

Índice

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 8 |
| 1.1. JUSTIFICACIÓN | 8 |
| 1.2. OBJETIVOS | 8 |
| 1.3. ESTRUCTURA DE LOS CONTENIDOS DE LA TESIS | 10 |
| 1.4. CONTRIBUCIONES..... | 11 |
| 2. INTELIGENCIA Y HABILIDADES ESPACIALES | 12 |
| 2.1. INTRODUCCIÓN..... | 12 |
| 2.2. INTELIGENCIA | 12 |
| 2.3. LAS HABILIDADES ESPACIALES DESDE EL ÁMBITO DE LA PSICOLOGÍA | 19 |
| 2.4. LA RELACIÓN DE LAS HABILIDADES ESPACIALES CON LA INGENIERÍA | 22 |
| 2.5. ESTUDIOS SOBRE HABILIDADES ESPACIALES REALIZADOS POR INGENIEROS | 23 |
| 2.6. TEST EXISTENTES PARA MEDICIÓN DE HABILIDADES ESPACIALES | 33 |
| 2.7. RESUMEN..... | 36 |
| 3. HERRAMIENTAS APLICADAS AL DESARROLLO DE LA VISIÓN ESPACIAL | 37 |
| 3.1. INTRODUCCIÓN..... | 37 |
| 3.2. EJERCICIOS CLÁSICOS REALIZADOS CON PAPEL Y LÁPIZ..... | 39 |
| 3.3. LAS APLICACIONES CAD COMO HERRAMIENTA DE MEJORA DE VISIÓN ESPACIAL..... | 40 |
| 3.4. APLICACIONES ACCESIBLES A TRAVÉS DE LA WEB PARA LA MEJORA DE LA VISIÓN ESPACIAL | 41 |
| 3.5. MODELADO POR ORDENADOR BASADO EN BOCETOS | 48 |
| <i>Aplicaciones desarrolladas por el grupo REGEO</i> | 49 |
| 3.5.1. | 49 |
| 3.5.2. <i>La aplicación eCIGRO</i> | 51 |
| 3.6. RESUMEN..... | 53 |
| 4. ESTUDIOS SOBRE HABILIDADES ESPACIALES EN EL CONTEXTO UNIVERSITARIO | 54 |
| 4.1. INTRODUCCIÓN..... | 54 |
| 4.2. MEDICIÓN DE LAS HABILIDADES ESPACIALES EN LA POBLACIÓN UNIVERSITARIA | 56 |
| 4.3. MEDICIÓN DE LA MEJORA DE LAS HABILIDADES ESPACIALES DEBIDO A CURSAR ASIGNATURAS DE EXPRESIÓN GRÁFICA | 58 |
| 4.4. MEJORA DE LAS HABILIDADES ESPACIALES MEDIANTE LA REALIZACIÓN DE CURSOS DE MEJORA..... | 62 |
| 4.5. DESARROLLO DE HERRAMIENTAS ESPECÍFICAS PARA LA MEJORA DE LA VISIÓN ESPACIAL. | 65 |
| 4.6. RESUMEN | 68 |
| 5. ESTUDIO DE CAMPO | 69 |
| 5.1. INTRODUCCIÓN..... | 69 |
| 5.2. HERRAMIENTAS SELECCIONADAS DE MEDICIÓN DE LAS HABILIDADES ESPACIALES | 70 |
| 5.2.1. <i>DAT-SR</i> | 70 |
| 5.2.2. <i>MRT</i> | 71 |
| 5.3. METODOLOGÍA, HIPÓTESIS Y PLAN DE TRABAJO..... | 73 |
| 5.4. CONTENIDOS DE LOS CURSOS INTENSIVOS. EXPERIENCIA PILOTO | 77 |
| 5.4.1. <i>TIPO A</i> | 77 |
| <i>Método clásico de ejercicios realizados a mano alzada con lápiz y papel</i> | 77 |
| 5.4.2. <i>TIPO B</i> | 78 |
| <i>Método multimedia de ejercicios realizados sobre aplicaciones on-line en Internet</i> | 78 |
| 5.4.3. <i>TIPO C</i> | 83 |

| | |
|---|------------|
| <i>Método basado en la utilización de una aplicación de bocetado por ordenador</i> | 83 |
| 6. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 88 |
| 6.1. INTRODUCCIÓN..... | 88 |
| 6.2. MEDICIÓN DE LAS HABILIDADES ESPACIALES AL INICIO DE CURSO..... | 88 |
| 6.2.1. <i>Comparativa de resultados con otras Universidades. (Estudio Univariante)</i> | 91 |
| 6.2.2. <i>Análisis multivariante de los datos del pre-test obtenidos en La Universidad de La Laguna</i> | 93 |
| 6.3. RESULTADOS DE LA EXPERIENCIA PILOTO DE CREACIÓN DE CURSOS INTENSIVOS DE MEJORA DE LAS HABILIDADES ESPACIALES..... | 96 |
| 6.4. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS ASIGNATURAS DE EXPRESIÓN GRÁFICA SOBRE LAS HABILIDADES ESPACIALES..... | 99 |
| 6.4.1. <i>Comparativa de resultados (Estudio univariante)</i> | 100 |
| 6.4.2. <i>Análisis multivariante de los datos del post-test obtenidos en La Universidad de La Laguna</i> | 102 |
| 6.4.3. <i>Análisis del efecto de las asignaturas de Expresión Gráfica cursadas por los alumnos en la mejora de las habilidades espaciales</i> | 104 |
| 7. CONCLUSIONES..... | 106 |
| 7.1. INTRODUCCIÓN..... | 106 |
| 7.2. CONCLUSIONES SOBRE MEDICIÓN DE HABILIDADES ESPACIALES..... | 107 |
| 7.3. CONCLUSIONES SOBRE LA CREACIÓN DE UN CURSO DE MEJORA DE LAS HABILIDADES ESPACIALES..... | 109 |
| 7.4. CONCLUSIONES SOBRE EL EFECTO DE LAS ASIGNATURAS DE EXPRESIÓN GRÁFICA SOBRE LAS HABILIDADES ESPACIALES..... | 109 |
| 8. FUTUROS TRABAJOS..... | 111 |
| 9. ARTÍCULOS PUBLICADOS Y PONENCIAS PRESENTADAS EN CONGRESOS COMO CONSECUENCIA DE LA REALIZACIÓN DE ESTA TESIS..... | 113 |
| 10. REFERENCIAS..... | 114 |
| 11. ANEXOS..... | 122 |
| ANEXO I.-..... | 123 |
| EL LÁPIZ ELECTRÓNICO Y LA PANTALLA TÁCTIL COMO SOPORTE DE NUEVAS HERRAMIENTAS Y METODOLOGÍAS..... | 123 |
| ANEXO II..... | 134 |
| INTERFACES CALIGRÁFICAS..... | 134 |
| ANEXO III.-..... | 142 |
| EJERCICIOS PROPUESTOS DE CROQUIS EN EL CURSO DE REFUERZO TIPO A (CLÁSICO)..... | 142 |
| ANEXO IV.-..... | 173 |
| EJERCICIOS PROPUESTOS DE BOCETADO POR ORDENADOR..... | 173 |
| ANEXO V.-..... | 206 |
| PROGRAMAS DE LAS ASIGNATURAS DE EXPRESIÓN GRÁFICA DE LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA..... | 206 |
| ANEXO VI.-..... | 222 |
| CÁLCULOS ESTADÍSTICOS..... | 222 |

Índice de Figuras

| | |
|---|-----|
| Figura 1 Escalas de la inteligencia | 18 |
| Figura 2 Estudios sobre inteligencia primeras etapas, hasta 1920..... | 25 |
| Figura 3 Estudios realizados de 1920 a 1940 | 26 |
| Figura 4 Estudios realizados de 1940-1950..... | 27 |
| Figura 5 Estudios realizados 1950-60..... | 28 |
| Figura 6 Estudios realizados 1960-70..... | 29 |
| Figura 7 Estudios realizados 1970-1990 | 31 |
| Figura 8 Estudios realizados desde 1990 | 32 |
| Figura 9 Ejercicio clásico de mejora de la visión espacial | 39 |
| Figura 10 Curso de Interpretación de planos (M.E.C) | 42 |
| Figura 11 Visualization Assessment and Training Home: (Pennsylvania State University) | 42 |
| Figura 12 Espatial reasoning using cubes and isometric drawings | 43 |
| Figura 13 Curso de Interpretación de planos (M.E.C) | 44 |
| Figura 14 Vistas (M.E.C) | 45 |
| Figura 15 Construcciones (M.E.C)..... | 45 |
| Figura 16 Engineering graphics games and quizzes..... | 46 |
| Figura 17 Taller virtual de mejora de la visión especial (Universidad de Burgos) | 46 |
| Figura 18 Mesa de visión (Universidad de Oviedo) | 47 |
| Figura 19. Ejemplo de interfaz caligráfica | 48 |
| Figura 20 Esquema de entradas y salidas de REFER y CIGRO..... | 50 |
| Figura 21. Ejemplo de modelado incremental con la aplicación CIGRO | 51 |
| Figura 22 Proceso de construcción de un sólido mediante e-CIGRO..... | 52 |
| Figura 23 Ejemplo de ejercicio del test DAT. | 71 |
| Figura 24 Ejemplo de ejercicio del test MRT..... | 72 |
| Figura 25 Formulario de datos iniciales de los alumnos | 75 |
| Figura 26 Aplicación web para construir figuras en 3D..... | 79 |
| Figura 27 Seleccionar la isometría correcta..... | 80 |
| Figura 28 Pagina principal del programa Vistas | 80 |
| Figura 29 Elegir la figura asociada a lunas vistas dadas..... | 81 |
| Figura 30 Pasos iniciales de la aplicación de bocetado por ordenador | 87 |
| Figura 31. Ejemplo de mejora interactiva [46] | 135 |
| Figura 32. Ejemplos de mejora interactiva..... | 136 |
| Figura 33. Alfabeto de gestos de GIDes..... | 137 |
| Figura 34. Etiquetado de vértices propuesto por Huffman-Clowes..... | 139 |

| | |
|--|-----|
| Figura 24. Formas reconocidas por la librería CALI [25] | 141 |
| Figura 25 Líneas principales del croquis..... | 143 |
| Figura 26 Ejemplo de realización de croquis [80]..... | 144 |
| Figura 27 Objetos del laboratorio para croquizar | 145 |
| Figura 28 Obtención de vistas mediante giro de un objeto [80]..... | 146 |
| Figura 30 Pasos iniciales de la aplicación de bocetado por ordenador | 177 |

Índice de Tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla 1 Valoración de las relaciones espaciales. | 34 |
| Tabla 2 Valoración de la visión espacial..... | 35 |
| Tabla 3 Medición de las habilidades espaciales | 57 |
| Tabla 4 Medición de mejora de las habilidades espaciales en las asignaturas de Expresión Gráfica | 61 |
| Tabla 5 Medición de mejora de las habilidades espaciales en cursos de mejora . | 64 |
| Tabla 6 Herramientas específicas diseñadas para mejora de la visión espacial (Universidades)..... | 67 |
| Tabla 7 Aumnos de La Laguna que han participado en el estudio..... | 73 |
| Tabla 8 Alumnos de Cartagena que han participado en el estudio..... | 74 |
| Tabla 9 Listado de asignaturas de la Universidad de La Laguna | 89 |
| Tabla 10 Contenidos de las Asignaturas | 89 |
| Tabla 11 Alumnos que realizaron el test a principio de curso..... | 89 |
| Tabla 12 Valores iniciales obtenidos en los test MRT y DAT | 90 |
| Tabla 13 Valores iniciales separados por sexo | 90 |
| Tabla 14 Comparativa de medias de habilidades espaciales. Se incluye la desviación estándar entre paréntesis. | 92 |
| Tabla 15 Resultados obtenidos en los cursos de intensificación..... | 97 |
| Tabla 16 Significación estadística de la hipótesis cero "las medias no mejoran" . | 97 |
| Tabla 17 Análisis de varianza para el DAT..... | 98 |
| Tabla 18 Análisis de varianza para el MRT | 98 |
| Tabla 19 Prueba de Tukey (HSD) para el test MRT..... | 98 |
| Tabla 20 Alumnos que pasaron los test a final de curso..... | 99 |
| Tabla 21 Resultados obtenidos en los test finales | 99 |
| Tabla 22 Nivel de significación de la hipótesis nula | 100 |
| Tabla 23 Comparativa de resultados test finales..... | 101 |
| Tabla 24 Comparativa de ganancia de habilidades espaciales..... | 101 |
| Tabla 25 Parámetros característicos de las asignaturas | 104 |
| Tabla 26 Coeficientes del incremento de habilidades espaciales por asignatura | 105 |
| Tabla 27 Algunos gestos de modelado de SKETCH..... | 137 |