	

Observando el estudio descriptivo de los datos, se observa mejores resultados en los test después del entrenamiento y como era de espera, con respecto al grupo de control

Tabla 3-10 Puntuación Pre y Post test SOT Grupo Experimental VO

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
PRE_SOT	31	20,42	82,92	55,5771	18,71525	350,261
POST_SOT	31	5,67	49,58	24,1774	12,56380	157,849
N válido (según lista)	31					

Tabla 3-11 Puntuación Pre y Post test SOT Grupo Control VO

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	Varianza
PRE_SOT_CONTROL	23	21,60	107,00	65,5174	28,19040	794,699
POST_SOT_CONTROL	23	13,70	89,00	50,6635	26,67656	711,639
N válido (según lista)	23					

### 3.6.3 Descripción del entrenamiento.

Realizada simultáneamente con la experiencia anterior, se realizó la primera semana del primer semestre del curso académico 2012/13, de forma que al tomar parte en la experiencia, ningún alumno había asistido a clases de alguna materia de Expresión Gráfica en la Ingeniería. Ninguno de los alumnos había practicado con anterioridad carreras de orientación. Antes y después de tomar parte en la experiencia, se midió la orientación con The Perspective Taking/ Spatial Orientation Test (SOT) (Hegarty & Waller, 2004)

La primera fase de esta experiencia, que tomó alrededor de 90 min, consistió como en el caso anterior, de una explicación en el aula de los principios del deporte de orientación más el uso de la brújula y de la explicación del manejo del software que se iba a utilizar.

Se utilizó la versión demo del programa Catching Features, versión, que si bien siendo gratuita, tenía todas las prestaciones al nivel que necesitábamos <http://www.catchingfeatures.com/>.

Catching Features es un juego de orientación donde uno o varios jugadores, inmersos en un entorno virtual, realizan carreras utilizando un mapa topográfico con su leyenda y una brújula, igual que si se tratara de una carrera real.

Fig. 3.9 Escenarios Catching Features



El juego da la posibilidad de jugar individualmente o compitiendo con otros participantes. En la versión de pago también existe la posibilidad de jugar on line. Los escenarios son muy realistas y el jugador puede moverse y tener puntos de vista desde y hacia todas las direcciones. Utilizando el mapa y la brújula se van localizando las balizas hasta completar el recorrido.

En nuestra experiencia pedimos a los alumnos que completaran un mínimo de seis carreras. Tuvieron de tiempo una semana y la realizaron en sus casas en sus propios ordenadores descargándose la versión gratuita del juego.

Catching Features proporciona diversos formatos de salida con los resultados obtenidos en las distintas carreras. De esta forma, para poder evaluar la realización de la experiencia y aplicar los incentivos, se les solicitó a los alumnos los ficheros con los resultados

Fig. 3.10 Ejemplo resultado alumno



### 3.6.4 Intervención del profesor en el entrenamiento.

En este entrenamiento, tanto la explicación de los concepto del deporte de orientación como el manejo del software, corrió por parte del profesor, con una duración aproximada de 90 minutos, en horas lectivas. Además el profesor elaboró un documento de ayuda resumen de comandos y leyenda traducido al español, para facilitar el manejo del programa Catching Features, que se muestra a continuación

Fig. 3.11 Documento ayuda comandos Catching Features.

#### **COMANDOS:**

##### **MOVER CORREDOR:**

##### **RATÓN**

BOTÓN IZQUIERDA: Avanza

BOTÓN DERECHA: Retrocede

##### **FLECHAS DIRECCIÓN DEL TECLADO**

##### **MAPA**

**BARRA ESPACIADORA**...ver el mapa/volver al juego

**R** Alinear el mapa

##### **USO DEL RATÓN:**

BOTÓN IZQUIERDA: Rotar el mapa

BOTÓN DERECHA: Mover el mapa

SIMULTANEAMENTE: Zoom

##### **USO DEL TECLADO**

FLECHAS: Mover mapa

SHIFT+FLECHAS: rotar

**ORIENTAR CORREDOR VIENDO EL MAPA: Mantener pulsada barra espaciadora combinándolo con lo anterior**



### **3.6.5 Detalles de la ejecución de la experiencia.**

A pesar de lo precisa y realista que esté hecha la simulación de un entorno virtual, debemos tener en cuenta el hecho de que las personas están acostumbradas a moverse en un entorno real. A pesar que en ambas experiencias la información que tienen es visual, el campo de visión en el mundo real es mucho más amplio que en el virtual, de forma que la corriente de información espacial, es mucho menor en este segundo y la actualización de la situación de nuestro cuerpo puede ser realizada no sólo por el sistema visual, sino por el sistema cinestésico. Además, mientras que en un entorno virtual necesitamos un movimiento autodireccionado de nuestro cuerpo, en el virtual la experiencia es más pasiva.

Desde el punto de vista de los profesores, fue mucho más sencilla de preparar y realizar la experiencia virtual. Aparte del hecho de tener que aprender los principios de las carreras de orientación y el manejo del programa Catching Features, no presentaba ninguna otra dificultad. Sin embargo la preparación de la experiencia en el ambiente real realizada en el campo de fútbol requirió, aparte de grandes dotes organizativas, unir voluntades de servicios y personal de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Desde el punto de vista del estudiante, tuvimos un feedback positivo por parte de ellos; ambas pruebas le resultaron atractivas y las realizaron con entusiasmo todos los alumnos a los que se les propuso de forma voluntaria, si bien, tal como comentamos en apartados anteriores, tenían el acicate de competir para ser de los tres primeros y aumentar la nota de la asignatura. Pero para nuestra sorpresa, la prueba en el campo real, la carrera de orientación, tuvo una acogida y una valoración impresionantes. La componente de interacción y competición interpersonal hizo que los alumnos se implicaran de tal forma que querían realizar otras pruebas similares y se interesaran más personalmente de lo que podían significar las habilidades espaciales dentro de su currículo.

Al terminar la prueba en el entorno virtual se les pasó un cuestionario sobre el sentido de la dirección, que tuvieron disponible durante una semana via web.

Anexo

### 3.6.6 Resultados

Los resultados obtenidos en The Perspective Taking/ Spatial Orientation Test (SOT) antes y después de realizar el entrenamiento se detallan en la siguiente tabla, donde se observa como la ganancia en el grupo experimental es mucho mayor que en el grupo de control.

Tabla 3-12 Valores Pre/Post SOT y ganancias obtenidas VO

	Pre-Test	Post-Test	Ganancia
Grupo Virtual Orienteering	54.77	24.00	30.77
Grupo Control	54.29	45.65	8.64

El análisis de estos datos con respecto a las hipótesis planteadas, se desarrolla en el siguiente capítulo.

## 3.7 ENTRENAMIENTO CON RA Y ORIENTACIÓN EN ESCENARIO VIRTUAL.

### 3.7.1 Propósito de estudio.

En este caso nos planteamos realizar simultáneamente dos tipos de entrenamientos, uno con Realidad Aumentada y el otro basado en una carrera de orientación en escenario virtual utilizando la plataforma de un juego de orientación (Catching features). De esta manera pretendemos realizar entrenamientos para mejorar las tres componentes de la habilidad espacial objeto de estudio en la presente tesis.

### 3.7.2 Participantes en el entrenamiento

El grupo de control está formado por 15 individuos a los se les ha sometido a entrenamiento. De los 15 individuos hay 8 hombres y 7 mujeres, por lo que

como se muestra en la siguiente tabla las mujeres son un 46.7% de la muestra, frente a los hombres que son el 53.3% de la muestra.

Tabla 3-13 Distribución estudiantes por sexo grupo experimental entrenamiento AR-VO

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	HOMBRE	8	53,3	53,3	53,3
	MUJER	7	46,7	46,7	100,0
	Total	15	100,0	100,0	

Los estudiantes tienen edades comprendidas entre 18 y 20 años

Tabla 3-14 Distribución estudiantes por edad grupo experimental entrenamiento AR-VO

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	18,00	8	53,3	53,3	53,3
	19,00	5	33,3	33,3	86,7
	20,00	2	13,3	13,3	100,0
	Total	15	100,0	100,0	

Por su parte, el grupo de control está formado por 16 individuos a los que no se les ha sometido a ningún entrenamiento. De los 16 individuos hay 11 hombres y 5 mujeres, por lo que como se muestra en la siguiente tabla las mujeres son un 31.3% de la muestra, frente a los hombres que son el 68.8% de la muestra.

Tabla 3-15 Distribución estudiantes por sexo grupo control entrenamiento AR-VO

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	HOMBRE	11	68,8	68,8	68,8
	MUJER	5	31,3	31,3	100,0
	Total	16	100,0	100,0	

Tabla 3-16 Distribución estudiantes por edad grupo experimental entrenamiento AR-VO

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	18,00	7	43,8	43,8	43,8
	19,00	6	37,5	37,5	81,3
	20,00	3	18,8	18,8	100,0
	Total	16	100,0	100,0	

### 3.7.3 Descripción del entrenamiento.

Los entrenamientos, ya descritos en apartados anteriores, se realizan en las mismas condiciones ya expuestas.

### 3.7.4 Intervención del profesor en el entrenamiento.

En ambos entrenamientos, la intervención del profesor se ciñe a la explicación en el aula explicando cómo realizarla, medios, temporalización, etc. En este caso, la única variación es el tiempo dedicado, pues al ser dos experiencias, se prolongó durante las dos horas de clase

### 3.7.5 Detalles de la ejecución de la experiencia.

La experiencia se realizó, después de la explicación del profesor, en casa de forma autónoma por los alumnos. Así como en el caso de las experiencias por separado se tuvo un feedback muy positivo de los alumnos, en este caso, el nivel de satisfacción se vio un poco afectado por la cantidad de trabajo que ellos reportaban que les supuso. En cualquier caso, quitando ese aspecto, les pareció muy interesante lo valoraron positivamente en cuanto a su utilidad para enfrentar mejor la asignatura.

### 3.7.6 Resultados

Los resultados de las ganancias en las puntuaciones en los tres test son las que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3-17 Descriptivos Ganancia grupos Control y Experimental entrenamiento AR-VO

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. tip.
GANANCIA_MRT_C	16	1,00	12,00	4,2500	3,19374
GANANCIA_MRT	15	,00	14,00	7,8667	4,03320
GANANCIA_DAT_C	16	1,00	12,00	4,9375	3,62342
GANANCIA_DAT	15	,00	19,00	9,5333	5,99841
GANANCIA_SOT_C	16	2,15	32,50	13,5700	9,23688
GANANCIA_SOT	15	1,70	58,40	26,4600	17,48745
N válido (según lista)	15				

En el grupo de control se aprecia el incremento esperado debido a la repetición, y en el experimental aumenta en mayor proporción debido al entrenamiento.

### 3.8 ANÁLISIS DE LA MEJORA DE LA HABILIDAD ESPACIAL MEDIANTE ENTRENAMIENTO CON RA EN RELACIÓN A LA COMPONENTE ORIENTACIÓN ESPACIAL

#### 3.8.1 Propósito del estudio

En esta ocasión se va a utilizar el entrenamiento con REALIDAD AUMENTADA, que es un ejercicio diseñado para mejorar las componentes VISUALIZACIÓN ESPACIAL y RELACIONES ESPACIALES, y vamos a comprobar si tiene algún efecto, estadísticamente significativo, en la mejora de la componente ORIENTACIÓN ESPACIAL.

#### 3.8.2 Participantes en el entrenamiento.

El grupo experimental está formado por 18 individuos a los se les ha sometido a entrenamiento. De los 17 individuos hay 13 hombres y 5 mujeres. Como se muestra en la siguiente tabla, las mujeres son un 27.8% de la muestra, frente a los hombres que son el 72.2% de la misma.

Tabla 3-18 Distribución estudiantes por sexo grupo experimental entrenamiento RA con test SOT

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Hombre	13	72,2	72,2	72,2
	Mujer	5	27,8	27,8	100,0
	Total	18	100,0	100,0	

Los estudiantes tienen edades comprendidas entre 18 y 21 años.

Tabla 3-19 Distribución estudiantes por edad grupo experimental entrenamiento RA con test SOT

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	18,00	8	44,4	44,4	44,4
	19,00	5	27,8	27,8	72,2
	20,00	4	22,2	22,2	94,4
	21,00	1	5,6	5,6	100,0
	Total	18	100,0	100,0	

El grupo de control está formado por 16 individuos a los que no se les ha sometido a ningún entrenamiento. Su distribución en cuanto a sexo y edad se detalla en las tablas siguientes.

Tabla 3-20 Distribución estudiantes por sexo grupo control entrenamiento RA con test SOT

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Hombre	11	68,8	68,8	68,8
	Mujer	5	31,3	31,3	100,0
	Total	16	100,0	100,0	

Tabla 3-21 Distribución estudiantes por edad grupo control entrenamiento RA con test SOT

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	18,00	7	43,8	43,8	43,8
	19,00	6	37,5	37,5	81,3
	20,00	3	18,8	18,8	100,0
	Total	16	100,0	100,0	

### 3.8.3 Descripción del entrenamiento.

Las experiencias se realizaron la primera semana del primer semestre del curso académico 2013/14, de forma que al tomar parte en la experiencia, ningún alumno había asistido a clases de alguna materia de Expresión Gráfica en la Ingeniería. El material del entrenamiento está formado, como ya se indicó en el apartado 3.1.3, por un software informático de realidad aumentada, un video explicativo del contenido teórico y un libro interactivo 3D “VIRTUAL AUGMENTED BOOK”. El entrenamiento se organiza en cinco sesiones con una duración total de nueve horas.

En este caso, en vez de pasar sólo los Test MRT y DAT-5, antes y después de tomar parte en la experiencia, se midió también la orientación de los alumnos con The Perspective Taking/ Spatial Orientation Test (SOT), desarrollado en la Universidad de Santa Bárbara por (Hegarty & Waller, 2004)

### 3.8.4 Intervención del profesor en el entrenamiento.

La intervención del profesor en este entrenamiento utilizando la Realidad Aumentada es escasa dado que se ciñe a una explicación inicial sobre el contenido y temporalización del entrenamiento.

### 3.8.5 Detalles de la ejecución de la experiencia.

El alumno realiza el entrenamiento por su cuenta en casa previa visualización de un vídeo explicativo de teoría. Para llevar a cabo dicho entrenamiento sólo es necesario un Pc estándar con webcam

### 3.8.6 Resultados

Los resultados obtenidos después y antes del entrenamiento en los test se muestran en la siguiente tabla de ganancias.

Tabla 3-22 Descriptivos Ganancia grupos Control y Experimental entrenamiento AR con test SOT.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Ganancia_MRT_C	16	1,00	12,00	4,2500	3,19374
Ganancia_MRT	18	,00	14,00	7,7222	3,75430
Ganancia_DAT_C	16	1,00	12,00	4,9375	3,62342
Ganancia_DAT	18	,00	19,00	9,8333	5,51202
Ganancia_SOT_C	16	2,15	32,50	13,5700	9,23688
Ganancia_SOT	18	7,30	44,30	20,8983	11,77177
N válido (según lista)	16				

## 3.9 ENTRENAMIENTO CON VIDEOJUEGO INTERLOCKED.

### 3.9.1 Propósito de estudio.

Como en todos los casos estudiados, el propósito es analizar herramientas que puedan ayudar a desarrollar las habilidades espaciales de los alumnos y, por tanto, mejorar los resultados obtenidos en las asignaturas de Expresión Gráfica. En este caso vamos a utilizar una herramienta en forma de video juego llamado Interlocked, que consiste en liberar piezas de un puzle, creciente en dificultad, hasta liberarlas todas.

Fig. 3.12 Ejemplo dos puntos de vista mismo puzle en Tablet



Este juego ejercita las capacidades de visualización y rotación porque consiste en comprender de qué manera están bloqueadas las piezas y, mientras la interfaz permite girar el conjunto, mentalmente desplazar una o varias de ellas para dar como resultado la liberación de alguna de las que completa el puzle.

Una razón importante para elegirlo fue, aparte de las características descritas en el párrafo anterior, que se podía jugar en múltiples plataformas, es decir, estaba disponible para dispositivos móviles (tablets y smartphones Android e iOS) y para Pc. Consta de varios episodios dentro de los cuales hay varios niveles de dificultad creciente.

### 3.9.2 Participantes en el entrenamiento

El grupo de experimental está formado por 17 individuos sometidos a entrenamiento. La distribución respecto a sexo y edad se muestra en las dos tablas a continuación.

Tabla 3-23 Distribución estudiantes por sexo grupo experimental entrenamiento Interlocked.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	HOMBRE	11	64,7	64,7	64,7
	MUJERES	6	35,3	35,3	100,0
	Total	17	100,0	100,0	

Tabla 3-24 Distribución estudiantes por edad grupo experimental entrenamiento Interlocked.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	18,00	5	29,4	29,4	29,4
	19,00	8	47,1	47,1	76,5
	20,00	4	23,5	23,5	100,0
	Total	17	100,0	100,0	

El grupo de control está formado por 16 individuos a los que no se les ha sometido a ningún entrenamiento. Edad y sexo de los integrantes se reflejan en las siguientes tablas.

Tabla 3-25 Distribución estudiantes por sexo grupo control entrenamiento Interlocked.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	HOMBRE	11	68,8	68,8	68,8
	MUJER	5	31,3	31,3	100,0
	Total	16	100,0	100,0	

Tabla 3-26 Distribución estudiantes por edad grupo control entrenamiento Interlocked.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	18,00	7	43,8	43,8	43,8
	19,00	6	37,5	37,5	81,3
	20,00	3	18,8	18,8	100,0
	Total	16	100,0	100,0	

### 3.9.3 Descripción del entrenamiento con videojuego-

El entrenamiento tuvo lugar la primera semana del primer semestre, de forma que, como en casos anteriores, los alumnos no habían recibido ninguna clase de las asignaturas de Expresión Gráfica.

Se les pidió que realizaran el máximo número de niveles, con un mínimo de 12 y que entregaran justificación de haberlos realizados, superados o no. La forma de justificación se realizó mediante la entrega de documentos que contuvieran las imágenes de las pantallas donde aparecieran los niveles superados.

A continuación se muestran ejemplos de entrega de los alumnos que realizaron el entrenamiento en las distintas plataformas.

Fig. 3.13 Entrega resultados smartphone



Fig. 3.14 Entrega resultados Pc



Fig. 3.15 Entrega resultados Tablet



### 3.9.4 Intervención del profesor en el entrenamiento.

El entrenamiento lo realizaron los alumnos fuera de horas lectivas durante la primera semana del curso. La intervención del profesor en este caso consistió en una explicación sobre dónde utilizar y/o descargar la aplicación, las condiciones y peticiones del entrenamiento y la forma de entregar los resultados. Además, como en todos los caso, el profesor pasó los test antes y después de realizar la experiencia.

### 3.9.5 Detalles de la ejecución de la experiencia.

Dada la facilidad de uso del juego en dispositivos móviles, los alumnos informaron sobre la facilidad que les había supuesto ese hecho. No lo tomaron

cómo una obligación sino como un reto que podían llevar a cabo incluso en los desplazamientos o en periodos libres entre clases. Además se creó una competencia entre ellos que promovió que, en casi todos los casos, se hicieran muchos más niveles que el requerimiento mínimo exigido.

### 3.9.6 Resultados

Los resultados obtenidos en los test después y antes expresados en forma de ganancia se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3-27 Descriptivos Ganancia grupos Control y Experimental entrenamiento Interlocked

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
GANANCIA_MRT_C	16	1,00	12,00	4,2500	3,19374
GANANCIA_MRT	17	1,00	19,00	10,0588	5,24965
GANANCIA_DAT_C	16	1,00	12,00	4,9375	3,62342
GANANCIA_DAT	17	1,00	25,00	11,1765	6,30709
GANANCIA_SOT_C	16	2,15	32,50	13,5700	9,23688
GANANCIA_SOT	17	3,34	41,67	19,2465	10,74148
N válido (según lista)	16				

# **CAPÍTULO 4**

## **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

---



## 4.1 ANÁLISIS DE LA MEJORA DE LA HABILIDAD ESPACIAL MEDIANTE ENTRENAMIENTO CON REALIDAD AUMENTADA

### 4.1.1 Hipótesis planteadas

El objetivo de realizar el entrenamiento con realidad aumentada es comprobar si este contribuye de una manera estadísticamente significativa a aumentar las habilidades espaciales de los alumnos (componentes visualización espacial y relaciones espaciales), así como comprobar si la variable género influye en esta mejora.

Para ello planteamos las siguientes hipótesis de la investigación:

- Hipótesis 1: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de VISUALIZACIÓN ESPACIAL medida con el test DAT-5:SR, después de realizar el entrenamiento propuesto.
- Hipótesis 2: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de RELACIONES ESPACIALES medida con el test MRT, después de realizar el entrenamiento propuesto.
- Hipótesis 3: La mejora de la componente de VISUALIZACIÓN ESPACIAL se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.
- Hipótesis 4: La mejora de la componente de RELACIONES ESPACIALES se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

### 4.1.2 Análisis de resultados

Para poder tratar estadísticamente los datos, lo primero que tenemos que comprobar es si las muestras tomadas para el grupo de control y el grupo experimental son estadísticamente iguales. Para ello sólo tendremos en cuenta

los datos del grupo experimental antes de recibir la formación académica y los del grupo de control, el cual no ha recibido formación:

Tabla 4-1 Nivel de capacidad espacial antes de entrenamiento RA

	PRE-TEST			
	DAT_SR_5		MRT	
	MEDIA	DESV. TÍPICA	MEDIA	DESV. TÍPICA
GRUPO EXPERIMENTAL n=83	25,99	9,46	15,84	6,55
GRUPO CONTROL n=25	28,40	10,17	17,44	9,82
POBLACION TOTAL n=178	27,96	9,20	9,05	8,40

Se observa que las medias y desviaciones típicas son similares en todos los grupos, por lo que realizaremos un análisis de la varianza (ANOVA) para las medias de DAT.SR\_5 y MRT que nos permita verificar que los grupos experimentales y el grupo de control son representativos de la población.

Para poder aplicar esta técnica, es necesario que se verifiquen las siguientes condiciones previas:

-Independencia: Los individuos estudiados deben ser independientes unos de otros. Podemos asumir esta hipótesis, ya que cada individuo de la muestra realizó el test de forma individual, sin haber recibido formación previa.

-Aleatoriedad: Las muestras de estudio deben haberse obtenido de forma aleatoria. Para comprobar esta hipótesis utilizaremos el contraste de rachas que permite verificar la hipótesis nula de que la muestra es aleatoria, es decir, si las sucesivas observaciones son independientes. Este contraste se basa en el número de rachas que presenta una muestra. Una racha se define como una secuencia de valores muestrales con una característica común precedida y seguida por valores que no presentan esa característica. Así, se considera una racha la secuencia de k valores consecutivos superiores o iguales a la media muestral (o a la mediana o a la moda, o a cualquier otro valor de corte) siempre que estén precedidos y seguidos por valores inferiores a la media muestral (o a la mediana o a la moda, o a cualquier otro valor de corte).

Si la muestra es suficientemente grande y la hipótesis de aleatoriedad es cierta, la distribución muestral del número de rachas,  $R$ , puede aproximarse mediante una distribución normal de parámetros:

$$\mu_R = \frac{2n_1n_2}{n} + 1 \quad \sigma_R = \sqrt{\frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n)}{n^2(n - 1)}}$$

donde  $n_1$  es el número de elementos de una clase,  $n_2$  es el número de elementos de la otra clase y  $n$  es el número total de observaciones.

$$Z = \frac{R + c - \mu_R}{\sigma_R}$$

donde  $c = 0,5$  si  $R < \mu_R$  y  $c = -0,5$  si  $R > \mu_R$ .

Utilizando el programa informático SPSS para cálculos estadísticos obtenemos.

Fig. 4.1 Prueba de Rachas

	PRE_DAT_SR_5	PRE_MRT
Valor de prueba <sup>a</sup>	26,00	15,00
Casos < Valor de prueba	39	41
Casos >= Valor de prueba	44	42
Casos en total	83	83
Número de rachas	33	39
Z	-1,073	-,772
Sig. asintót. (bilateral)	,058	,440

a. Mediana

Podemos aceptar la hipótesis nula de que las muestras son aleatorias, pues el p-valor supera al 5%.

Para elegir el tipo de análisis estadístico idóneo que va a tratar nuestros datos, debemos comprobar si nuestra muestra se distribuye como una población Normal

Aplicamos el contraste de Kolmogorov-Smirnov, con la corrección deLilliefors, cuyas hipótesis son:

Hipótesis nula( $H_0$ ):La puntuación del test DAT\_SR\_5(o MRT) procede de una población Normal con media y varianza desconocida

Hipótesis alternativa( $H_1$ ): La puntuación del test DAT\_SR\_5(o MRT) no procede de una población Normal con media y varianza desconocida

El estadístico de contraste para estas hipótesis es:

$D'_n = \max_{-\infty < x < \infty} |F_n(x) - F_0(x)|$ , donde la función de distribución empírica  $F_n(x)$  se obtiene a partir de la muestra normalizada. La región crítica viene dada por  $P(D'_n > D'_\alpha/H_0) = \alpha$ , siendo  $F_n(x)$  la función de distribución muestral y  $F_0(x)$  la función teórica o correspondiente a la población normal especificada en la hipótesis nula.

La distribución del estadístico de Kolmogorov-Smirnov es independiente de la distribución poblacional especificada en la hipótesis nula y los valores críticos de este estadístico están tabulados. Si la distribución postulada es la normal y se estiman sus parámetros, los valores críticos se obtienen aplicando la corrección de significación propuesta por Lilliefors.

Tabla 4-2 Prueba de normalidad de las variables para grupo experimental RA.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PRE_DAT_SR_5	,081	83	,200*	,984	83	,410
PRE_MRT	,106	83	,051	,961	83	,513

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

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Podemos aceptar la hipótesis nula de normalidad, pues la probabilidad asociada al estadístico es mayor que 0.05.

-Homocedasticidad: Las muestras estudiadas deben tener varianzas iguales. Para ello aplicaremos el test de Levene para contrastar si  $k$  muestras tienen la misma varianza, es decir, la homogeneidad de varianzas. La hipótesis nula es no existen diferencias significativas entre las varianzas, frente a la alternativa que afirma que sí las hay.

El estadístico de prueba de Levene es:

$$L = \frac{(n-k) \sum n_i (V_i - \bar{V})^2}{(n-1) \sum \sum (V_{ij} - V_i)^2} \text{ donde } V_{ij} = |X_{ij} - \bar{X}_i|.$$

Los resultados obtenidos son:

Fig. 4.2 Prueba de homogeneidad de varianzas

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
PRE_DAT_SR_5	,121	1	81	,729
PRE_MRT	,624	1	81	,345

Aceptamos homogeneidad de varianzas, pues el p-valor supera el 5%.

Una vez comprobados todas las hipótesis previas, podemos realizar el análisis ANOVA para nuestras cuatro hipótesis de trabajo, que traduciremos para el análisis en cada caso como:

Hipótesis nula:  $\mu_{control} = \mu_{experimental} = \mu_{población\ total}$

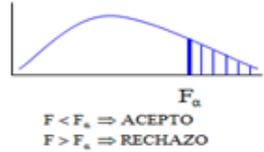
Hipótesis alternativa: Existen diferencias en al menos dos de las muestras.

El ANOVA se basa en la descomposición de la variación total de los datos con respecto a la media global (SCT), que bajo el supuesto de que  $H_0$  es cierta es una estimación de  $\sigma^2$  obtenida a partir de toda la información muestral, en dos partes:

- Variación dentro de las muestras (SCD) o Intra-grupos, cuantifica la dispersión de los valores de cada muestra con respecto a sus correspondientes medias.
- Variación entre muestras (SCE) o Inter-grupos, cuantifica la dispersión de las medias de las muestras con respecto a la media global.

Las expresiones para el cálculo de los elementos que intervienen en el Anova son las siguientes:

Tabla 4-3 Tabla ANOVA

TABLA ANOVA				
Fuente variación	Suma cuadrados	Grados Libertad	Ajuste	F
Entre muestras	$SCE = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{X}_i - \bar{X})^2$ $= \sum_{i=1}^K \frac{T_i^2}{n_i} - \frac{T^2}{n}$	K - 1	$\frac{SCE}{K-1} = Q_1$	
Dentro muestras	$SCD = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2$ $= \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}^2 - \sum_{i=1}^K \frac{T_i^2}{n_i}$	n - K	$\frac{SCD}{n-K} = Q_2$	$F = \frac{Q_1}{Q_2}$
Total	$SCT = \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X})^2$ $SCT = SCE + SCD$ $= \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}^2 - \frac{T^2}{n}$	n - 1	$\frac{SCT}{n-1}$	

Cuando la hipótesis nula es cierta  $SCE/K-1$  y  $SCD/n-K$  son dos estimadores insesgados de la varianza poblacional y el cociente entre ambos se distribuye según una F de Snedecor con K-1 grados de libertad en el numerador y N-K grados de libertad en el denominador. Por lo tanto, si  $H_0$  es cierta es de esperar que el cociente entre ambas estimaciones será aproximadamente igual a 1, de forma que se rechazará  $H_0$  si dicho cociente difiere significativamente de 1.

Los resultados obtenidos son:

Tabla 4-4 Tabla ANOVA de un factor (DAT y MRT)

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
PRE_DAT_SR_5	Inter-grupos	9,415	1	9,415	,105	,747
	Intra-grupos	7248,850	81	89,492		
	Total	7258,265	82			
PRE_MRT	Inter-grupos	152,729	1	152,729	3,638	,060
	Intra-grupos	3400,066	81	41,976		
	Total	3552,795	82			

Los estadísticos de contraste  $F=0.105$  con  $p\_valor$  asociado 0,747 para el test DAT\_SR\_5 y para  $F=3.638$  con  $p\_valor=0,06$  para el test MRT indican que no hay diferencias significativas en los niveles de capacidad espacial de los grupos antes de la formación, por lo que consideramos que los grupos son estadísticamente equivalentes y que los grupos experimentales y los de control son representativos de la población.

Por último estudiaremos si existen diferencias significativas entre el grupo de control y el grupo experimental, después de la formación para ello observamos los estadísticos descriptivos de las puntuaciones después de la formación de cada uno de los grupos:

Tabla 4-5 Nivel de capacidad espacial después de entrenamiento RA

	POST-TEST							
	DAT_SR_5		MRT		GANANCIA DAT_SR_5		GANANCIA MRT	
	MEDIA	DESVIACION TIPICA	MEDIA	DESVIACION TIPICA	MEDIA	DESVIACION TIPICA	MEDIA	DESVIACION TIPICA
GRUPO EXPERIMENTAL n=83	34,9405	9,43635	23,9048	8,04448	8,9524	5,27075	8,0595	6,27166
GRUPO CONTROL n=25	33,5200	11,76903	22,0800	9,93697	5,1200	7,13162	4,6400	4,35775

▪Hipótesis nula( $H_0$ ):La ganancia media del test DAT\_SR\_5 es igual a la ganancia media del grupo de control

▪Hipótesis alternativa( $H_1$ ): La ganancia media del test DAT\_SR\_5 es mejor que la ganancia media del grupo de control

Para realizar el contraste de estas hipótesis utilizamos el estadístico t para muestras independientes, el cual requiere de tres supuestos:

- Las poblaciones muestreadas tienen una distribución normal.

Comprobaremos si las variables a estudiar se distribuyen como una Normal.

Tabla 4-6 Prueba de normalidad de la variable Ganancia DAT y MRT para grupo experimental y control RA

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
GANANCIA_DAT_SR_5	,128	25	,200 <sup>*</sup>	,954	25	,310
GANANCIA_DAT_SR_5_CONTROL	,118	25	,200 <sup>*</sup>	,980	25	,893
GANANCIA_MRT	,098	25	,200 <sup>*</sup>	,951	25	,265
GANANCIA_MRT_CONTROL	,198	25	,012	,914	25	,037

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

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Asumimos normalidad en todas las variables, pues sus  $p\_valor > 0.05$

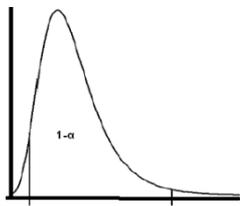
- Las muestras son independientes, en este caso lo son, pues el grupo experimental y el de control no están relacionados.

- Las desviaciones estándar de ambas poblaciones son iguales. Para comprobar esta hipótesis realizaremos el contraste F,

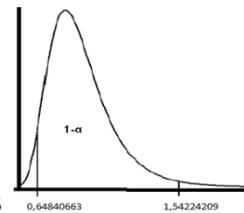
•Hipótesis nula( $H_0$ ):  $\sigma_{GANANCIA\_DAT\_SR\_5}^2 = \sigma_{CONTROL}^2$

•Hipótesis alternativa( $H_1$ ):  $\sigma_{GANANCIA\_DAT\_SR\_5}^2 \neq \sigma_{CONTROL}^2$

El estadístico de contraste es:  $F = \frac{S_{GANANCIA\_DAT\_SR\_5}^2}{S_{CONTROL}^2}$  y la región crítica viene



dada por De tal forma que si  $F_{\alpha/2} < F < F_{1-\alpha/2}$  se acepta la hipótesis nula.



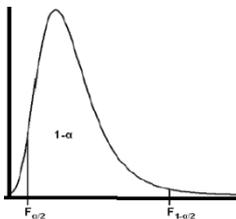
En nuestro caso  $F = \frac{5,27075^2}{7,1362^2} = 0,5455$  y la región crítica es

Por lo que aceptamos la igualdad de varianzas.

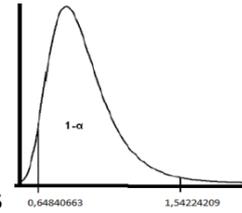
•Hipótesis nula( $H_0$ ):  $\sigma_{GANANCIA\_MRT}^2 = \sigma_{CONTROL}^2$

•Hipótesis alternativa( $H_1$ ):  $\sigma_{GANANCIA\_MRT}^2 \neq \sigma_{CONTROL}^2$

El estadístico de contraste es:  $F = \frac{S_{MRT}^2}{S_{CONTROL}^2}$  y la región crítica viene dada por



De tal forma que si  $F_{\alpha/2} < F < F_{1-\alpha/2}$  se acepta la hipótesis nula.



En nuestro caso  $F = \frac{6,27166^2}{4,35775^2} = 2.071$  y la región crítica es lo que rechazamos la igualdad de varianzas.

En resumen, las muestras se distribuyen como una normal, son independientes y de igual varianza en el caso de DAT\_SR\_5, pero en el caso de MRT no podemos asumir varianzas iguales.

Una vez comprobadas las hipótesis previas, retomamos nuestras hipótesis:

Hipótesis 1: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de VISUALIZACIÓN ESPACIAL medida con el test DAT-5:SR, después de realizar el entrenamiento propuesto.

Que traducimos para el análisis como:

•Hipótesis nula( $H_0$ ):La ganancia media del test DAT\_SR\_5 es igual a la ganancia media del grupo de control

•Hipótesis alternativa( $H_1$ ): La ganancia media del test DAT\_SR\_5 es mejor que la ganancia media del grupo de control

Aplicamos el estadístico de contraste t para muestras procedentes de poblaciones normales con varianza desconocidas pero iguales:  $t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S' \sqrt{\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y}}}$ , siendo  $\bar{x}, \bar{y}$  las medias de GANACIA del test DAT\_SR\_5 y GANANCIA y del grupo de control es:

$$S' = \frac{(n_x - 1)S_x^2 + (n_y - 1)S_y^2}{n_x + n_y - 2}$$

$t = \frac{8,9524-5,12}{1,284} = 2,98$ , valor crítico en la tabla t student, 2,62, por lo que se rechaza la hipótesis nula, es decir, existen diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo de control, concluyendo que la formación ha sido eficaz.

Hipótesis 2: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de RELACIONES ESPACIALES medida con el test MRT, después de realizar el entrenamiento propuesto.

Enunciada como

•Hipótesis nula( $H_0$ ):La ganancia media del test MRT es igual a la ganancia media del grupo de control

•Hipótesis alternativa( $H_1$ ): La ganancia media del test MRT es mejor que la ganancia media del grupo de control

Aplicamos el estadístico de contraste t para muestras procedentes de poblaciones normales con varianza desconocidas y distintas:

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{S_{GANANCIA\_MRT}^2}{n_{GANANCIA\_MRT}} + \frac{S_{CONTROL\_MRT}^2}{n_{CONTROL\_MRT}}}},$$

$t = \frac{8,0595-4,64}{1,11063} = 3,0789$ , valor crítico en la tabla t student, 2,62, por lo que se rechaza la hipótesis nula, es decir, existen diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo de control, concluyendo que la formación ha sido eficaz.

Los alumnos mejoran su capacidad espacial después de la formación con una confianza del 95%.

A continuación nos planteamos la variable GÉNERO como foco de nuestro estudio. ¿Existen diferencias entre hombres y mujeres en la mejora de las habilidades espaciales? Para responder a esta pregunta comprobaremos si existen diferencias en cuanto a la ganancia en ambos test, es por ello que realizaremos un contraste de hipótesis para muestras independientes:

Hipótesis 3: La mejora de la componente de VISUALIZACIÓN ESPACIAL se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

Traducida como:

▪Hipótesis nula( $H_0$ ):La ganancia media del test DAT\_SR\_5 es igual en hombres y en mujeres

▪Hipótesis alternativa( $H_1$ ): Existen diferencias en la ganancia media del test DAT\_5\_SR es igual en hombres y en mujeres

Tabla 4-7 Prueba de muestras independientes Ganancia DAT Género RA

	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 tip. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia		
								Inferior	Superior	
GANANCIA_DAT_5_SR	Se han asumido varianzas iguales	,001	,976	-,015	82	,988	-,01786	1,22736	-2,45946	2,42375
	No se han asumido varianzas iguales			-,014	51,328	,989	-,01786	1,25221	-2,53138	2,49566

Asumiendo varianzas iguales,( $F=0,001$   $p\_valor=0,976$ ), se puede concluir( $t=-0,015$   $p\_valor=0,988$ ) que no existen diferencias entre hombres y mujeres en la ganancia del test DAT\_5\_SR, es decir, hombres y mujeres mejoran por igual.

Hipótesis 4: La mejora de la componente de RELACIONES ESPACIALES se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

▪Hipótesis nula( $H_0$ ):La ganancia media del test MRT es igual en hombres y en mujeres

▪Hipótesis alternativa( $H_1$ ): Existen diferencias en la ganancia media del test MRT es igual en hombres y en mujeres

Tabla 4-8 Prueba de muestras independientes Ganancia MRT Género RA

	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 tip. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia		
								Inferior	Superior	
GANANCIA_MRT	Se han asumido varianzas iguales	,032	,858	-,049	82	,961	-,07143	1,46041	-2,97665	2,83379
	No se han asumido varianzas iguales			-,048	51,620	,962	-,07143	1,48674	-3,05531	2,91246

Asumiendo varianzas iguales, ( $F=0,032$   $p\_valor=0,858$ ), se puede concluir ( $t=-0,049$   $p\_valor=0,961$ ) que no existen diferencias entre hombres y mujeres en la ganancia del test DAT\_5\_SR, es decir, hombres y mujeres mejoran por igual.

## 4.2 ANÁLISIS DE LA MEJORA DE LA HABILIDAD ESPACIAL MEDIANTE ENTRENAMIENTO DE ORIENTACIÓN EN ESCENARIO REAL.

### 4.2.1 Hipótesis planteadas.

En este apartado vamos a realizar un entrenamiento en un entorno real para comprobar la mejora de la componente de habilidad espacial a gran escala, es decir, la ORIENTACIÓN ESPACIAL, así como en el caso anterior comprobar si la variable género influye en la mejora, si la hubiera. Para ello planteamos las siguientes hipótesis de investigación:

Hipótesis 1: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de ORIENTACIÓN ESPACIAL medida con el test Perspective Taking \_SOT, después de realizar el entrenamiento propuesto en escenario real.

Hipótesis 2: La mejora de la componente de ORIENTACIÓN ESPACIAL se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

### 4.2.2 Análisis de resultados

En primer lugar comprobaremos que las variables antes de realizar el estudio (PRE) se distribuyen como una Normal:

Aplicamos el contraste de Kolmogorov-Smirnov, con la corrección de Lilliefors, cuyas hipótesis son:

Hipótesis nula ( $H_0$ ): La puntuación del test antes de la formación procede de una población Normal con media y varianza desconocida

• Hipótesis alternativa ( $H_1$ ): La puntuación del test antes de la formación no procede de una población Normal con media y varianza desconocida

Apoyándonos en el spss:

Tabla 4-9 Prueba normalidad PRE\_SOT Grupo Experimental Real Orienteering

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PRE_SOT	,115	30	,200*	,953	30	,201

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

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 4-10 Prueba normalidad PRE\_SOT Grupo Control Real Orienteering

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PRE_SOT_CONTROL	,137	23	,200 <sup>*</sup>	,930	23	,110

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

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Podemos aceptar la hipótesis nula de normalidad, pues la probabilidad asociada a los estadísticos es mayor que 0.05 en ambos casos.

Estudiaremos ahora si existen diferencias significativas antes de realizar el entrenamiento realizaremos un contraste para muestras independientes, cuyas hipótesis son:

•Hipótesis nula( $H_0$ ):La puntuación media del test SOT en el grupo experimental es igual a la puntuación media del test SOT en el grupo de control

•Hipótesis alternativa( $H_1$ ): La puntuación media del test SOT en el grupo experimental no es igual a la puntuación media del test SOT en el grupo de control.

Tabla 4-11 Estadísticos Pres\_SOT Real Orienteering

TIPO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
PRE_SOT CONTROL	23	65,5174	28,19040	5,87810
EXPERIMENTAL	30	52,2020	24,45317	4,46452

Tabla 4-12 Prueba de muestras independientes Pre\_SOT Real Orienteering

	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
PRE_SOT Se han asumido varianzas iguales	,699	,407	1,839	51	,072	13,31539	7,24217	-1,22386	27,85465
No se han asumido varianzas iguales			1,804	43,677	,078	13,31539	7,38133	-1,56381	28,19459

Una vez que sabemos que las varianzas son iguales, nos fijamos en la columna del p-valor asociado al estadístico t, como este valor es superior al 5%, aceptamos la hipótesis nula, concluyendo que no existen diferencias significativas en los resultados antes de realizar el entrenamiento en los grupos experimentales y en los grupos de control. Este resultado nos permite concluir que la muestra es representativa de la población que vamos a estudiar.

Comprobaremos a través del contraste de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors si la variable GANANCIA, calculada como la diferencia de la puntuación entre los test después y antes del entrenamiento, se distribuye como una Normal.

Los resultados obtenidos son:

Tabla 4-13 Prueba normalidad GANANCIA SOT Grupo Experimental Real Orienteering

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
GANANCIA_SOT	,186	30	,009	,913	30	,018

a. Corrección de la significación de Lilliefors

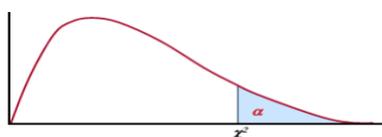
En este caso no podemos aceptar la hipótesis de normalidad de esta variable, por lo que aplicaremos el contraste de Chi-cuadrado, cuyas hipótesis son:

-Hipótesis nula(H<sub>0</sub>):La variable GANANCIA\_SOT procede de una población Normal con media y varianza desconocida

•Hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>): La variable GANANCIA\_SOT no procede de una población Normal con media y varianza desconocida

El estadístico de prueba es:  $\chi^2_{k-1} = \sum_{i=0}^k \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$  siendo n<sub>i</sub> los valores observados en la muestra, p<sub>i</sub> la probabilidad según la distribución normal y n el tamaño de la muestra. Este estadístico es comparado con un valor crítico que se encuentra en la tabla Chi-cuadrado con k-1 grados de libertad y nivel de significación  $\alpha$ . Siendo la región crítica:

$$F(\chi^2) = P[X \leq \chi^2] = 1 - \alpha$$



$$F(\chi^2) = P[X \leq \chi^2] = 1 - \alpha$$

Estadísticos de contraste

	GANANCIA_SOT
Chi-cuadrado	,000 <sup>a</sup>
gl	29
Sig. asintót.	1,000

a. 30 casillas (100,0%) tienen frecuencias esperadas menores que 5. La frecuencia de casilla esperada mínima es 1,0.

Asumiendo, con la significación calculada con el contraste Chi-cuadrado, que la GANANCIA\_SOT del Grupo Experimental se distribuye como una Normal.

Tabla 4-14 Prueba normalidad GANANCIA SOT Grupo Control Real Orienteering

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
GANANCIA_SOT_C	,098	23	,200 <sup>*</sup>	,967	23	,617

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

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Aceptamos la hipótesis nula de normalidad de esta variable dado que la probabilidad asociada al estadístico de contraste es mayor a 0.05,

Una vez comprobadas las hipótesis de normalidad de las variables realizaremos el contraste t de muestras independientes para variables normales con varianzas desconocidas pero iguales. De esta forma comprobaremos nuestra primera hipótesis: los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de ORIENTACIÓN ESPACIAL medida con el test PERSPECTIVE TAKING\_SOT, después de realizar el entrenamiento en entorno real propuesto.

-Hipótesis nula ( $H_0$ ): La ganancia de puntuación en el test SOT es igual en el grupo de control que en el grupo experimental.

-Hipótesis alternativa ( $H_1$ ): La ganancia de puntuación en el test SOT es diferente en el grupo de control que en el grupo experimental.

Tabla 4-15 Estadísticos Ganancia SOT Control-Experimental Real Orienteering

TIPO	N	Media	Desviación tip.	Error tip. de la media
GANANCIA_SOT CONTROL	23	-14,8539	6,69705	1,39643
EXPERIMENTAL	30	-26,4600	17,18360	3,13728

Tabla 4-16 Prueba muestras independientes Ganancia SOT Control-Experimental Real Orienteering

	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 tip. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
GANANCIA_SOT Se han asumido varianzas iguales	39,145	,000	3,060	51	,004	11,60609	3,79248	3,99236	19,21981
No se han asumido varianzas iguales			3,380	39,581	,002	11,60609	3,43403	4,66337	18,54881

No asumiendo varianzas iguales ( $\text{sig.} < 0.05$ ), se rechaza la hipótesis nula ( $p$ -valor inferior a 0.05), concluyendo que existen diferencias significativas entre el grupo experimental y el de control, o dicho de otra manera, el entrenamiento en escenario real mejora la componente ORIENTACIÓN ESPACIAL de los alumnos.

Para comprobar nuestra segunda hipótesis: La mejora de la componente de ORIENTACIÓN ESPACIAL se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres tras realizar el entrenamiento en entorno real, realizaremos el contraste de hipótesis:

-Hipótesis nula ( $H_0$ ): La ganancia de puntuación en el test SOT se adquiere en la misma medida en hombres y mujeres.

-Hipótesis alternativa ( $H_1$ ): La ganancia de puntuación en el test SOT es diferente entre hombres y mujeres.

Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4-17 Estadísticos Ganancia SOT Género Real Orienteering

GENERO	N	Media	Desviación tip.	Error típ. de la media
GANANCIA_SOT HOMBRE	33	-20,6009	14,57559	2,53729
MUJER	20	-22,7805	15,29686	3,42048

Tabla 4-18 Prueba muestras independientes Ganancia Género Real Orienteering

	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
GANANCIA_SOT									
Se han asumido varianzas iguales	,431	,515	,518	51	,607	2,17959	4,20771	-6,26773	10,62692
No se han asumido varianzas iguales			,512	38,704	,612	2,17959	4,25882	-6,43678	10,79596

Dado que el  $p$ \_valor nos da 0.607, aceptamos la hipótesis nual, por lo que concluimos que la mejora en la componente ORIENTACIÓN ESPACIAL se adquiere en la misma medida en hombres y mujeres después de realizar el entrenamiento en el entorno real.

## 4.3 ANÁLISIS DE LA MEJORA DE LA HABILIDAD ESPACIAL MEDIANTE ENTRENAMIENTO DE ORIENTACIÓN EN ESCENARIO VIRTUAL.

### 4.3.1 Hipótesis planteadas

En este apartado vamos a analizar, al igual que en el apartado anterior, la componente de habilidad espacial a gran escala ORIENTACIÓN ESPACIAL, realizando un entrenamiento en un entorno virtual. También comprobaremos si la variable género influye en la mejora, si esta existiera..

Para ello planteamos las siguientes hipótesis de investigación:

Hipótesis 1: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de ORIENTACIÓN ESPACIAL medida con el test Perspective Taking \_SOT, después de realizar el entrenamiento propuesto en escenario virtual.

Hipótesis 2: La mejora de la componente de ORIENTACIÓN ESPACIAL se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

### 4.3.2 Análisis de resultados

Antes de realizar el citado estudio comprobaremos que se cumplen los supuestos necesarios para poder aplicar nuestros estadísticos de prueba.

Aplicamos el contraste de Kolmogorov-Smirnov, con la corrección deLilliefors, cuyas hipótesis son:

Hipótesis nula( $H_0$ ):La puntuación del test antes de la formación procede de una población Normal con media y varianza desconocida

•Hipótesis alternativa( $H_1$ ): La puntuación del test antes de la formación no procede de una población Normal con media y varianza desconocida

El estadístico de contraste para estas hipótesis es:

$D'_n = \max_{-\infty < x < \infty} |F_n(x) - F_0(x)|$ , donde la función de distribución empírica  $F_n(x)$  se obtiene a partir de la muestra normalizada. La región crítica viene dada por  $P(D'_n > D'_\alpha/H_0) = \alpha$ , siendo  $F_n(x)$  la función de distribución muestral y  $F_0(x)$  la

función teórica o correspondiente a la población normal especificada en la hipótesis nula.

La distribución del estadístico de Kolmogorov-Smirnov es independiente de la distribución poblacional especificada en la hipótesis nula y los valores críticos de este estadístico están tabulados. Si la distribución postulada es la normal y se estiman sus parámetros, los valores críticos se obtienen aplicando la corrección de significación propuesta por Lilliefors.

Ayudados por el SPSS:

Tabla 4-19 Prueba normalidad PRE\_SOT Grupo Experimental Virtual Orienteering.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PRE_SOT	,121	31	,200 <sup>*</sup>	,928	31	,039

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

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 4-20 Prueba normalidad PRE\_SOT Grupo Control Virtual Orienteering

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PRE_SOT_C	,137	23	,200 <sup>*</sup>	,930	23	,110

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

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Podemos aceptar la hipótesis nula de normalidad, pues la probabilidad asociada a los estadísticos es mayor que 0.05, asumiendo que la población se distribuye como una normal.

Estudiaremos ahora si existen diferencias significativas antes de recibir formación en el test SPATIAL PERSPECTIVE TAKING-SOT, para lo que realizaremos un contraste para muestras independientes, cuyas hipótesis son:

- Hipótesis nula( $H_0$ ):La puntuación media del test SOT en el grupo experimental es igual a la puntuación media del test SOT en el grupo de control

- Hipótesis alternativa( $H_1$ ): La puntuación media del test SOT en el grupo experimental no es igual a la puntuación media del test SOT en el grupo de control

Aplicamos el estadístico de contraste t para muestras procedentes de poblaciones normales con varianza desconocidas pero iguales (asumimos varianzas iguales, pues en el resultado que se muestra a continuación el p-valor de cada una de las muestras es superior a 0.05, lo que indica que las varianzas son desconocidas, pero iguales):  $t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S' \sqrt{\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y}}}$ , siendo  $\bar{x}, \bar{y}$  las medias del test MRT

y del grupo de control es:

$$S' = \frac{(n_x - 1)S_x^2 + (n_y - 1)S_y^2}{n_x + n_y - 2}$$

Se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 4-21 Estadísticos Pres\_SOT Virtual Orienteering

TIPO	N	Media	Desviación tip.	Error típ. de la media
PRE_SOT CONTROL	23	65,5174	28,19040	5,87810
EXPERIMENTAL	31	55,5771	18,71525	3,36136

Tabla 4-22 Prueba de muestras independientes Pre\_SOT Virtual Orienteering

	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
PRE_SOT Se han asumido varianzas iguales	5,797	,020	1,557	52	,126	9,94029	6,38500	-2,87215	22,75274
No se han asumido varianzas iguales			1,468	35,924	,151	9,94029	6,77132	-3,79360	23,67419

Una vez que sabemos que las varianzas son iguales, nos fijamos en la columna del p-valor asociado al estadístico t, como este valor es 0.126, superior al 5%, aceptaremos la hipótesis nula, concluyendo que no existen diferencias significativas en los resultados antes de realizar el entrenamiento entre los grupos experimental y control. Este resultado nos lleva a concluir que la muestra es representativa de la población que queremos estudiar.

Una vez comprobadas las hipótesis previas, pasamos a estudiar la variable Ganancia. Esta variable ha sido calculada como la diferencia de la puntuación en los test después del entrenamiento, menos la puntuación antes del entrenamiento.

Comprobaremos a través del contraste de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors si dicha variable se distribuye como una Normal. Los resultados obtenidos son:

Tabla 4-23 Prueba normalidad GANANCIA SOT Grupo Experimental Virtual Orienteering

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
GANANCIA_SOT	,149	31	,078	,936	31	,064

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 4-24 Prueba normalidad GANANCIA SOT Grupo Control Virtual Orienteering

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
GANANCIA_SOT_C	,098	23	,200*	,967	23	,617

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

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Podemos aceptar la hipótesis nula de normalidad en esta variable debido a que la probabilidad asociada al estadístico de contraste es mayor a 0.05.

Una vez comprobadas las hipótesis de normalidad de todas las variables realizaremos el contraste t para muestras independientes para variables normales con varianzas desconocidas pero iguales:

Para comprobar nuestra primera hipótesis, los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de ORIENTACIÓN ESPACIAL medida con el test PERSPECTIVE TAKING\_SOT, después de realizar el entrenamiento en entorno virtual propuesto, la traduciremos en:

-Hipótesis nula( $H_0$ ): La ganancia de puntuación en el test SOT es igual en el grupo de control que en el grupo experimental

-Hipótesis alternativa( $H_1$ ): La ganancia de puntuación en el test SOT es diferente en el grupo de control que en el grupo experimental

Tabla 4-25 Estadísticos Ganancia SOT Control-Experimental Virtual Orienteering

TIPO	N	Media	Desviación tip.	Error tip. de la media
GANANCIA_SOT CONTROL	23	14,8539	6,69705	1,39643
EXPERIMENTAL	31	31,3997	15,38226	2,76274

Tabla 4-26 Prueba muestras independientes Ganancia SOT Control-Experimental Virtual Orienteering

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						95% Intervalo de confianza para la diferencia	
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	Inferior	Superior	
	GANANCIA_SOT	Se han asumido varianzas iguales	23,618	,000	-4,822	52	,000	-16,54576	3,43158	-23,43173
	No se han asumido varianzas iguales			-5,345	43,422	,000	-16,54576	3,09560	-22,78688	-10,30465

Dado que el p-valor es inferior a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que existen diferencias significativas entre el grupo experimental y el de control, es decir, el entrenamiento mejora la componente ORIENTACIÓN ESPACIAL de los alumnos.

Por último nos planteamos si la variable GÉNERO influye en la mejora que acabamos de comprobar, o dicho de otra manera, comprobar la segunda hipótesis planteada en este entrenamiento: la mejora de la componente ORIENTACIÓN ESPACIAL se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

Para ello realizaremos el mismo contraste para la ganancia, pero ahora nuestra variable dependiente será el género. Traducida para los cálculos sería:

-Hipótesis nula ( $H_0$ ): La ganancia de puntuación en el test SOT se adquiere en la misma medida en hombres y mujeres.

-Hipótesis alternativa ( $H_1$ ): La ganancia de puntuación en el test SOT es diferente entre hombres y mujeres.

Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4-27 Estadísticos Ganancia SOT Género Virtual Orienteering

	GENERO	N	Media	Desviación típ.	Error tip. de la media
GANANCIA_SOT	HOMBRE	35	24,6134	16,19050	2,73669
	MUJER	19	23,8716	12,42875	2,85135

Tabla 4-28 Prueba muestras independientes Ganancia Género Virtual Orienteering

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						95% Intervalo de confianza para la diferencia	
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	Inferior	Superior	
	GANANCIA_SOT	Se han asumido varianzas iguales	3,814	,056	,174	52	,863	,74185	4,27315	-7,83285
	No se han asumido varianzas iguales			,188	45,843	,852	,74185	3,95218	-7,21421	8,69791

Asumiendo varianzas iguales, se acepta la hipótesis nula ( $p$ -valor superior a 0.05), concluyendo que no existen diferencias significativas entre hombres y mujeres en la mejora de la componente ORIENTACIÓN ESPACIAL después de realizar el entrenamiento propuesto.

## **4.4 ANÁLISIS DE LA MEJORA DE LA HABILIDAD ESPACIAL MEDIANTE ENTRENAMIENTO CON RA Y ORIENTACIÓN EN ESCENARIO VIRTUAL.**

### **4.4.1 Hipótesis planteadas**

En este caso los alumnos van a realizar dos entrenamientos, uno basado en Realidad Aumentada y otro en Orientación en un entorno virtual. Nuestro objetivo, en este caso, será comprobar si las componentes de la habilidad espacial a distintas escalas experimentaron una mejora después de realizar dicha entrenamientos

Las hipótesis a comprobar serían:

Hipótesis 1: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de la VISUALIZACIÓN ESPACIAL medida con el test DAT-5:SR, después de realizar el entrenamiento propuesto.

Hipótesis 2: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de RELACIONES ESPACIALES medida con el test MRT, después de realizar el entrenamiento propuesto.

Hipótesis 3: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de ORIENTACIÓN ESPACIAL medida con el test Perspective Taking \_SOT, después de realizar el entrenamiento propuesto.

Hipótesis 4: La mejora de la componente de VISUALIZACIÓN ESPACIAL se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

Hipótesis 5: La mejora de la componente de RELACIONES ESPACIALES se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

Hipótesis 6: La mejora de la componente de ORIENTACIÓN ESPACIAL se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

#### 4.4.2 Análisis de resultados

Comenzamos analizando la distribución de las variables antes de realizar el entrenamiento y comprobando su Normalidad.

Aplicamos el contraste de Kolmogorov-Smirnov, con la corrección deLilliefors, cuyas hipótesis son:

Hipótesis nula( $H_0$ ):La puntuación del test antes del entrenamiento procede de una población Normal con media y varianza desconocida

•Hipótesis alternativa( $H_1$ ): La puntuación del test antes del entrenamiento no procede de una población Normal con media y varianza desconocida

El estadístico de contraste para estas hipótesis es:

$D'_n = \max_{-\infty < x < \infty} |F_n(x) - F_0(x)|$ , donde la función de distribución empírica  $F_n(x)$  se obtiene a partir de la muestra normalizada. La región crítica viene dada por  $P(D'_n > D'_\alpha/H_0) = \alpha$ , siendo  $F_n(x)$  la función de distribución muestral y  $F_0(x)$  la función teórica o correspondiente a la población normal especificada en la hipótesis nula.

La distribución del estadístico de Kolmogorov-Smirnov es independiente de la distribución poblacional especificada en la hipótesis nula y los valores críticos de este estadístico están tabulados. Si la distribución postulada es la normal y se estiman sus parámetros, los valores críticos se obtienen aplicando la corrección de significación propuesta por Lilliefors.

Tabla 4-29 Prueba de normalidad de las variables para grupo experimental RA-VO.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PRE_MRT	,142	15	,200*	,915	15	,159
PRE_DAT	,185	15	,178	,900	15	,095
PRE_SOT	,116	15	,200*	,963	15	,747

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

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 4-30 Prueba de normalidad de las variables para grupo control RA-VO.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PRE_MRT_C	,150	16	,200*	,958	16	,624
PRE_DAT_C	,142	16	,200*	,938	16	,321
PRE_SOT_C	,159	16	,200*	,945	16	,420

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

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Podemos aceptar la hipótesis nula de normalidad, pues la probabilidad asociada a los estadísticos es mayor que 0.05.

Estudiaremos ahora si existen diferencias significativas antes de recibir formación en los tres test, para lo que realizaremos un contraste para muestras independientes, cuyas hipótesis son:

- Hipótesis nula( $H_0$ ):La puntuación media del test (MRT, DAT, SOT) en el grupo experimental es igual a la puntuación media del test en el grupo de control

- Hipótesis alternativa( $H_1$ ): La puntuación media del test (MRT, DAT, SOT) en el grupo experimental no es igual a la puntuación media del test en el grupo de control

Aplicamos el estadístico de contraste t para muestras procedentes de poblaciones normales con varianza desconocidas pero iguales, asumiendo varianzas iguales, pues en el resultado que se muestra a continuación el p-valor de cada una de las muestras es superior a 0.05  $t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S' \sqrt{\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y}}}$ , siendo  $\bar{x}, \bar{y}$  las

medias de los test y del grupo de control es:

$$S' = \frac{(n_x - 1)S_x^2 + (n_y - 1)S_y^2}{n_x + n_y - 2}$$

Donde ayudados por el programa Spss, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 4-31 Prueba de muestras independientes PRE\_MRT, PRE\_DAT, PRE\_SOT RA-VO

		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 tip. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
PRE_MRT_TODOS	Se han asumido varianzas iguales	1,508	,229	-1,487	29	,148	-3,82500	2,57281	-9,08699	1,43699
	No se han asumido varianzas iguales			-1,475	26,547	,152	-3,82500	2,59343	-9,15052	1,50052
PRE_DAT_TODOS	Se han asumido varianzas iguales	,216	,646	-,898	29	,377	-3,54583	3,94795	-11,62029	4,52862
	No se han asumido varianzas iguales			-,895	28,022	,379	-3,54583	3,96386	-11,66515	4,57349
PRE_SOT_TODOS	Se han asumido varianzas iguales	2,332	,138	,854	29	,400	9,17467	10,74192	-12,78502	31,14436
	No se han asumido varianzas iguales			,863	27,465	,396	9,17467	10,63481	-12,62889	30,97822

Aceptamos la hipótesis nula porque todos los p-valores asociados al estadístico t son superiores al 5%, concluyendo que no existen diferencias significativas en los resultados antes de realizar el entrenamiento entre el grupo experimental y el grupo de control. Este resultado nos lleva a concluir que la muestra es representativa de la población.

Una vez comprobadas las hipótesis previas, estudiaremos la variable GANANCIA de cada uno de los test. Esta variable ha sido calculada como la diferencia de la puntuación en los test obtenida después de los entrenamientos menos la puntuación antes de los mismos.

Comprobaremos a través del contraste de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors si las variables se distribuyen como una Normal. Los resultados obtenidos son:

Tabla 4-32 Prueba de normalidad de las variables GANANCIA para grupo experimental RA-VO

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
GANANCIA_MRT	,180	15	,200*	,945	15	,456
GANANCIA_DAT	,095	15	,200*	,961	15	,707
GANANCIA_SOT	,186	15	,173	,925	15	,231

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

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 4-33 Prueba de normalidad de las variables para grupo experimental RA-VO

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
GANANCIA_MRT_C	,219	16	,039	,876	16	,033
GANANCIA_DAT_C	,181	16	,171	,895	16	,068
GANANCIA_SOT_C	,127	16	,200*	,939	16	,343

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

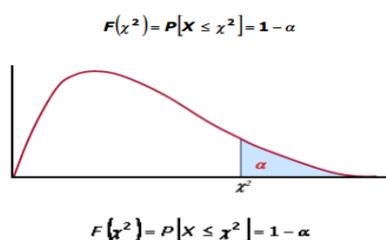
a. Corrección de la significación de Lilliefors

Podemos aceptar la hipótesis nula de normalidad en estas variables debido a que todas las probabilidades asociadas al estadístico de contraste son mayores a 0.05, a excepción de la GANANCIA\_MRT\_C, para lo que aplicaremos el contraste de la Chi-cuadrado de Pearson, cuyas hipótesis serían:

-Hipótesis nula(H<sub>0</sub>):La variable GANANCIA\_MRT\_C procede de una población Normal con media y varianza desconocida

•Hipótesis alternativa(H<sub>1</sub>): La variable GANANCIA\_MRT\_C no procede de una población Normal con media y varianza desconocida

El estadístico de prueba es:  $\chi^2_{k-1} = \sum_{i=0}^k \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$  siendo n<sub>i</sub> los valores observados en la muestra, p<sub>i</sub> la probabilidad según la distribución normal y n el tamaño de la muestra. Este estadístico es comparado con un valor crítico que se encuentra en la tabla Chi-cuadrado con k-1 grados de libertad y nivel de significación α. Siendo la región crítica:



**Estadísticos de contraste**

	GANANCIA_MRT_C
Chi-cuadrado	5,000 <sup>a</sup>
gl	6
Sig. asintót.	,544

a. 7 casillas (100,0%) tienen frecuencias esperadas menores que 5. La frecuencia de casilla esperada mínima es 2,3.

Con el contraste Chi-cuadrado podemos asumir que la GANANCIA\_MRT\_C se distribuye como una Normal.

Una vez comprobadas las hipótesis de normalidad de todas las variables realizaremos el contraste t para muestras independientes para variables normales con varianzas desconocidas pero iguales, para comprobar nuestras 6 hipótesis.

Para las Hipótesis 1 a 3, traduciremos para el análisis como:

-Hipótesis nula( $H_0$ ): La ganancia de puntuación en el test (MRT, DAT y SOT) es igual en el grupo de control que en el grupo experimental

-Hipótesis alternativa( $H_1$ ): La ganancia de puntuación en el test (MRT, DAT y SOT) es diferente en el grupo de control que en el grupo experimental.

Obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 4-34 Estadísticos descriptivos Ganancia grupos Control y Experimental RA-VO

	TIPO	N	Media	Desviación típ.	Error tip. de la media
GANANCIA_MRT_TODOS	CONTROL	16	4,2500	3,19374	,79844
	EXPERIMENTAL	15	7,8667	4,03320	1,04137
GANANCIA_DAT_TODOS	CONTROL	16	4,9375	3,62342	,90585
	EXPERIMENTAL	15	9,5333	5,99841	1,54878
GANANCIA_SOT_TODOS	CONTROL	16	13,5700	9,23688	2,30922
	EXPERIMENTAL	15	26,4600	17,48745	4,51524

Tabla 4-35 Prueba de muestra independientes Ganancia MRT, DAT y SOT RA-VO

		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 tip. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
GANANCIA_MRT_TODOS	Se han asumido varianzas iguales	,671	,419	-2,777	29	,010	-3,61667	1,30223	-6,28002	-,95331
	No se han asumido varianzas iguales			-2,756	26,690	,010	-3,61667	1,31223	-6,31060	-,92273
GANANCIA_DAT_TODOS	Se han asumido varianzas iguales	4,556	,041	-2,602	29	,014	-4,59583	1,76658	-8,20889	-,98277
	No se han asumido varianzas iguales			-2,561	22,734	,018	-4,59583	1,79424	-8,30991	-,88175
GANANCIA_SOT_TODOS	Se han asumido varianzas iguales	13,018	,001	-2,590	29	,015	-12,89000	4,97690	-23,06890	-2,71110
	No se han asumido varianzas iguales			-2,542	20,944	,019	-12,89000	5,07148	-23,43843	-2,34157

Asumiendo varianzas iguales, se comprueba que el p-valor asociado a la ganancia en los tres test es inferior a 0.05, lo que nos lleva a rechazar la hipótesis nula. Concluimos, por lo tanto, que existen diferencias significativas entre el grupo experimental y el de control, por lo que el entrenamiento mejora la capacidad espacial de los alumnos.

Por último nos preguntamos si existen diferencias en la ganancia según el género, por lo que realizaremos el mismo contraste, pero ahora nuestra variable dependiente será el género, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4-36 Estadísticos descriptivos Ganancia Género RA-VO

	GENERO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
GANANCIA_MRT_TODOS	HOMBRE	19	6,3684	3,94702	,90551
	MUJER	12	5,4167	4,20948	1,21517
GANANCIA_DAT_TODOS	HOMBRE	19	6,7368	5,19446	1,19169
	MUJER	12	7,8333	5,79707	1,67347
GANANCIA_SOT_TODOS	HOMBRE	19	17,8932	14,35675	3,29366
	MUJER	12	22,8375	16,39733	4,73350

Tabla 4-37 Prueba de muestra independientes Ganancia Género MRT, DAT y SOT RA-VO

	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	
GANANCIA_MRT_TODOS	Se han asumido varianzas iguales	,120	,732	,638	29	,529	,95175	1,49285	-2,10146	4,00497
	No se han asumido varianzas iguales			,628	22,389	,536	,95175	1,51545	-2,18793	4,09144
GANANCIA_DAT_TODOS	Se han asumido varianzas iguales	,073	,789	-,548	29	,588	-1,09649	2,00256	-5,19220	2,99921
	No se han asumido varianzas iguales			-,534	21,592	,599	-1,09649	2,05442	-5,36177	3,16879
GANANCIA_SOT_TODOS	Se han asumido varianzas iguales	,125	,726	-,884	29	,384	-4,94434	5,59116	-16,37955	6,49087
	No se han asumido varianzas iguales			-,857	21,194	,401	-4,94434	5,76665	-16,93007	7,04138

Asumiendo varianzas iguales, se concluye que en todos los test se acepta la hipótesis nula (p-valor superior a 0.05), por lo que no existen diferencias significativas entre hombres y mujeres en la mejora de las habilidades espaciales después de realizado los entrenamientos.

## 4.5 ANÁLISIS DE LA MEJORA DE LA HABILIDAD ESPACIAL MEDIANTE ENTRENAMIENTO CON RA EN RELACIÓN A LA COMPONENTE ORIENTACIÓN ESPACIAL.

### 4.5.1 Hipótesis planteadas

En este caso los alumnos sólo van a realizar el entrenamiento basado en Realidad Aumentada, y nuestro estudio se será comprobar si un entrenamiento diseñado a mejorar las habilidades espaciales a pequeña escala, lo hará también en la habilidad a gran escala ORIENTACIÓN ESPACIAL.

Planteamos las siguientes hipótesis:

Hipótesis 1: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de la VISUALIZACIÓN ESPACIAL medida con el test DAT-5:SR, después de realizar el entrenamiento con RA.

Hipótesis 2: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de RELACIONES ESPACIALES medida con el test MRT, después de realizar el con RA.

Hipótesis 3: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de ORIENTACIÓN ESPACIAL medida con el test Perspective Taking \_SOT, después de realizar el entrenamiento con RA.

Hipótesis 4: La mejora de la componente de VISUALIZACIÓN ESPACIAL se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

Hipótesis 5: La mejora de la componente de RELACIONES ESPACIALES se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

Hipótesis 6: La mejora de la componente de ORIENTACIÓN ESPACIAL se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

### 4.5.2 Análisis de resultados

En primer lugar comprobaremos que las variables antes de realizar el estudio se distribuyen como una Normal:

Aplicamos el contraste de Kolmogorov-Smirnov, con la corrección de Lilliefors, cuyas hipótesis son:

Hipótesis nula( $H_0$ ): La puntuación del test antes de la formación procede de una población Normal con media y varianza desconocida

• Hipótesis alternativa( $H_1$ ): La puntuación del test antes de la formación no procede de una población Normal con media y varianza desconocida

Repetiendo el contraste para los tres test tenemos:

Tabla 4-38 Prueba de normalidad de las variables para grupo experimental RA (estudio SOT)

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre_MRT	,132	18	,200 <sup>*</sup>	,944	18	,341
Pre_DAT	,192	18	,077	,925	18	,156
Pre_SOT	,173	18	,161	,903	18	,066

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

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 4-39 Prueba de normalidad de las variables para grupo control RA (estudio SOT)

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre_MRT_C	,150	16	,200 <sup>*</sup>	,958	16	,624
Pre_DAT_C	,142	16	,200 <sup>*</sup>	,938	16	,321
Pre_SOT_C	,159	16	,200 <sup>*</sup>	,945	16	,420

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

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Podemos aceptar la hipótesis nula de normalidad, pues la probabilidad asociada a los estadísticos es mayores que 0.05.

Estudiaremos ahora si existen diferencias significativas antes de realizar en entrenamiento con Realidad Aumentada en los tres test, para lo que realizaremos un contraste para muestras independientes, cuyas hipótesis son:

• Hipótesis nula( $H_0$ ): La puntuación media del test (MRT, DAT, SOT) en el grupo experimental es igual a la puntuación media del test (MRT, DAT, SOT) en el grupo de control

• Hipótesis alternativa( $H_1$ ): La puntuación media del test (MRT, DAT, SOT) en el grupo experimental no es igual a la puntuación media del test (MRT, DAT, SOT) en el grupo de control

Tabla 4-40 Prueba de muestras independientes PRE\_MRT, PRE\_DAT, PRE\_SOT RA estudio SOT

		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
Pre_MRT_TODOS	Se han asumido varianzas iguales	,140	,711	-,201	32	,842	-,45833	2,28419	-5,11107	4,19440
	No se han asumido varianzas iguales			-,202	31,991	,841	-,45833	2,26974	-5,08170	4,16503
Pre_DAT_TODOS	Se han asumido varianzas iguales	,006	,938	,113	32	,911	,40972	3,63296	-6,99038	7,80983
	No se han asumido varianzas iguales			,113	31,810	,911	,40972	3,62324	-6,97230	7,79174
Pre_SOT_TODOS	Se han asumido varianzas iguales	2,792	,104	1,043	32	,305	10,58500	10,14680	-10,08336	31,25336
	No se han asumido varianzas iguales			1,025	27,390	,314	10,58500	10,32959	-10,59546	31,76546

Estos resultado nos lleva a concluir que la muestra es representativa de la población que queremos estudiar. Estos resultados son válidos en los test MRT y DAT, no así en el SOT.

Una vez comprobadas las hipótesis previas, estudiaremos las variables GANANCIAS de cada uno de los test

Comprobaremos a través del contraste de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors si las variables se distribuyen como una Normal. Los resultados obtenidos son:

Tabla 4-41 Prueba Normalidad Ganancia grupo control RA (estudio SOT).

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Ganancia_MRT_C	,219	16	,039	,876	16	,033
Ganancia_DAT_C	,181	16	,171	,895	16	,068
Ganancia_SOT_C	,127	16	,200*	,939	16	,343

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

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 4-42 Prueba Normalidad Ganancia grupo experimental RA (estudio SOT).

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Ganancia_MRT	,172	18	,166	,957	18	,543
Ganancia_DAT	,137	18	,200*	,959	18	,583
Ganancia_SOT	,168	18	,197	,901	18	,060

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

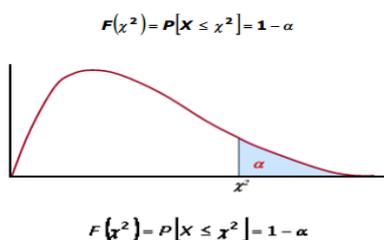
a. Corrección de la significación de Lilliefors

Podemos aceptar la hipótesis nula de normalidad en esta variable debido a que todas las probabilidades asociadas al estadístico de contraste son mayores a 0.05, excepto en la GANANCIA\_MRT\_C, para lo que aplicaremos el contraste de la Chi-cuadrado de Pearson, cuyas hipótesis serían:

-Hipótesis nula( $H_0$ ): La variable GANANCIA\_MRT\_C procede de una población Normal con media y varianza desconocida

•Hipótesis alternativa( $H_1$ ): La variable GANANCIA\_MRT\_C no procede de una población Normal con media y varianza desconocida

El estadístico de prueba es:  $\chi^2_{k-1} = \sum_{i=0}^k \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$  siendo  $n_i$  los valores observados en la muestra,  $p_i$  la probabilidad según la distribución normal y  $n$  el tamaño de la muestra. Este estadístico es comparado con un valor crítico que se encuentra en la tabla Chi-cuadrado con  $k-1$  grados de libertad y nivel de significación  $\alpha$ . Siendo la región crítica:



**Estadísticos de contraste**

	GANANCIA_MRT_C
Chi-cuadrado	5,000 <sup>a</sup>
gl	6
Sig. asintót.	,544

a. 7 casillas (100,0%) tienen frecuencias esperadas menores que 5. La frecuencia de casilla esperada mínima es 2,3.

Con el contraste Chi-cuadrado podemos asumir que la GANANCIA\_MRT\_C se distribuye como una Normal.

Para estudiar nuestras hipótesis 1 a 3, una vez comprobada la normalidad de todas las variables realizaremos el contraste t para muestras independientes para variables normales con varianzas desconocidas pero iguales:

-Hipótesis nula( $H_0$ ): La ganancia de puntuación en el test (MRT, DAT, SOT) es igual en el grupo de control que en el grupo experimental

-Hipótesis alternativa( $H_1$ ): La ganancia de puntuación en el test (MRT, DAT, SOT) es diferente en el grupo de control que en el grupo experimental

Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4-43 Estadísticos descriptivos Ganancia grupos Control y Experimental RA (estudio SOT).

	TIPO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Ganancia_MRT	CONTROL	16	4,2500	3,19374	,79844
	EXPERIMENTAL	18	7,7222	3,75430	,88490
Ganancia_DAT	CONTROL	16	4,9375	3,62342	,90585
	EXPERIMENTAL	18	9,8333	5,51202	1,29920
Ganancia_SOT	CONTROL	16	13,5700	9,23688	2,30922
	EXPERIMENTAL	18	20,8983	11,77177	2,77463

Tabla 4-44 Prueba de muestras independientes Ganancia Control y Experimental RA (estudio SOT).

		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
Ganancia_MRT	Se han asumido varianzas iguales	,949	,337	-2,885	32	,007	-3,47222	1,20351	-5,92369	-1,02075
	No se han asumido varianzas iguales			-2,913	31,949	,006	-3,47222	1,19187	-5,90012	-1,04432
Ganancia_DAT	Se han asumido varianzas iguales	2,260	,143	-3,018	32	,005	-4,89583	1,62236	-8,20046	-1,59120
	No se han asumido varianzas iguales			-3,091	29,615	,004	-4,89583	1,58382	-8,13219	-1,65948
Ganancia_SOT	Se han asumido varianzas iguales	1,225	,277	-2,001	32	,054	-7,32833	3,66230	-14,78820	,13153
	No se han asumido varianzas iguales			-2,030	31,551	,051	-7,32833	3,60986	-14,68548	,02882

Asumiendo varianzas iguales,

Test MRT y DAT: se rechaza la hipótesis nula, p-valor inferior a 0.05, por lo que concluimos que existen diferencias significativas entre el grupo experimental y el de control. El entrenamiento mejora la habilidad espacial de los alumnos a pequeña escala, resultado que obviamente concuerda con los obtenidos en la primera experiencia descrita en este capítulo.

Test SOT: tenemos que aceptar la hipótesis nula pues su p-valor es superior a 0.05. No existen diferencias significativas entre el grupo experimental y el de control.

Por último, nos preguntamos si existen diferencias en la ganancia según el género, por lo que realizaremos el mismo contraste, pero ahora nuestra variable dependiente será el género, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4-45 Estadísticos descriptivos Ganancia Género RA (estudio SOT).

	GENERO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
GANANCIA_MRT	HOMBRE	22	7,4545	5,46615	1,16539
	MUJER	11	6,8182	4,91565	1,48212
GANANCIA_DAT	HOMBRE	22	8,4091	6,10744	1,30211
	MUJER	11	7,6364	6,05430	1,82544
GANANCIA_SOT	HOMBRE	22	-17,1295	11,10773	2,36818
	MUJER	11	-15,2236	8,79662	2,65228

Tabla 4-46 Prueba de muestras independientes Ganancia Género RA (estudio SOT)

		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
GANANCIA_MRT	Se han asumido varianzas iguales	,027	,870	,325	31	,747	,63636	1,95524	-3,35138	4,62411
	No se han asumido varianzas iguales			,338	22,155	,739	,63636	1,88542	-3,27218	4,54491
GANANCIA_DAT	Se han asumido varianzas iguales	,003	,960	,344	31	,733	,77273	2,24901	-3,81416	5,35962
	No se han asumido varianzas iguales			,345	20,267	,734	,77273	2,24226	-3,90060	5,44605
GANANCIA_SOT	Se han asumido varianzas iguales	1,623	,212	-,495	31	,624	-1,90591	3,84724	-9,75241	5,94059
	No se han asumido varianzas iguales			-,536	24,796	,597	-1,90591	3,55568	-9,23203	5,42021

Asumiendo varianzas iguales, en todos los test se acepta la hipótesis nula (p-valor superior a 0.05), por lo que concluimos que no existen diferencias significativas entre hombres y mujeres en la ganancia experimentada en los test después de realizar el entrenamiento..

## 4.6 ANÁLISIS DE LA MEJORA DE LA HABILIDAD ESPACIAL MEDIANTE ENTRENAMIENTO CON VIDEOJUEGO - INTERLOCKED.

### 4.6.1 Hipótesis planteadas

El objetivo de realizar el entrenamiento apoyándonos en el video juego INTERLOCKED es comprobar si este contribuye de una manera estadísticamente significativa a aumentar las habilidades espaciales de los alumnos a distintas escalas: componentes VISUALIZACIÓN ESPACIAL Y RELACIONES ESPACIALES a pequeña

escala y componente ORIENTACIÓN ESPACIAL a gran escala, así como comprobar si la variable género influye en esta mejora.

Para ello planteamos las siguientes hipótesis de la investigación:

Hipótesis 1: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de la VISUALIZACIÓN ESPACIAL medida con el test DAT-5:SR, después de realizar el entrenamiento propuesto.

Hipótesis 2: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de RELACIONES ESPACIALES medida con el test MRT, después de realizar el entrenamiento propuesto.

Hipótesis 3: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de ORIENTACIÓN ESPACIAL medida con el test Perspective Taking \_SOT, después de realizar el entrenamiento propuesto.

Hipótesis 4: La mejora de la componente de VISUALIZACIÓN ESPACIAL se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

Hipótesis 5: La mejora de la componente de RELACIONES ESPACIALES se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

Hipótesis 6: La mejora de la componente de ORIENTACIÓN ESPACIAL se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

#### 4.6.2 Análisis de resultados

En primer lugar comprobaremos que las variables antes de realizar el estudio (PRE) se distribuyen como una Normal:

Aplicamos el contraste de Kolmogorov-Smirnov, con la corrección de Lilliefors, cuyas hipótesis son:

Hipótesis nula( $H_0$ ): La puntuación del test antes de la formación procede de una población Normal con media y varianza desconocida.

•Hipótesis alternativa( $H_1$ ): La puntuación del test antes de la formación no procede de una población Normal con media y varianza desconocida.

El estadístico de contraste para estas hipótesis es:

$D'_n = \max_{-\infty < x < \infty} |F_n(x) - F_0(x)|$ , donde la función de distribución empírica  $F_n(x)$  se obtiene a partir de la muestra normalizada. La región crítica viene dada por  $P(D'_n > D'_\alpha/H_0) = \alpha$ , siendo  $F_n(x)$  la función de distribución muestral y  $F_0(x)$  la función teórica o correspondiente a la población normal especificada en la hipótesis nula.

La distribución del estadístico de Kolmogorov-Smirnov es independiente de la distribución poblacional especificada en la hipótesis nula y los valores críticos de este estadístico están tabulados. Si la distribución postulada es la normal y se estiman sus parámetros, los valores críticos se obtienen aplicando la corrección de significación propuesta por Lilliefors.

Ayudados por el SPSS:

Tabla 4-47 Prueba de normalidad de las variables para grupo experimental Interlocked.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PRE_MRT	,145	17	,200*	,898	17	,064
PRE_DAT	,129	17	,200*	,941	17	,335
PRE_SOT	,157	17	,200*	,899	17	,065

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

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 4-48 Prueba de normalidad de las variables para grupo control Interlocked.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PRE_MRT_C	,150	16	,200*	,958	16	,624
PRE_DAT_C	,142	16	,200*	,938	16	,321
POST_SOT_C	,222	16	,035	,904	16	,093

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

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Podemos aceptar la hipótesis nula  $H_0$  de normalidad, pues la probabilidad asociada a los estadísticos es mayor que 0.05.

Estudiaremos ahora si existen diferencias significativas antes de recibir formación en los tres test, para lo que realizaremos un contraste para muestras independientes, cuyas hipótesis son:

▪Hipótesis nula( $H_0$ ):La puntuación media del test (MRT, DAT, SOT) en el grupo experimental es igual a la puntuación media del test (MRT, DAT, SOT) en el grupo de control.

▪Hipótesis alternativa( $H_1$ ): La puntuación media del test (MRT, DAT, SOT) en el grupo experimental no es igual a la puntuación media del test (MRT, DAT, SOT) en el grupo de control.

Aplicamos el estadístico de contraste t para muestras procedentes de poblaciones normales con varianza desconocidas pero iguales(asumimos varianzas iguales, pues en el resultado que se muestra a continuación el p-valor de cada una de las muestras es superior a 0.05, lo que indica que las varianzas son desconocidas, pero iguales):

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S' \sqrt{\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y}}}$$

siendo  $\bar{x}, \bar{y}$  las medias del test analizado y del grupo de control es:

$$S' = \frac{(n_x - 1)S_x^2 + (n_y - 1)S_y^2}{n_x + n_y - 2}$$

Así, ayudados por el programa Spss, realizamos el proceso para los tres Test, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 4-49 Prueba de muestras independientes PRE\_MRT, PRE\_DAT, PRE\_SOT Interlocked..

	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
PRE_MRT	,013	,912	-1,471	31	,151	-3,50735	2,38507	-8,37174	1,35703
Se han asumido varianzas iguales			-1,478	30,721	,150	-3,50735	2,37337	-8,34966	1,33496
PRE_DAT	2,276	,141	-,956	31	,346	-2,93015	3,06489	-9,18104	3,32075
Se han asumido varianzas iguales			-,945	26,373	,353	-2,93015	3,09965	-9,29719	3,43689
PRE_SOT	5,169	,030	,440	31	,663	4,34647	9,88189	-15,80778	24,50072
Se han asumido varianzas iguales			,434	25,449	,668	4,34647	10,00938	-16,24979	24,94273

Una vez que sabemos que las varianzas son iguales, nos fijamos en la columna del p-valor asociado al estadístico t, si todas son superiores al 5% aceptaremos la hipótesis nula, concluyendo que no existen diferencias

significativas entre el grupos experimentales y el grupo de control antes de recibir la formación . Este resultado nos llevaría a concluir que la muestra es representativa de la población que queremos estudiar. Estos resultados son válidos en los test MRT y DAT, no así en el SOT.

Para el test SOT, no podemos asumir varianzas iguales, pues el p-valor (0.03) nos lleva a rechazar la hipótesis nula de igualdad de varianzas, es por ello, que en este caso, debemos fijarnos en el p-valor (0.668) asociado al estadístico t(0.434), a través del cual aceptamos la hipótesis nula, concluyendo que no existen diferencias significativas entre el grupo de control y el experimental antes de recibir la formación, por lo que la muestra es representativa.

Una vez comprobadas las hipótesis previas, estudiaremos las variables GANANCIAS de cada uno de los test, esta variable ha sido calculada como la diferencia de la puntuación en los test después de la formación menos la puntuación antes de la formación.

Comprobaremos, en primer lugar, a través del contraste de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors, si las variables se distribuyen como una Normal. Los resultados obtenidos son:

Tabla 4-50 Prueba Normalidad Ganancia grupo experimental Interlocked.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
GANANCIA_MRT	,201	17	,065	,912	17	,109
GANANCIA_DAT	,099	17	,200 <sup>*</sup>	,974	17	,881
GANANCIA_SOT	,179	17	,148	,953	17	,509

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

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 4-51 Normalidad Ganancia grupo control Interlocked.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
GANANCIA_MRT_C	,219	16	,039	,876	16	,033
GANANCIA_DAT_C	,181	16	,171	,895	16	,068
GANANCIA_SOT_C	,127	16	,200 <sup>*</sup>	,939	16	,343

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

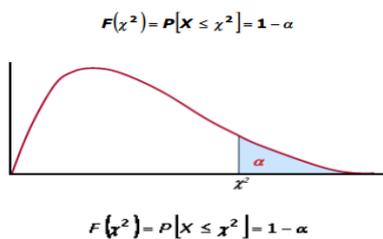
a. Corrección de la significación de Lilliefors

Podemos aceptar la hipótesis nula de normalidad en esta variable debido a que todas las probabilidades asociadas al estadístico de contraste son mayores a 0.05, excepto en la GANANCIA\_MRT\_C, para lo que aplicaremos el contraste de la Chi-cuadrado de Pearson, cuyas hipótesis serían:

-Hipótesis nula( $H_0$ ): La variable GANANCIA\_MRT\_C procede de una población Normal con media y varianza desconocida.

•Hipótesis alternativa( $H_1$ ): La variable GANANCIA\_MRT\_C no procede de una población Normal con media y varianza desconocida.

El estadístico de prueba es:  $\chi^2_{k-1} = \sum_{i=0}^k \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$  siendo  $n_i$  los valores observados en la muestra,  $p_i$  la probabilidad según la distribución normal y  $n$  el tamaño de la muestra. Este estadístico es comparado con un valor crítico que se encuentra en la tabla Chi-cuadrado con  $k-1$  grados de libertad y nivel de significación  $\alpha$ . Siendo la región crítica:



Ayudados por el Spss:

Estadísticos de contraste	
	GANANCIA_MRT_C
Chi-cuadrado	5,000 <sup>a</sup>
gl	6
Sig. asintót.	,544

- a. 7 casillas (100,0%) tienen frecuencias esperadas menores que 5. La frecuencia de casilla esperada mínima es 2,3.

Con el contraste Chi-cuadrado podemos asumir que la Ganancia del test MRT para el grupo de control se distribuye como una Normal.

Una vez comprobadas las hipótesis de normalidad de todas las variables realizaremos el contraste t para muestras independientes para variables normales con varianzas desconocidas pero iguales, cuyos estadísticos descriptivos son:

Tabla 4-52 Estadísticos descriptivos Ganancia grupos Control y Experimental Interlocked

TIPO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
GANANCIA_MRT CONTROL	16	4,2500	3,19374	,79844
EXPERIMENTAL	17	10,0588	5,24965	1,27323
GANANCIA_DAT CONTROL	16	4,9375	3,62342	,90585
EXPERIMENTAL	17	11,1765	6,30709	1,52969
GANANCIA_SOT CONTROL	16	-13,5700	9,23688	2,30922
EXPERIMENTAL	17	-19,2465	10,74148	2,60519

Para realizar el contraste t, traduciremos nuestras hipótesis 1 a 3 de la siguiente manera:

-Hipótesis nula( $H_0$ ): La ganancia de puntuación en el test MRT es igual en el grupo de control que en el grupo experimental.

-Hipótesis alternativa( $H_1$ ): La ganancia de puntuación en el test MRT es diferente en el grupo de control que en el grupo experimental.

Estas hipótesis las repetiremos en los tres test, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4-53 Prueba de muestras independientes Ganancia Control y Experimental Interlocked.

		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
GANANCIA_MRT	Se han asumido varianzas iguales	2,337	,137	-3,810	31	,001	-5,80882	1,52463	-8,91832	-2,69933
	No se han asumido varianzas iguales			-3,865	26,661	,001	-5,80882	1,50287	-8,89429	-2,72336
GANANCIA_DAT	Se han asumido varianzas iguales	3,182	,084	-3,455	31	,002	-6,23897	1,80601	-9,92236	-2,55559
	No se han asumido varianzas iguales			-3,509	25,804	,002	-6,23897	1,77779	-9,89462	-2,58332
GANANCIA_SOT	Se han asumido varianzas iguales	,765	,388	1,623	31	,115	5,67647	3,49766	-1,45705	12,80999
	No se han asumido varianzas iguales			1,631	30,763	,113	5,67647	3,48131	-1,42593	12,77887

Asumiendo varianzas iguales (pues los p-valor superan el 0.05), se concluye que en el caso del test MRT y DAT se rechaza la hipótesis nula (p-valor inferior a 0.05), por lo que concluimos que existen diferencias significativas entre

el grupo experimental y el de control, por lo que la formación mejora la capacidad espacial de los alumnos.

No ocurre lo mismo en el test SOT, pues su p-valor (0.115) nos lleva a aceptar la hipótesis nula, por lo que concluimos que no existen diferencias significativas entre el grupo experimental y el de control.

Por último nos preguntamos si existen diferencias en la mejora de las habilidades espaciales según el género, por lo que realizaremos el mismo contraste para la ganancia, pero ahora nuestra variable dependiente será el género.

Esta comprobación sería darle respuesta a nuestras hipótesis de la 4 a la 6 que traducidas para el análisis y los tres test, serían:

-Hipótesis nula( $H_0$ ): La ganancia de puntuación en el test MRT-DAT-SOT es igual en el grupo de hombres que en el grupo mujeres.

-Hipótesis alternativa( $H_1$ ): La ganancia de puntuación en el test MRT-DAT-SOT es diferente en el grupo de hombres que en el grupo de mujeres.

Tabla 4-54 Estadísticos descriptivos Ganancia -Género Interlocked.

	GENERO	N	Media	Desviación tip.	Error típ. de la media
GANANCIA_MRT	HOMBRE	22	7,4545	5,46615	1,16539
	MUJER	11	6,8182	4,91565	1,48212
GANANCIA_DAT	HOMBRE	22	8,4091	6,10744	1,30211
	MUJER	11	7,6364	6,05430	1,82544
GANANCIA_SOT	HOMBRE	22	-17,1295	11,10773	2,36818
	MUJER	11	-15,2236	8,79662	2,65228

Tabla 4-55 Prueba de muestra independientes Ganancia-Género Interlocked.

		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
GANANCIA_MRT	Se han asumido varianzas iguales	,027	,870	,325	31	,747	,63636	1,95524	-3,35138	4,62411
	No se han asumido varianzas iguales			,338	22,155	,739	,63636	1,88542	-3,27218	4,54491
GANANCIA_DAT	Se han asumido varianzas iguales	,003	,960	,344	31	,733	,77273	2,24901	-3,81416	5,35962
	No se han asumido varianzas iguales			,345	20,267	,734	,77273	2,24226	-3,90060	5,44605
GANANCIA_SOT	Se han asumido varianzas iguales	1,623	,212	-,495	31	,624	-,90591	3,84724	-9,75241	5,94059
	No se han asumido varianzas iguales			-,536	24,796	,597	-,90591	3,55568	-9,23203	5,42021

Asumiendo varianzas iguales (pues los p-valor superan el 0.05), se concluye que en todos los test se acepta la hipótesis nula (p-valor superior a 0.05), por lo que concluimos que no existen diferencias significativas entre hombres y mujeres en la ganancia tras realizar el entrenamiento.

**CAPÍTULO 5**  
**CONCLUSIONES Y LÍNEAS**  
**FUTURAS**

---



## 5.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se expone cómo los objetivos marcados en el capítulo de introducción se han llevado a cabo. Se aportan las conclusiones del trabajo desarrollado en esta tesis concluyendo con una perspectiva de futuros trabajos.

## 5.2 CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS.

Al iniciar esta tesis nos planteamos como objetivos generales evaluar las Habilidades Espaciales en los alumnos de nuevo ingreso en las titulaciones de Grado en Ingeniería de la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles de la Universidad de Las Palmas de G.C., así como desarrollar distintos entrenamientos que las mejoren, con la intención de incidir en la mejora del aprendizaje, el éxito en las asignaturas de Expresión Gráfica y la calidad docente.

Para alcanzar los objetivos generales se midieron las componentes de la HE sujetas a estudio en los estudiantes de nuevo ingreso en los grados de Ingeniería de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y se llevaron a cabo cuatro tipos de entrenamientos apoyados en diversas tecnologías y se diseñaron cortos entrenamientos con el objeto de mejorar las HE.

En cuanto a los objetivos específicos:

- Conocer las herramientas y entrenamientos para la mejora de las HE.
- Evaluar y seleccionar las herramientas a utilizar en los entrenamientos piloto.
- Diseñar entrenamientos para la mejora de la componente orientación espacial.
- Comprobar el impacto que tienen los entrenamientos realizados y diseñados en la mejora de las HE de los alumnos testados.
- Comprobar el impacto que tienen los entrenamientos diseñados en la mejora de las HE de los alumnos testados, en relación al género.

En el capítulo 2 se realiza una revisión bibliográfica para conocer el estado del arte en cuanto a la investigación sobre habilidades espaciales para conocer las bases teóricas que fundamentan esta tesis a la vez que las herramientas utilizadas por otros investigadores para la mejora de las HE.

En el capítulo 3 se describen las tecnologías y entrenamientos que vamos a utilizar en el desarrollo de la parte experimental y, por último, en el capítulo 4 se da respuesta a los dos últimos objetivos con un tratamiento estadístico de los datos y análisis de resultados.

### **5.3 CONCLUSIONES.**

A continuación, pasamos a exponer las conclusiones derivadas del análisis de resultados según el entrenamiento realizado.

#### **Entrenamiento con realidad aumentada**

- En el entrenamiento con RA, diseñado para mejorar las componentes VISUALIZACIÓN ESPACIAL Y RELACIONES ESPACIALES, ambas se desarrollan en el grupo experimental.
- Dentro del grupo experimental, la mejoría se adquiere en igual medida en hombres y mujeres.
- Este entrenamiento, que no fue diseñado específicamente para mejorar la componente ORIENTACIÓN ESPACIAL, no produce mejora de esta componente en el grupo experimental.

#### **Entrenamiento sobre Orientación Espacial en Escenario Real.**

- Con este entrenamiento piloto diseñado para mejorar la componente ORIENTACIÓN ESPACIAL, basado en una carrera de orientación en escenario real, dicha componente mejora en el grupo experimental.
- Dentro del grupo experimental, la mejoría se adquiere en igual medida en hombres y mujeres

- Las componentes VISUALIZACIÓN ESPACIAL Y RELACIONES ESPACIALES, en este entrenamiento que no está diseñado para desarrollarlas, no mejoran.
- La mejora de la componente ORIENTACIÓN ESPACIAL en el escenario real, se da en la misma medida que en el entrenamiento realizado en escenario virtual.

#### **Entrenamiento sobre Orientación Espacial en Escenario Virtual.**

- En este entrenamiento realizado en un entorno virtual, la componente ORIENTACIÓN ESPACIAL mejora en el grupo experimental.
- Dentro del grupo experimental, la mejoría se adquiere en igual medida en hombres y mujeres.
- Las componentes VISUALIZACIÓN ESPACIAL Y RELACIONES ESPACIALES, en este entrenamiento que no está diseñado para desarrollarlas, no mejoran, tal como era de esperar.
- La mejora de la componente ORIENTACIÓN ESPACIAL en el escenario virtual, se da en la misma medida que en el entrenamiento realizado en escenario real.

#### **Entrenamiento con RA y orientación en escenario virtual.**

- En esta experiencia, donde se mezclan entrenamientos diseñados para mejorar las componentes de las HE objeto de estudio de la tesis, VISUALIZACIÓN ESPACIAL, RELACIONES ESPACIALES y ORIENTACIÓN ESPACIAL, las tres mejoran tras el entrenamiento en el grupo experimental.
- Dentro del grupo experimental, la mejoría se adquiere en igual medida en hombres y mujeres.

#### **Entrenamiento con videojuego Interlocked.**

- En el entrenamiento con videojuego Interlocked, las componentes VISUALIZACIÓN ESPACIAL Y RELACIONES ESPACIALES, se desarrollan en el grupo experimental.

- Dentro del grupo experimental, la mejoría se adquiere en igual medida en hombres y mujeres.
- Este entrenamiento, no específicamente diseñado para mejorar la componente ORIENTACIÓN ESPACIAL, no produce mejora de esta componente

Como conclusión común a todas las experiencias podríamos reseñar que, las habilidades espaciales a pequeña escala, son irrelevantes a la hora de predecir las habilidades a gran escala o entorno ambiental.

Como compendio la tabla 5.1 muestra las conclusiones para cada entrenamiento respecto a las hipótesis planteadas.

Tabla 5-1 Relación entre conclusiones e hipótesis planteadas por entrenamiento

		VISUALIZACIÓN ESPACIAL		RELACIONES ESPACIALES		ORIENTACIÓN ESPACIAL	
		ENTRENAMIENTO ESPECÍFICO	CUMPLE HIPÓTESIS	ENTRENAMIENTO ESPECÍFICO	CUMPLE HIPÓTESIS	ENTRENAMIENTO ESPECÍFICO	CUMPLE HIPÓTESIS
REALIDAD AUMENTADA	HIPÓTESIS 1	SI	SI				
	HIPÓTESIS 2			SI	SI		
	HIPÓTESIS 3					NO	NO
	HIPÓTESIS 4	SI	SI				
	HIPÓTESIS 5			SI	SI		
	HIPÓTESIS 6					NO	SI
ORIENTACIÓN ESCENARIO REAL	HIPÓTESIS 1						
	HIPÓTESIS 2						
	HIPÓTESIS 3					SI	SI
	HIPÓTESIS 4						
	HIPÓTESIS 5						
	HIPÓTESIS 6					SI	SI
ORIENTACIÓN ESCENARIO VIRTUAL	HIPÓTESIS 1						
	HIPÓTESIS 2						
	HIPÓTESIS 3					SI	SI
	HIPÓTESIS 4						
	HIPÓTESIS 5						
	HIPÓTESIS 6					SI	SI
REALIDAD AUMENTADA Y ORIENTACIÓN EN ESCENARIO VIRTUAL	HIPÓTESIS 1	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	HIPÓTESIS 2	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	HIPÓTESIS 3	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	HIPÓTESIS 4	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	HIPÓTESIS 5	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	HIPÓTESIS 6	SI	SI	SI	SI	SI	SI
VIDEOJUEGO INTERLOCKED	HIPÓTESIS 1	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	HIPÓTESIS 2	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	HIPÓTESIS 3	SI	SI	SI	SI	NO	NO
	HIPÓTESIS 4	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	HIPÓTESIS 5	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	HIPÓTESIS 6	SI	SI	SI	SI	NO	SI

Hipótesis 1: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de la VISUALIZACIÓN ESPACIAL medida con el test DAT-5:SR, después de realizar el entrenamiento propuesto.

Hipótesis 2: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de RELACIONES ESPACIALES medida con el test MRT, después de realizar el entrenamiento propuesto.

Hipótesis 3: Los dos grupos estudiados, el experimental y el de control, mejoran significativamente la componente de ORIENTACIÓN ESPACIAL medida con el test Perspective Taking Test \_SOT, después de realizar el

Hipótesis 4: La mejora de la componente de VISUALIZACIÓN ESPACIAL se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

Hipótesis 5: La mejora de la componente de RELACIONES ESPACIALES se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

Hipótesis 6: La mejora de la componente de ORIENTACIÓN ESPACIAL se adquiere, en la misma medida, en hombres y mujeres.

## 5.4 LÍNEAS FUTURAS.

Después de realizar esta tesis, y a la luz de la experiencia adquirida con los estudios experimentales y los conocimientos adquiridos en el ámbito del estudio de las habilidades espaciales, aparecen en el horizonte nuevas líneas de investigación que complementarían los resultados obtenidos en este trabajo, pero que quedan fuera del objeto de ella.

Indicaremos en este apartado algunas de estas futuras líneas de investigación:

- En primer lugar, aumentar la muestra objeto de estudio para poder extrapolar resultados. Pensamos que dada la importancia que tienen las habilidades espaciales en el ámbito de la ingeniería, sería interesante reunir a investigadores de diferentes puntos para poder sacar conclusiones que excedan el ámbito local.
- Iniciar la colaboración de ingenieros, psicólogos, sociólogos, etc, para crear equipos multidisciplinares que produzcan una sinergia tanto a la hora de medir como de plantear herramientas y entrenamientos que desarrollen las habilidades espaciales.
- Desarrollar metodologías y herramientas atractivas para el estudiante que, además de desarrollar sus habilidades espaciales, se mejore la calidad docente de las asignaturas de Expresión Gráfica adaptadas a las consideraciones del modelo Europeo de Educación Superior.
- Elaborar un estudio de la satisfacción de los estudiantes con los entrenamientos, valorando qué tipología gusta más a los estudiantes.
- Iniciar estudios destinados a establecer las posibles correlaciones entre el sentido de la dirección auto percibido por los individuos y la capacidad de orientación espacial
- Realizar mediciones y entrenamientos sobre habilidades espaciales con estudiantes en niveles educativos previos a la Universidad.

## REFERENCIAS

---



## Referencias

---

- Allison, D., & Hodges, L. F. (2000). Virtual reality for education? Paper presented at the *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 160-165.
- Annett, M. (1992). Spatial ability in subgroups of left-and right-handers. *British Journal of Psychology*, 83(4), 493-515.
- Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *Computer Graphics and Applications, IEEE*, 21(6), 34-47.
- Baenninger, M., & Newcombe, N. (1989). The role of experience in spatial test performance: A meta-analysis. *Sex Roles*, 20(5-6), 327-344.
- Barfield, W., & Caudell, T. (2001). *Fundamentals of wearable computers and augmented reality* CRC Press.
- Barnett, M. A., Vitaglione, G. D., Harper, K. K., Quackenbush, S. W., Steadman, L. A., & Valdez, B. S. (1997). Late adolescents' experiences with and attitudes toward Videogames<sup>1</sup>. *Journal of Applied Social Psychology*, 27(15), 1316-1334.
- Barry, A. M. (2002). Perception and visual communication theory. *Journal of Visual Literacy*, 22(1)
- Battista, M. T., Wheatley, G. H., & Talsma, G. (1982). The importance of spatial visualization and cognitive development for geometry learning in preservice elementary teachers. *Journal for Research in Mathematics Education*, 332-340.
- Beaumont, P., Gray, J., Moore, G., & Robinson, B. (1984). Orientation and wayfinding in the tauranga departmental building: A focused post-occupancy evaluation. Paper presented at the *Environmental Design Research Association Proceedings*, , 15 77-91.
- Bennett, G. K., Wesman, A., & Seashore, H. (2000). *DAT-5: Tests de aptitudes diferenciales: Versión 5: Manual* TEA Ediciones.
- Bertoline, G. R. (1988). The implications of cognitive neuroscience research on spatial abilities and graphics instruction. *Proc.3rd ICEGDG, Vienna*, 1, 28-34.
- Bodner, G. M., & Guay, R. B. (1997). The purdue visualization of rotations test. *The Chemical Educator*, 2(4), 1-17.
- Bransford, J. D., & Stein, B. S. (1993). *The ideal problem solver. A guide for improving thinking, learning, and creativity* (Second edition ed.). New York: W. H. Freeman and Company.
- Brown, H.Lahar CJ mosley JL (1998). age and gender-related differences in strategy use for route information: A "map-present" direction-giving paradigm. *Environment and Behavior*, 30, 123-143.
- Brownlow, S., & Miderski, C. A. (2001). How gender and college chemistry experience influence mental rotation ability.
- Bryant, K. J. (1982). Personality correlates of sense of direction and geographic orientation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 43(6), 1318.

- Bryant, K. J. (1991). Geographical/spatial orientation ability within real-world and simulated large-scale environments. *Multivariate Behavioral Research*, 26(1), 109-136.
- Burnett, S. A., Lane, D. M., & Dratt, L. M. (1979). Spatial visualization and sex differences in quantitative ability. *Intelligence*, 3(4), 345-354.
- Burt, C. (1949). The structure of the mind. *British Journal of Educational Psychology*, 19(3), 176-199.
- Burton, L. J. (2003). Examining the relation between visual imagery and spatial ability tests. *International Journal of Testing*, 3(3), 277-291.
- Burton, L. J., & Dowling, D. G. (2009). Key factors that influence engineering students' academic success: A longitudinal study. Paper presented at the *Proceedings of the Research in Engineering Education Symposium (REES 2009)*, 1-6.
- Burton, L. J., & Fogarty, G. J. (2003). The factor structure of visual imagery and spatial abilities. *Intelligence*, 31(3), 289-318.
- Campos, P., Pessanha, S., & Jorge, J. (2011). Fostering collaboration in kindergarten through an augmented reality game. *International Journal of Virtual Reality*, 10(3)
- Caplan, P. J., MacPherson, G. M., & Tobin, P. (1985). Do sex-related differences in spatial abilities exist? A multilevel critique with new data. *American Psychologist*, 40(7), 786.
- Caplan, P. J., MacPherson, G. M., & Tobin, P. (1986). The magnified molehill and the misplaced focus: Sex-related differences in spatial ability revisited.
- Carrión, T. P., & Cardona, M. S. (2013). *Ejercicios para el desarrollo de la percepción espacial* Editorial Club Universitario.
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies* Cambridge University Press.
- Casey, M. B. (1996). Gender, sex, and cognition: Considering the interrelationship between biological and environmental factors. *Learning and Individual Differences*, 8(1), 39-53.
- Cattell, R. B. (1971). *Abilities: Their structure, growth, and action*.
- Ceci, S. J., Williams, W. M., & Barnett, S. M. (2009). Women's underrepresentation in science: Sociocultural and biological considerations. *Psychological Bulletin*, 135(2), 218.
- Chay, J. C. (2000). 3D mental rotation test. Retrieved from <http://www.uwm.edu/People/johnchay/mrp.htm>
- Cooper, L., & Mumaw, R. (1985). Spatial aptitude. *Individual Differences in Cognition*, 2, 67-94.
- Corti, K. (2006). Games-based learning; a serious business application. *Informe De PixelLearning*, 34(6), 1-20.
- Dahmani, L., Ledoux, A., Boyer, P., & Bohbot, V. D. (2012). Wayfinding: The effects of large displays and 3-D perception. *Behavior Research Methods*, 44(2), 447-454.

- Darken, R. P., & Banker, W. P. (1998). Navigating in natural environments: A virtual environment training transfer study. Paper presented at the *Virtual Reality Annual International Symposium, 1998. Proceedings., IEEE 1998*, 12-19.
- Darken, R. P., & Sibert, J. L. (1996). Navigating large virtual spaces. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 8(1), 49-71.
- Darken, R., & Goerger, S. R. (1999). The transfer of strategies from virtual to real environments: An explanation for performance differences? *Simulation Series*, 31, 159-164.
- Dawson, J. L., Cheung, Y., & Lau, R. (1975). Developmental effects of neonatal sex hormones on spatial and activity skills in the white rat. *Biological Psychology*, 3(3), 213-229.
- De Lisi, R., & Cammarano, D. M. (1996). Computer experience and gender differences in undergraduate mental rotation performance. *Computers in Human Behavior*, 12(3), 351-361.
- Dean, G. M., & Morris, P. E. (2003). The relationship between self-reports of imagery and spatial ability. *British Journal of Psychology*, 94, 245.
- Di Serio, A., Ibáñez, M. B., & Kloos, C. D. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596.
- 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.
- Dwyer, F. M., & Moore, D. M. (1998). Field dependence and color coding: A review and summary of research evidence. *Journal of Educational Technology Systems*, 26(3), 243-253.
- 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(2), 95-105.
- El Koussy, A. A. H. (1935). The visual perception of space. *British Journal of Psychology*, 20, 1-80.
- Eliot, J., & Smith, I. M. (1983). *An international directory of spatial tests* Cengage Learning Emea.
- Esche, S. K. Integration of augmented reality into the CAD process.
- Evans, G. W., Skorpanich, M. A., Gärling, T., Bryant, K. J., & Bresolin, B. (1984). The effects of pathway configuration, landmarks and stress on environmental cognition. *Journal of Environmental Psychology*, 4(4), 323-335.
- Feng, J., Spence, I., & Pratt, J. (2007). Playing an action video game reduces gender differences in spatial cognition. *Psychological Science*, 18(10), 850-855. doi:PSC11990 [pii]
- Fennema, E., & Sherman, J. (1977). Sex-related differences in mathematics achievement, spatial visualization and affective factors. *American Educational Research Journal*, 14(1), 51-71.
- Ferguson, E. S. (1994). *Engineering and the mind's eye* The MIT Press.
- Flanery, R. C., & Balling, J. D. (1979). Developmental changes in hemispheric specialization for tactile spatial ability. *Developmental Psychology*, 15(4), 364.

- Foreman, N. (1985). Algorithmic responding on the radial maze in rats does not always imply absence of spatial encoding. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 37(4), 333-358.
- Forsyth, A. S., & Lancy, D. F. (1987). Simulated travel and place location learning in a computer adventure game. *Journal of Educational Computing Research*, 3(3), 377-394.
- Galea, L. A., & Kimura, D. (1993). Sex differences in route-learning. *Personality and Individual Differences*, 14(1), 53-65.
- Galton, F. (1880). i.—statistics of mental imagery. *Mind*, (19), 301-318.
- Galton, F. (Ed.). (1911). *Inquiries into human faculty and its development*. London: J. M. Dent & Sons.
- Gardner, H. (1993). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*.
- Gardner, R. (1957). Field-dependence as a determinant of susceptibility to certain illusions. Paper presented at the *American Psychologist*, 12(4) 397-397.
- Gardner, R. W. (1953). Cognitive styles in categorizing Behavior1. *Journal of Personality*, 22(2), 214-233.
- Gardner, R. W., Jackson, D. N., & Messick, S. J. (1960). Personality organization in cognitive controls and intellectual abilities. *Psychological Issues*,
- Gaulin, S. J. (1992). Evolution of sex difference in spatial ability. *American Journal of Physical Anthropology*, 35(S15), 125-151.
- Goldberg, S., & Lewis, M. (1969). Play behavior in the year-old infant: Early sex differences. *Child Development*, , 21-31.
- Goldman, B. A., & Saunders, J. L. (1999). *Directory of unpublished experimental mental measures* Behavioral Publications.
- Green, C. S., & Bavelier, D. (2003). Action video game modifies visual selective attention. *Nature*, 423(6939), 534-537.
- Green, C. S., & Bavelier, D. (2006). Effect of action video games on the spatial distribution of visuospatial attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 32(6), 1465.
- Green, C. S., & Bavelier, D. (2006). The cognitive neuroscience of video games. *Digital Media: Transformations in Human Communication*, , 211-223.
- Guilford, J. P. (1956). The structure of intellect. *Psychological Bulletin*, 53(4), 267.
- Guilford, J. P. (1959). Three faces of intellect. *American Psychologist*, 14(8), 469.
- Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*.
- Guilford, J., & Lacey, J. (1947). Printed classification tests, AAF aviation psychological progress research report, no. 5. *Washington, DC: US Government Printing Office*,

- Guilford, J., & Zimmerman, W. S. (1947). Some AAF findings concerning aptitude factors. *Occupations: The Vocational Guidance Journal*, 26(3), 154-159.
- 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.
- Harris, L. J. (1978). Sex differences in spatial ability: Possible environmental, genetic, and neurological factors.
- 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*, 46.
- Hegarty, M., & Waller, D. (2004). A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities. *Intelligence*, 32(2), 175-191.
- Hegarty, M., & Waller, D. (2005). Individual differences in spatial abilities. *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking*, , 121-169.
- Hegarty, M., Crookes, R. D., Dara-Abrams, D., & Shipley, T. F. (2010). Do all science disciplines rely on spatial abilities? preliminary evidence from self-report questionnaires. *Spatial cognition VII* (pp. 85-94) Springer.
- Hegarty, M., Montello, D. R., Richardson, A. E., Ishikawa, T., & Lovelace, K. (2006). Spatial abilities at different scales: Individual differences in aptitude-test performance and spatial-layout learning. *Intelligence*, 34(2), 151-176.
- Hyde, J. S. (1981). How large are cognitive gender differences? A meta-analysis using  $w^2$  and  $d$ . *American Psychologist*, 36(8), 892.
- Jensen, A. R. (1998). *The g factor: The science of mental ability*.
- Karahan, S. B. (2000). *Comparison of Performance Measures in the Virtual Environment and Real World Land Navigation Tasks*,
- Kearney, P. (2007). Cognitive assessment of game-based learning. *British Journal of Educational Technology*, 38(3), 529-531.
- Kelley, T. L. (1928). *Crossroads in the mind of man* Stanford University Press.
- Kimura, D. (1996). Sex, sexual orientation and sex hormones influence human cognitive function. *Current Opinion in Neurobiology*, 6(2), 259-263.
- Kimura, D. (2000). *Sex and cognition* MIT press.
- Kimura, D., & Hampson, E. (1994). Cognitive pattern in men and women is influenced by fluctuations in sex hormones. *Current Directions in Psychological Science*, 57-61.
- Kosslyn, S. M. (1980). *Image and mind* Harvard University Press.
- Kozhevnikov, M., & Hegarty, M. (2001). A dissociation between object manipulation spatial ability and spatial orientation ability. *Memory & Cognition*, 29(5), 745-756.

- Kozlowski, L. T., & Bryant, K. J. (1977). Sense of direction, spatial orientation, and cognitive maps. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 3(4), 590.
- Larsen, Y. C., Buchholz, H., Brosda, C., & Bogner, F. X. (2011). Evaluation of a portable and interactive augmented reality learning system by teachers and students. Paper presented at the *EDEN-2011 Open Classroom Conference*, 41-50.
- Lawton, C. A. (1994). Gender differences in way-finding strategies: Relationship to spatial ability and spatial anxiety. *Sex Roles*, 30(11-12), 765-779.
- Lawton, C. A., & Morrin, K. A. (1999). Gender differences in pointing accuracy in computer-simulated 3D mazes. *Sex Roles*, 40(1-2), 73-92.
- Lee, E. A., Wong, K. W., & Fung, C. C. (2010). How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach. *Computers & Education*, 55(4), 1424-1442.
- Lin, C., Chen, C., & Lou, Y. (2014). Developing spatial orientation and spatial memory with a treasure hunting game. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(3), 79-92.
- Linn, M. C., & Hyde, J. S. (1989). Gender, mathematics, and science. *Educational Researcher*, 18(8), 17-27.
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, , 1479-1498.
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1986). A meta-analysis of gender differences in spatial ability: Implications for mathematics and science achievement. *The Psychology of Gender: Advances through Meta-Analysis*, , 67-101.
- Lohman, D. F. (1979). Spatial Ability: A Review and Reanalysis of the Correlational Literature (No. TR-8). STANFORD UNIV CALIF SCHOOL OF EDUCATION.
- Lohman, D. F. (1979). Spatial Ability: Individual Differences in Speed and Level (No. TR-9). STANFORD UNIV CALIF SCHOOL OF EDUCATION.
- Lohman, D. F. (1993). Spatially gifted, verbally inconvenienced. Paper presented at the *Talent Development: Proceedings from the*, 251-264.
- Lohman, D. F. (1996). Spatial ability and g. *Human Abilities: Their Nature and Measurement*, , 97-116.
- Lohman, D. F., Pellegrino, J. W., Alderton, D. L., & Regian, J. (1987). Dimensions and components of individual differences in spatial abilities. *Intelligence and cognition: Contemporary frames of reference* (pp. 253-312) Springer.
- Lord, T. R., & Garrison, J. (1998). Comparing spatial abilities of collegiate athletes in different sports. *Perceptual and Motor Skills*, 86(3), 1016-1018.
- Maccoby, E. E., & Jacklin, C. N. (1974). *The psychology of sex differences* Stanford University Press.
- Mackintosh, E., West, S., & Saegert, S. (1975). Two studies of crowding in urban public spaces. *Environment and Behavior*,

- Macnab, W., & Johnstone, A. (1990). Spatial skills which contribute to competence in the biological sciences. *Journal of Biological Education*, 24(1), 37-41.
- Mafalda, R. (2000). Efeitos do uso de diferentes métodos de representação gráfica no desenvolvimento da habilidade de visualização espacial. *Sao Paulo*,
- Maier, P. H. (1996). Spatial geometry and spatial ability—How to make solid geometry solid. Paper presented at the *Selected Papers from the Annual Conference of Didactics of Mathematics*, 63-75.
- Maier, P. H. (1996). Spatial geometry and spatial ability—How to make solid geometry solid. Paper presented at the *Selected Papers from the Annual Conference of Didactics of Mathematics*, 63-75.
- Malinowski, J. C., & Gillespie, W. T. (2001). Individual differences in performance on a large-scale, real-world wayfinding task. *Journal of Environmental Psychology*, 21(1), 73-82.
- Manfredo, P. A. (1987). Dimensions of cognitive style: Their interrelationships and use in maximizing trainability.
- Margules, J., & Gallistel, C. (1988). Heading in the rat: Determination by environmental shape. *Animal Learning & Behavior*, 16(4), 404-410.
- Marks, D. F. (1999). Consciousness, mental imagery and action. *British Journal of Psychology*, 90(4), 567-585.
- Martín Gutiérrez, J. (2010). Estudio y evaluación de contenidos didácticos en el desarrollo de las habilidades espaciales en el ámbito de la ingeniería (*Doctoral dissertation*).
- Martín-Gutiérrez, J., Saorín, J. L., Contero, M., & Alcañiz, M. (2010). AR\_Dehaes: An educational toolkit based on augmented reality technology for learning engineering graphics. Paper presented at the *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2010 IEEE 10th International Conference on*, 133-137.
- Mathewson, J. H. (1999). Visual-spatial thinking: An aspect of science overlooked by educators. *Science Education*, 83(1), 33-54.
- McCuisition, P. J. (1991). Static vs. dynamic visuals in computer-assisted instruction. *Engineering Design Graphics Journal*, 55(2), 25-33.
- McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86(5), 889.
- McGee, M. G. (1979). *Human spatial abilities: Sources of sex differences* Praeger.
- McKinnon, L. D., & North, M. M. (2004). A comparative study of presence in virtual reality vs. presence in the real world. Paper presented at the *Proceedings of the 42nd Annual Southeast Regional Conference*, 253-254.
- Melgosa Pedrosa, C., Ramos Barbero, B., & Baños García, M. E. (2013). Interactive learning management system to develop spatial visualization abilities. *Computer Applications in Engineering Education*,
- Michaelides, M. P. (2003). Age and gender differences in performance on a spatial rotation test.

- Miller, C. L. (1992). The effectiveness of real-and computer-generated models to advance the spatial abilities of visual/haptic engineering students.
- 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.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P., & Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(4), 621.
- Moffat, S. D., & Hampson, E. (1996). A curvilinear relationship between testosterone and spatial cognition in humans: Possible influence of hand preference. *Psychoneuroendocrinology*, 21(3), 323-337.
- Moffat, S. D., & Hampson, E. (1996). Salivary testosterone levels in left-and right-handed adults. *Neuropsychologia*, 34(3), 225-233.
- Montello, D. R., & Pick, H. L. (1993). Integrating knowledge of vertically aligned large-scale spaces. *Environment and Behavior*, 25(3), 457-484.
- Montello, D. R., Lovelace, K. L., Golledge, R. G., & Self, C. M. (1999). Sex-related differences and similarities in geographic and environmental spatial abilities. *Annals of the Association of American Geographers*, 89(3), 515-534.
- Moreau, D., Clerc, J., Mansy-Dannay, A., & Guerrien, A. (2015). Enhancing spatial ability through sport practice. *Journal of Individual Differences*,
- Norman, K. (1995). Interface apparency and manipulatability: Cognitive gateways through the spatial visualization barrier in computer-based technologies. *NSFIA/proposal.Html*,
- Nunez, R., Corti, D., & Retschitzki, J. (1998). Mental rotation in children from ivory coast and switzerland. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 29(4), 577-589.
- Nyborg, H. (1983). Spatial ability in men and women: Review and new theory. *Advances in Behaviour Research and Therapy*, 5(2), 89-140.
- O'Brien, T. P. (1991). Relationships among selected characteristics of college students and cognitive style preferences. *College Student Journal*,
- Okagaki, L., & Frensch, P. A. (1994). Effects of video game playing on measures of spatial performance: Gender effects in late adolescence. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 15(1), 33-58.
- O'Laughlin, E. M., & Brubaker, B. S. (1998). Use of landmarks in cognitive mapping: Gender differences in self report versus performance. *Personality and Individual Differences*, 24(5), 595-601.
- Olkun, S. (2003). Making connections: Improving spatial abilities with engineering drawing activities. *International Journal of Mathematics Teaching and Learning*, 3(1), 1-10.
- Orde, B. J. (1996). *A correlational analysis of drawing ability and spatial ability*

- Pak, R. (2001). A further examination of the influence of spatial abilities on computer task performance in younger and older adults. Paper presented at the *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, , 45(22) 1551-1555.
- Pedrosa, C. M. (2012). *Diseño y Eficacia De Un Gestor Web Interactivo De Aprendizaje En Ingeniería Gráfica Para El Desarrollo De La Capacidad De Visión Espacial*,
- Pellegrino, J. W., Alderton, D. L., & Shute, V. J. (1984). Understanding spatial ability. *Educational Psychologist*, 19(4), 239-253.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1967). *The child's conception of space*. new york: W. W.
- Piaget, J., Inhelder, B. (1971): *Mental imagery in the child*.
- Pinker, S. (1999). How the mind works. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 882(1), 119-127.
- Podell, J. E., & Philips, L. (1959). A developmental analysis of cognition as observed in dimensions of roschach and objective test performance1, 2. *Journal of Personality*, 27(4), 439-463.
- Poltrock, S. E., & Agnoli, F. (1986). Are spatial visualization ability and visual imagery ability equivalent. *Advances in the Psychology of Human Intelligence*, 3, 255-296.
- Poltrock, S. E., & Brown, P. (1984). Individual differences in visual imagery and spatial ability. *Intelligence*, 8(2), 93-138.
- Potter, C., Van Der Merwe, E., Kaufman, W., & Delacour, J. (2006). A longitudinal evaluative study of student difficulties with engineering graphics. *European Journal of Engineering Education*, 31(02), 201-214.
- Prieto, G., Carro, J., Orgaz, B., & Pulido, R. F. (1993). Análisis cognitivo de un test informatizado de visualización espacial. *Psicothema*, 5(2), 293-301.
- Rao, S., & Raju, T. (2000). Chronic restraint stress impairs acquisition and retention of spatial memory task in rats. *Current Science*, 79(11), 1581-1584.
- Ribé, J. T. (2009). *Desarrollo De Habilidades Espaciales En La Docencia De La Ingeniería Gráfica*, Sadalla, E. K., & Montello, D. R. (1989). Remembering changes in direction. *Environment and Behavior*, 21(3), 346-363.
- Salthouse, T. A. (1987). Sources of age-related individual differences in block design tests. *Intelligence*, 11(3), 245-262.
- Sandstrom, N. J., Kaufman, J., & Huettel, S. A. (1998). Males and females use different distal cues in a virtual environment navigation task. *Cognitive Brain Research*, 6(4), 351-360.
- Saorín, J. (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, Departamento De Ingeniería Gráfica, Valencia, España*,
- Saucier, D. M., Green, S. M., Leason, J., MacFadden, A., Bell, S., & Elias, L. J. (2002). Are sex differences in navigation caused by sexually dimorphic strategies or by differences in the ability to use the strategies? *Behavioral Neuroscience*, 116(3), 403.

- Schmitz, S. (1997). Gender-related strategies in environmental development: Effects of anxiety on wayfinding in and representation of a three-dimensional maze. *Journal of Environmental Psychology, 17*(3), 215-228.
- Shepard, R. N. (1978). The mental image. *American Psychologist, 33*(2), 125.
- Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects.
- Sheppard, S., & Jennison, R. (1997). Freshman engineering design experiences and organizational framework. *International Journal of Engineering Education, 13*, 190-197.
- Sherman, J. A. (1974). Field articulation, sex, spatial visualization, dependency, practice, laterality of the brain and birth order. *Perceptual and Motor Skills, 38*(3c), 1223-1235.
- Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2002). *Understanding virtual reality: Interface, application, and design* Elsevier.
- Silverman, I., & Eals, M. (1992). Sex differences in spatial abilities: Evolutionary theory and data. Paper presented at the *Portions of this Paper were Presented at the Meetings of the International Society for Human Ethology in Binghamton, NY, Jun 1990, the Human Behavior and Evolution Society in Los Angeles, CA, Aug 1990, and the European Sociobiological Society in Prague, Czechoslovakia, Aug 1991.*
- Smith, G. (2001). Interaction evokes reflection: Learning efficiency in spatial visualization. Paper presented at the *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, , 2001*(1) 1755-1760.
- Smith, I. M. (1964). *Spatial ability: Its educational and social significance* RR Knapp.
- Smith, W. S. (1979). Early adolescent girls' and boys' learning of a spatial visualization skill. *Science Education, 63*(5), 671-676.
- Snow, R. E., & Lohman, D. F. (1989). *Implications of cognitive psychology for educational measurement*. American Council on Education.
- Snow, R. E., Kyllonen, P. C., & Marshalek, B. (1984). The topography of ability and learning correlations. *Advances in the Psychology of Human Intelligence, 2*(S 47), 103.
- Sorby, S. A. (2006). Developing 3-D spatial skills for engineering students.
- Sorby, S. A. (2009). Assessment of a "new and improved" course for the development of 3-D spatial skills. *Engineering Design Graphics Journal, 69*(3)
- Sorby, S. A. (2009). Developing 3-D spatial visualization skills. *Engineering Design Graphics Journal, 63*(2)
- Sorby, S. A., & Baartmans, B. J. (1996). A course for the development of 3-D spatial visualization skills. *Engineering Design Graphics Journal, 60*(1), 13-20.
- Spearman, C. (1904). "General intelligence," objectively determined and measured. *The American Journal of Psychology, 15*(2), 201-292.
- Spearman, C. (1927). The abilities of man.

- Study, N. (2002). The effectiveness of using the successive perception test I to measure visual-haptic tendencies in engineering students. *Engineering Design Graphics Journal*, 66(2), 17-26.
- Stumpf, H., & Klieme, E. (1989). Sex-related differences in spatial ability: More evidence for convergence. *Perceptual and Motor Skills*, 69(3), 915-921.
- Subrahmanyam, K., & Greenfield, P. M. (1994). Effect of video game practice on spatial skills in girls and boys. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 15(1), 13-32.
- Sutton, K., & Williams, A. (2011). Spatial ability and its implication for novice architecture students| NOVA. the university of newcastle's digital repository.
- Suzuki, S., Augerinos, G., & Black, A. H. (1980). Stimulus control of spatial behavior on the eight-arm maze in rats. *Learning and Motivation*, 11(1), 1-18.
- Thorndike, E. L. (1921). On the organization of intellect. *Psychological Review*, 28(2), 141.
- Thornton, T. R., Clark, A. C., & Lammi, M. (2014). *Understanding how learner outcomes could be affected through the implementation of augmented reality in an introductory engineering graphics course* North Carolina State University.
- Thurstone, I.L.(1938) primary mental abilities. *Psychometric Monographs*, 1
- Thurstone, L. (1950). Some primary abilities in visual thinking. *Proceedings of the American Philosophical Society*, , 517-521.
- Thurstone, L. L. (1944). A factorial study of perception.
- Tumkor, S., Aziz, E., Esche, S., & Chassapis, C. (2013). Integration of augmented reality into the CAD process. Paper presented at the *In Proceedings of the ASEE Annual Conference & Exposition, Atlanta, GA, USA*,
- Van der Geer, J., Hanraads, J., & Lupton, R. (2000). The art of writing a scientific article. *J.Sci.Commun*, 163(2), 51-59.
- Van Goozen, S. H., Cohen-Kettenis, P. T., Gooren, L. J., Frijda, N. H., & Van De Poll, Nanne E. (1995). Gender differences in behaviour: Activating effects of cross-sex hormones. *Psychoneuroendocrinology*, 20(4), 343-363.
- Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47(2), 599-604.
- Vernon, P. E. (Ed.). (1950). *The structure of human abilities*. London: Methuen.
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M. P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin*, 117(2), 250.
- Walker, P., & Marshall, E. (1982). Visual memory and stimulus repetition effects. *Journal of Experimental Psychology: General*, 111(3), 348.
- Waller, D., Knapp, D., & Hunt, E. (2001). Spatial representations of virtual mazes: The role of visual fidelity and individual differences. *Human Factors*, 43(1), 147-158.

- Webley, P. (1981). Sex differences in home range and cognitive maps in eight-year old children. *Journal of Environmental Psychology*, 1(4), 293-302.
- Wigfield, A., Eccles, J. S., Schiefele, U., Roeser, R. W., & Davis-Kean, P. (2007). *Development of achievement motivation* Wiley Online Library.
- Williams, C. L., Barnett, A. M., & Meck, W. H. (1990). Organizational effects of early gonadal secretions on sexual differentiation in spatial memory. *Behavioral Neuroscience*, 104(1), 84.
- Witkin, H. A. (1949). The nature and importance of individual differences in perception. *Journal of Personality*, 18(2), 145-170.
- Witkin, H. A. (1950). Individual differences in ease of perception of embedded figures\*. *Journal of Personality*, 19(1), 1-15.
- Witkin, H. A., Moore, C. A., Oltman, P. K., Goodenough, D. R., Friedman, F., Owen, D. R., & Raskin, E. (1977). Role of the field-dependent and field-independent cognitive styles in academic evolution: A longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 69(3), 197.
- Yue, J. (2002). Spatial visualization skills at various educational levels. *Age*, 7, 1.
- Yue, J., & Chen, D. (2001). Does CAD improve spatial visualization ability? Paper presented at the *Proceedings of the American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition*,
- Zacks, J. M., Mires, J., Tversky, B., & Hazeltine, E. (2000). Mental spatial transformations of objects and perspective. *Spatial Cognition and Computation*, 2(4), 315-332.
- Zavotka, S. L. (1987). Three-dimensional computer animated graphics: A tool for spatial skill instruction. *Ectj*, 35(3), 133-144
- Zimmerman, B. J., & Martinez-Pons, M. (1990). Student differences in self-regulated learning: Relating grade, sex, and giftedness to self-efficacy and strategy use. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 51.

**ANEXOS**

---



# Anexo 1

## Test D.A.T:SR5

---



**DAT -5 SR**  
**INSTRUCCIONES QUE DEBE PASAR EL EVALUADOR**  
**Por favor siga al pie de la letra estas instrucciones.**

**1.- Deben disponer de lapicero y goma de borrar.**

**2.- Se distribuyen las HOJAS DE RESPUESTA para que sea vista por el alumno y se dice:**

*“ En esta hoja deben dar todas sus contestaciones del modo que ahora les explicaré. No Escriban ni hagan ninguna marca hasta que yo que les diga el lugar y modo de hacerlo. En la línea superior de la hoja escriban los datos que se solicitan: Nombre, Apellidos, edad, universidad...y escriban en la parte superior de la Hoja: PRE-TEST.”*

**3.- Una vez rellenado los datos decir:**

*“ Ahora voy a entregarles un cuadernillo como este (MOSTRAR). En este cuadernillo están los ejercicios que deben realizar. Déjenlo sobre la mesa tal y como lo entrego y no escriban ni hagan marcas sobre él.”*

**4.- Repartir los cuadernillos.**

*“Abran la primera página del cuadernillo y vamos a leer las instrucciones. Voy a leerlas en alto y ustedes sigan la lectura en voz baja”*

**5.- Leer las instrucciones explicando en qué consisten los ejercicios.**

*“La respuesta correcta de cada ejercicio se marcará en la HOJA DE RESPUESTAS con una X, en el cuadernillo NO HAGAN NINGUNA MARCA, pues será utilizado en pruebas con otras personas”*

*“Si utilizan bolígrafo para marcar las X, y se equivocan, tachan la respuesta y hacen la nueva marca con la X”*

*“¿ESTAN PREPARADOS? --- Disponen de 20 minutos para realizar la prueba.”*

**6.- Cronometrar el tiempo. Y pasados 20 minutos**

*“Deténganse. Dejen el lápiz sobre la mesa, cierren el cuadernillo dejando la portada hacia arriba y coloquen la Hoja de respuestas en el lateral de la mesa para recogerla”*

Nombre y Apellidos: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_  Hombre

Titulacion: \_\_\_\_\_

Curso: \_\_\_\_\_  Mujer

Universidad: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

### HOJA DE RESPUESTA DAT - SR NIVEL 2

Rellene marcando X el recuadro de la alternativa elegida

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

	A	B	C	D		A	B	C	D
31	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	41	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	42	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	43	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	44	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	45	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	46	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	47	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	48	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	49	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
40	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**DAT -5 -SR**  
**CUADERNILLO**

No abra este CUADERNILLO hasta que se le indique.

Escriba todas sus contestaciones en la HOJA DE  
RESPUESTAS.

Espere nuevas instrucciones.

**NO ESCRIBA NADA EN ESTE CUADERNILLO**

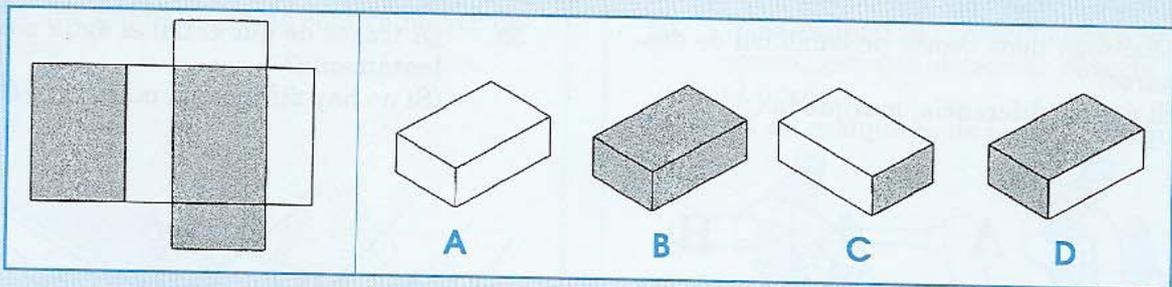
# RELACIONES ESPACIALES

## INSTRUCCIONES

Esta prueba consta de 50 ejercicios. En cada uno de ellos se presenta un modelo o patrón en el que algunas zonas están sombreadas y en otras aparecen pequeños dibujos. A la derecha de cada modelo se ofrecen cuatro figuras de tres dimensiones. Su tarea consiste en averiguar cuál de esas figuras es la **única** que ha podido formarse a partir del modelo. Éste siempre presenta la parte exterior de la figura.

Una vez que haya elegido su respuesta, debe marcar, en la Hoja de respuestas, el espacio correspondiente a la contestación elegida. Fíjese en el **Ejemplo E1**:

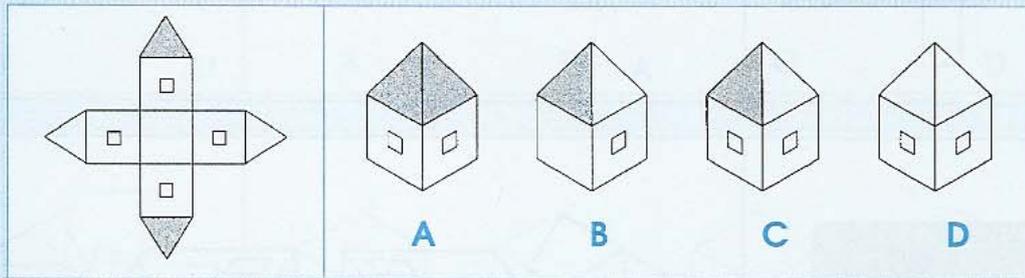
### EJEMPLO E1



En el **Ejemplo E1** el modelo formará una caja rectangular con las dos caras mayores y una de las pequeñas laterales sombreadas. Fíjese en las respuestas **A**, **B**, **C** y **D**. Las respuestas **A** y **C** son incorrectas porque la cara superior no está sombreada. La respuesta **B**, tampoco es correcta porque tiene sombreados uno de los laterales largos. La respuesta correcta es **D** porque la cara superior y uno de los laterales cortos están sombreados. La cara inferior está oculta a la vista. Por eso, en la Hoja de respuestas, se ha marcado el recuadro que está debajo de la letra **D** en la línea correspondiente al **Ejemplo E1**.

Fíjese ahora en el **Ejemplo E2**:

### EJEMPLO E2



En el **Ejemplo E2**, a partir del modelo se puede construir un objeto semejante a una casa. La parte central del modelo será el fondo de la figura y cuando el modelo se doble, el tejado tendrá dos lados opuestos sombreados. Fíjese en que en hay una ventanita en cada uno de los cuatro lados de la casa. Analice las figuras correspondientes a las respuestas **A**, **B**, **C** y **D**. Sólo una de ellas puede construirse a partir del modelo. La respuesta **A** es incorrecta porque las dos vertientes sombreadas del tejado son contiguas y debían ser opuestas. La respuesta **B** es mala porque las cuatro paredes laterales de la casa deberían tener ventana. La **D** no es válida porque no queda a la vista una de las vertientes sombreadas del tejado. La respuesta correcta es la **C** porque se ve una de las vertientes sombreadas del tejado y en cada una de las paredes visibles de la casa hay una ventana.

Por eso ha debido marcar el espacio correspondiente a la letra **C** frente al **Ejemplo E2**.

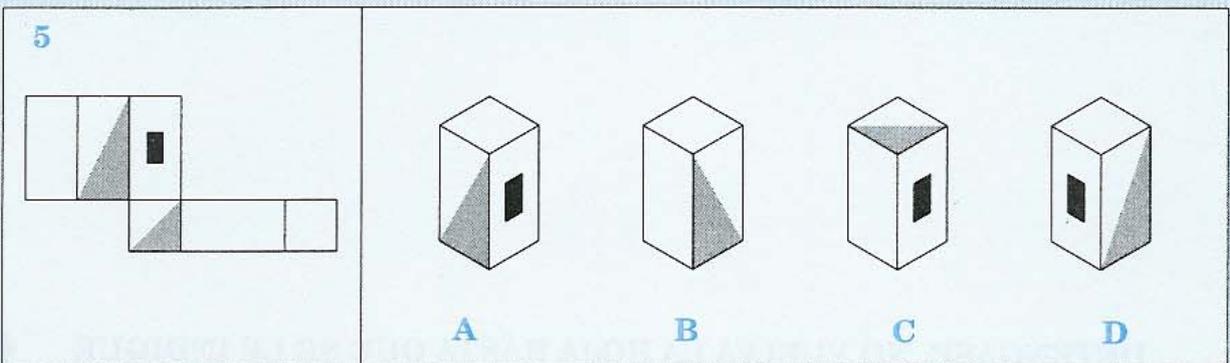
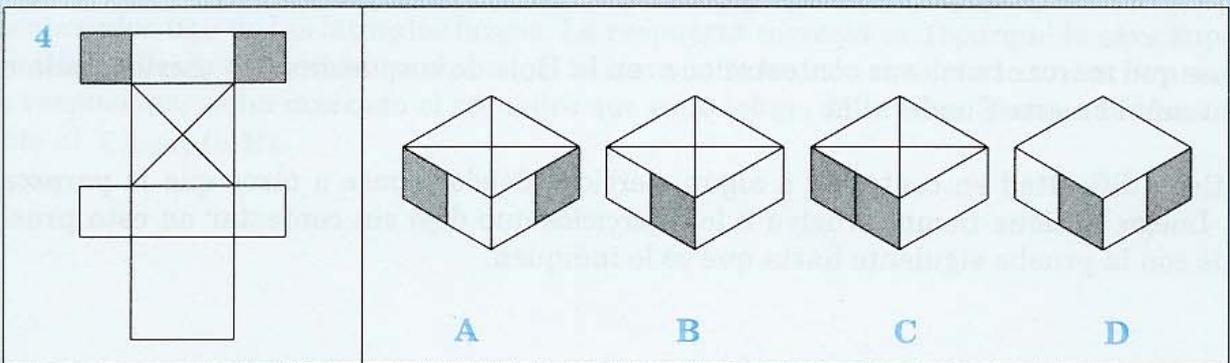
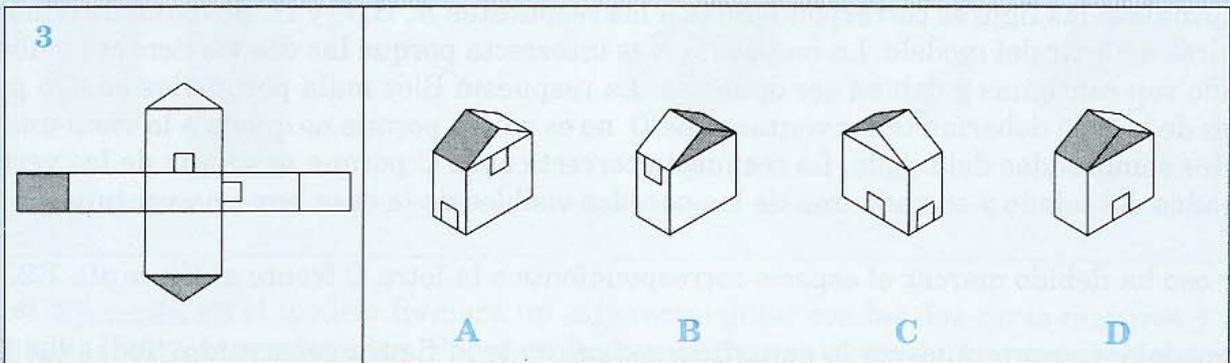
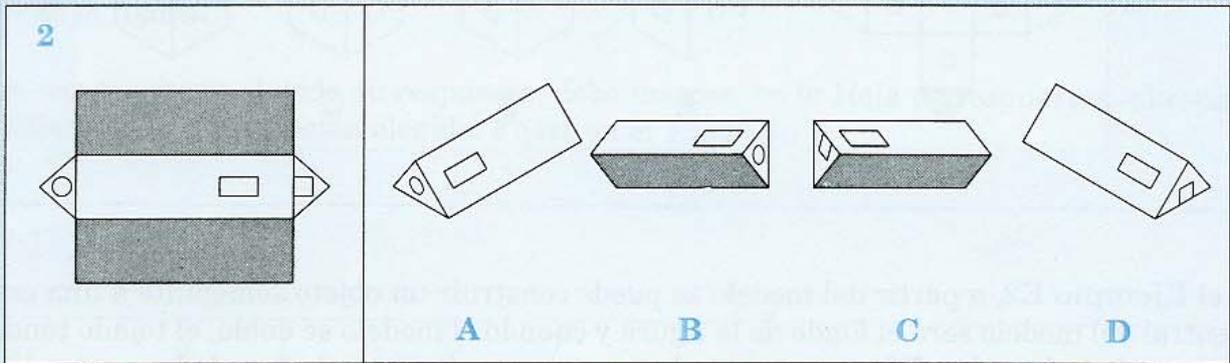
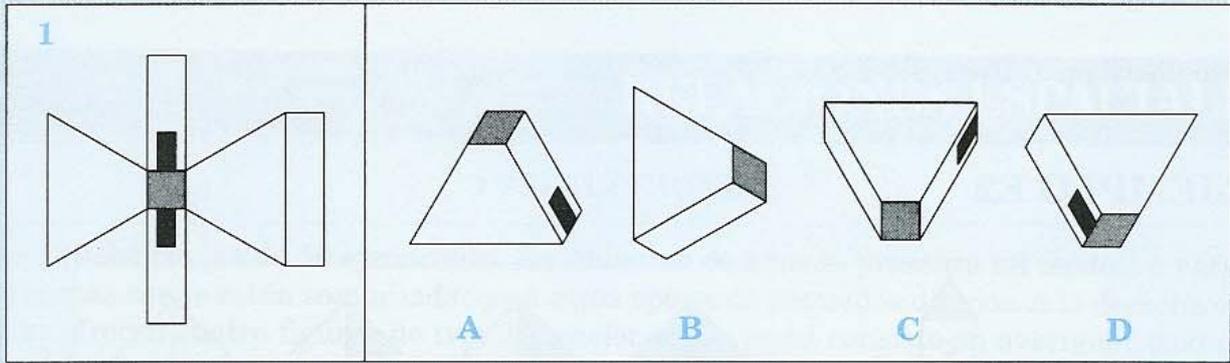
El modelo siempre muestra la superficie **exterior** de la figura construida. Todas las figuras tienen la forma correcta, pero sólo **una** puede construirse a partir del modelo.

Tiene que marcar todas sus contestaciones en la Hoja de respuestas. **No** escriba nada ni haga ninguna señal en este Cuadernillo.

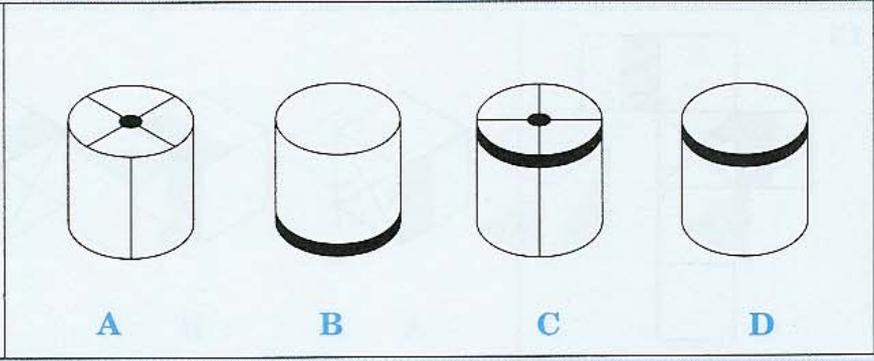
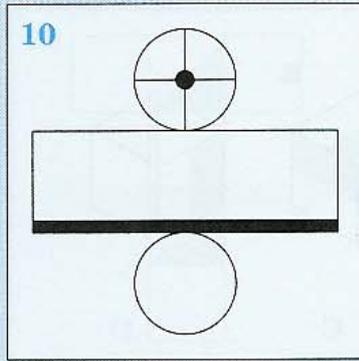
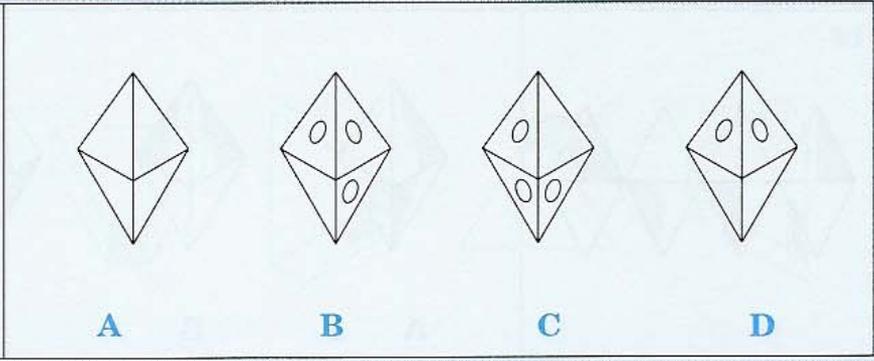
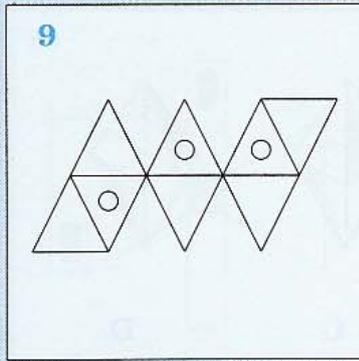
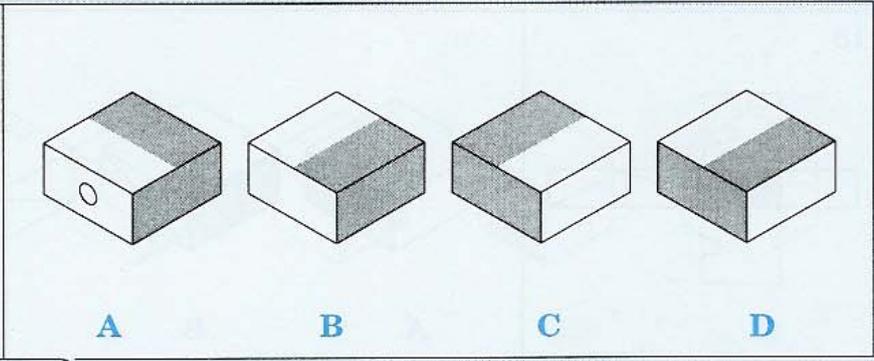
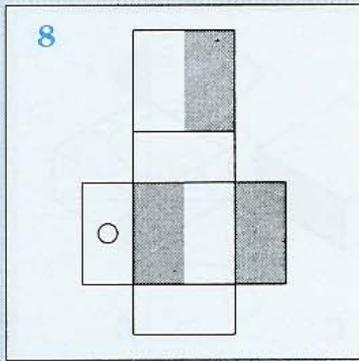
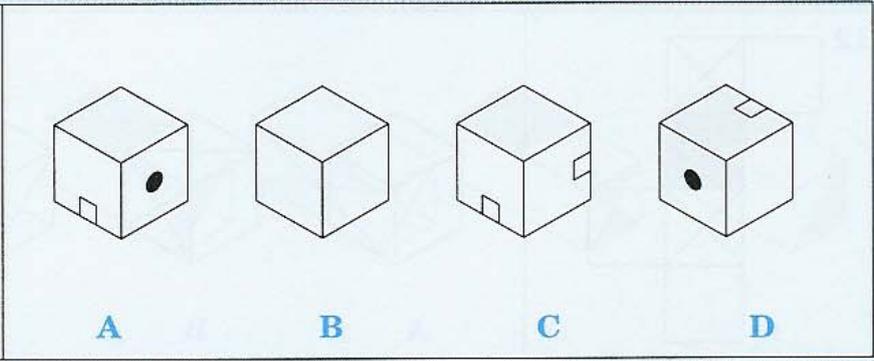
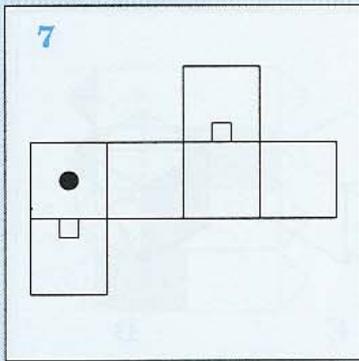
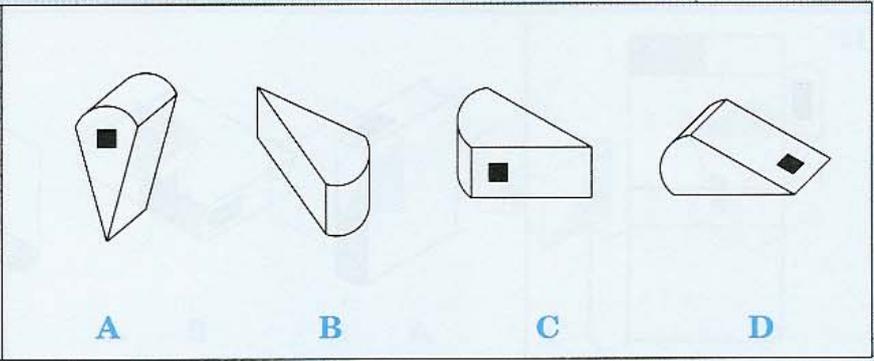
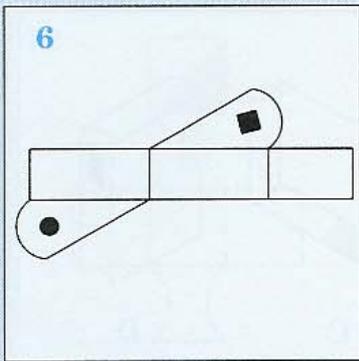
Si tiene dificultad en contestar a algún ejercicio, déjelo y pase a otros que le parezcan más fáciles. Luego, si tiene tiempo, vuelva a los ejercicios que dejó sin contestar en esta prueba. **No** continúe con la prueba siguiente hasta que se lo indiquen.

**DETÉNGASE. NO VUELVA LA HOJA HASTA QUE SE LE INDIQUE**

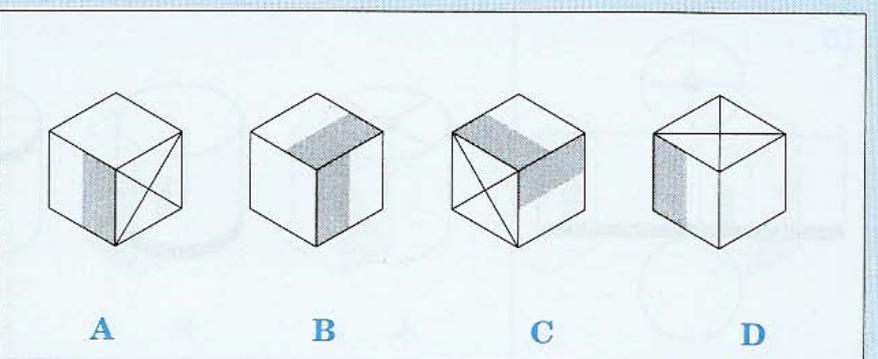
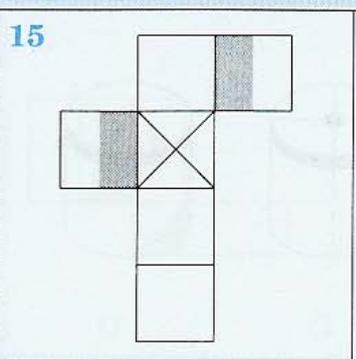
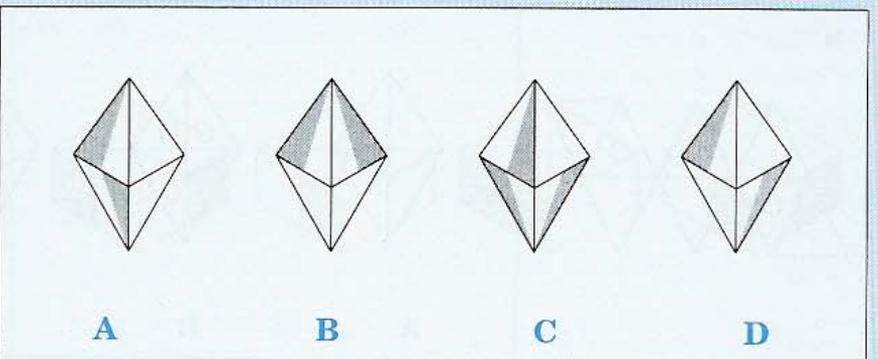
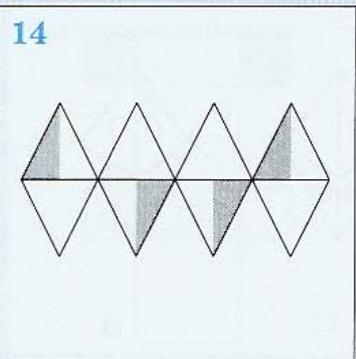
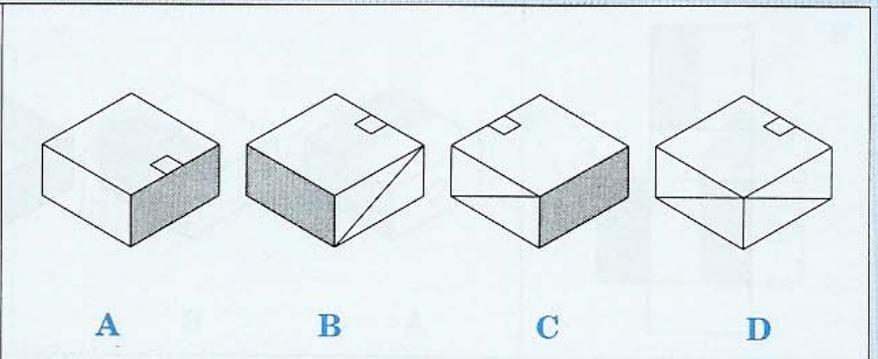
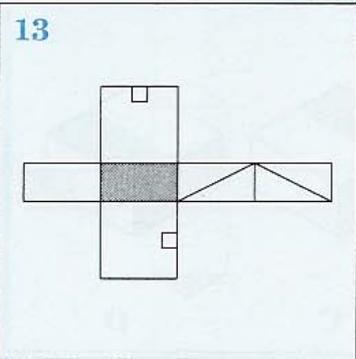
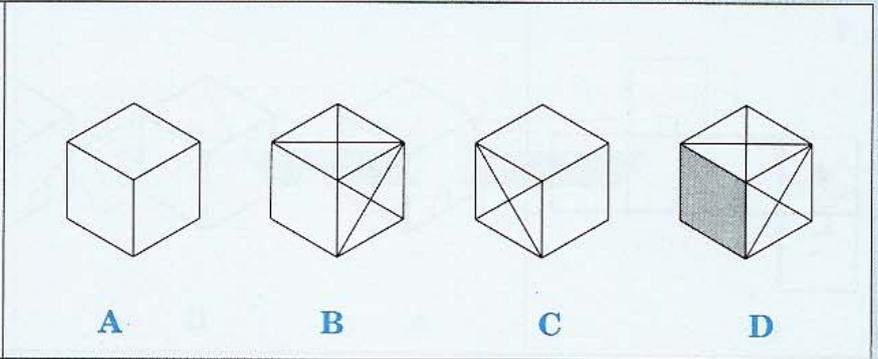
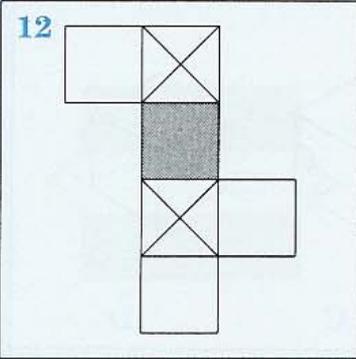
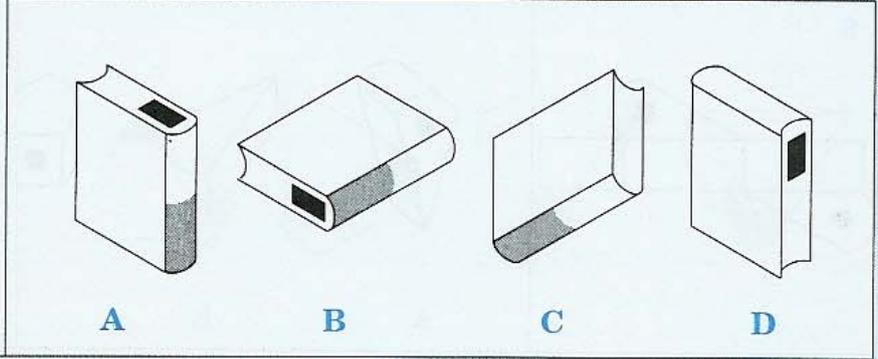
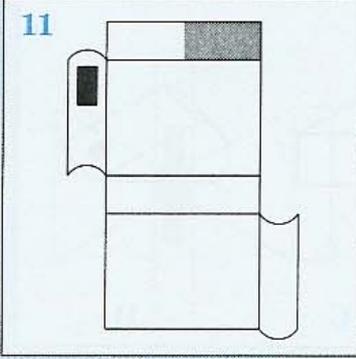
ESPERE



NO SE DETENGA, CONTINÚE EN LA PÁGINA SIGUIENTE

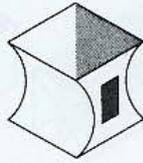
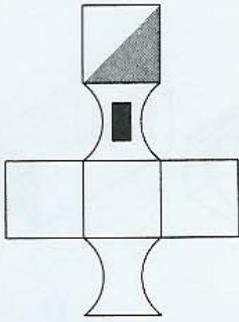


NO SE DETENGA, CONTINÚE EN LA PÁGINA SIGUIENTE

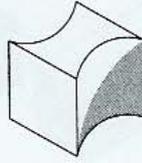


NO SE DETENGA, CONTINÚE EN LA PÁGINA SIGUIENTE

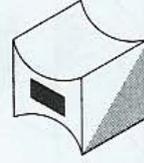
16



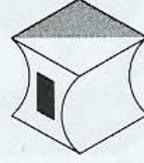
A



B

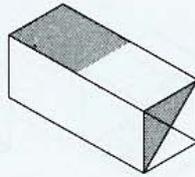
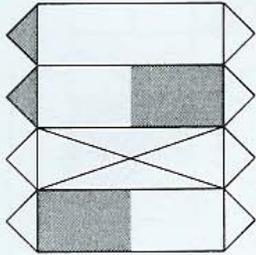


C

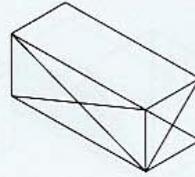


D

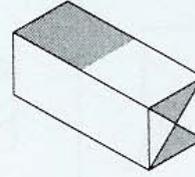
17



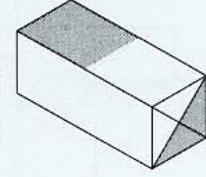
A



B

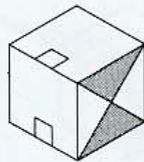
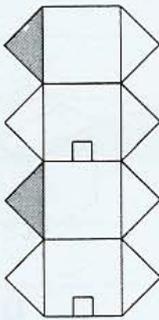


C

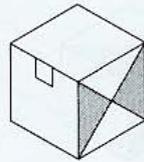


D

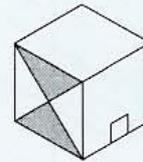
18



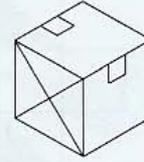
A



B

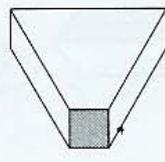
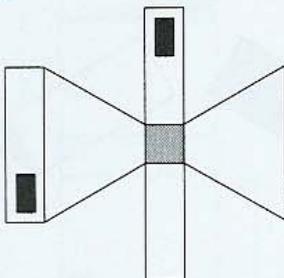


C

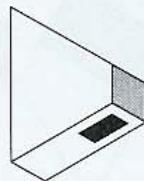


D

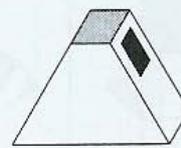
19



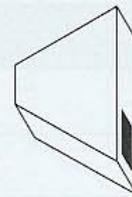
A



B

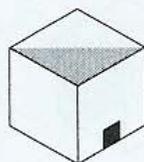
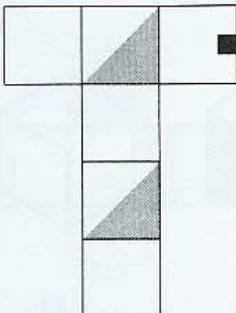


C

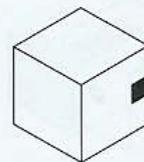


D

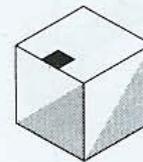
20



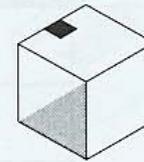
A



B



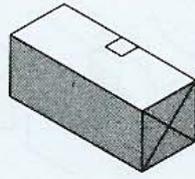
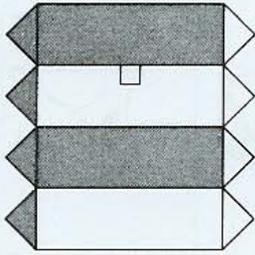
C



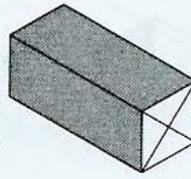
D

NO SE DETENGA, CONTINÚE EN LA PÁGINA SIGUIENTE

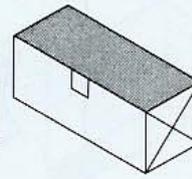
21



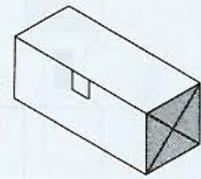
A



B

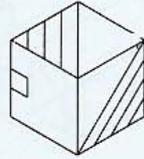
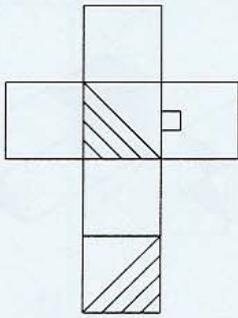


C

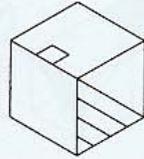


D

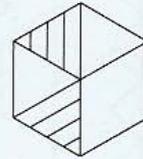
22



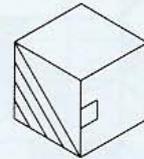
A



B

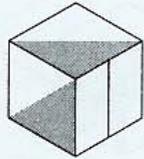
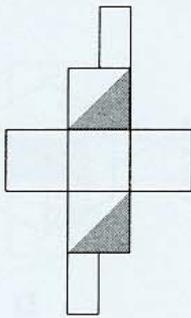


C

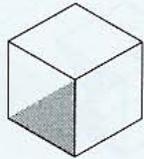


D

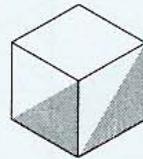
23



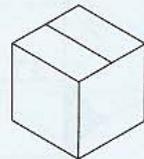
A



B

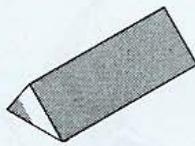
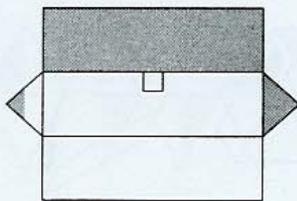


C

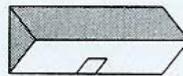


D

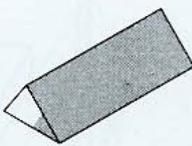
24



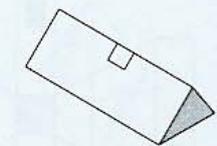
A



B

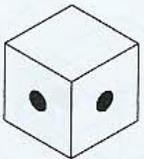
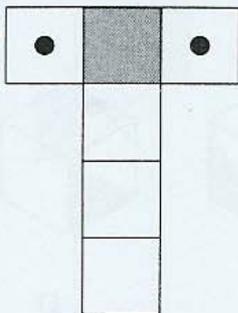


C

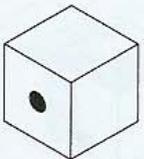


D

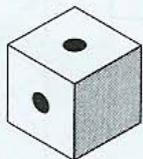
25



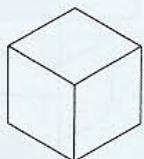
A



B



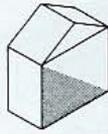
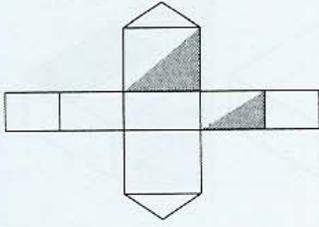
C



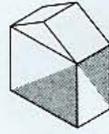
D

NO SE DETENGA, CONTINÚE EN LA PÁGINA SIGUIENTE

26



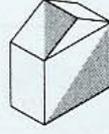
A



B

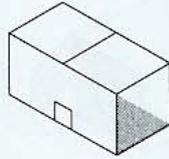
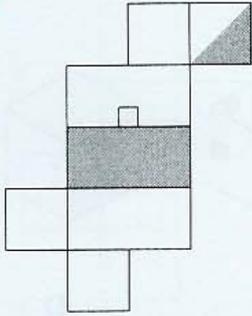


C

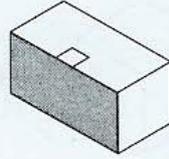


D

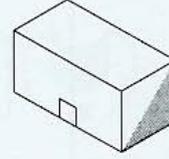
27



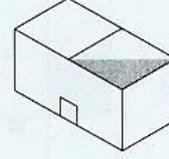
A



B

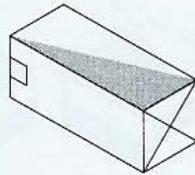
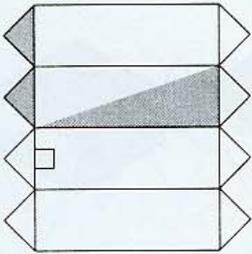


C

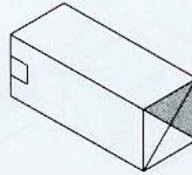


D

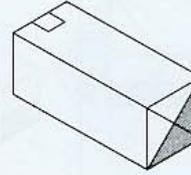
28



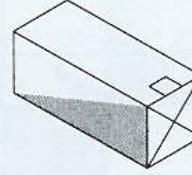
A



B

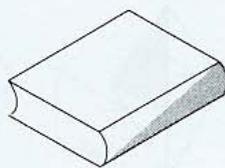
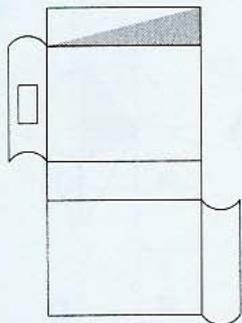


C

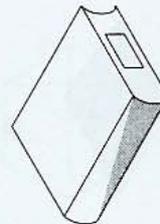


D

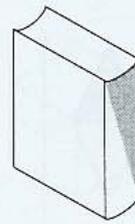
29



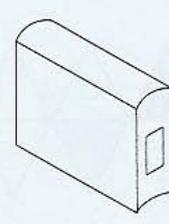
A



B

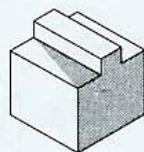
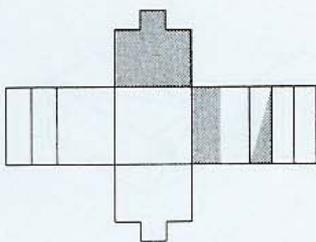


C

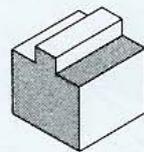


D

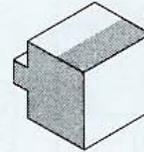
30



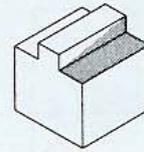
A



B



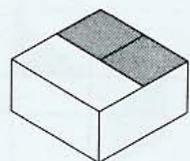
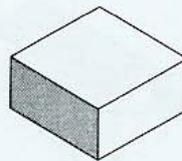
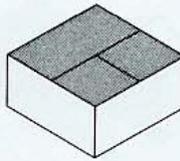
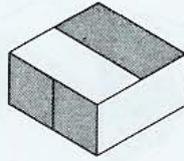
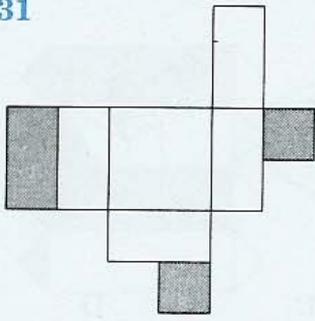
C



D

NO SE DETENGA, CONTINÚE EN LA PÁGINA SIGUIENTE

31



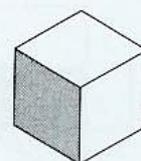
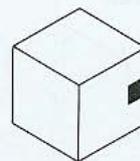
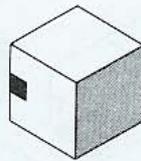
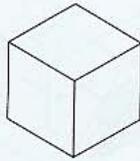
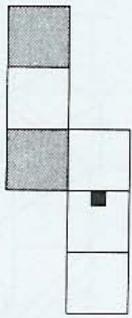
A

B

C

D

32



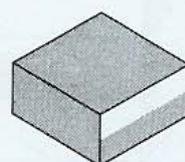
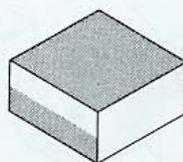
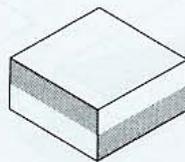
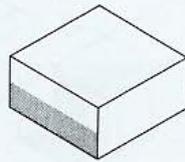
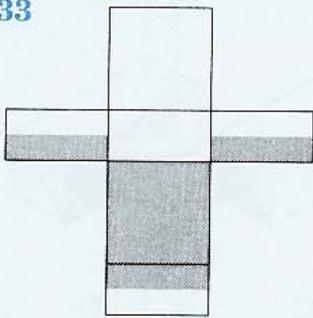
A

B

C

D

33



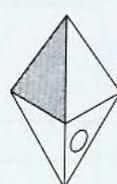
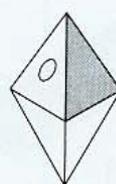
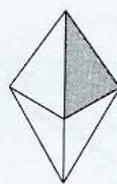
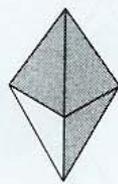
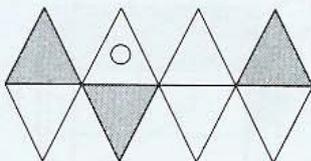
A

B

C

D

34



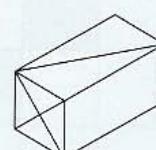
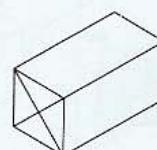
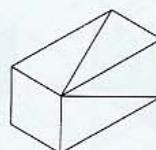
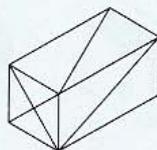
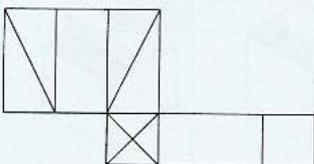
A

B

C

D

35



A

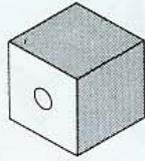
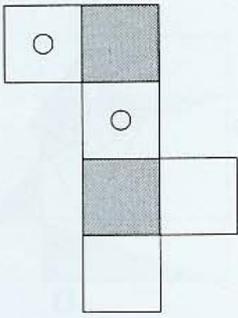
B

C

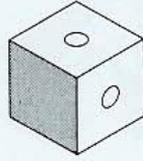
D

NO SE DETENGA, CONTINÚE EN LA PÁGINA SIGUIENTE

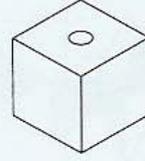
36



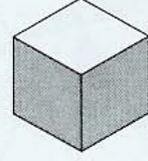
A



B

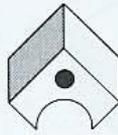
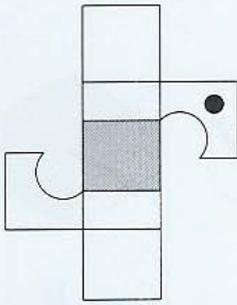


C

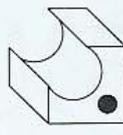


D

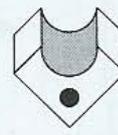
37



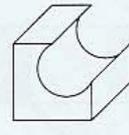
A



B

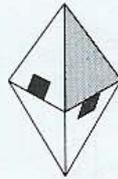
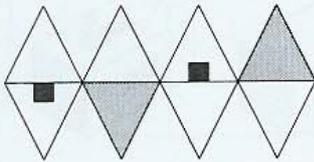


C

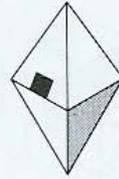


D

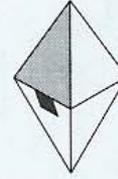
38



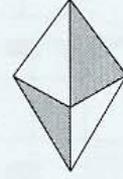
A



B

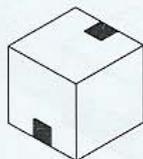
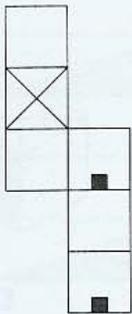


C

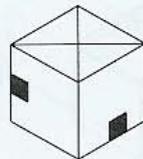


D

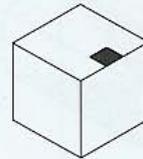
39



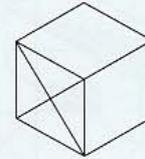
A



B

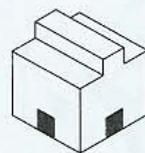
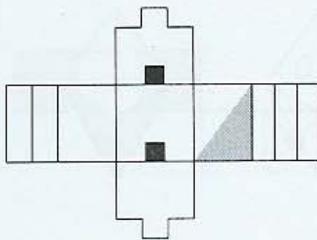


C

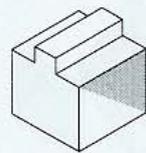


D

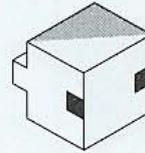
40



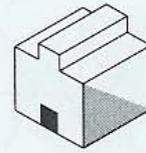
A



B



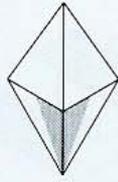
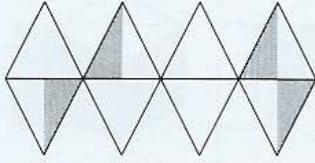
C



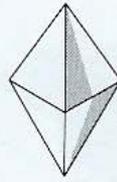
D

NO SE DETENGA, CONTINÚE EN LA PÁGINA SIGUIENTE

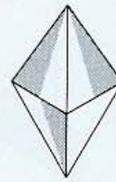
41



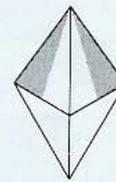
A



B

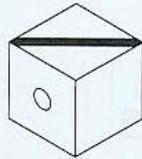
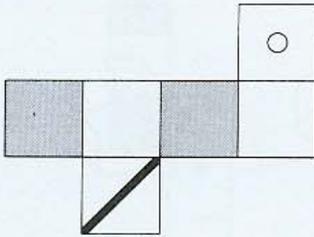


C

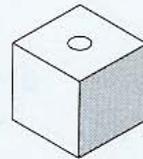


D

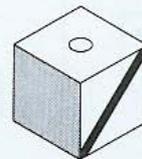
42



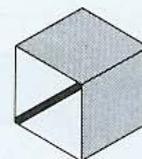
A



B

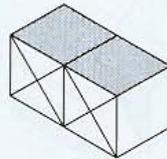
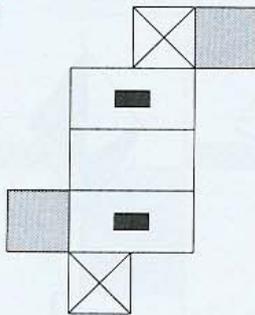


C

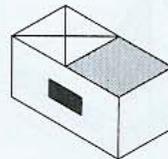


D

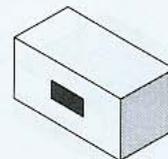
43



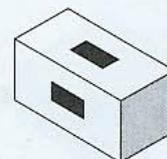
A



B

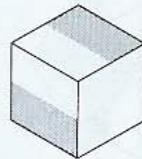
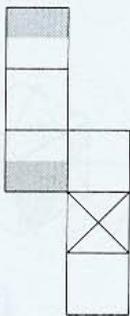


C

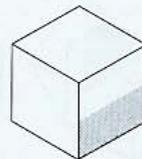


D

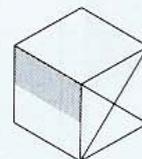
44



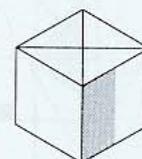
A



B

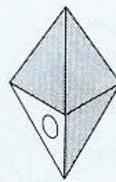
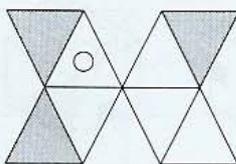


C

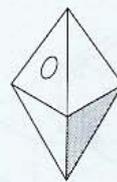


D

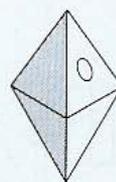
45



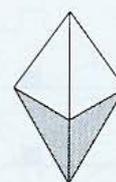
A



B



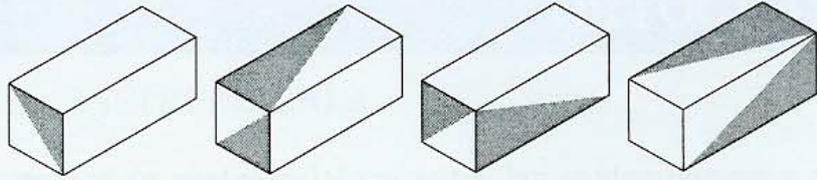
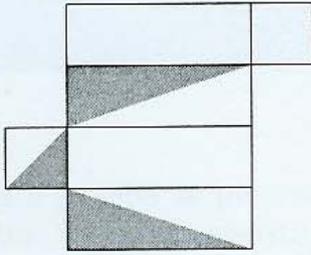
C



D

NO SE DETENGA, CONTINÚE EN LA PÁGINA SIGUIENTE

46



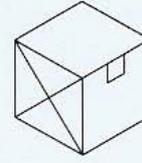
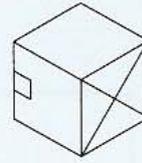
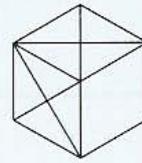
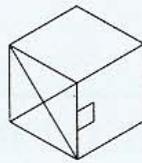
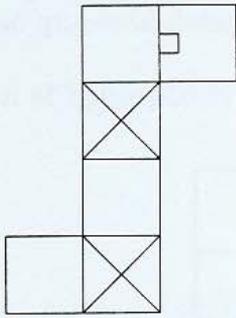
A

B

C

D

47



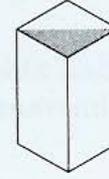
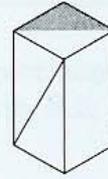
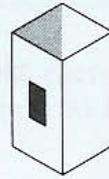
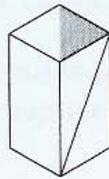
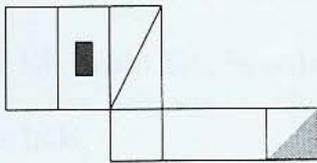
A

B

C

D

48



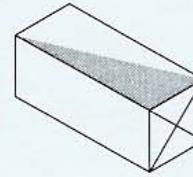
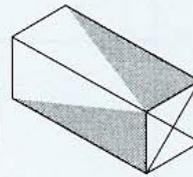
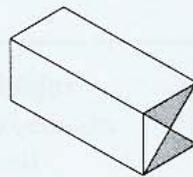
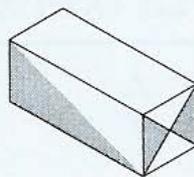
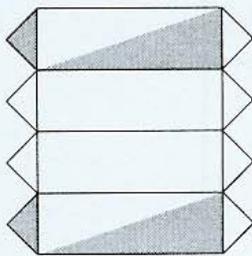
A

B

C

D

49



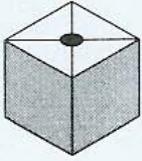
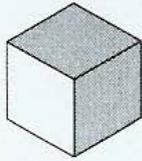
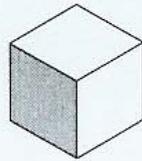
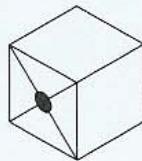
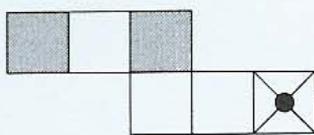
A

B

C

D

50



A

B

C

D

DETÉNGASE. SI HA TERMINADO, REPASE SUS CONTESTACIONES



## **Anexo 2**

### **Test de Rotación mental de Vandenberg MRT**

---



# TEST DE ROTACION MENTAL MRT

(Vanderberg et Kuse 1978)

Este test mide la capacidad de realizar rotaciones mentales en el espacio 3D.

Está compuesto de 20 ejercicios compuestos cada uno de ellos de cinco figuras.

La primera es la que tomamos como referencia y el objetivo es localizar dentro de las otras cuatro, las que dos que corresponden a la de figura de referencia después de haber girado alrededor de uno o dos de sus ejes.

## Tiempo:

El tiempo límite es de 6 minutos.

Se divide en dos periodos de 3 minutos. Es decir el alumno empieza, realiza las dos primeras páginas y no continua con el ejercicio hasta que se acaban los tres minutos.

## Puntuación:

2 puntos por cada línea de figuras correctamente resueltas

1 punto si sólo se localiza una de las rotaciones por línea y no se marca ninguna otra figura.

0 punto si alguna de las marcas es incorrecta.

Las respuestas correctas son las siguientes:

LÍNEA	SOLUCION	LÍNEA	SOLUCIÓN
1	1-3	11	2-4
2	1-4	12	2-4
3	2-4	13	2-4
4	2-3	14	1-4
5	1-3	15	2-4
6	1-4	16	2-3
7	2-4	17	1-3
8	2-3	18	1-4
9	2-4	19	2-4
10	1-4	20	2-3

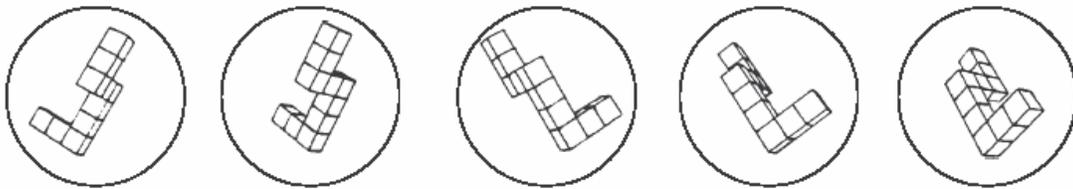
# TEST DE ROTACION MENTAL

Nombre \_\_\_\_\_ DNI \_\_\_\_\_

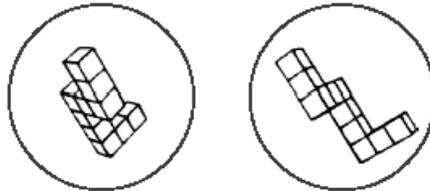
Carrera \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

Este test está destinado a medir la aptitud para reconocer un objeto dado en una muestra de objetos diferentes. La única diferencia entre el objeto original y el objeto a localizar consiste en una modificación del ángulo de visión. En la imagen inferior tenemos un ejemplo de una misma figura vista desde cinco posiciones distintas.



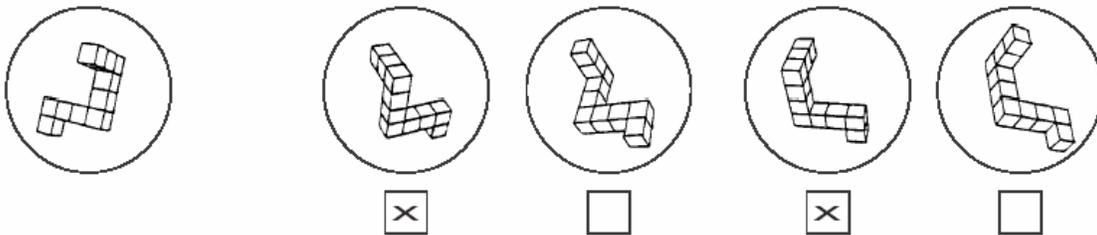
En el ejemplo siguiente podemos ver dos figuras que representan un objeto diferente al anterior. Es decir, aunque lo giráramos no podríamos verlo como los anteriores.



Ahora podrás realizar algunos ejercicios a modo de ejemplo. Para cada problema hay una figura de referencia a la izquierda y cuatro figuras alineadas a la derecha. El problema consiste en localizar entre esas cuatro imágenes, las dos que corresponden a la figura de la izquierda.

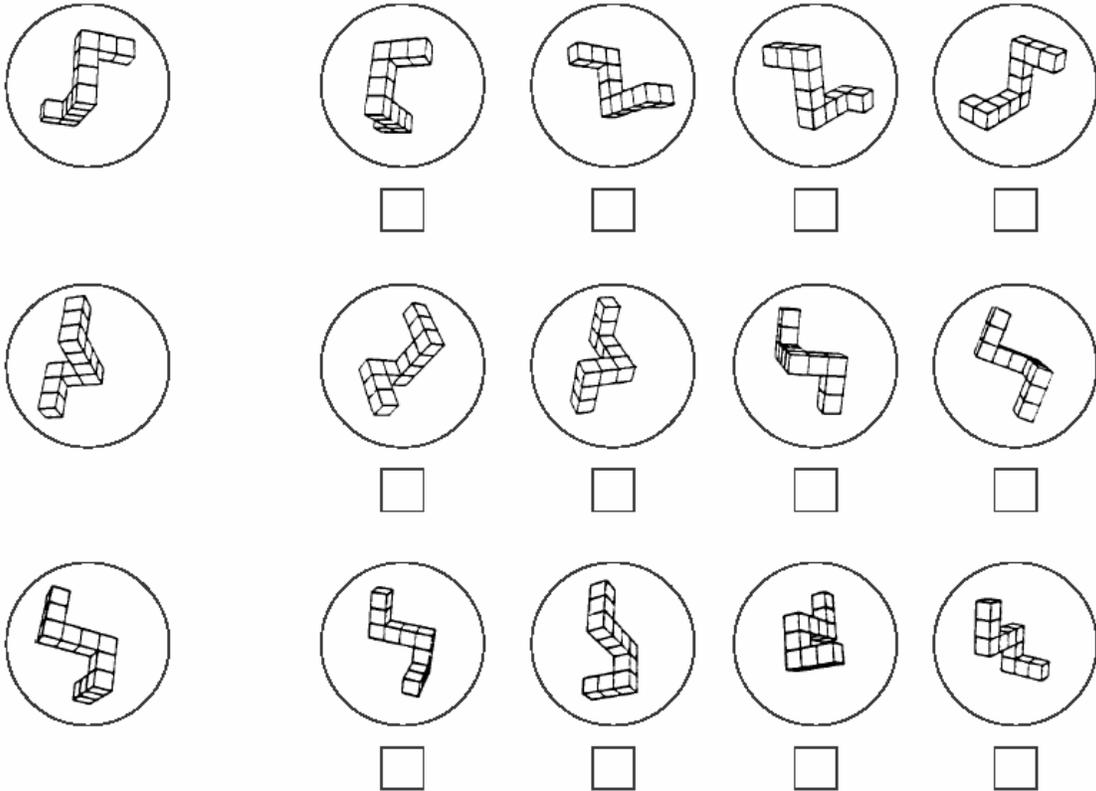
En todos los problemas, hay dos soluciones correctas. Hay que marcar con una X, las casillas correspondientes (como en el ejemplo).

En el caso de que no se localicen las dos soluciones, se puede marcar sólo una de ellas y el ejercicio puntúa la mitad. Si alguna de ellas es errónea el ejercicio estará mal por completo.



**Pasa a la página siguiente**

Completar los siguientes ejercicios por vosotros mismos. ¿Cuáles son los dos gráficos, entre los cuatro de la izquierda, que representan la misma estructura que la figura de la derecha? Siempre hay dos y solamente dos respuestas correctas para cada problema. Escriba una X debajo de los dibujos correctos. (Los tres ejemplos siguientes tienen las respuestas al final de la página para corregir inmediatamente)



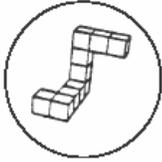
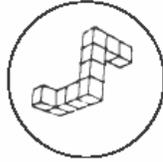
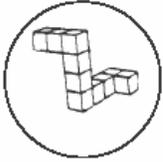
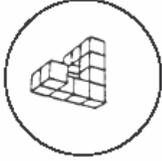
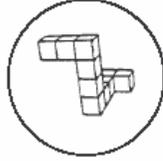
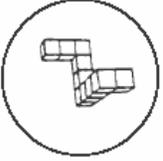
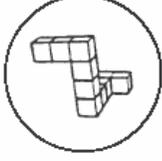
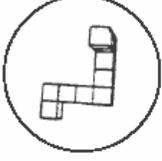
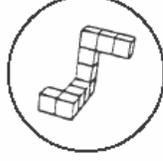
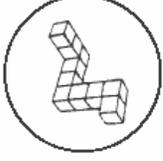
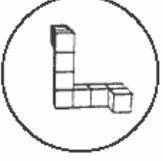
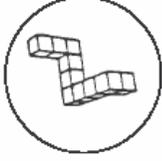
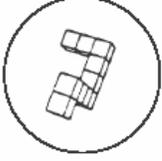
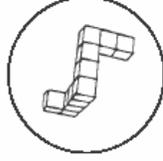
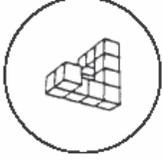
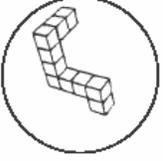
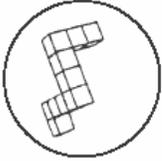
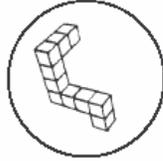
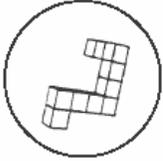
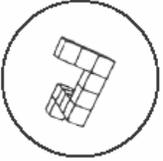
Respuestas correctas:

- 1.- Dibujos primero y segundo
- 2.- Dibujos primero y tercero
- 3.- Dibujos segundo y tercero

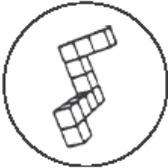
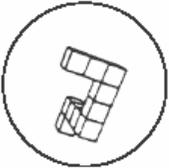
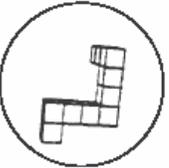
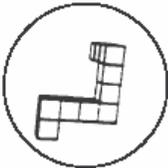
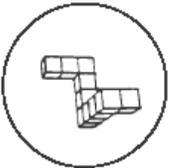
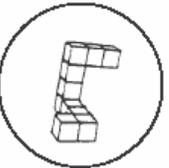
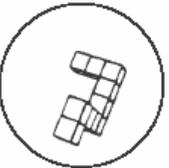
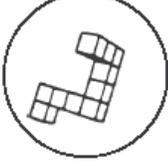
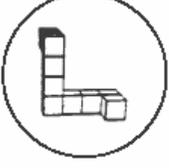
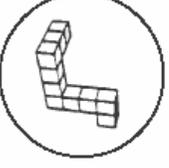
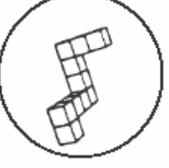
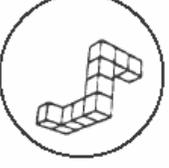
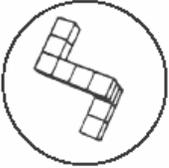
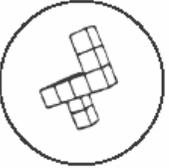
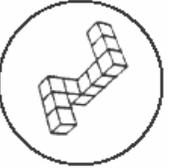
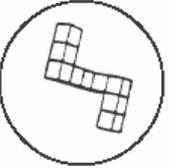
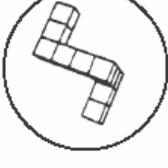
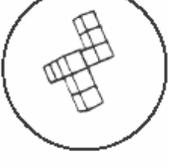
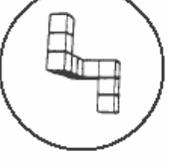
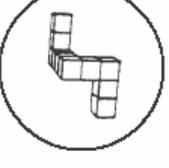
Este test está compuesto de dos partes. Dispone de 3 minutos para cada parte. Si termina la primera parte antes de tiempo, deténgase y espere a que le avisen para continuar.

Recuerde que existen dos y solamente dos respuestas correctas en cada ejercicio. La puntuación de cada ejercicio será cero si alguna de las respuestas es incorrecta, pero será la mitad si sólo marca una casilla y ésta es correcta.

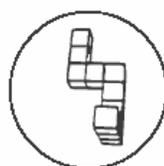
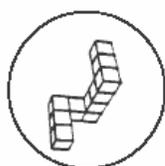
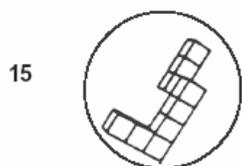
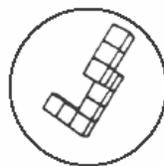
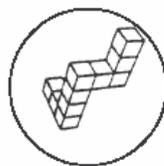
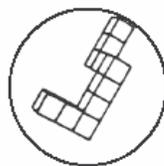
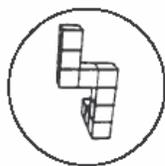
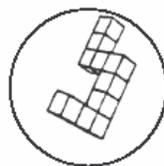
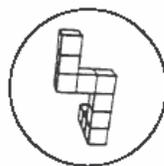
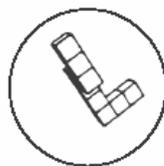
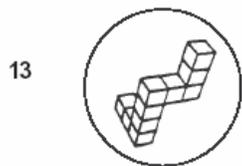
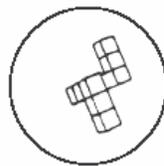
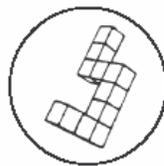
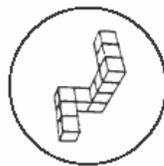
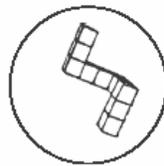
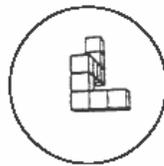
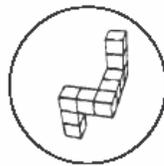
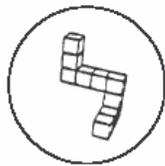
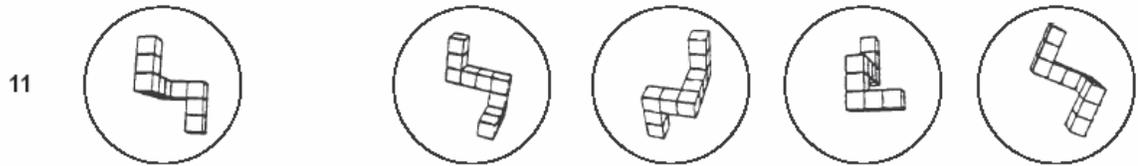
**No pase la página hasta que se le indique**

1					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Pase a la página siguiente**

6					
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7					
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8					
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9					
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10					
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**No pase la página hasta que se le indique**



**Pase a la página siguiente**

16					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20					
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**FINAL**



# **Anexo 3**

## **Perspective Taking-Spatial Orientation Test**

---



## TEST DE ORIENTACIÓN ESPACIAL

Este es un test sobre su habilidad para imaginar diferentes perspectivas u orientaciones espaciales. En cada una de las siguientes páginas verá una colección de imágenes y un “círculo de orientación” con una pregunta sobre la dirección existente entre algunos de esos objetos. Para el problema de cada página, usted debe imaginar que se encuentra situado en uno de los objetos dados (que se situará en el centro del círculo) mirando hacia otro de los objetos, situado en la parte superior del círculo. Lo que se le pide es que manteniendo esa orientación, dibuje una flecha desde el objeto central mostrando la dirección de un tercer objeto.

Mire el ejemplo de la siguiente página. En ese caso se le pregunta que imagine que usted está situado en la posición de la flor, escrita en el centro del círculo, mirando hacia la posición del árbol, escrito en la parte superior del círculo. Su tarea es dibujar una flecha que señale la dirección en la que se encuentra el gato. En el ejemplo se muestra la solución. El test consiste en dibujar esas flechas de dirección para cada situación propuesta. ¿Puede ver que si estuviera en la posición de la flor mirando hacia el árbol, el gato estaría en la dirección de la flecha? Pregunte ahora si tiene alguna pregunta sobre lo que se le pide hacer en el test.

Este test consta de 12 ítems, uno en cada página. Para cada caso, la colección de objetos se sitúa en la parte superior de la página y el “círculo de dirección” en la parte inferior. Trate de marcar las direcciones correctas pero no pierda demasiado tiempo con cada una de ellas.

**Dispone de 5 minutos para realizar el test.**

## **Spatial Orientation Test**

This is a test of your ability to imagine different perspectives or orientations in space. On each of the following pages you will see a picture of an array of objects and an “arrow circle” with a question about the direction between some of the objects. For the question on each page, you should imagine that you are standing at one object in the array (which will be named in the center of the circle) and facing another object, named at the top of the circle. Your task is to draw an arrow from the center object showing the direction to a third object from this facing orientation.

Look at the sample item on the next page. In this item you are asked to imagine that you are standing at the flower, which is named in the center of the circle and facing the tree which is named at the top of the circle. Your task is to draw an arrow pointing to the cat. In the sample item this arrow has been drawn for you. In the test items, your task is to draw this arrow. Can you see that if you were at the flower facing the tree, the cat would be in this direction? Please ask the experimenter now if you have any questions about what you are required to do.

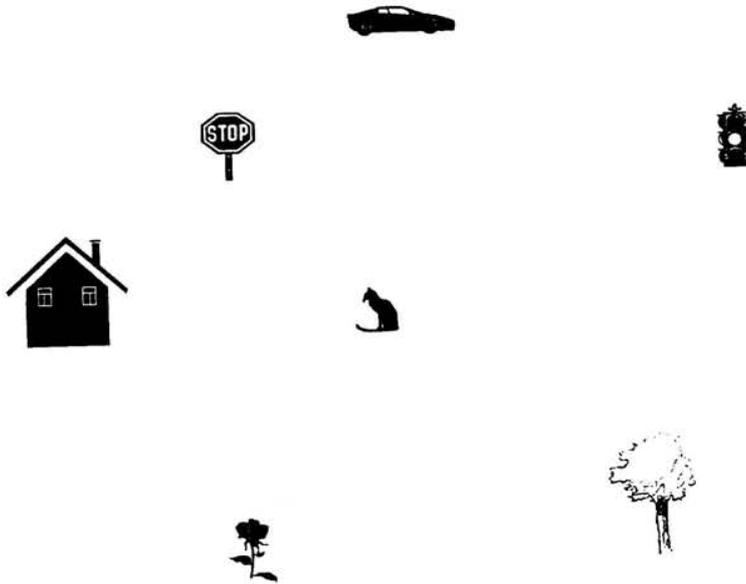
There are 12 items in this test, one on each page. For each item, the array of objects is shown at the top of the page and the arrow circle is shown at the bottom. Please do not pick up or turn the test booklet, and do not make any marks on the maps. Try to mark the correct directions but do not spend too much time on any one question.

You will have 5 minutes for this test.

# TEST DE ORIENTACIÓN ESPACIAL

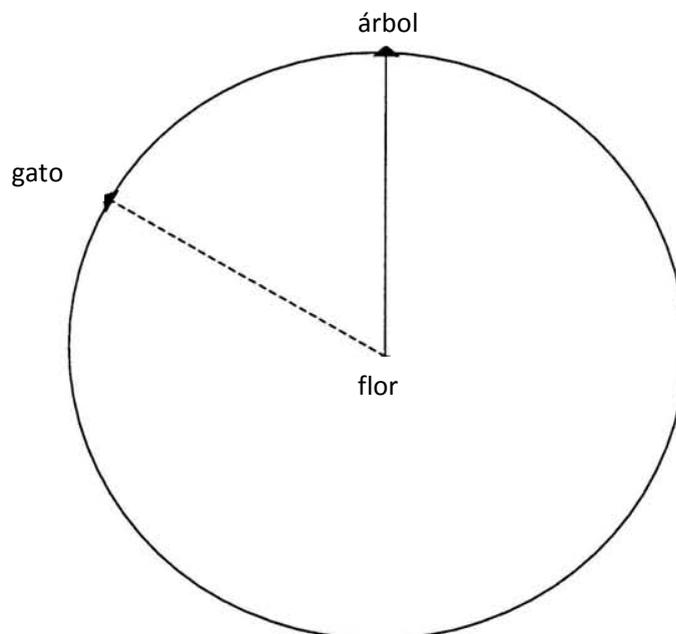
APELLIDOS

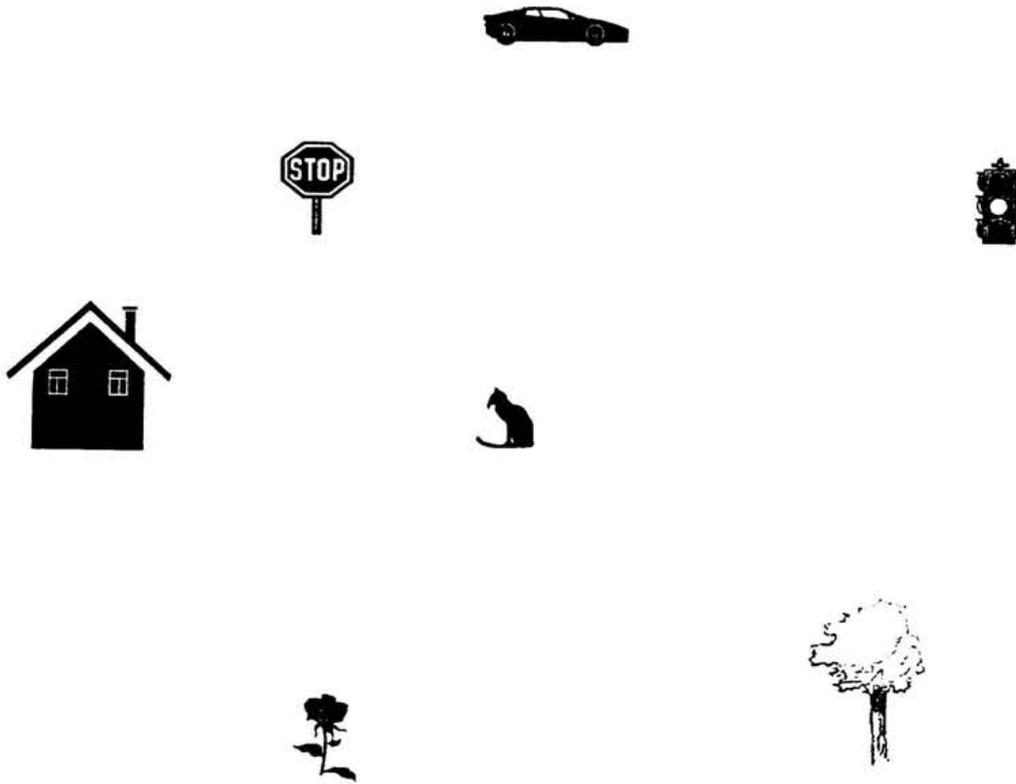
NOMBRE



**EJEMPLO:** Imagina que estás en la **flor** mirando hacia el **árbol**.

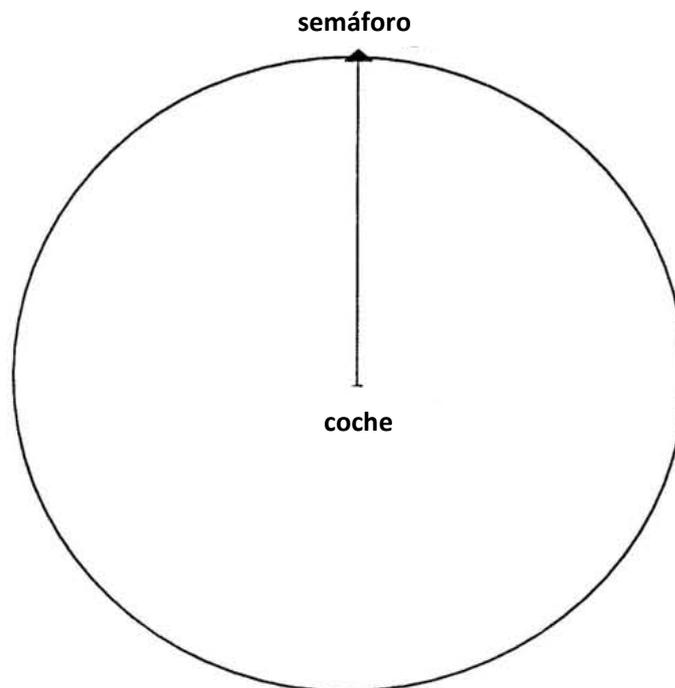
Señala con una flecha la dirección del **gato**.

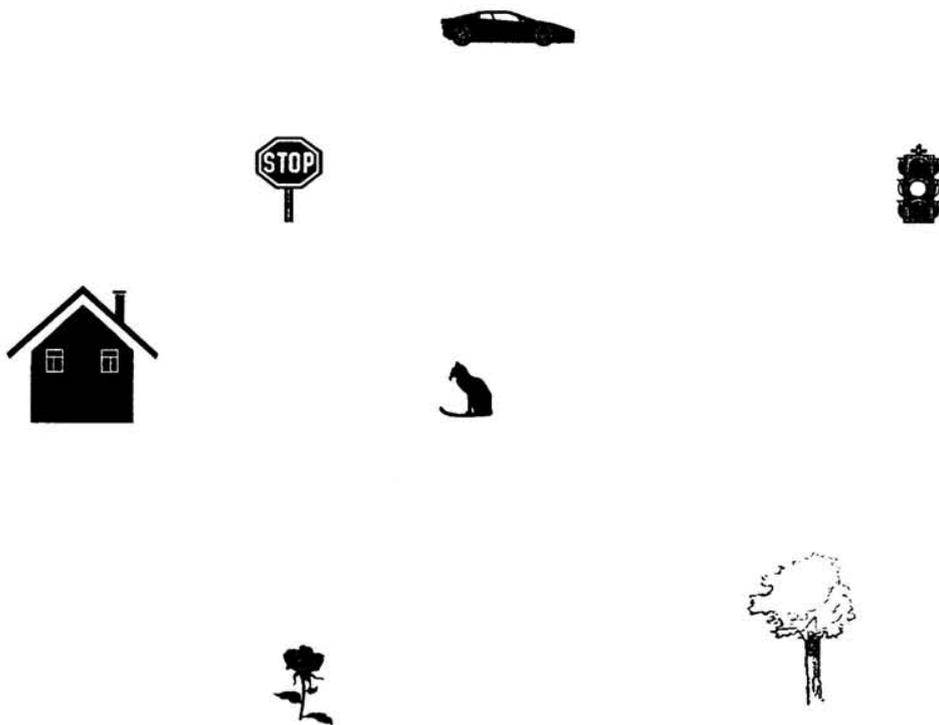




1. Imagina que estás en el **coche** mirando hacia el **semáforo**.

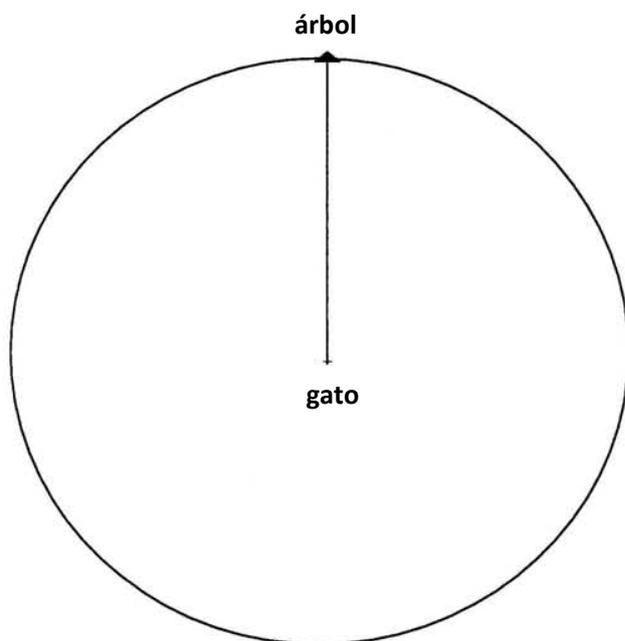
Señala con una flecha la dirección de **la señal de stop**.

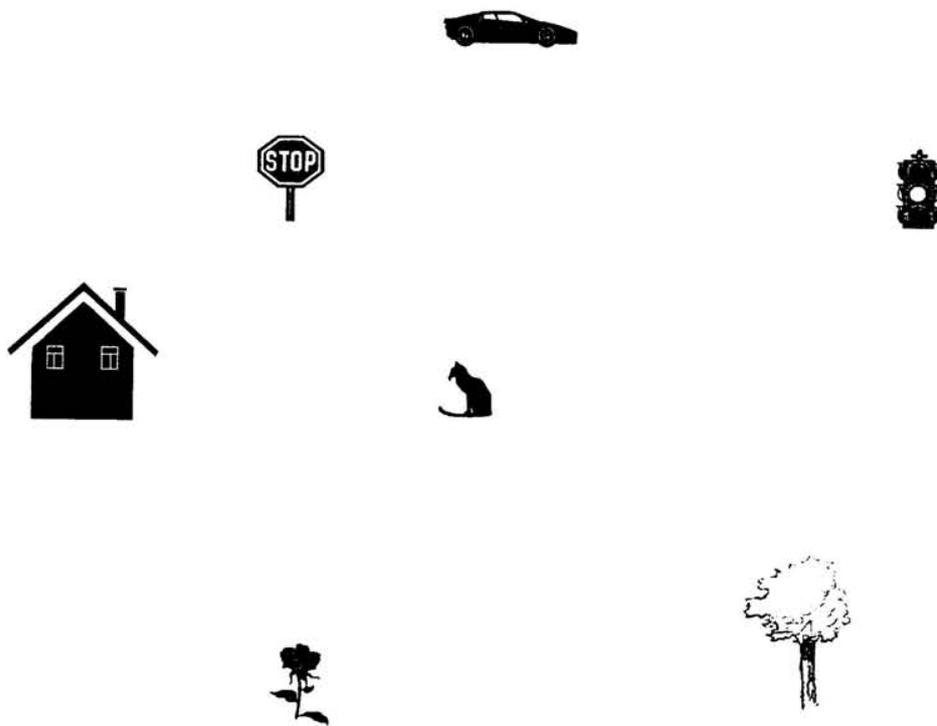




2. Imagina que estás en el **gato** mirando hacia el **árbol**.

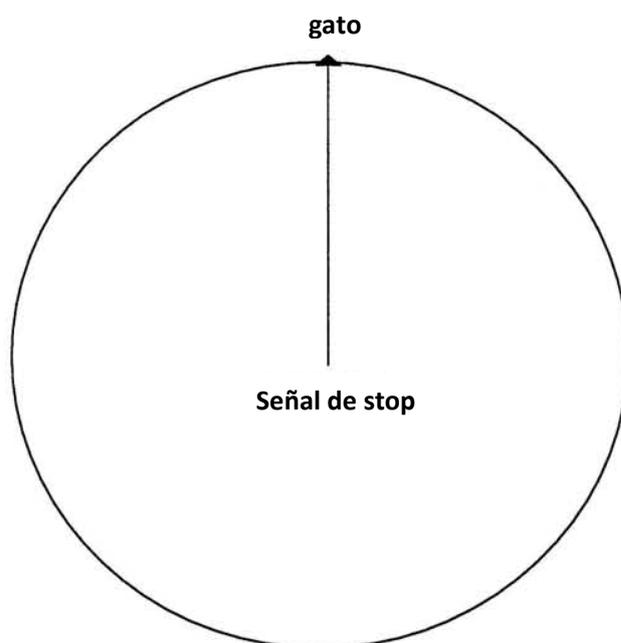
Señala con una flecha la dirección del **coche**.

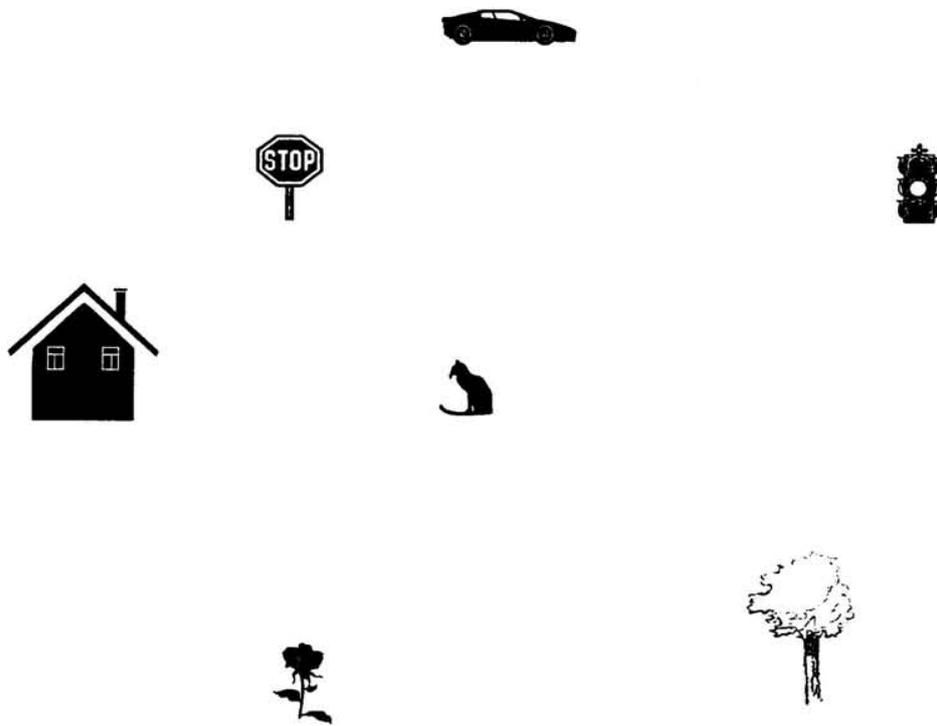




3. Imagina que estás en la **señal de stop** mirando hacia el **gato**.

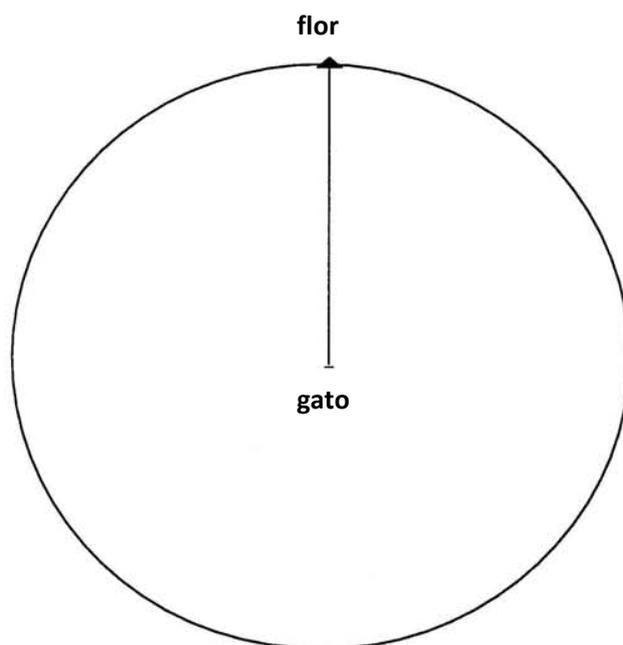
Señala con una flecha la dirección de la **casa**.

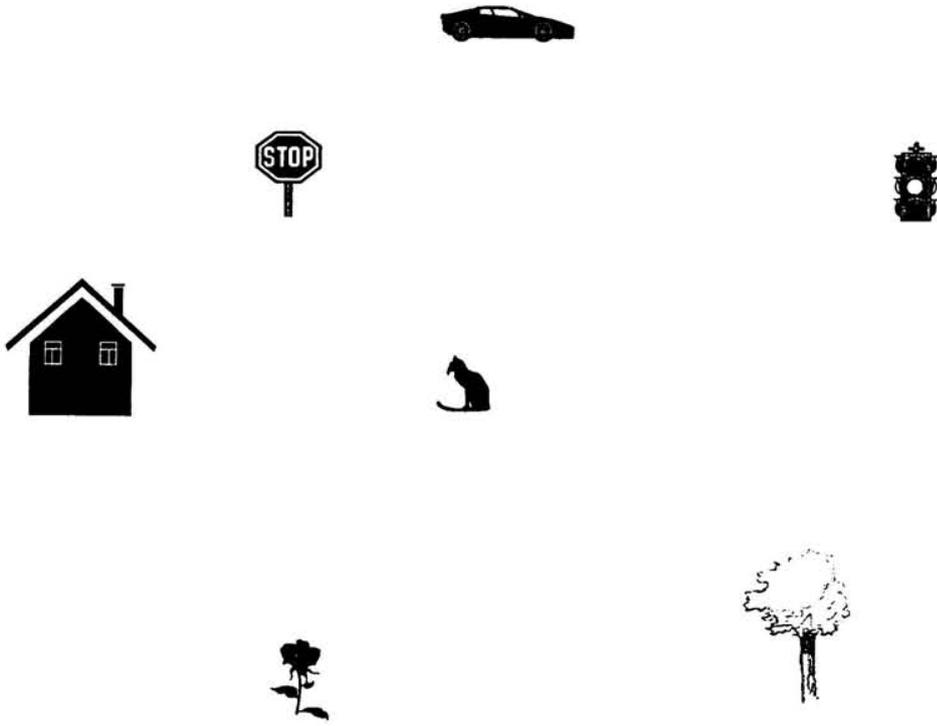




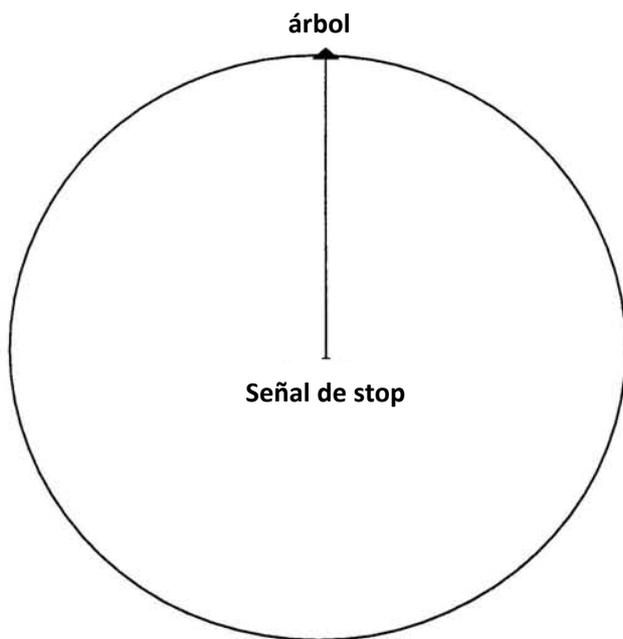
4. Imagina que estás en el **gato** mirando hacia **la flor**.

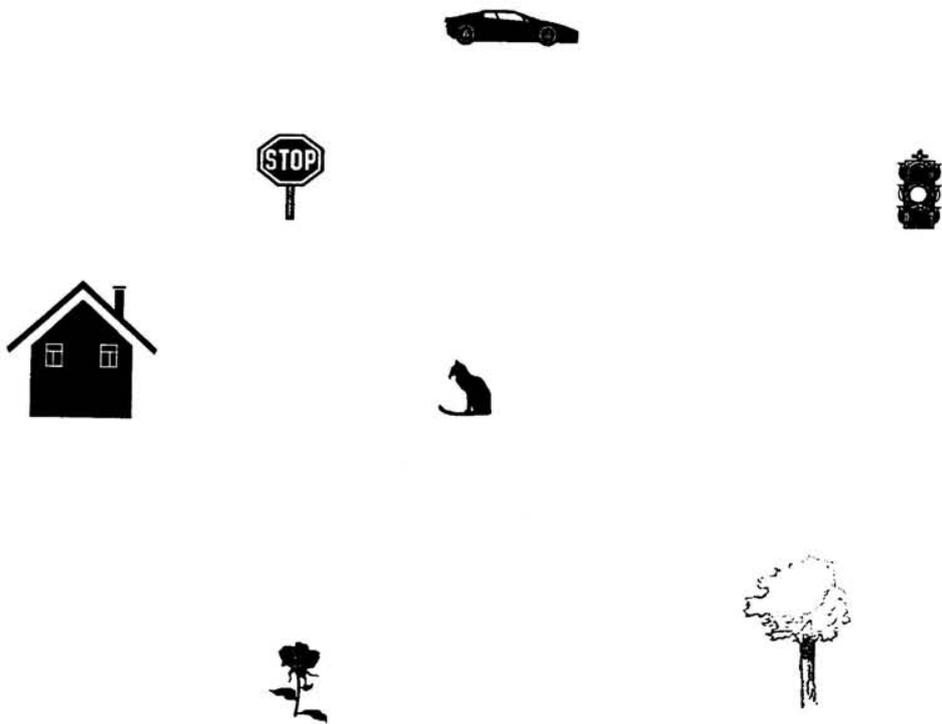
Señala con una flecha la dirección del **coche**.





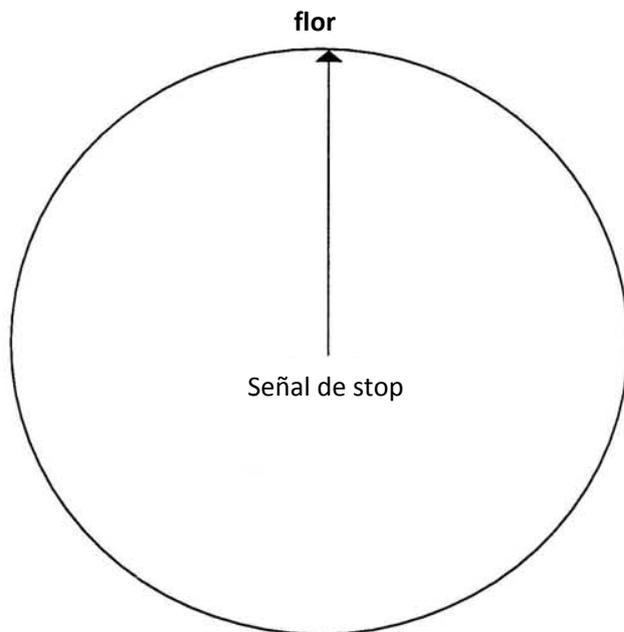
5. Imagina que estás en la **señal de stop** mirando hacia el **árbol**.  
Señala con una flecha la dirección del **semáforo**.

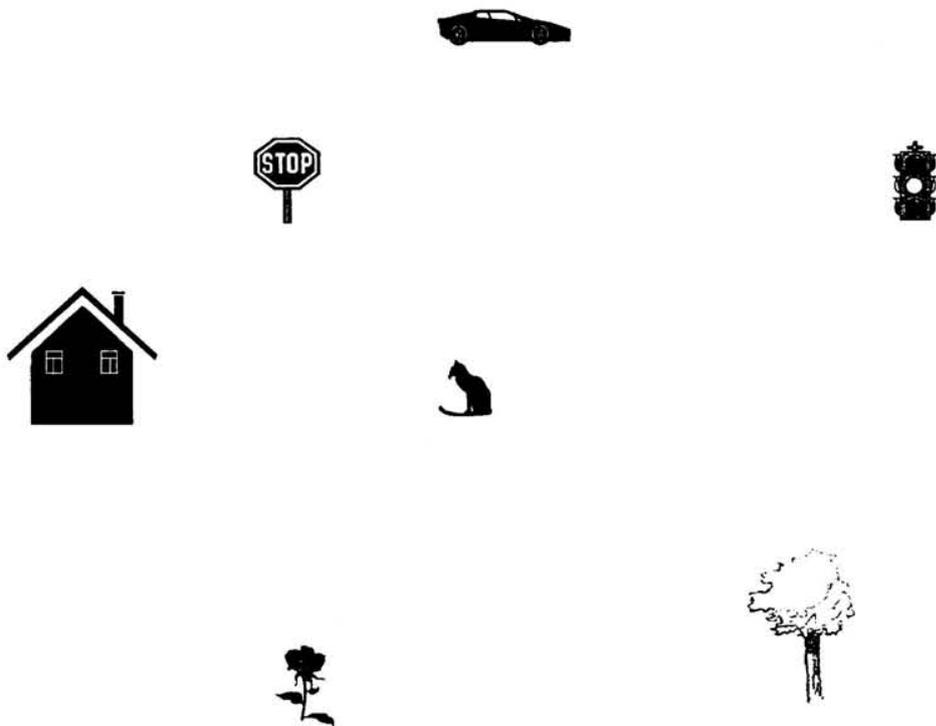




6. Imagina que estás en la **señal de stop** mirando hacia la **flor**.

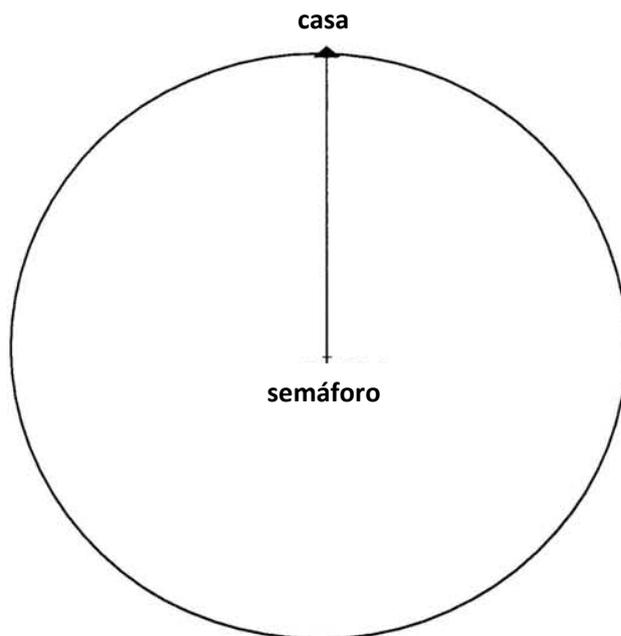
Señala con una flecha la dirección de **coche**.

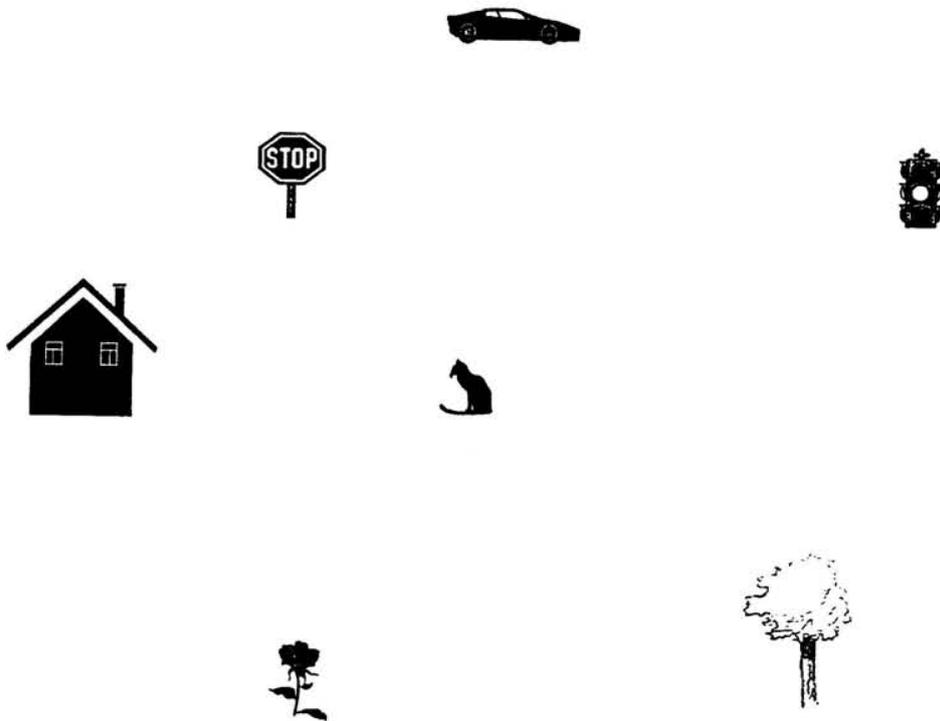




7. Imagina que estás en el **semáforo** mirando hacia la **casa**.

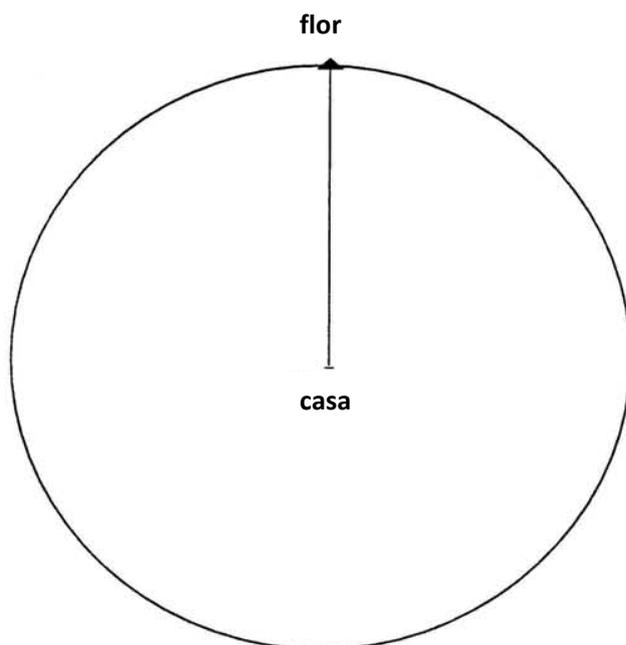
Señala con una flecha la dirección de **la flor**.

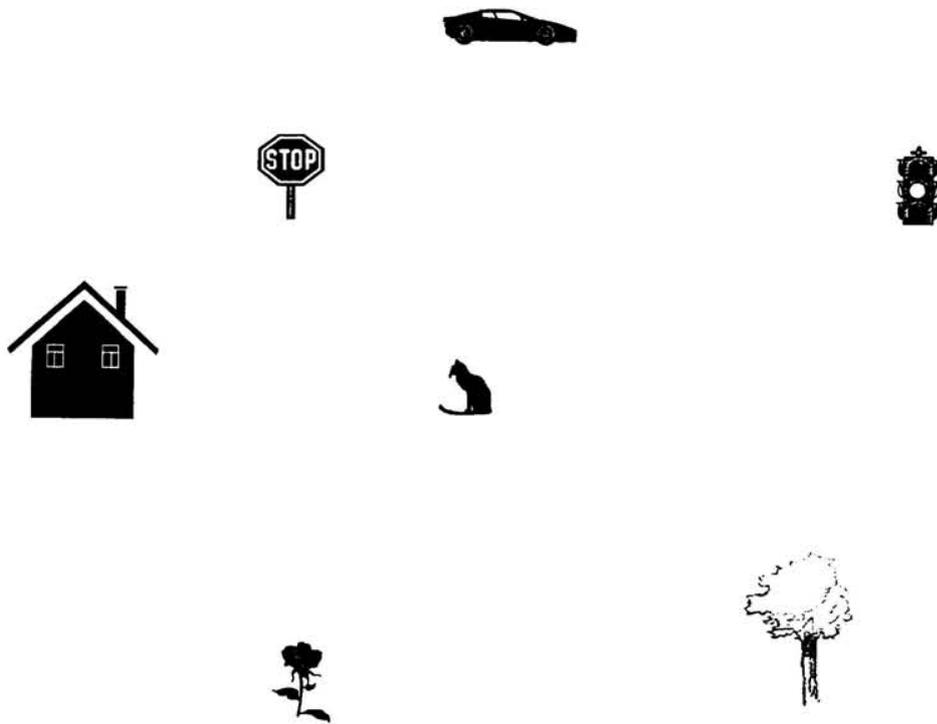




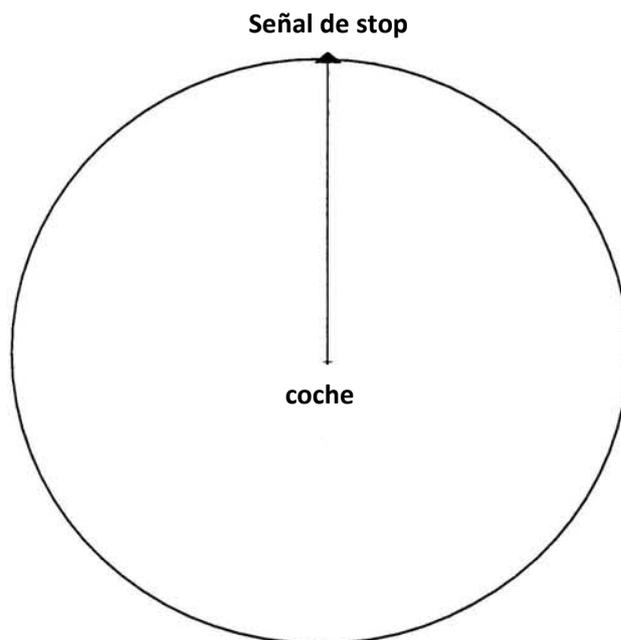
8. Imagina que estás en la **casa** mirando hacia la **flor**.

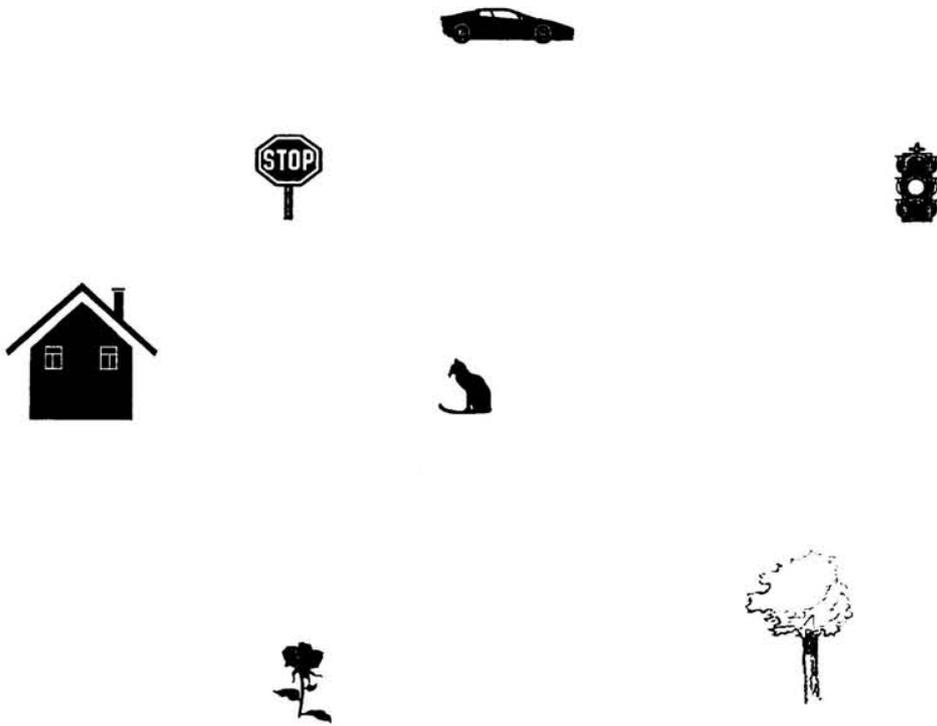
Señala con una flecha la dirección de **la señal de stop**.





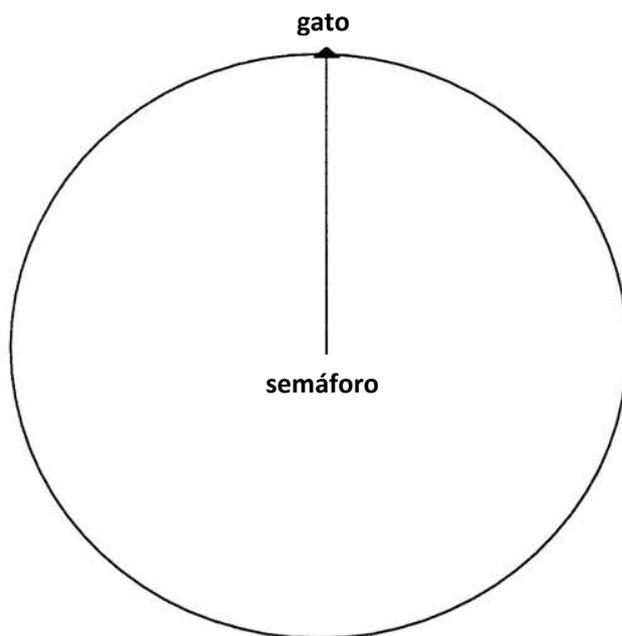
9. Imagina que estás en el **coche** mirando hacia **la señal de stop**.  
Señala con una flecha la dirección del **árbol**.

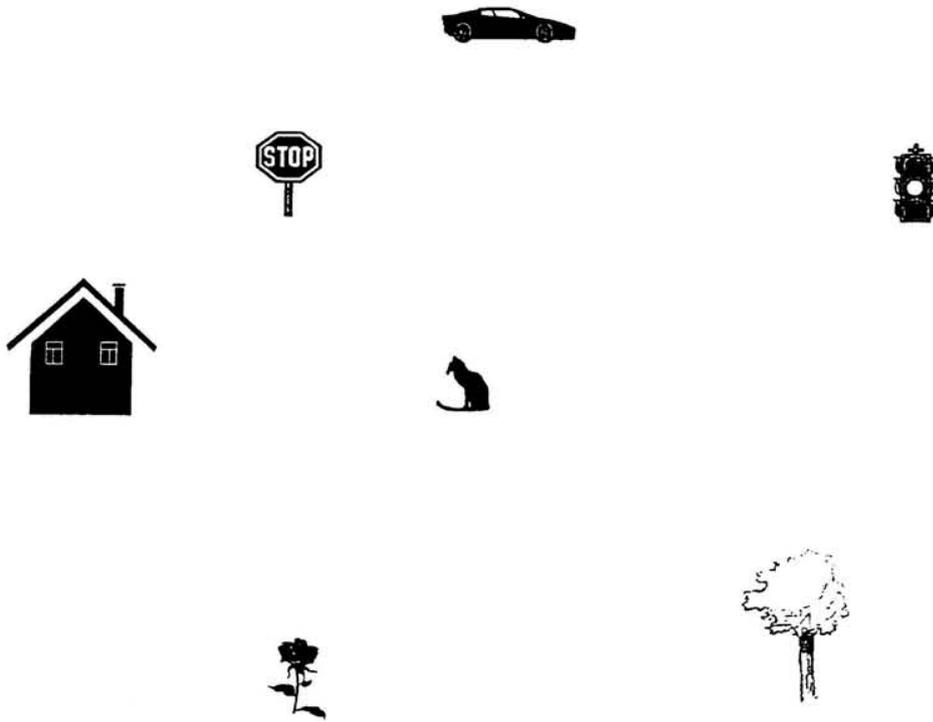




10. Imagina que estás en el **semáforo** mirando hacia el **gato**.

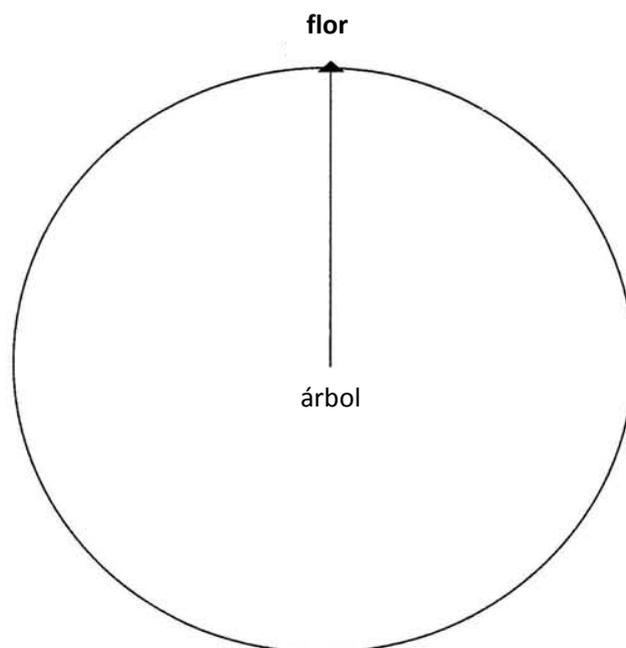
Señala con una flecha la dirección del **coche**.

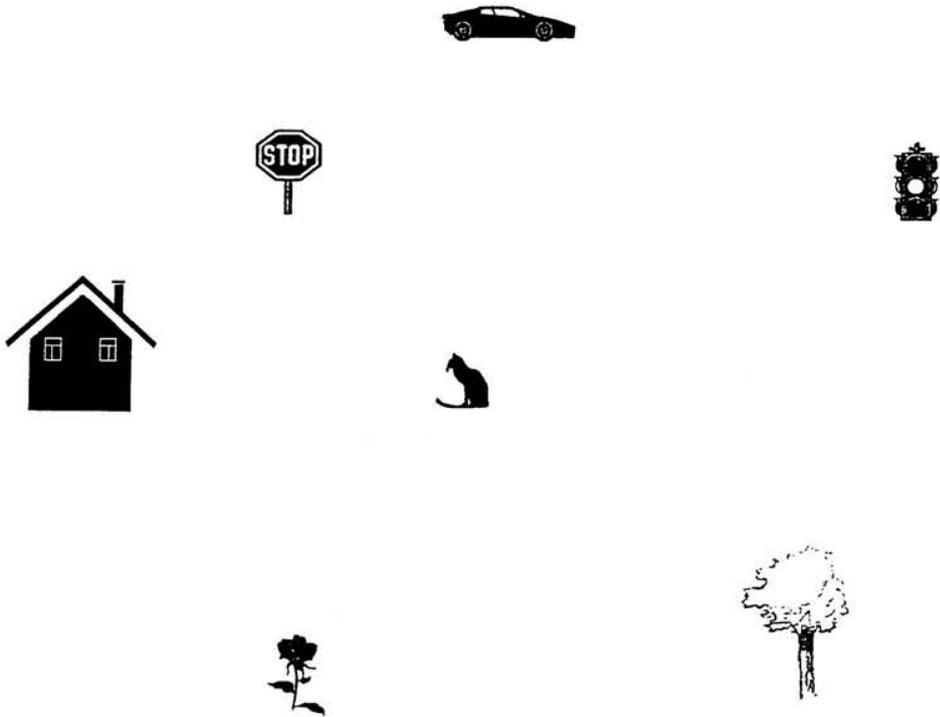




11. Imagina que estás en el **árbol** mirando hacia la **flor**.

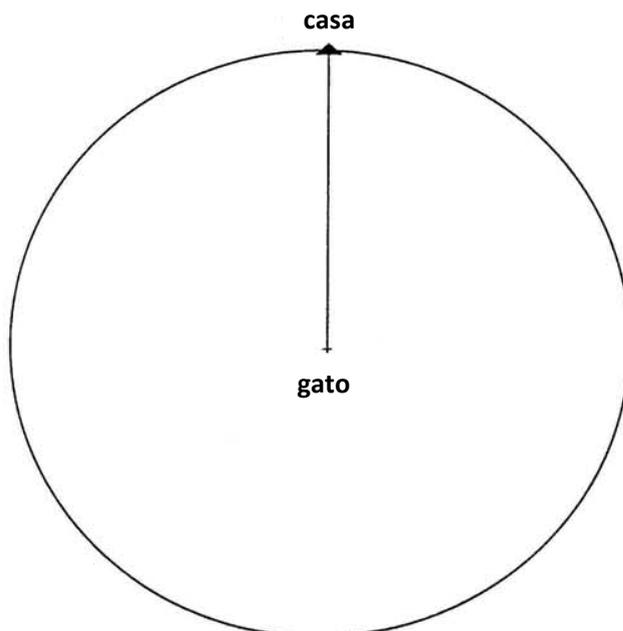
Señala con una flecha la dirección de **la casa**.





12. Imagina que estás en el **gato** mirando hacia la **casa**.

Señala con una flecha la dirección del **semáforo**.





# Anexo 4

## Cuestionario sobre el sentido de orientación y resultados

---



# SENTIDO DE LA DIRECCIÓN

Este cuestionario consiste en una serie de afirmaciones referentes a sus habilidades espaciales, orientación y navegación y cómo lo experimenta o percibe. Después de cada afirmación debe indicar el nivel de acuerdo con ella. Elija 1 si está totalmente de acuerdo, 7 si está en total desacuerdo u otro número que muestre su nivel de acuerdo intermedio. Elija 4 si no está ni de acuerdo ni en desacuerdo.

Fíjese bien en la redacción de la afirmación pues puede tener un código positivo o negativo

**\*Obligatorio**

**1. Apellidos \***

.....

**2. Nombre \***

.....

**3. Grupo Teoría \***

*Selecciona todos los que correspondan.*

- Lunes Mañana
- Lunes Tarde
- Martes

**4. Soy muy bueno dando direcciones \***

*Marca solo un óvalo.*

	1	2	3	4	5	6	7	
Totalmente de acuerdo	<input type="radio"/>	En total desacuerdo						

**5. Me acuerdo poco dónde he dejado las cosas \***

*Marca solo un óvalo.*

	1	2	3	4	5	6	7	
Totalmente de acuerdo	<input type="radio"/>	En total desacuerdo						

**6. Soy muy bueno estimando distancias \***

*Marca solo un óvalo.*

	1	2	3	4	5	6	7	
Totalmente de acuerdo	<input type="radio"/>	En total desacuerdo						



13. **Si voy de acompañante en un coche, no suelo recordar las rutas muy bien \***

*Marca solo un óvalo.*

	1	2	3	4	5	6	7	
Totalmente de acuerdo	<input type="radio"/>	En total desacuerdo						

14. **No me gusta dar direcciones \***

*Marca solo un óvalo.*

	1	2	3	4	5	6	7	
Totalmente de acuerdo	<input type="radio"/>	En total desacuerdo						

15. **No es importante para mi saber donde me encuentro \***

*Marca solo un óvalo.*

	1	2	3	4	5	6	7	
Totalmente de acuerdo	<input type="radio"/>	En total desacuerdo						

16. **Normalmente delego en otros planear las rutas de largos viajes o trayectos \***

*Marca solo un óvalo.*

	1	2	3	4	5	6	7	
Totalmente de acuerdo	<input type="radio"/>	En total desacuerdo						

17. **Normalmente suelo acordarme de una nueva ruta después de haberla hecho una sola vez \***

*Marca solo un óvalo.*

	1	2	3	4	5	6	7	
Totalmente de acuerdo	<input type="radio"/>	En total desacuerdo						

18. **No tengo un buen "mapa mental" de mis alrededores \***

*Marca solo un óvalo.*

	1	2	3	4	5	6	7	
Totalmente de acuerdo	<input type="radio"/>	En total desacuerdo						

# 57 respuestas

[Ver todas las respuestas](#) [Publicar datos de análisis](#)

## Resumen

### Apellidos

Santana Brito
Pérez Afonso
Déniz Fuentes
Hernández Santana
MONTES GONZÁLEZ
Camillo Leon
Rodríguez Hidalgo

### Nombre

Aquilino Jorge
Daniel
NOEMI
Gema
Yaiza
Noemi
Marta

### Grupo Teoría



Lunes Mañana	17	29.8%
Lunes Tarde	27	47.4%
Martes	12	21.1%

### Soy muy bueno dando direcciones



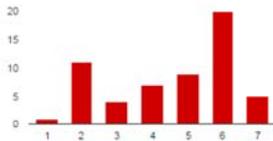
Totalmente de acuerdo:	1	3	5.3%
	2	16	28.1%
	3	12	21.1%
	4	15	26.3%
	5	11	19.3%
	6	0	0%
En total desacuerdo:	7	0	0%

### Soy muy bueno dando direcciones



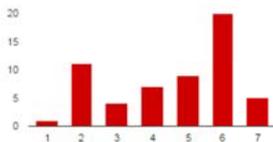
Totalmente de acuerdo:	1	3	5.3%
	2	16	28.1%
	3	12	21.1%
	4	15	26.3%
	5	11	19.3%
	6	0	0%
En total desacuerdo:	7	0	0%

### Me acuerdo poco dónde he dejado las cosas



Totalmente de acuerdo:	1	1	1.8%
	2	11	19.3%
	3	4	7%
	4	7	12.3%
	5	9	15.8%
	6	20	35.1%
En total desacuerdo:	7	5	8.8%

### Me acuerdo poco dónde he dejado las cosas



Totalmente de acuerdo:	1	1	1.8%
	2	11	19.3%
	3	4	7%
	4	7	12.3%
	5	9	15.8%
	6	20	35.1%
En total desacuerdo:	7	5	8.8%

### Soy muy bueno estimando distancias



Totalmente de acuerdo:	1	1	1.8%
	2	11	19.3%
	3	14	24.6%
	4	17	29.8%
	5	8	14%
	6	6	10.5%
En total desacuerdo:	7	0	0%

**Mi sentido de la orientación es muy bueno**



Totalmente de acuerdo: 1	11	19.3%
2	11	19.3%
3	14	24.6%
4	17	29.8%
5	8	14%
6	6	10.5%
En total desacuerdo: 7	0	0%

**Mi sentido de la orientación es muy bueno**



Totalmente de acuerdo: 1	11	19.3%
2	12	21.1%
3	12	21.1%
4	14	24.6%
5	4	7%
6	4	7%
En total desacuerdo: 7	0	0%

**Mi sentido de la orientación es muy bueno**



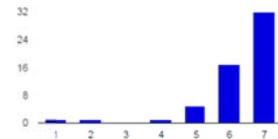
Totalmente de acuerdo: 1	11	19.3%
2	12	21.1%
3	12	21.1%
4	14	24.6%
5	4	7%
6	4	7%
En total desacuerdo: 7	0	0%

**Tiendo a pensar en mi entorno en términos de puntos cardinales (N, S, E, O)**



Totalmente de acuerdo: 1	2	3.5%
2	4	7%
3	7	12.3%
4	12	21.1%
5	4	7%
6	13	22.8%
En total desacuerdo: 7	15	26.3%

**Me pierdo fácilmente en mi ciudad**



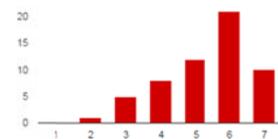
Totalmente de acuerdo: 1	1	1.8%
2	1	1.8%
3	0	0%
4	1	1.8%
5	5	8.8%
6	17	29.8%
En total desacuerdo: 7	32	56.1%

**Me encanta leer mapas**



Totalmente de acuerdo: 1	5	8.8%
2	6	10.5%
3	7	12.3%
4	17	29.8%
5	8	14%
6	8	14%
En total desacuerdo: 7	6	10.5%

**Tengo problemas entendiendo direcciones**



Totalmente de acuerdo: 1	0	0%
2	1	1.0%
3	5	8.8%
4	8	14%
5	12	21.1%
6	21	36.8%
En total desacuerdo: 7	10	17.5%

**Soy muy bueno leyendo mapas**



Rating	Count	Percentage
1	4	7%
2	8	14%
3	13	22.8%
4	18	31.6%
5	8	14%
6	4	7%
7	2	3.5%

**Si voy de acompañante en un coche, no suelo recordar las rutas muy bien**



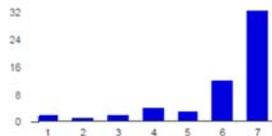
Rating	Count	Percentage
1	2	3.5%
2	2	3.5%
3	9	15.8%
4	5	8.8%
5	7	12.3%
6	15	26.3%
7	17	29.8%

**No me gusta dar direcciones**



Rating	Count	Percentage
1	4	7%
2	2	3.5%
3	8	14%
4	19	33.3%
5	7	12.3%
6	12	21.1%
7	5	8.8%

**No es importante para mí saber donde me encuentro**



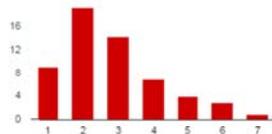
Rating	Count	Percentage
1	2	3.5%
2	1	1.8%
3	2	3.5%
4	4	7%
5	3	5.3%
6	12	21.1%
7	33	57.9%

**Normalmente delego en otros planear las rutas de largos viajes o trayectos**



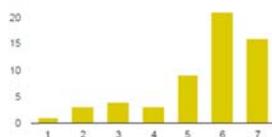
Rating	Count	Percentage
1	1	1.8%
2	7	12.3%
3	5	8.8%
4	15	26.3%
5	6	10.5%
6	11	19.3%
7	12	21.1%

**Normalmente suelo acordarme de una nueva ruta después de haberla hecho una sola vez**



Rating	Count	Percentage
1	9	15.8%
2	19	33.3%
3	14	24.6%
4	7	12.3%
5	4	7%
6	3	5.3%
7	1	1.8%

**No tengo un buen "mapa mental" de mis alrededores**



Rating	Count	Percentage
1	1	1.8%
2	3	5.3%
3	4	7%
4	3	5.3%
5	9	15.8%
6	21	36.8%
7	16	28.1%

**Número de respuestas diarias**



# **Anexo 5**

## **Cuestionario posterior pruebas de orientación**

---



Sexo  Hombre

Mujer

Edad: \_\_\_\_\_

¿Es la primera vez que realizas un entrenamiento en Habilidades Espaciales?

Si

No

¿Crees que ha sido provechoso este entrenamiento de cara a los contenidos de la asignatura de Expresión Gráfica?

Si

No

Valora el grado de acuerdo en las siguientes cuestiones.

1	2	3	4	5	6
Totalmente Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de Acuerdo	No sabe / No contesta

	CUESTIONES	GRADO DE ACUERDO					
		1	2	3	4	5	6
A1	Considero que me oriento perfectamente	<input type="checkbox"/>					
A2	La prueba de orientación me ha resultado más complicada de lo que supuse en un principio	<input type="checkbox"/>					
A3	He podido hacerme rápidamente con la forma de manipular los elementos de la prueba	<input type="checkbox"/>					
A4	Me he sentido capaz de resolver la prueba planteada	<input type="checkbox"/>					
A5	La explicación de la prueba ha sido clara	<input type="checkbox"/>					
A6	El entrenamiento realizado me parece útil para mejorar mi nivel de "orientación espacial".	<input type="checkbox"/>					

	CUESTIONES	GRADO DE ACUERDO	
		<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
B1	¿Crees que el entrenamiento realizado cumple la finalidad para la que ha sido diseñado? (para desarrollar la orientación espacial)	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
B2	¿Dirías que tu "orientación espacial" ha mejorado después de realizar el entrenamiento?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
B3	El entrenamiento realizado de orientación ¿te parece útil para mejorar tu nivel de visión espacial?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
B4	¿Te orientas bien en tu ciudad?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
B5	¿Dirías que te orientas bien en un lugar nuevo leyendo un mapa?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
B6	<b>Opinión Global del entrenamiento</b>	<input type="checkbox"/> Excelente <input type="checkbox"/> Buena <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/> Muy Mala	

#### OPINION QUE NOS AYUDARÁ EN EL FUTURO...

C1	¿Crees que los entrenamientos de habilidades espaciales pueden mejorar tu atención y motivación para el estudio de los contenidos de la asignatura de Expresión Gráfica?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
C2	¿Crees adecuado impartir cursos intensivos a los estudiantes para mejorar los conocimientos de dibujo técnico?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé
C3	¿Te parece importante para un ingeniero(a) adquirir destrezas espaciales?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
C4	¿Recomendarías a un compañero realizar el entrenamiento?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
C5	Indícanos tus sugerencias o críticas, si los tienes, cambios a realizar y/o posibles mejoras en el entrenamiento		

Gracias por tu colaboración, que seguro que nos ayudará a mejorar en el futuro.





