



Cómo citar el artículo

Tristancho Ortiz, J. A., Contreras Bravo, L. E. & Vargas Tamayo, L. F. (2014). Evaluación de técnicas tradicionales y TIC para el desarrollo de habilidades espaciales en estudiantes de primer semestre de ingeniería industrial. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 43, 34-50. Recuperado de <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/550/1096>

Evaluación de técnicas tradicionales y TIC para el desarrollo de habilidades espaciales en estudiantes de primer semestre de ingeniería industrial¹

Evaluating Traditional Techniques and ICT for the Development of Spatial Skills for First-Year Students of Industrial Engineering

Évaluation des techniques traditionnelles et TIC pour le développement d'habiletés spatiales chez les étudiants de première année de génie industrielle

¹ Artículo resultado de la investigación: "Generación y validación de contenidos didácticos para el desarrollo de habilidades espaciales de estudiantes de ingeniería por medio de la implementación de TIC". Universidad Distrital Francisco José de Caldas. PhD. MSc. Ing. Julián Alfonso Tristancho Ortiz, MSc. Ing. Leonardo Emiro Contreras Bravo, MSc. Ing. Luis Fernando Vargas Tamayo. Financiado por CIDC de la Universidad. Fecha Inicio: septiembre de 2012. Fecha Culminación: septiembre de 2013.



Julián Alfonso Trisancho Ortiz

Ingeniero Mecánico

Magíster en Ingeniería Electrónica y de Computadores

Doctor en Ingeniería

Docente de planta Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Integrante del grupo de investigación DIMSI

jatristancho@udistrital.edu.co

Luis Fernando Vargas Tamayo

Ingeniero Mecánico

Magíster en Ingeniería - Materiales y procesos

Docente de planta Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Integrante del grupo de investigación DIMSI

lufvargast@udistrital.edu.co

Leonardo Emiro Contreras Bravo

Ingeniero Mecánico

Magíster en Ingeniería - Materiales y procesos

Docente de planta Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Director del grupo de investigación DIMSI

lecontrerasb@udistrital.edu.co

Recibido: 11 de junio de 2014

Evaluated: 11 de agosto de 2014

Aprobado: 25 de agosto de 2014

Tipo de artículo: Investigación científica y tecnológica

Resumen

Se presenta un estudio realizado a los estudiantes de dibujo de Ingeniería Industrial de la Universidad Francisco José de Caldas durante los años 2012 y 2013. Primero se trabaja un marco teórico y referencial asociado con el desarrollo de habilidades espaciales, para luego realizar un planteamiento de la problemática existente en estos cursos, así como su aceptación y eficacia entre los estudiantes y posibilidad de implementación como estrategia educativa al interior del aula de clase. En la tercera parte se presentan los talleres o métodos aplicados en los cursos, mezclando sistemas tradicionales con otras que hacen uso de equipamiento moderno como las impresoras 3D y tecnologías de la información y la comunicación, tales como software especializado y la realidad aumentada. Al final de este artículo se presenta un análisis estadístico de los resultados y algunas observaciones de las diferentes técnicas y sus características.

Palabras clave

Enseñanza, Entornos virtuales, Modelo pedagógico, TIC.

Abstract

This article presents a study conducted with the students of the drawing course of Industrial Engineering at the University Francisco José de Caldas during the years 2012 and 2013. First we worked on a reference and theoretical framework related to the development of spatial skills, then we present the problem issues existing in these courses and also the acceptance and effectiveness among students and the possibility of implementation as an educational strategy within the classroom. Workshops or methods applied in the courses, combining traditional systems with others that

use modern equipment like 3D printers and information and communication technologies such as specialized software and augmented reality are also presented. Finally we present a statistical analysis of the results and some comments about the different techniques and their features.

Keywords

Teaching, Virtual environments, Pedagogical model, ICT.

Résumé

On présente une étude réalisée avec les étudiants du cours de dessin de génie industrielle de l'Université Francisco José de Caldas (Colombie) pendant les années 2012 et 2013. D'abord on travaille un cadre théorique et référentiel lié au développement d'habiletés spéciales, pour réaliser après un exposé de la problématique de ces courses, même que son acceptation et efficacité entre les étudiants et possibilité d'implémentation comme une stratégie éducative à l'intérieur des salles de classe. On présente aussi les ateliers ou les méthodes appliqués dans les cours, en combinant des systèmes traditionnelles avec des autres qui utilisent équipement moderne comme imprimantes 3D et technologies de l'information et de la communication comme des logiciels spécialisés et réalité augmentée. Dans la partie finale de cet article on présente une analyse statistique des résultats et quelques observations de différentes techniques et leurs caractéristiques.

Mots-clés

Enseignement, Environnements virtuels, Modèle pédagogique, TIC

Introducción

En los primeros semestres de las carreras de ingenierías es evidente la diferencia entre los niveles de apropiación de conocimiento y desarrollo de habilidades con la que llegan los estudiantes de secundaria (Saorín et al., 2005). El curso dibujo técnico, dibujo de ingeniería o expresión gráfica como es comúnmente llamado en los planes de estudio de ingeniería, es uno de los cursos más afectados por esta disparidad. Esto es ocasionado a los diferentes planes de estudio que se ofrecen en los colegios (comercial, técnico, artístico, bilingüe o académico), acceso a tecnología, educación en el hogar y hasta género (Gutiérrez, 2010).

Debido a estos desniveles es necesario que la universidad y los docentes se incentiven por desarrollar contenidos e implementar estrategias para nivelar o mejorar los deficientes conocimientos de los adolescentes, adquiridos con anterioridad al nivel superior.

Estudios realizados por diferentes autores muestran conclusiones similares a las expuestas por Strong y Smith (2002): "la habilidad espacial se ha establecido como un factor de predicción de éxito en varias disciplinas relacionadas con la tecnología, informática, matemáticas, arquitectura, ingeniería, odontología, medicina entre otras" (p.4). Estos estudios muestran la importancia del desarrollo de las habilidades espaciales en la vida académica y profesional de los estudiantes. Uno de los inconvenientes que se presentan en estudiantes de ingeniería es el poco entrenamiento específico en técnicas de manipulación espacial, que por lo general se deja a su capacidad natural y experiencia para alcanzar el desarrollo de estas habilidades.

Las técnicas clásicas de enseñanza de este tipo de asignaturas por lo general son pasivas, en la que los alumnos observan las explicaciones y demostraciones del profesor que utiliza marcadores, tiza, papel y lápiz. Los ejercicios propuestos generalmente son basados en representaciones tipo en papel, lo cual limita la interacción real entre un elemento tridimensional (3D) y el estudiante.

Estos tipos de ejercicios proporcionan poca interacción de los estudiantes con los objetos reales, como son: las operaciones de rotación, visualización desde distintos puntos de vista, modificaciones mentales de la geometría, etc... Estos tipos de interacción son conocidos como ejercicios de desarrollo mano-ojo que varios autores como Gutiérrez (2010) o Melgosa (2012), sugieren como la mejor forma de obtener un desarrollo eficaz de habilidades espaciales.

La poca interacción con objetos que se puedan manipular genera que los estudiantes se animen a aprender de memoria un conjunto de reglas para realizar las representaciones, en lugar de desarrollar su habilidad espacial. El aprendizaje de memoria puede ser eficaz para ejemplos sencillos y familiares, pero no es fiable para estructuras complejas y novedosas (Sutton, Heathcote & Bore, 2007). No se quiere dar a entender que con los contenidos clásicos de las asignaturas de dibujo no se adquieren las habilidades espaciales, pues en realidad los alumnos sí desarrollan estas habilidades (Prieto, Velasco, Arias-Barahona, Anido, Núñez, y Có, 2008), el punto en realidad, es la duración y dificultad de dicho aprendizaje en relación, fundamentalmente, a la metodología y recursos pedagógicos utilizados.

La habilidad espacial

La generación de imágenes mentales tridimensionales a partir de representaciones simbólicas, icónicas o bidimensionales (al igual que el proceso inverso) es uno de los mayores avances en la evolución humana, enmarcándose en lo que se conoce como habilidad espacial. Las habilidades

espaciales son el origen a desarrollos humanos tan importantes como la escritura y el arte, además de piedra angular para el desarrollo de la arquitectura e ingeniería.

La importancia del desarrollo de las habilidades espaciales está demostrada en su inclusión dentro de los ocho tipos de inteligencia humana: lingüística, lógico-matemática, cinético-corporal, musical, interpersonal, intrapersonal, naturalista y espacial (Lieu, 2010). Todas las personas desarrollan de manera diferencial cada una de estas habilidades de acuerdo al ambiente y consideraciones de predisposición de género y genéticas.

Se puede definir entonces la habilidad espacial como un componente de la inteligencia, la cual está ligada a la capacidad de formar una representación mental del mundo. Según Gardner (1987): “Es la capacidad de percibir con precisión las relaciones visuales espaciales, de transformar estas percepciones, y de recrear algunos aspectos de la experiencia visual sin la presencia de los estímulos correspondientes” (p. 19). Lo que generalmente se conoce como habilidad espacial, es en realidad una parte de la capacidad espacial. Son tres los componentes principales que definen la capacidad espacial, dos de ellos: destreza y aptitud son de origen genético y no pueden ser entrenados, mientras que la habilidad espacial puede ser entrenada mediante el desarrollo de una metodología de estudio, herramientas pedagógicas y estudio independiente.

El desarrollo de la habilidad espacial está ligado con el ambiente educativo en que se desenvuelve el individuo, sobre todo en las primeras etapas de la infancia. El modelo básico educativo convencional generalmente hace énfasis sobre la estimulación de las habilidades cinético-corporales, musicales, lógico-matemáticas y lingüísticas. Las habilidades espaciales no son aplicadas de manera temprana sobre los niños y adolescentes, dejándose generalmente en un segundo plano.

Estructura de la habilidad espacial

Diferentes investigaciones han realizado aportes acerca de cómo se pueden subdividir las habilidades espaciales para facilitar su estudio. McGee (1979) distingue cinco componentes de las habilidades espaciales: percepción espacial, visualización espacial, rotaciones mentales, relaciones mentales y orientación espacial.

Algunas de las teorías más aceptadas relacionadas con la temática son el trabajo de Lohman (1996) y el meta-análisis de Linn & Petersen (1985), los cuales distinguen tres categorías o componentes que forman la habilidad espacial, a saber: Percepción espacial, Orientación espacial o Rotación mental y Visualización espacial. Se han realizado otras investigaciones desde el ámbito de la psicología (Pellegrino, Alderton, & Shute, 1984) y también de la ingeniería (Olkun, 2003) que simplifican la clasificación de habilidades a dos categorías: Relaciones espaciales que es la habilidad para imaginar rotaciones en 2D y 3D (según los autores, esta capacidad incluye las categorías “rotaciones mentales” y “percepción espacial”) y visualización espacial que se refiere a la capacidad de reconocer objetos tridimensionales mediante el plegado y desplegado de sus caras.

Es por estas investigaciones que el método más utilizado para evaluar la habilidad espacial de una persona está basada en la prueba MRT (Prueba de Rotaciones Mentales, por sus siglas en inglés) desarrollada por Vanderber y Kuse, 1976. Esta prueba consiste en presentar cuatro series de bloques que deberían corresponder al mismo objeto, pero que se encuentran girados, donde dos de esas representaciones no son válidas.

Método

Participantes en las asignaturas de dibujo de los programas de ingeniería

Este trabajo parte del interés de los docentes relacionados con la asignatura Dibujo de Ingeniería, de ayudar a los estudiantes a desarrollar los procesos mentales de tres dimensiones y a mejorar su percepción y pensamiento espacial, para que puedan encontrar soluciones de representación a los problemas geométricos originados en el proceso de diseño. Por lo general en este tipo de asignaturas el docente se enfoca a buscar que los estudiantes puedan visualizar los objetos tridimensionales directamente en el espacio, manipularlos, modificarlos e interactuar con ellos. Pero si se usan herramientas tecnológicas o se cambia el método de enseñanza-aprendizaje con otros objetos físicos o virtuales, también es posible generar procesos mentales que permitan interpretar las formas geométricas, imaginar su representación real y solucionar a futuro problemas de ingeniería. Esto apoya el razonamiento espacial y ayuda a resolver los problemas de la representación gráfica de cualquier elemento real (Miller, 1992), (Vander Wall, 1981).

Con el pasar de los años, en el campo académico, se han reducido la cantidad de asignaturas relacionadas con el tema de la expresión gráfica en la gran mayoría de planes de estudios de ingeniería; aun sabiendo que cualquier ingeniero sin importar su área de desempeño (mantenimiento, servicios, desarrollo, administración, etc.) siempre va a tener que generar, interpretar o verificar dibujos, que en muchos de los casos corresponderán a elementos tridimensionales. En años anteriores, los planes de estudios consideraban del orden de 2 a 3 cursos que facilitaban el desarrollo de habilidades espaciales en los estudiantes, pero hoy en día se ve reducida el área de expresión gráfica solo a un espacio académico (Dibujo de Ingeniería) tal como es el caso del plan de estudios Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital vigente desde el periodo 2009-II.

Estos cambios en los planes curriculares han generado que el tema básico de Dibujo de Ingeniería sea distribuido en alrededor de 16 semanas de estudio, lo que lleva a que el tema de desarrollo de habilidades espaciales se haya reducido a una o dos semanas de clase. Este tiempo es muy reducido para poder desarrollar las habilidades espaciales, en estudiantes que durante el colegio o adolescencia no las han desarrollado, teniendo como consecuencias que los índices de retiros o pérdida del curso sean altos. Según estadísticas tomadas del proyecto curricular de Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, se tiene una media de 37% de estudiantes de primer semestre que reprueban el curso de Dibujo en Ingeniería, para el periodo comprendido entre 2011 y 2013 (5 semestres).

Las habilidades espaciales son fundamentales para entender conceptos avanzados de dibujo en ingeniería como secciones, vistas auxiliares, intercepciones, interpretaciones de planos de ingeniería y sobre todo desarrollo conceptual de nuevos dispositivos y procesos (proceso de diseño). Es necesario entonces con el reducido tiempo disponible nivelar adecuadamente las habilidades espaciales de los estudiantes, con tiempo en clase y con trabajo no tutoriado por fuera de ella. La falta del desarrollo de las habilidades espaciales puede ser el origen de las falencias en los temas avanzados de dibujo, lo cual origina la pérdida del curso por parte del estudiante.

Como medio para evaluar la aceptación, fácil entendimiento y evaluación de cada una de las técnicas que se describen posteriormente, se tomó un grupo de 70 estudiantes, todos de primer semestre de ingeniería industrial. Para caracterizar adecuadamente la muestra se hizo una encuesta, en la cual se buscó identificar el estado precedente en cuanto a dibujo de cada estudiante y

caracterización básica de género, edad y actividades extra curriculares asociados al uso de tecnología.

Herramientas tecnológicas en educación

El avance en la tecnología ha permitido que el proceso de diseño haya tenido una revolución en los últimos años, permitiendo la creación de ambientes virtuales 3D y sistemas integrados de desarrollo. La incursión de las computadoras ha mejorado de manera sustancial el proceso de diseño, pero las habilidades necesarias del ingeniero encargado a realizar un desarrollo son las mismas. Todo proceso creativo de diseño de producto, proceso o mecanismo parte de una generación mental tridimensional del diseñador como solución a un problema. Si esta habilidad no se encuentra adecuadamente desarrollada el proceso creativo será muy limitado o truncado.

Las herramientas tecnológicas han influido en diferentes campos del saber. En la educación se han desplazado elementos de enseñanza tradicionales como son los casos del tablero, del marcador y las carteleras que ha sido reemplazado por los proyectores de multimedia (Video Beam). Se ha integrado además canales más fluidos de comunicación entre el docente y los estudiantes, haciéndolos casi en tiempo real, como los son los espacios virtuales y comunicación mediante correos electrónicos. Estas nuevas tecnologías han influenciado la educación y así como autores como Garrido (2005) afirma que: “el mercado del futuro y las demandas laborales girarán en torno a la información y al manejo de la información” y “los medios transforman al mundo y están transformando la enseñanza” (p. 246).

Los sistemas informáticos CAD (Diseño Asistido por Computador, por sus siglas en inglés) que han incursionado fuertemente desde mediados de la década de 1980 en el ámbito industrial y desde inicios de los 1990 en la educación, permitieron que fueran usados como herramientas de dibujo, donde se pueden generar espacios virtuales 3D, para que el estudiante mediante el uso de un dispositivo apuntador (mouse, tablero digitalizador, pantalla táctil) pueda manipular la visualización de objetos. Pese a que este tipo de herramientas es muy útil en las etapas avanzadas de desarrollo de habilidades espaciales, pueden ser no adecuadas en las etapas iniciales (Sorby, S., 2009), pues necesitan un nivel mínimo de capacitación para su uso, además que sin el adecuado desarrollo conceptual, puede llegar al abuso de la misma limitando el desarrollo real de las habilidades.

Procedimientos y estrategias para desarrollar las habilidades espaciales

Estudios completos a nivel de doctorado sobre este tema de desarrollo de habilidades espaciales se encuentran disponibles en la literatura (Melgosa 2012, Martin 2009, Gutiérrez 2010), además de robustas y prolongadas investigaciones realizadas en la Michigan Technological University, guiadas por la profesora Sheryl Sorby y su grupo de investigación, con una experiencia de más de 20 años en el tema (Sorby, 2007). Los métodos de desarrollo de habilidades espaciales se pueden dividir en dos tipos: Métodos clásicos basados en papel y modelos físicos, y los métodos basados en herramientas tecnológicas o TIC, que usan como principal herramienta los computadores y software especializado. A continuación se hace una descripción de algunos métodos usados para desarrollar las habilidades espaciales, estos métodos fueron los aplicados en las pruebas a los estudiantes de Dibujo en Ingeniería.

Generación de vistas ortogonales a partir de proyecciones axonométricas

Las vistas axonométricas y en caso particular las isométricas, son las formas más comunes de representar objetos tridimensionales en papel, con el objetivo de dar una idea más clara del sólido pero sacrificando la exactitud dimensional e incrementando la dificultad de interpretación de aristas no visibles y posibles superposiciones de bordes. Los ejercicios básicos de interpretación de sólidos a partir de representaciones isométricas (ver Figura 1) consisten en la generación de vistas ortogonales a partir de su representación axonométrica. Este tipo de ejercicios son los más utilizados en ambientes clásicos de aprendizaje debido a su facilidad de reproducción, aplicación en el salón de clase y muy bajo costo de generación.

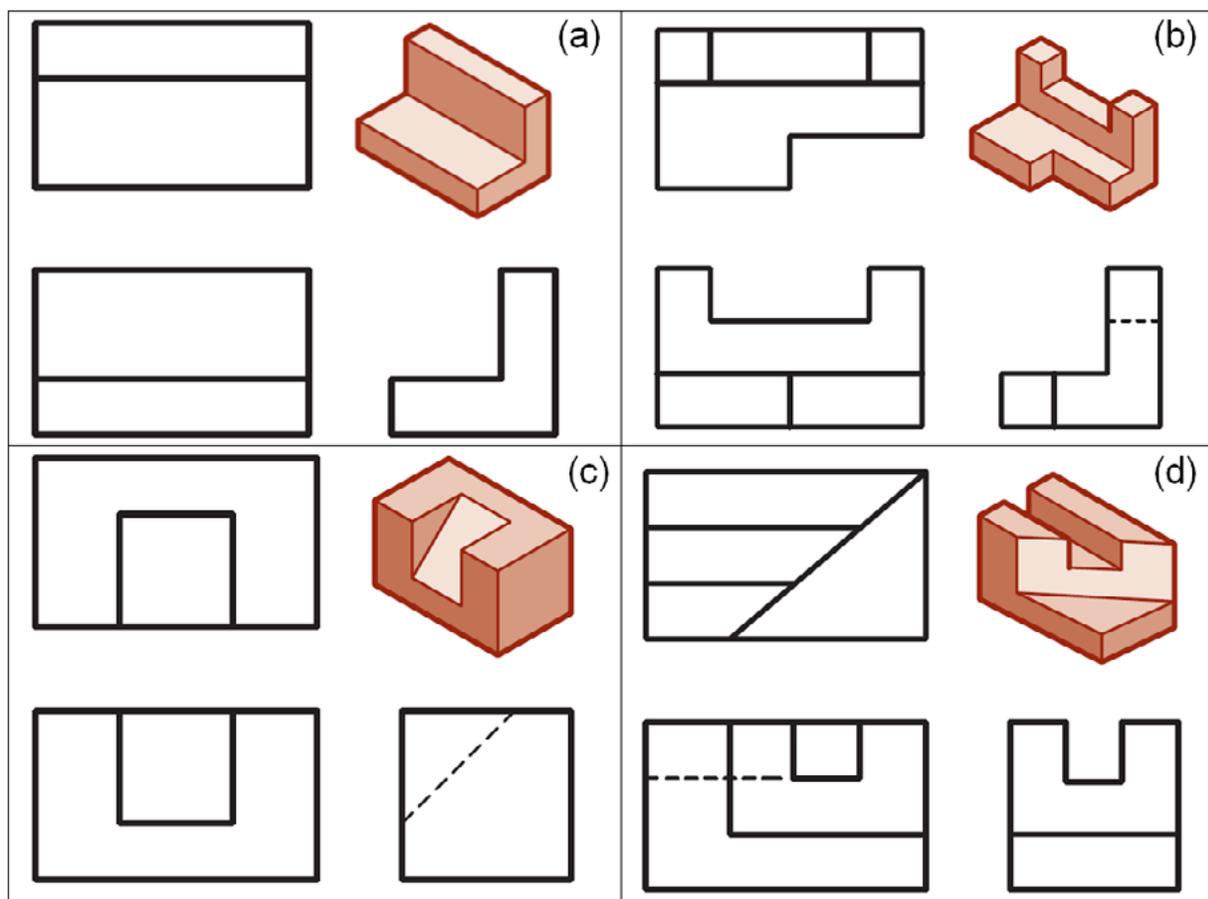


Figura 1. Ejemplos de obtención de vistas ortogonales de un sólido a partir de vista isométrica. Adaptado de: Bertoline G., et al 2006

Los ejercicios planteados en este taller, correspondientes a este método, consistieron en la presentación de 5 objetos en proyección isométricas, tomados de los ejercicios tipo del libro *Fundamentals of Graphics Communication*, donde los estudiantes debían generar las vistas ortogonales equivalentes.

Generación de vistas ortogonales construyendo modelo físico en material blando

Una de las técnicas más usadas en la literatura clásica para el aprendizaje de habilidades espaciales es la creación en material suave y maleable; del sólido equivalente a una serie de vistas ortogonales suministradas. El material usado es generalmente Poliestireno - Icopor, arcilla, plastilina, espuma floral o jabón. El proceso consiste en tallar el material base poco a poco, haciendo el análisis de las distintas caras o planos, que logren ser coherentes con el planteamiento del problema suministrado (ver Figura 2).

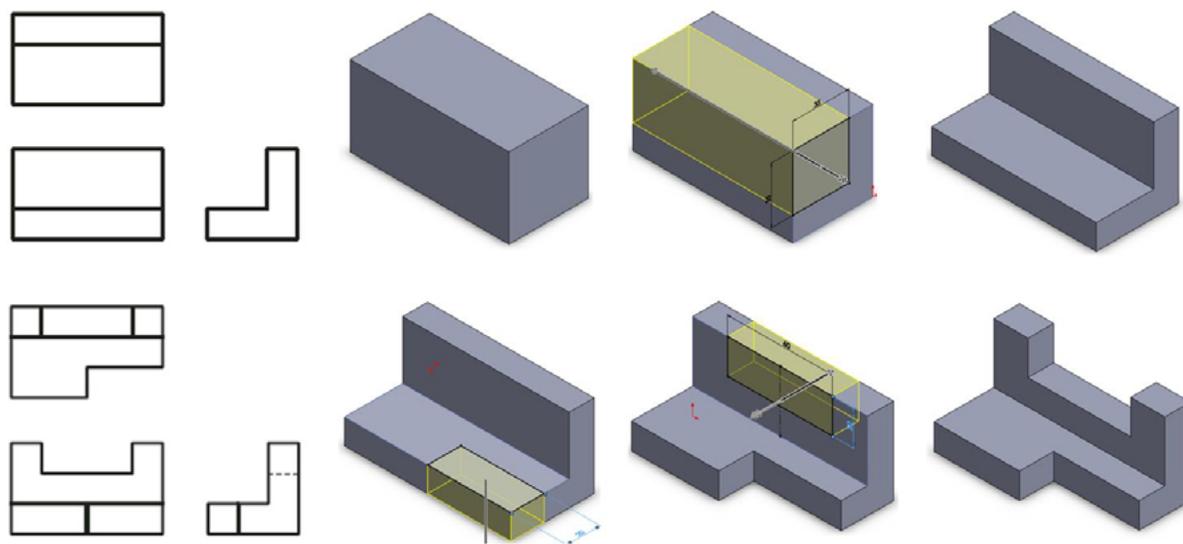


Figura 2. Ejemplo generación de sólidos desde las vistas ortogonales usando la técnica de los cortes sucesivos. Adaptado de: Bertoline G., et al 2006

A los estudiantes se les planteó 5 ejercicios basados en tres vistas ortogonales con los cuales deberían obtener el sólido equivalente tallando espuma floral con el uso de un corta papel suministrado al inicio.

Generación de vistas ortogonales a partir de sólidos impresos en 3D

Las máquinas de prototipado rápido o impresoras 3D han permitido que los procesos de generación de modelos, a partir de diseños virtuales en sistemas CAD, mejoren considerablemente en cuanto a tiempo y calidad. Los modelos obtenidos mediante esta técnica no presentan una resistencia mecánica aceptable, pero a cambio de ello su precisión dimensional y el seguimiento de formas geométricas son muy buenos.

La manipulación de objetos reales para obtener la representación ortogonal es una de las técnicas más utilizada para el desarrollo de habilidades espaciales, debido a la interacción mano ojo presente durante su desarrollo (ver Figura 3).

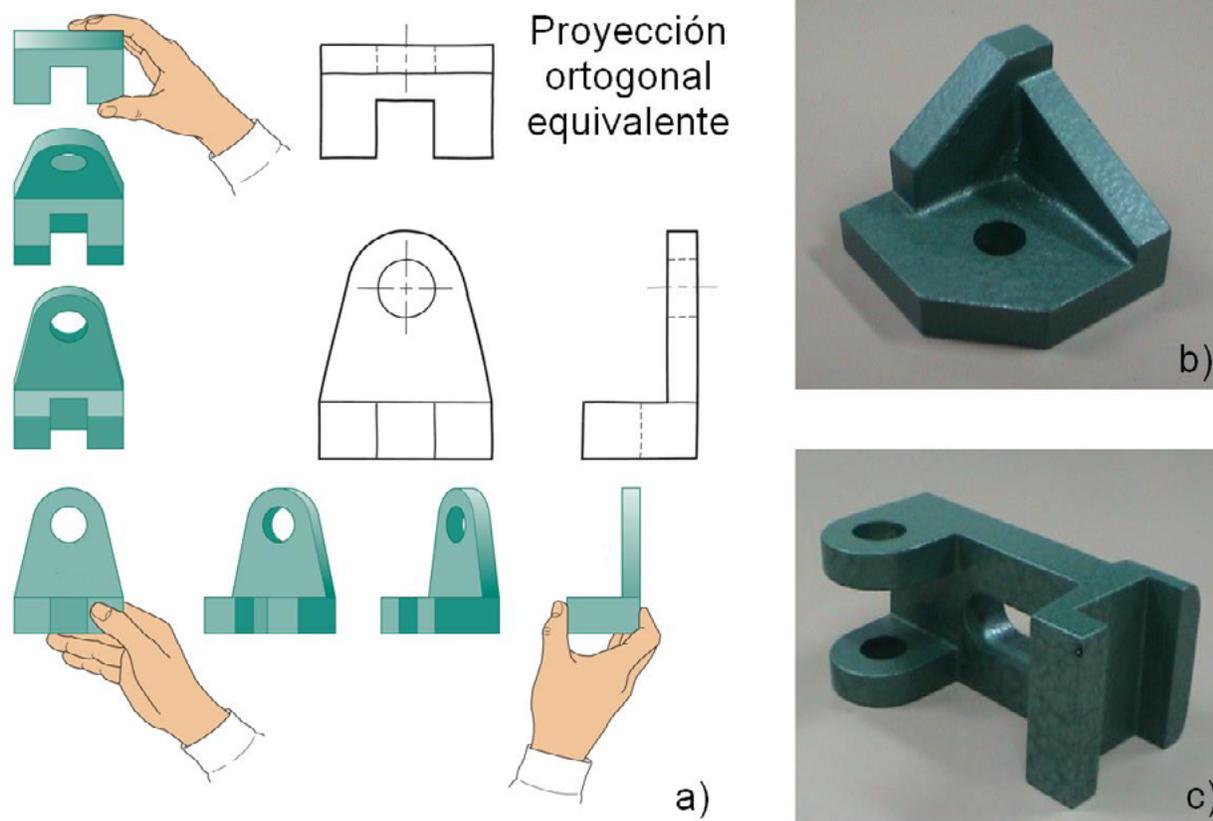


Figura 3. Manipulación de objetos físicos para obtener las vistas ortogonales. (a) Procedimiento de solución, (b) y (c) Ejemplos de sólidos utilizados Adaptado de: Bertoline G., et al (2006)

A cada grupo de estudiantes se les suministró 5 sólidos impresos en 3D con la impresora ZPrinter®650 de la empresa ZCorp. Se les solicitó a los estudiantes como producto de entrega las vistas ortogonales equivalentes en papel.

Generación de vistas ortogonales usando visualización en software especializado

Las herramientas CAD ofrecen muchas ventajas frente a los sistemas tradicionales de diseño y dibujo. Entre ellas se encuentra la generación de modelos virtuales en 3D que permiten al usuario realizar cambios en los ángulos y puntos de vista. La manipulación del punto de vista permite establecer de manera más sencilla las diferentes superficies y sus proyecciones en el sistema ortogonal de representación (ver Figura 4).

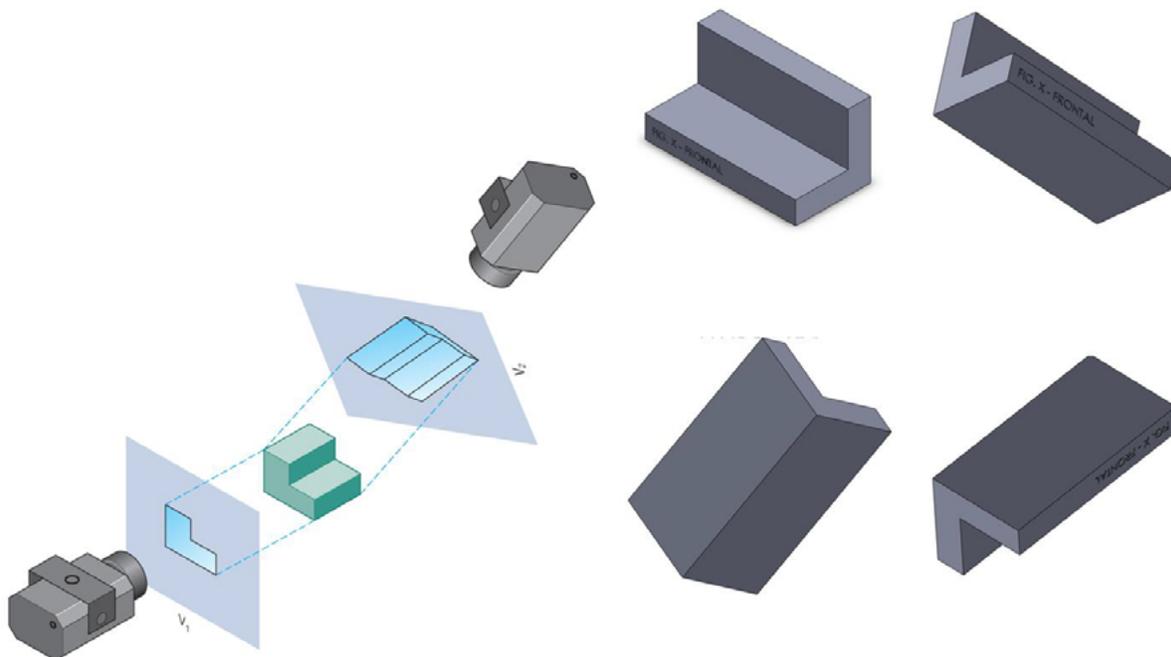


Figura 4. Visualización de objetos virtuales en software especializado. Izq. Cambio de ubicación del observador por software y Der. Ejemplo de resultados obtenidos. Adaptado de: Bertoline G., et al (2006)

Para realizar este taller se instaló en cada computador el software e-Drawings de la empresa SolidWORKS, y en una carpeta dentro del ordenador se almacenaron los 5 modelos digitales a desarrollar. El objetivo de la prueba fue crear las tres vistas ortogonales de los modelos digitales almacenados en el directorio de trabajo.

Generación de vistas ortogonales usando objetos en realidad aumentada

La realidad aumentada es una técnica en la cual se trata de incrustar nueva información virtual o digital en ambientes reales. Dentro de las técnicas de desarrollo de habilidades espaciales es relativamente nueva pero permite una muy interesante interacción entre el usuario y el objeto en estudio a muy bajo costo.

La técnica de realidad aumentada consiste en el uso de una cámara web conectada a un computador, un software especializado y un marcador geométrico. El marcador es una figura sencilla en la cual el software proyecta el objeto tridimensional en la vista de la cámara web. La proyección realizada dependerá de la ubicación y dirección del marcador, por lo tanto será posible rotar el objeto en análisis con solo cambiar la posición del marcador (ver Figura 5).

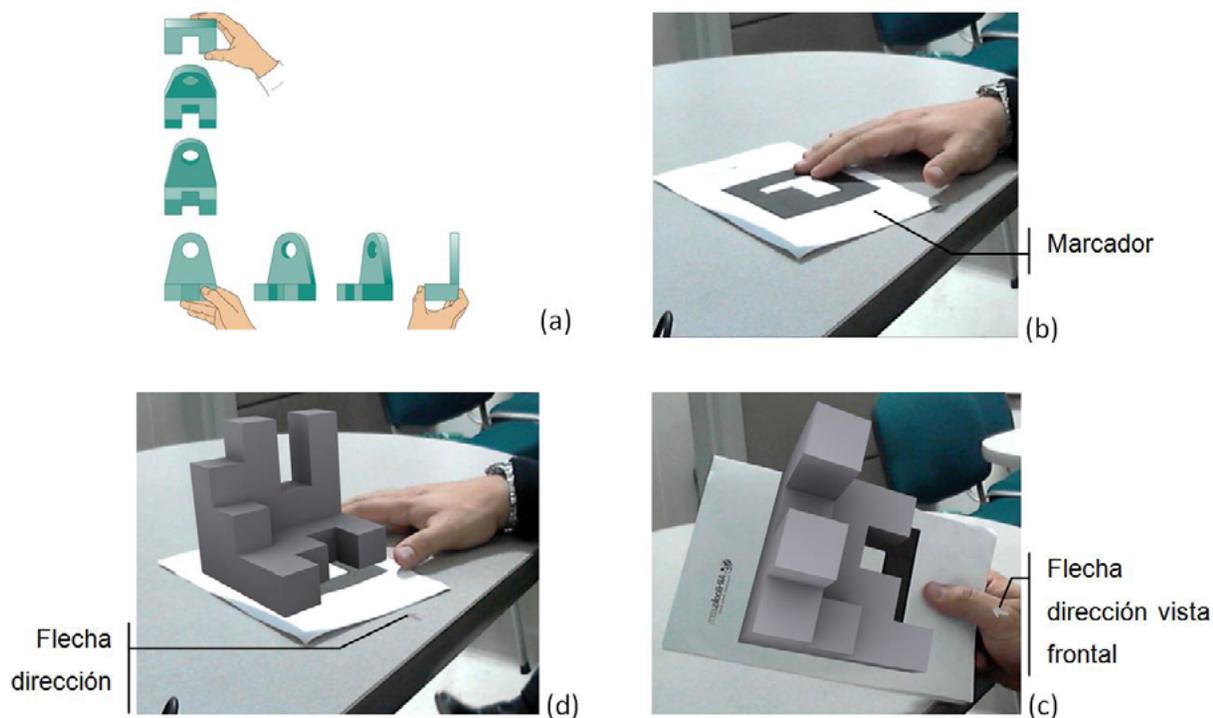


Figura 5. Visualización objetos en realidad aumentada. a) Principio de movimiento del sólido respecto al observador. b) Marcador de realidad aumentada. c) Sólido de realidad aumentada y d) Variación de ubicación.

Para poder realizar la implementación de esta técnica se instaló en cada computador el software AR-Books, se imprimió en material duro el marcador principal y se suministraron 5 marcadores para obtener diferentes sólidos virtuales. Cada computador fue equipado con una Web-CAM que permitía cambiar fácilmente el punto de visualización por parte del estudiante. El estudiante debía entregar las tres vistas principales en papel como resultado del taller.

Para aplicar cada uno de los 5 talleres (generación de sólidos en material blando, generación de vistas ortogonales a partir de vistas isométricas, generación de vistas ortogonales a partir de sólidos impresos en 3D, sólidos en realidad aumentada y uso de software de especializado) se procedió a organizar el grupo de estudiantes en pequeños grupos de 4 a 6 estudiantes, a los cuales se les entregó un descriptivo de la prueba, un cuestionario y el material necesario para realizar el procedimiento.

El tiempo estipulado para realizar las pruebas fue de 60 min. Cada ejercicio fue realizado de manera individual por 3 grupos de 4 a 6 estudiantes. Al finalizar los talleres se les presentó a cada grupo los otros cuatro métodos que no aplicaron durante el proyecto, indagándoles su opinión de todos los métodos. En la Figura 6 se pueden observar una serie de fotografías de los grupos de estudiantes realizando cada uno de los talleres propuestos.



Figura 6. Aplicación de talleres para desarrollo de habilidades espaciales. a) Creación de sólido en material maleable. b) Generación de proyecciones ortogonales a partir de sólido impreso en 3D. c) Manipulación de sólido de realidad aumentada y d) Visualización en software especializado CAD

Resultados y discusión

Caracterización del grupo de estudio

Los resultados básicos de caracterización (muestra de 70 estudiantes de primer semestre de ingeniería industrial) se muestran en la Figura 7. La edad media del grupo es de 17 años, con un máximo de 24 y un mínimo de 16 años. Se encuentra además cómo los estudiantes con cursos a nivel universitario o superior previos es de 5%, con una fuerte base de estudiantes egresados de colegios no técnicos (91%) y una experiencia previa en dibujo técnico cercana al 35%.

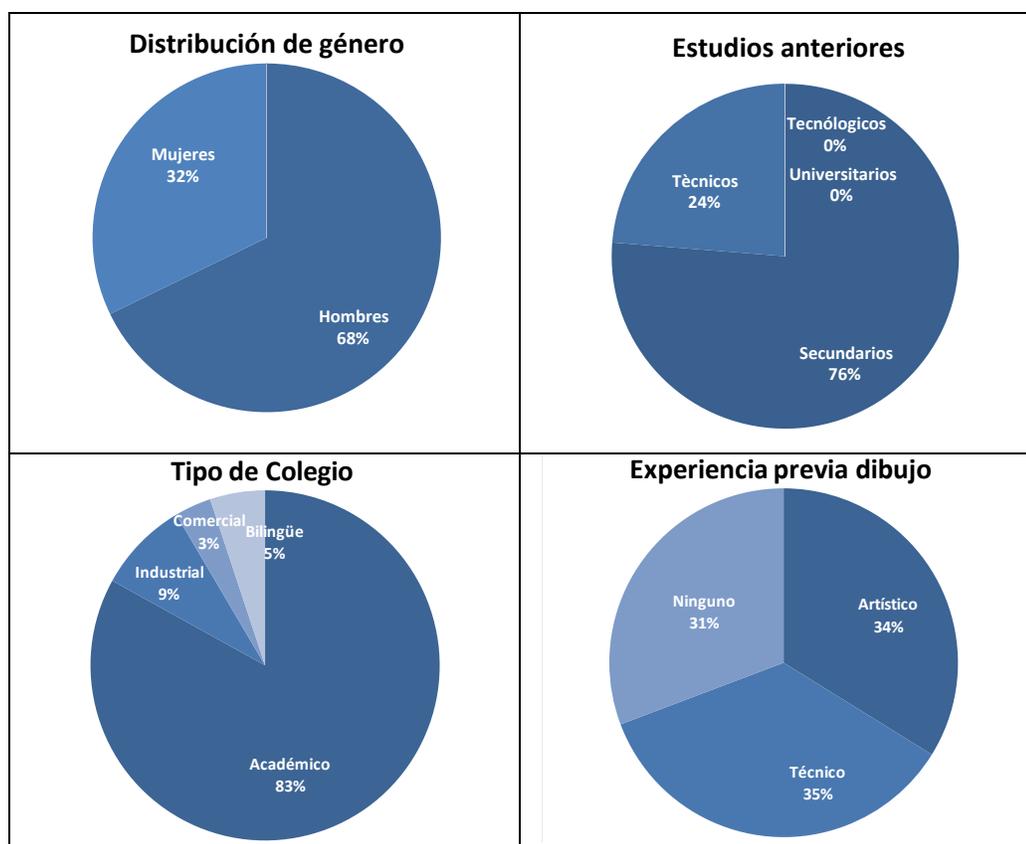


Figura 7. Caracterización del grupo de estudio

De metodologías aplicadas

Una vez fueron desarrollados los talleres por parte de los estudiantes se procedió a evaluar los resultados obtenidos. La figura 8a muestra la evaluación realizada de manera global, donde se tiene que los estudiantes tuvieron un rendimiento entre bueno y excelente en un 27%. se analiza de manera individualizada los resultados por cada taller (ver figura 8), se tiene que para este mismo rango entre bueno y excelente, los talleres de sólidos impresos (figura 8b con el 62%), vistas isométricas (figura 8c con el 31%) y Realidad aumentada (figura 8d con el 25%) están alrededor de la media global de los resultados. En cambio muy por debajo de la media del grupo entre bueno y excelente, se encuentran los talleres de tallado de sólidos (figura 8e con el 9%) y software especializado (figura 8f con el 0%). En forma gráfica se pueden ver la agrupación de los resultados en la figura 9.

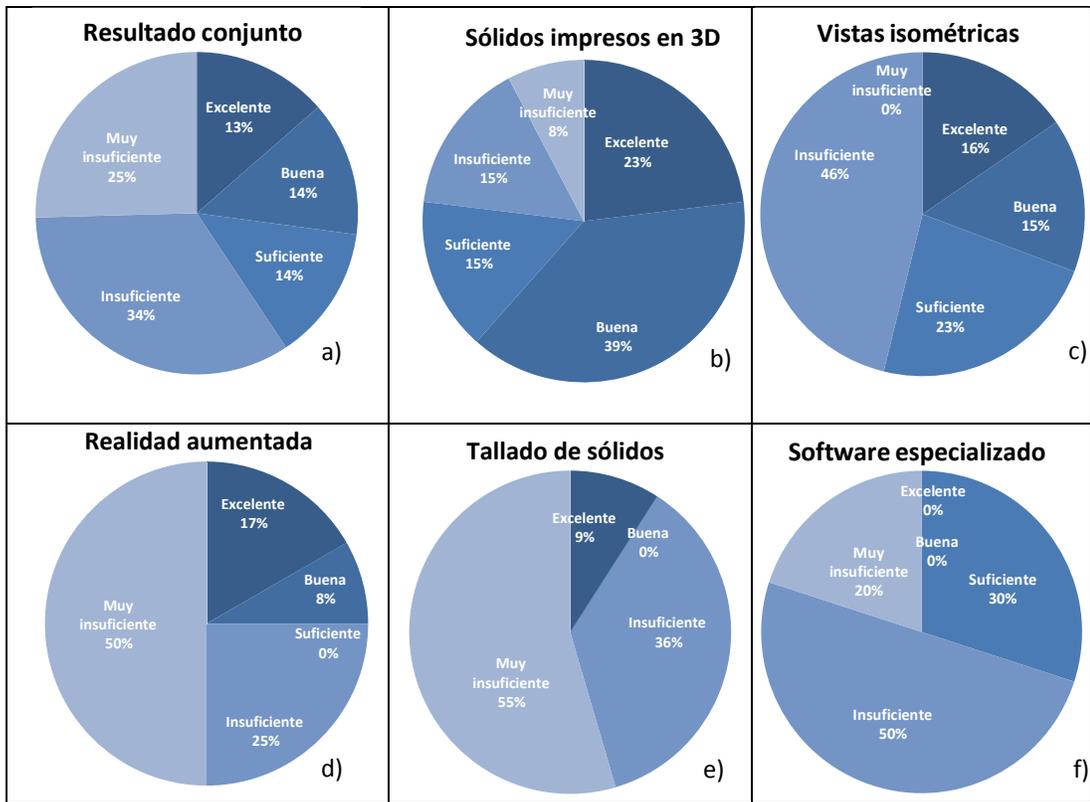


Figura 8. Resultados de evaluación obtenidos por tipo de taller aplicado

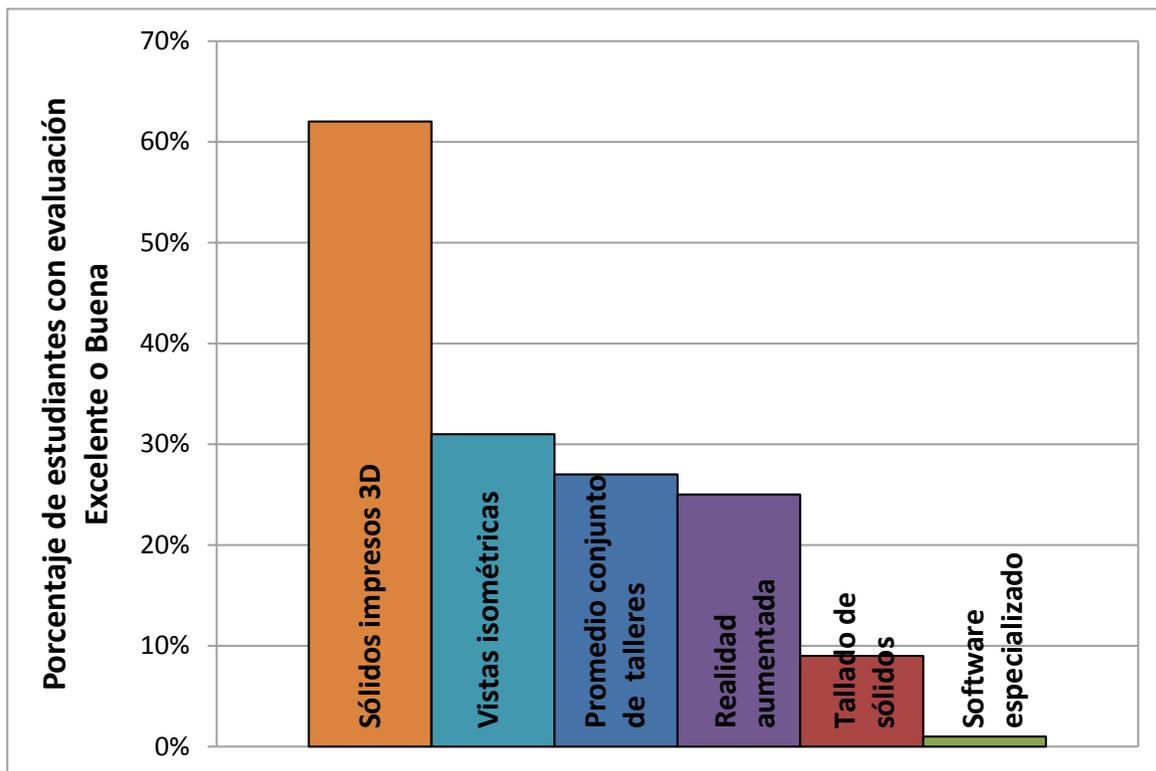


Figura 9. Estudiantes con evaluación excelente o buena, categorizada por tipo de taller

También como herramienta de evaluación se tomó en cuenta la opinión de los estudiantes de acuerdo a una encuesta aplicada al final de la prueba. La figura 10a muestra el nivel de satisfacción en cuanto a la calidad de los talleres aplicados, donde fueron calificados por los estudiantes entre buena y excelente en un 90%. En cuanto a su percepción de si fueron útiles para desarrollar sus habilidades espaciales se obtuvo 76 % de aprobación (entre buena y excelente), según lo muestra la figura 10b.

Finalmente, se indagó a los estudiantes, después de la presentación del taller y de una presentación de cada una de las propuestas para el desarrollo de habilidades espaciales, cuál (según su criterio) es la técnica más útil para desarrollar las habilidades espaciales. Los resultados se muestran en la figura 10c. La preferencia está orientada a los métodos que involucran TIC como lo son el software especializado y la realidad aumentada, con un total del 65% de las preferencias. Entre los métodos clásicos los sólidos impresos son los que tienen el mayor porcentaje de aprobación con el 28%.

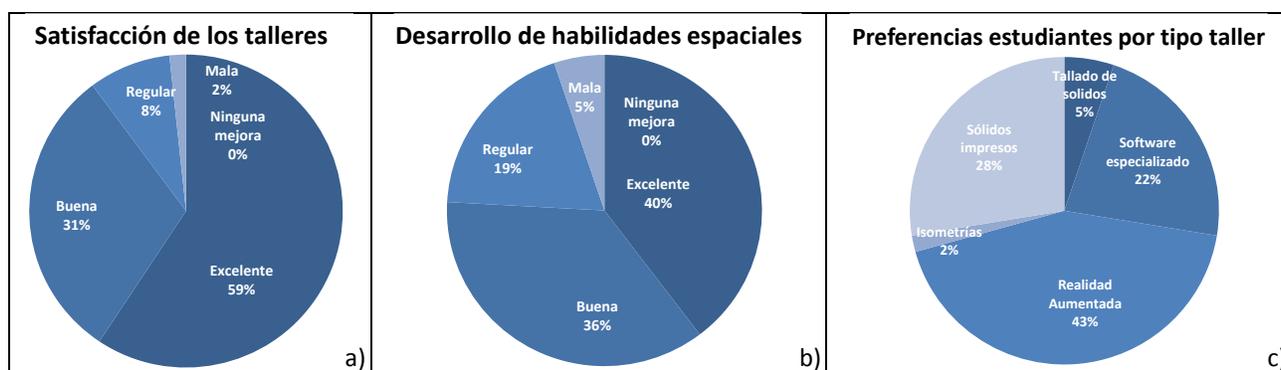


Figura 10. Indicadores de satisfacción y preferencias por parte de los estudiantes

Conclusiones

Los resultados obtenidos con los talleres aplicados a los estudiantes muestran que contribuyen al desarrollo de habilidades espaciales, según lo expuesto por los indicadores de satisfacción de los mismos estudiantes. Pero según los resultados de la evaluación solo se tiene un nivel superior a bueno en el 27% y superior a suficiente del 41% (ver Figura 8). Esto implica que cada tipo de taller tiene un impacto diferencial, es por eso que la figura 9 muestra una importante diferencia en los resultados obtenidos por cada método.

El taller con mejor evaluación corresponde a los realizados usando sólidos físicos (en este caso impresiones 3D), lo cual coincide completamente por lo mostrado en las referencias de estudios similares. Con este tipo de talleres se tiene una relación mano-ojo completa, parte fundamental del desarrollo de habilidades espaciales (Company et al, 2004).

Los dos talleres con características muy similares en la evaluación son los de vistas isométricas y realidad aumentada. El primero es una de las técnicas clásicas más usadas y por ello la experiencia anterior de los estudiantes pudo ser un factor fundamental en los resultados. La realidad aumentada en cambio es una tecnología completamente nueva, sobre todo aplicada al desarrollo de habilidades espaciales (según las referencias de 4 años).

El taller de tallado de sólidos y software especializado, tienen los niveles más bajos. El primero tiene como dificultad que es necesario tener habilidades artesanales para poder llegar a un modelo adecuado, además que conlleva a un tiempo significativo de desarrollo. El software especializado necesita un tiempo significativo de aprendizaje para poder realizar la manipulación adecuada de los objetos y con ello lograr la integración ojo-mano.

Es interesante ver como desde el punto de vista de los estudiantes las técnicas basadas en TIC son las que les parecen más atractivas y efectivas, Software especializado 22% y Realidad aumentada 43% según la Figura 10. Esto coincide con varias investigaciones que se han realizado sobre el impacto de las TIC en la educación, que muestran como el solo hecho de usar sistemas informáticos garantizan que se capture la atención de los estudiantes (Smith, I. M. et al. 1964).

Se puede concluir que técnicas como la manipulación de sólidos por parte de los estudiantes, que corresponde a una de las técnicas clásicas, es fundamental en las etapas iniciales de estudio pues es la que más rápido puede desarrollar la conexión mano-ojo. El problema de esta técnica es que una vez se ha cumplido la etapa inicial de desarrollo pierde su valor didáctico, pues es difícil realizar ejercicios diferentes a generación de vistas ortogonales.

Se propone que los niveles medios de adquisición de habilidades espaciales sean realizados por medio de técnicas modernas (TIC) como la realidad aumentada y software especializado. Con estas técnicas es posible tener muchos y diferentes tipos de ejercicios, a un muy bajo costo debido a que se trata de software y no de elementos físicos como si ocurre con la manipulación de sólidos. Garantizando eso si el fácil uso de los programas desarrollados y acoplados completamente a las necesidades y nivel los estudiantes.

Para el desarrollo del nivel superior debe ser afrontado por el uso de ejercicios clásicos sobre papel, como los isométricos, pues este es el ejercicio más cercano al que tendrá que afrontar el futuro ingeniero en su vida profesional.

Referencias

- Bertoline G., Wiebe E., Hartman N. & Ross W. (2006). "Fundamentals of Graphics Communication", Fifth Edition, McGraw-Hill, pp. 259-263.
- Company, P., Contero, M., Piquer, A., Aleixos, N., Conesa, J. & Naya, F. (2004). "Educational Software for Teaching Drawing-Based Conceptual Design Skills". *International Computer Applications Engineering Education*, 12 (4), 257-268
- Gardner, H. (1987). The theory of multiple intelligences. *Annals of Dyslexia*. 37(1), 19-35.
- Garrido, M., (2005). El reto del cambio educativo: nuevos escenarios y modalidades de Formación. Zaragoza, Recuperado el 8 de octubre de 2012, en: <http://tecnologiaedu.us.es/formaytrabajo/Documentos/lin7fan.pdf>.
- Gutierrez J. (2010). Estudio y evaluación de contenidos didácticos en el desarrollo de las habilidades espaciales en el ámbito de la ingeniería. Tesis Doctoral. Universidad politécnica de Valencia. España.
- Martín, N. (2009). Análisis del uso de dispositivos móviles en el desarrollo de estrategias de mejora de las habilidades espaciales. Tesis Doctoral. Universidad politécnica de Valencia. España.
- McGee, M. G. (1979). *Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences*. Psychological Bulletin 86, 889-918
- Melgosa, C. (2012). Diseño y eficacia de un gestor web interactivo de aprendizaje en ingeniería gráfica para el desarrollo de la capacidad de visión espacial. Tesis Doctoral. Universidad de Burgos. España.
- Miller, C. L. (1992). "Enhancing Visual Literacy of Engineering Students Through the Use of Real and Computer Generated Mo-

- dels". *Engineering Design Graphics Journal*, 56 (1), 27-38.
- Lieu D. K., Sorby S. (2010). *Visualization, modeling, and graphics for Engineering Design*. Editorial DELMAR. USA
- Linn MC, Petersen AC. (1985). "Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: a meta-analysis". *Child Development*. 56 (6), pp. 479-1498
- Lohman, D. F. (1996). "Spatial ability and G. In I. Dennis & P. Tapsfield (Eds.). *Human abilities: Their nature and assessment* (pp. 97-116).
- Olkun, S. (2003). "Comparing computer versus concrete manipulatives in learning 2D geometry". *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 22, pp. 43-56.
- Pellegrino, Alderton, & Shute (1984). "Undertanding Spatial Ability". *Educational Psychology*. 19(3), 239-253.
- Prieto, G., Velasco, A., Arias-Barahona, R., Anido, M., Núñez, A., & Co, P. (2008). ¿Mejora la visualización espacial con el aprendizaje del dibujo técnico?, *Revista Mexicana de Psicología*, 25 (1), 175-182.
- Saorín J., Navarro R., Martín N. & Contero M. (2005) "Las habilidades espaciales y el programa de expresión gráfica en las carreras de ingeniería", *ICECE 2005*, Madrid, Noviembre 2005
- Smith, I. M. (1964). *Spatial ability: its educational and social significance*. San Diego, CA: Robert R. Knapp.
- Sorby, S. (2009). "Educational research in developing 3-D spatial skills for engineering students". *International Journal of Science Education*, 31 (3), 459-480.
- Sorby, S. (2007). "Developing 3D spatial skills for engineering students". *Australasian Journal of Engineering Education*, 13 (1), pp. 1-7.
- Strong, S., & Smith, R. (2002). "Spatial Visualization: Fundamentals and Trends in Engineering Graphics". *Journal of Industrial Technology*, 18 (1), 1-5.
- Sutton, K., Heathcote, A., & Bore, M. (2007). "Measuring 3D Understanding on the Web and in the Laboratory Behavior". *Research Methods*, 39 (4), 926-939.
- Vandenberg, S. G. /Kuse, A. R. (1978) Mental rotation, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills* 47:599-604
- Vander Wall, W. J. (1981). Increasing understanding and visualization abilities using three dimensional models. *Engineering Design Graphics Journal*, 45 (2), 72-74.