



Evaluación de factores de entorno que afectan el desarrollo de habilidades espaciales en estudiantes de primer semestre en Ingeniería Industrial

Assessment of Environmental Factors affecting Spatial Skills Development of 1st semester Industrial Engineering students

Autores:

Leonardo Emiro Contreras Bravo*
Julián Alfonso Tristancho Ortiz **
Luis Fernando Vargas Tamayo***

Fecha de presentación: Marzo 15 de 2013
Fecha de aceptación: Mayo 15 de 2013

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá

Resumen

La habilidad espacial es una de las destrezas más importantes que un ingeniero, arquitecto o artista debe tener. El proceso mental de conceptualizar una idea en la mente es la etapa con mayor dificultad de cualquier proceso creativo. Ha llegado a ser tan vital esta habilidad que muchos autores consideran que su medida es importante para determinar el posible éxito académico y/o profesional, llegando a ser considerada como un tipo de inteligencia claramente definida.

Este artículo hace una descripción de los conceptos básicos asociados a la habilidad espacial, muestra un método de evaluación estandarizado para rotaciones mentales, y además hace un análisis estadístico sobre los resultados obtenidos para una muestra de estudiantes de primer semestre de Ingeniería Industrial. En la parte final hace un análisis de algunos factores que pudieron afectar su rendimiento y expone algunas posibles estrategias para activar y desarrollar la habilidad espacial de los nuevos estudiantes del plan curricular. Éste se encuentra enmarcado en el proyecto “Generación y validación de contenidos didácticos para el desarrollo de habilidades espaciales de estudiantes de ingeniería por medio de la implementación de TIC” que se está desarrollando desde agosto de 2012.

* Magíster en ingeniería – Materiales y procesos. lecontrerasb@udistrital.edu.co

** Doctor en ingeniería. jatristanchoo@udistrital.edu.co

*** Magíster en Ingeniería – Materiales y procesos. lfvargast@udistrital.edu.co



Palabras Clave:

Habilidad espacial, enseñanza, modelo pedagógico, rotación mental, dibujo en ingeniería

Abstract

Spatial ability is one of the most important skills that an engineer, an architect or an artist should master. The conceptualizing process of an idea is the hardest stage of any creative process. Such a skill has become so vital that many authors believe its measure is critical to establish the likely academic and/or professional success, i.e. a noticeably defined type of intelligence.

This paper has a description of basic concepts associated to spatial skill, showing a standardized assessment method for mind rotations, and also a statistical analysis of results for a sample of first semester students of Industrial Engineering in Francisco José de Caldas University in Bogota. The final section offers an analysis about some factors that may affect their performance and outlines feasible strategies to enable and develop spatial skill of new curricula students. It is a part of `Generation and validation of curricula for development of spatial skills of Engineering students through ICT implementation`, a project developed since August 2012.

Key words :

Spatial skill, Teaching, Pedagogical model, Mind rotation, Engineering drawing.

1. Introducción

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. Autores como Strong & Smith, (2002) dicen sobre la habilidad espacial: “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”.

Dentro de los planes curriculares de educación secundaria y superior, la única asignatura que tiene incumbencia en el desarrollo de las habilidades espaciales corresponde a dibujo, tanto en su concepción artística como técnica. Los cursos de dibujo generalmente incluyen temas relacionados con la representación de objetos tridimensionales con técnicas bidimensionales (representación en papel) y obtención de objetos tridimensionales a partir de su representación bidimensional.

Las asignaturas de dibujo y diseño en ingeniería han sufrido un fuerte descenso en el número de cursos



asignados en los planes curriculares de ingeniería. Es así como a finales del siglo pasado se tenían de dos a tres cursos de dibujo en el ciclo básico de ingeniería y en la actualidad se ha reducido a un solo curso. La presencia de sistemas de diseño asistido por computador (CAD por sus siglas en inglés) han permitido que muchas de las tareas de dibujo que antes se realizaban a mano se hayan automatizado hasta un nivel donde al estudiante se le evalúa el manejo de la herramienta más no el desarrollo de las capacidades y habilidades que le permitan un desarrollo mental adecuado para su vida académica y/o profesional.

Las asignaturas generalmente utilizan una enseñanza pasiva en la que los alumnos observan las explicaciones y demostraciones del profesor que utiliza marcadores, tiza, papel, lápiz y/o modelos sólidos. Por consiguiente proporcionan poca interacción de los estudiantes con los objetos y las operaciones para rotar los objetos y poder visualizarlos desde distintos puntos de vista. Esto implica que los alumnos se animen a aprender de memoria un conjunto de reglas para realizar las representaciones, en lugar de desarrollar una adquisición y conceptualización del conocimiento.

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) como lo es un proceso de diseño o innovación. No se quiere dar a entender que con los contenidos de expresión gráfica o dibujo en ingeniería no se adquiere en ninguna medida las habilidades espaciales, pues en realidad los alumnos sí las desarrollan (Prieto et al, 2008), el punto en realidad, es la duración y dificultad de dicho aprendizaje, en relación, fundamentalmente a metodología y recursos pedagógicos utilizados.

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. Se hace entonces necesario replantear los contenidos de la asignatura de dibujo de ingeniería, para garantizar que sean adquiridas las capacidades espaciales de la forma más efectiva por los estudiantes. Para ello un análisis de los factores que afectan el desarrollo individual de las capacidades espaciales sumado a la posibilidad de la apropiación de la tecnología informática existente, puede llegar a convertirse en un acelerante del proceso educativo.

En esta investigación se plantea un marco teórico que define el concepto de habilidad espacial, los elementos pedagógicos tradicionales y las nuevas tecnologías que están siendo utilizadas. A partir de ese marco se desvela una metodología de evaluación disponible en la comunidad científica, que sumada a una pequeña encuesta, es aplicada a una muestra de estudiantes. El objetivo es obtener una relación causa-efecto sobre el desarrollo de habilidades espaciales en los nuevos estudiantes de Ingeniería Industrial. Con la identificación de los efectos positivos sobre el desarrollo de habilidades espaciales es posible establecer nuevas metodologías de enseñanza en el curso de Dibujo en Ingeniería.

2. Generalidades de la habilidad espacial

La generación de imágenes mentales tridimensionales a partir de representaciones, simbólicas, icónicas o bidimensionales (al igual que el proceso inverso), representa uno de los mayores avances en la



evolución humana, enmarcándose dentro de lo que se conoce como habilidad especial. 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 demostrado en su inclusión dentro de los ocho tipos de inteligencia humana: lingüística, lógico-matemática, cinético-corporal, musical, interpersonal, intrapersonal, naturalista y espacial (Lieu, y Sorby 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”. 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.

2.1 Estructura de la habilidad espacial

Al analizar la bibliografía existente sobre el tema de habilidades espaciales, su origen, clasificación y conceptos, es posible encontrar diversas teorías acerca de cómo se clasifica y varias pruebas para obtener resultados cuantitativos de dichas habilidades.

Algunas de las teorías más aceptadas son el trabajo de Lohman (1996) y Linn & Petersen (1985) que 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.

Otros investigadores del ámbito de la psicología (Pellegrino et al 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.

Dentro del estudio aquí desarrollado se tomará la clasificación realizada por Olkun (2003) y se evaluará el ítem relacionado con las relaciones espaciales, teniendo en cuenta que el proceso de conceptualización de objetos tridimensionales (clave en el proceso de diseño o innovación) queda perfectamente definido si el individuo es capaz de rotarlos mentalmente, haciendo cambios sobre la idea inicial o mejorando su diseño inicial.

2.2 La habilidad espacial en ingeniería

Desde el origen de la ingeniería la representación de ideas por medio de dibujos o esquemas ha sido fundamental. El lenguaje escrito o hablado no tiene la capacidad descriptiva que un dibujo puede tener y por ello su inconveniencia dentro del proceso de diseño o solución de problemas.

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 la generación tridimensional en la cabeza del diseñador de una posible solución a un problema. Si esta habilidad no se encuentra adecuadamente desarrollada el proceso creativo será muy limitado o truncado.

Por ejemplo la Figura 1, se muestra un proceso típico de diseño, como se puede ver la primera etapa y más importante (cerca al 90%, Melgosa 2012) corresponde a la idealización o desarrollo mental del producto (Figura 1a), que es plasmada en papel (gracias al desarrollo de las habilidades espaciales) para luego iniciar el proceso diseño asistido por computador.

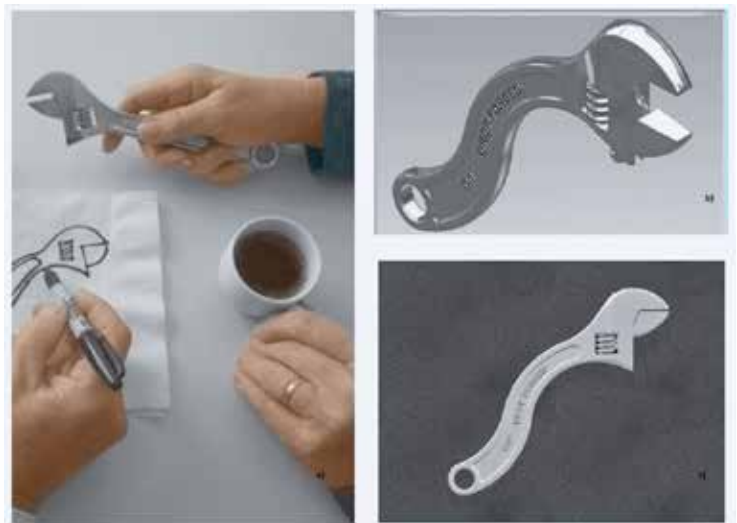


Figura 1. Proceso típico de diseño en ingeniería. a) Concepción de una idea o desarrollo mental, b) generación del modelo tridimensional virtual y c) construcción de un prototipo (Lieu, 2010)

Los científicos e ingenieros se caracterizan por ser pensadores y comunicadores “visua-espaciales” (Melgosa, 2012). Por lo tanto, se consideran que las habilidades espaciales son fundamentales para la interpretación y generación de esquemas técnicos,



pero además se ha encontrado que el desarrollo de las habilidades espaciales están fuertemente relacionados con los procesos de aprendizaje de otras áreas como las matemáticas y por ello su importancia en la posibilidad de éxito en carreras técnicas (Martin, 2009).

Los estudiantes de ingeniería deben adquirir o mejorar la habilidad de imaginar objetos en diferentes orientaciones, manipular objetos tridimensionales, reconstruir mentalmente dibujos de 2D y 3D realizados en papel o software especializado. Es por ello que la habilidad espacial se convierte en una destreza necesaria para todo estudiante.

La no motivación al desarrollo de las habilidades espaciales en las primeras etapas de la infancia y la adolescencia conlleva a un aprendizaje tardío y con un ello una dificultad inherente para el desarrollo de tales habilidades. Además los estudios han mostrado como la diferencia de desarrollo de habilidades espaciales entre hombres y mujeres puede ser uno de los factores que impiden la amplia integración de las mujeres en la ingeniería (Martin, 2009).

2.3 Desarrollo de habilidades espaciales

Existen muchos vacíos en el entendimiento del desarrollo de habilidades espaciales y cuál es la metodología más adecuada para el perfeccionamiento de tales habilidades, sobre todo cuando es necesario obtener los mismos resultados en un tiempo reducido.

Las habilidades espaciales se desarrollan en tres etapas: habilidades topológicas: habilidades bidimensionales, visualización de objetos tridimensionales, y finalmente se obtiene los conceptos de

área, volumen y distancia en combinación con los de traslación, rotación y reflexión. La tercera etapa es desarrollada por los adolescentes y generalmente sobre objetos conocidos o manipulados en su ambiente, una vez el joven ingresa a la universidad estas habilidades adquiridas son insuficientes para lograr ser aplicadas en la carrera profesional (Melgosa, 2012).

Varios estudios han demostrado como a partir de mediciones estandarizadas (test MCT, DAT-SR, etc..) al inicio de la vida universitaria y luego del curso de una materia asociada con dibujo de ingeniería se logra una mejora en los resultados realizados post-curso. Estos estudios demuestran que las habilidades espaciales pueden ser mejoradas mediante el modelado y dibujo a mano alzada de modelos 3D, manipulando objetos 3D para crear sus representaciones en papel y por medio de la experimentación y trabajo con diferentes perspectivas o puntos de vistas. Esencialmente se ha llegado que toda actividad que implique coordinación ojo y mano son las que más ayudan a desarrollar estas destrezas (Melgosa, 2012).

2.4 Estrategias para desarrollar habilidades espaciales

Estudios completos a nivel de doctorado sobre este tema de desarrollo de habilidades espaciales se encuentran disponibles en la literatura (Melgosa 2012, Martín 2009, Gutiérrez 2010), además de fuertes y prolongadas investigaciones realizadas en la *Michigan Technological University*, guiado por la profesora Sheryl Sorby y su grupo de investigación, con una experiencia de más de 20 años en el tema (Sorby, 2007). En estos estudios se hacen desarrollos herramientas particulares en las cuales se busca la máxima interacción con el estudiante.



Todas las investigaciones formulan que para mejorar las habilidades espaciales el uso de herramientas computacionales y o TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) son una buena alternativa. En la Tabla 1 y Tabla 2, se muestra algunos de los diferentes métodos pedagógicos con sus características, que son usados en la actualidad para promover el desarrollo de habilidades espaciales en los estudiantes de ingeniería.


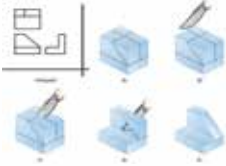

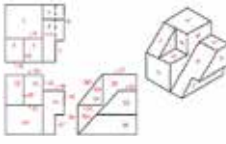
<p>Métodos clásicos</p>	<p>Representación de objetos comunes</p> <p>Dibujos de objetos de uso cotidiano por parte del estudiante, en diferentes métodos de representación.</p> <p>Ventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contacto del estudiante con el modelo para realizar representación por vistas o isometría • Costo nulo <p>Desventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nivel bajo de complejidad y número limitado de modelos disponibles. 	 <p>(Lieu, 2010)</p>	<p>Generación de modelos en material maleable por parte del estudiante</p> <p>A partir de representaciones 2D o 3D generación de modelos tridimensionales.</p> <p>Ventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de habilidades ojo-mano <p>Desventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nivel bajo de complejidad. • Posibilidad de uso peligroso por estudiantes. 	 <p>(Lieu, 2010)</p>
<p>Métodos clásicos</p>	<p>Modelos Físicos</p> <p>Serie de modelos disponibles por los estudiantes.</p> <p>Ventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contacto del estudiante con el modelo para realizar representación por vistas o isometría <p>Desventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nivel bajo de complejidad y número limitado de modelos disponibles. • Costo elevado 	 <p>(Martin, 2009)</p>	<p>Ejercicios en papel</p> <p>Ejercicios de entrenamiento para habilidad espacial.</p> <p>Ventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Versatilidad de ejercicios disponibles • Bajo costo <p>Desventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo bajo de habilidad ojo-mano • Complejidad de interpretación por parte del estudiante. 	 <p>(Lieu, 2010)</p>

Tabla 1 Métodos clásicos de desarrollo de habilidades espaciales.




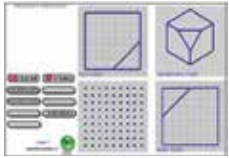


<p>Métodos modernos</p>	<p>Software especializado de diseño Uso de software especializado de diseño tridimensional.</p> <p>Ventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Altas capacidades de visualización <p>Desventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de dispositivos de hardware con altas capacidades de visualización • Alto nivel de entrenamiento para el uso • Costo alto 	 <p>(Lieu, 2010)</p>	<p>Software multimedia diseñado para habilidades espaciales Software diseñado específicamente para estimular el desarrollo de habilidades espaciales.</p> <p>Ventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de habilidades ojo-mano • Versatilidad de ejercicios disponibles • Bajos requerimiento de hardware • Bajo costo <p>Desventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de un sistema informático disponible. 	 <p>(Martin, 2009)</p>
<p>Métodos modernos</p>	<p>Modelos Físicos generados en prototipadora rápida Serie de modelos disponibles por los estudiantes.</p> <p>Ventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contacto del estudiante con el modelo para realizar representación por vistas o isometría • Variación del nivel de complejidad • Generación de modelos por los estudiantes con seguridad <p>Desventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modelos temporales, deterioro rápido. • Costo elevado del equipo de prototipado. 	 <p>(Martin, 2009)</p>	<p>Modelos de realidad aumentada Visualización de modelos en ambiente híbridos de realidad aumentada.</p> <p>Ventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de habilidades ojo-mano • Variación del nivel de complejidad, con infinidad de modelos disponibles • Bajos requerimiento de hardware <p>Desventaja:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de un sistema informático disponible. 	 <p>(Martin, 2009)</p>

Tabla 2 Métodos modernos de desarrollo de habilidades espaciales.

2.5 Herramientas de evaluación de habilidades espaciales

Las diferentes investigaciones en el ámbito de la psicología por encontrar una forma de medir la inteligencia y en consecuencia los factores que la integran, han hecho proliferar multitud de pruebas.

Cada prueba presenta una serie de ventajas y desventajas frente a las demás. Generalmente están asociadas con la habilidad específica que evalúa y la necesidad de entrenamiento previo que debe tener el destinatario de la prueba. La Tabla 3 muestra un resumen de las principales pruebas que existen en la actualidad solo para la evaluación de relaciones espaciales (Navarro et al, 2006).



TEST	AUTORES	DESCRIPCIÓN
Spatial Relation subset of Primary Mental Abilities Test (PMA –SR)	Thurstone, 1958	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales
Cards Rotation Test (CRT)	Ekstrom, French y Harman, 1976	Se requiere realizar una rotación mental de objetos bidimensionales
Mental Rotation Test (MRT)	Vanderber y Kuse, 1976	Una versión de lápiz y papel del test de Shepard y Metzler (1971) denominado Mental Rotation Task, que utiliza objetos de tres dimensiones
Mental Cutting Test (MCT)	College Entrance Examination Board. USA	Dada una figura seccionada por un plano, hay que determinar el resultado de la sección

TEST	AUTORES	DESCRIPCIÓN
Generis Mental Rotation 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 a pesar de información que se suministra en la casilla
The Water Level Test (WLT)	Piaget e Inhelder, 1956	Se requiere determinar la orientación de un líquido en un contenedor

Tabla 4. Pruebas estandarizadas para medir las habilidades en relaciones espaciales. (Navarro et al, 2006).

2.5.1 Prueba de rotación mental (Mental Rotation Test, MRT)

Una de las pruebas con mayor nivel de aceptación y aplicabilidad a nivel mundial es la prueba MRT o Mental Rotation Test por sus siglas en inglés. Esta prueba fue desarrollada por Vanderber y Kuse en 1976 (Navarro et al, 2006).

La prueba MRT está diseñada para medir la actitud de las personas a reconocer los diseños de un objeto formado por el ensamble de objetos sencillos

diferentes. La única diferencia entre el cuerpo original y el objeto a encontrar es una modificación del ángulo en el cual es visto. Una ilustración de procedimiento de visualización esta descrita en la Figura 2, donde la misma figura es representada en cinco posiciones diferentes Figura 2a. Cada una de las ilustraciones corresponde a un mismo objeto y la única diferencias es que se ha cambiado el ángulo de visualización. Mientras tanto la Figura 2b muestra un par de objetos que no pueden corresponder al objeto mostrado en la Figura 2a, debido a que no son el resultado de una rotación del objeto original.

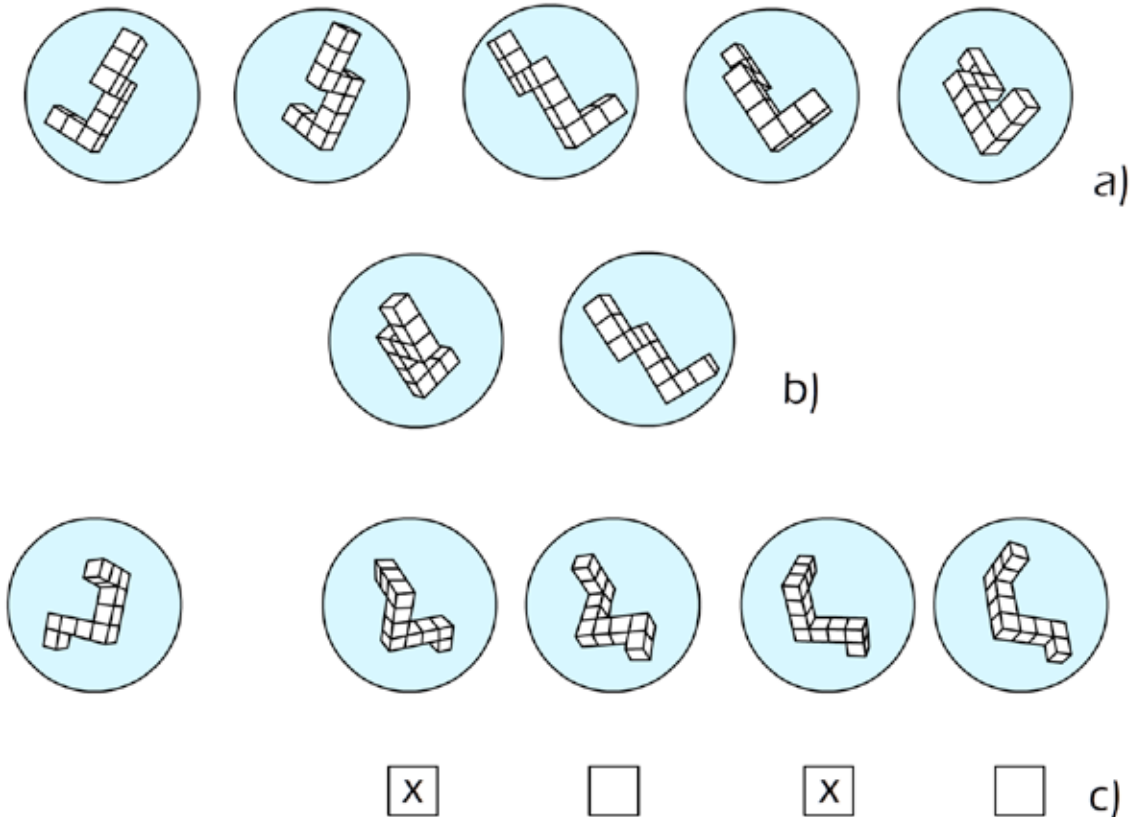


Figura 2. Ejemplo de visualización en prueba MRT. a) Mismo objeto visto desde diferentes ángulos de visualización. b) Objetos que no coinciden con el objeto descrito en a). c) Ejemplo de ejercicio típico en la prueba MRT (Albaret & Aubert, 1996)

La prueba consiste en una serie de ejercicios como el mostrado en la Figura 2c. Cada ejercicio posee dos vistas que no corresponden al objeto inicial mostrado a la izquierda, el usuario debe marcar las vistas que si corresponden como se ve en la Figura 2c. El punto solo se considera válido si se ha seleccionado las dos vistas correctas.

3. Resultados de aplicación prueba MRT y encuesta de factores de entorno

Para hacer un análisis del estado del desarrollo de habilidades espaciales de estudiantes de primer semestre que ingresan al plan curricular



de ingeniería industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, se decidió aplicar una encuesta y una prueba MRT estándar. La prueba MRT aplicada está compuesta por 20 preguntas y un tiempo de aplicación máximo de 60 min., tal como lo presenta Albaret & Aubert, 1996. Este tiempo otorga una media de 3 min, para resolver cada uno de los problemas. La prueba fue realizada de manera individual sin posibilidad de uso de material bibliográfico adicional.

La aplicación de la encuesta y la prueba MRT fue realizada el primer día de clases de la asignatura de Dibujo en Ingeniería. La encuesta y la prueba MRT están agrupadas dentro del mismo paquete, pero siendo completamente anónimas. El objetivo de las pruebas anónimas y de ser realizadas al inicio del semestre es obtener con el menor sesgo posible el estado de ingreso de los estudiantes al plan curricular, tanto en sus pre-saberes como en

las condiciones ambientales que pudieron afectar su formación.

En la Figura 3 se puede ver la encuesta que fue aplicada a los estudiantes. Está dividida esencialmente en tres secciones: la primera sección o de información básica, pretende hacer una descripción de género, edad y desarrollo de habilidad derecha o izquierda del cuerpo. La segunda parte agrupa la información mínima académica previas al ingreso de la universidad, el objetivo es poder valorar las habilidades que pudieron ser desarrolladas en cursos anteriores, además de la posible influencia que puede tener la separación de la academia por un lapso de receso entre el colegio y la universidad. La última parte busca encontrar tendencias en cuanto a la disponibilidad y uso de sistemas de información modernos. La caracterización de estas tendencias y disponibilidad es fundamental para determinar cómo es posible innovar en nuevas metodologías de enseñanza.

3.1 Caracterización de la población

La población del presente estudio corresponde al grupo total de estudiantes de Ingeniería Industrial que están inscritos dentro del curso de Dibujo en Ingeniería. Dibujo e Ingeniería es un curso ubicado en el primer semestre del ciclo básico de ingeniería, es un curso teórico-práctico de 3 Créditos. Este curso agrupa los temas de: dibujo técnico (normatividad y conceptos operativos de dibujo a lápiz), geometría descriptiva, diseño asistido por computador (SolidWORKS) e interpretación de planos tecnológicos.

El Proyecto Curricular de Ingeniería Industrial es uno de los que más demanda tiene en la Facultad de Ingeniería y en la Universidad Distrital. Está acreditado como de alta calidad vigente en la actualidad. Según las estadísticas recopiladas



Figura 3. Encuesta de factores de entorno en desarrollo de habilidades espaciales.



en el documento Boletín estadístico, se tiene que los inscritos a este plan curricular: un total de 1940 estudiantes, el 62% son hombres y el 38% son mujeres. El 57% corresponden a estudiantes de estratos 0, 1 y 2, mientras que el 42% son de estrato 3. El 39% de los estudiantes viven en las localidades de: Kennedy, Engativá y Suba, mientras que un 12% más vive fuera de Bogotá. El plan curricular ofrece un nivel de absorción del 6% (inscritos a primer semestre 1940 y aceptados 120) de los estudiantes inscritos y se tiene que el 93% ingresa por clasificación según examen de estado ICFES, 1% son desplazados por la violencia, 2% provenientes de comunidades indígenas, 3% en el programa de mejores bachilleres y un 2% por minorías étnicas. El puntaje promedio ICFES es de 461, donde el 65% tuvieron un puntaje entre 450-479. El número de graduados semestrales tiene una media de 80 Ingenieros Industriales.

3.2 Caracterización de la muestra

Para evaluar el comportamiento de la población se tomó una muestra de 66 estudiantes de un total de 152 (aprox. 43%) de los estudiantes inscritos en el curso de Dibujo en Ingeniería del plan curricular de Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, para el segundo semestre de 2012.

La Figura 4 muestra las principales características de los estudiantes sometidos a la encuesta y prueba MRT. Se puede ver una clara distribución homogénea, tanto en género y experiencia previa en dibujo, mientras en los estudios anteriores al ingreso al curso de dibujo ingeniería, se puede ver que 80% tiene solo estudios secundarios, 15% técnicos y de nivel superior (tecnólogo y universitario) son de 5%. En cuanto al tipo de estudios secundarios de los estudiantes tienen básicamente una formación académica clásica (83%).

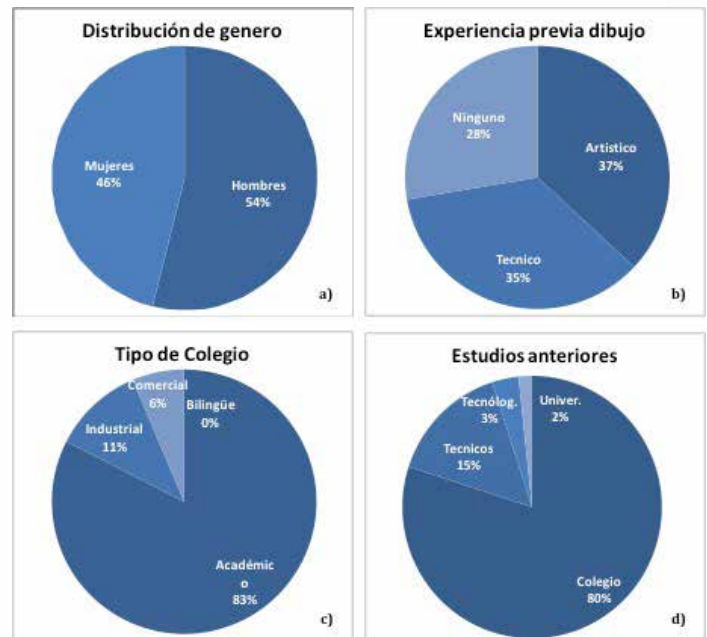


Figura 4. Características fundamentales de la muestra tomada para el estudio.

La información adicional de caracterización se encuentra en la Tabla 5. Se puede observar como el grupo de estudio está formado por jóvenes recién egresados de colegio académico (media menor a 1.2 año desde la finalización de sus estudios secundarios), con una edad media menor a 18 años. Entre otros parámetros de caracterización se encuentra el bajo porcentaje de: zurdos (5%), personas repitentes del curso (4%) y experiencia con sistemas CAD (3%).

Característica	Máx.	Mín.	Media	Desv. estándar
Edad (años)	26	15	17.8	2.1
Tiempo de ingreso desde la graduación del colegio(años)	8	0	1.2	1.6

Tabla 5. Información adicional de caracterización de la muestra de estudiantes



La caracterización de disponibilidad de medios tecnológicos y uso de los mismos se encuentra resumida en la Figura 5. Los resultados son coherentes con las características de la población universitaria, por ejemplo existe una baja disponibilidad de: sistemas móviles inteligentes como los *smarphones* (16%) y de plataformas de videojuegos (45%). Pero es un muy importante el avance en la disponibilidad y hábito de uso de: el 94% de los estudiantes tienen acceso a un computador y a internet el 40%. También cabe notar que los estudiantes con disponibilidad a *Smartphone* o plataformas de video juegos (o computador para jugar) dedican un número importante de horas en ellos.

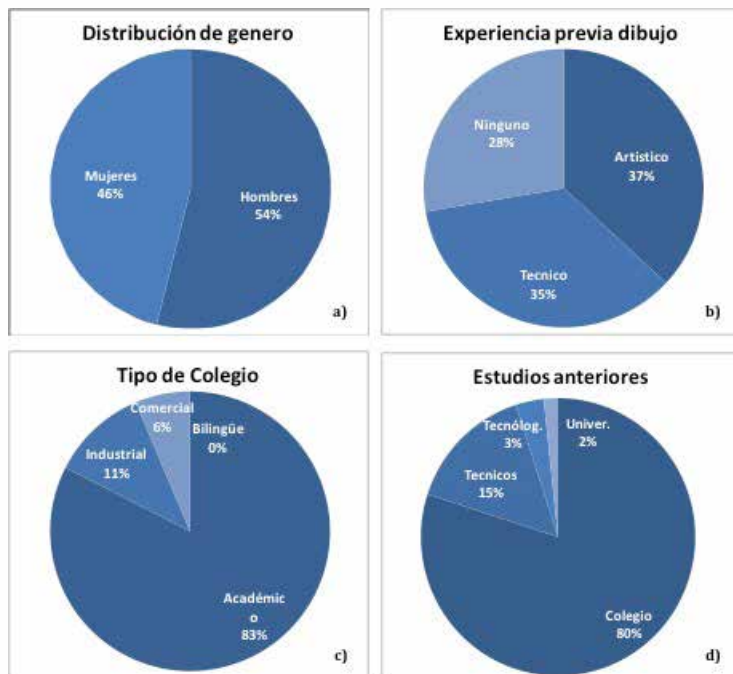


Figura 5. Características disponibilidad y hábitos tecnológicos.

3.3 Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos sobre el grupo en estudio se encuentran disponibles en la Figura 6. Para generar los rangos de clasificación se estableció: Muy insuficiente corresponde a aquellos que obtuvieron un puntaje total inferior o igual a 40%, Insuficiente mayor al 40% pero inferior al 60%, Suficiente entre 60% y 70%, la categoría Bueno corresponde a los puntajes entre 70% y el 90%, y excelente para los resultados superiores al 90%.

Los resultados obtenidos muestran que un 60% de la muestra no superó la prueba y que el nivel de buenos resultados (rango Excelente y Bueno) corresponden solo al 23%. Es importante notar que el test MRT está diseñado para disminuir al mínimo la posibilidad de acertar con la respuesta si se trata hacer una selección al azar, pues es necesario seleccionar dos ítems por pregunta para tener una respuesta válida (probabilidad de 8.3%).

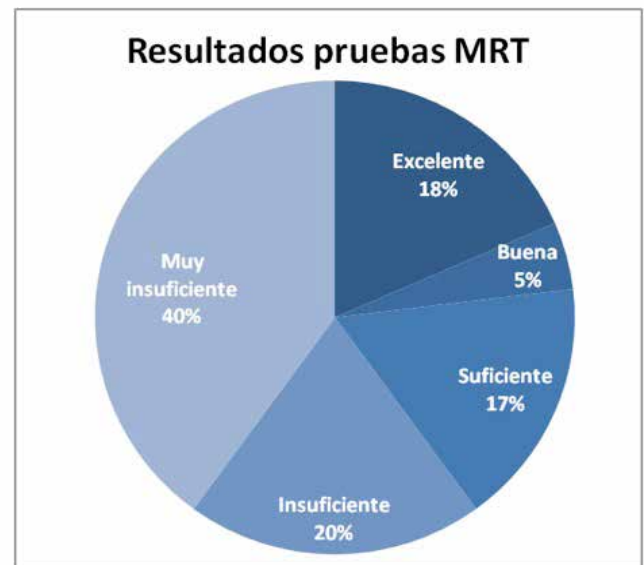


Figura 6. Resultados obtenidos en la prueba MRT aplicados sobre la muestra de estudio.



3.4 Análisis de resultados

Para tratar de determinar los factores de entorno que pudieron afectar el desarrollo de habilidades espaciales por parte de los estudiantes, se crearon dos nuevos sub grupos: Los estudiantes de nivel Bueno y Excelente, y los estudiantes con nivel Muy insuficiente. Luego se hizo un análisis de los factores de caracterización y de disponibilidad y hábitos tecnológicos.

La Figura 7 muestra los resultados comparativos del grupo en análisis para características fundamentales como distribución de género y experiencia previa de dibujo. Los resultados muestran una alta dependencia de género, mientras en el grupo de buen

desempeño se tiene una relación hombre-mujer de 6 a 1, los de bajo rendimiento la relación es casi 1 a 2. La relación entre el género y el desarrollo de habilidades espaciales está ampliamente difundida en diferentes estudios como lo muestra Sorby, (2007).

El otro resultado interesante que se ve en la Figura 7 es la experiencia previa en dibujo, donde de forma sorpresiva se puede ver que el grupo con buen desempeño tiene menos experiencia de clase orientada. Esto demuestra que los métodos tradicionales usados en las clases de dibujo de los colegios parecen no lograr incentivar el desarrollo de habilidades espaciales, si no solo se someten a impartir al estudiante técnicas de solución de problemas geométricos tridimensionales.

Finalmente en la Figura 8, es posible ver la comparación entre la disponibilidad y hábitos tecnológicos de los dos grupos en análisis. Estos resultados muestran que el uso de herramientas tecnológicas basadas en espacios virtuales tridimensionales (consolas de video juego y computadores para ejecutar juegos), permiten a los estudiantes desarrollar de manera efectiva las habilidades espaciales necesarias.

Esto es coherente con los resultados obtenidos por Gutiérrez (2010) y Martín (2009), ellos atribuyen la mejora en resultados debido a la fuerte tendencia que tienen los jóvenes a trabajar y estar cerca a elementos tecnológicos modernos, y como tal al tipo de retos y visualización que es posible obtener por medio de un ambiente virtual como en el cual se desarrollan los video juegos.

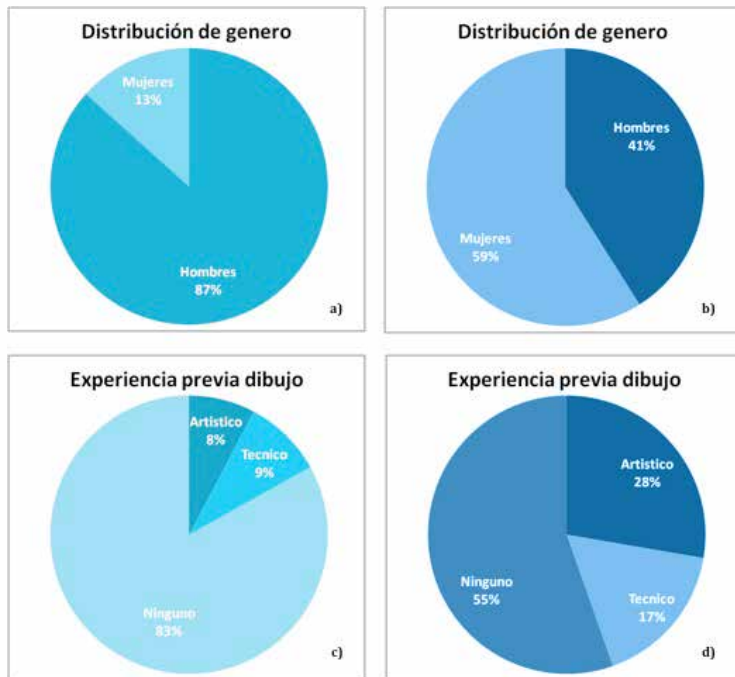


Figura 7. Comparación de características fundamentales. Izq. estudiantes en niveles bueno y excelente [a) y c)], Der. Estudiantes en nivel muy insuficiente [b) y d)].

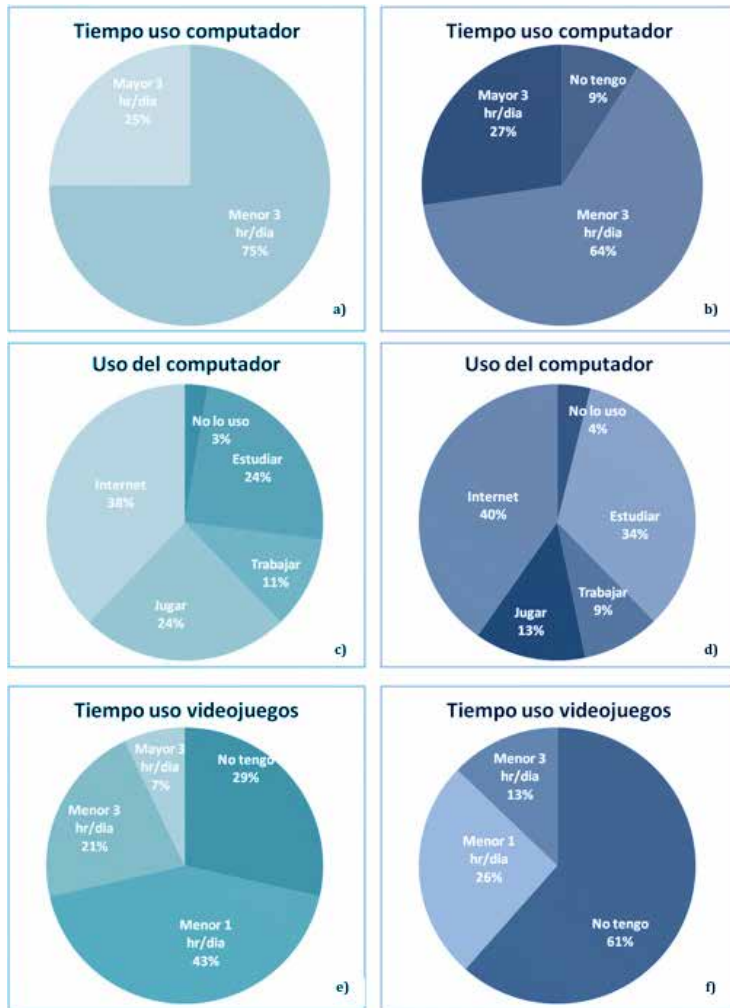


Figura 8. Comparación de características disponibilidad y hábitos tecnológicos. Izq. estudiantes en niveles bueno y excelente [a), c) y e)], Der. Estudiantes en nivel muy insuficiente [b), d) y f)].

Conclusiones

Las habilidades espaciales son un tipo de inteligencia y un indicativo importante del posible desarrollo académico y/o profesional de los estudiantes de ingeniería. Toda idea de innovación, diseño y creación artística es formada en el cerebro pero la falta de habilidades de manipulación mental o de expresión en un grupo de trabajo, son un obstáculo muy difícil de superar, que puede llevar al traste con su desarrollo.

Los resultados obtenidos en el grupo de análisis de estudiantes de primer semestre en Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas muestran una carencia importante de desarrollo de habilidades espaciales sobre la muestra (solo el 40% pudo pasarla). La distinción de género quedó claramente establecida en cuanto al desarrollo de estas habilidades.

También es posible ver como las tecnologías modernas (uso de computador, video juegos y ambientes virtuales) permiten obtener una mejor curva de aprendizaje para habilidades espaciales que los métodos tradicionales usados en clases de dibujo en colegios y centros de educación superior.

Debido al recorte en el número de horas de Dibujo, que se está presentando de manera generalizada en el núcleo de los planes curriculares de ingeniería, es necesario tratar de implementar nuevas herramientas pedagógicas que saquen provecho a las nuevas tecnologías, como podrían ser las herramientas TIC o computacionales, y así obtener curvas de aprendizaje de mayor velocidad y con la posibilidad de trabajo de calidad por parte del alumno fuera del salón de clase.



Referencias

1. Albaret, J., Aubert, E. (1996). "Etalonnage 15-19 ans du test de rotation mentale de Vandenberg", *EVOLUTIONS psychomotrices* 8 (34).
2. Gardner, H. (1987). "The theory of multiple intelligences". *Annals of Dyslexia*, 37(1), p.1935.
3. Gutiérrez, 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.
4. 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.
5. 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.
6. Navarro, R.; Saorín, J.; Martín-Dorta, N.; & Martín Gutiérrez, J. (2006). "Expresión Gráfica en Arquitectura e Ingeniería y el desarrollo de la visión espacial y habilidades espaciales de los alumnos de las carreras técnicas". *Actas del VIII Congreso de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación*. Madrid.
7. Lieu, D.; Sorby S. (2010). "Visualization, modeling, and graphics for Engineering Design", USA: Eds Delmar.
8. Linn, M., & Petersen, A. (1985). *Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta-Analysis*. *Child Development*, 56, pp.1479-1498.
9. Lohman, DF. (1996). *Spatial Ability and G*. En I. Dennis, & P. Tapsfield (Eds.), *Human abilities: Their nature and assessment* pp. 97-116. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
10. Olkun, S. (2003). *Making Connections: Improving Spatial Abilities with Engineering Drawing Activities*. *International Journal for Mathematics Teaching and Learning*. Recuperado de www.cimt.plymouth.ac.uk/journal/sinanolkun.pdf.
11. Pellegrino, J.; Alderton, D.; & Shute, V. (1984). "Understanding Spatial Ability", *Educational Psychology*, 19 (3), 239-253
12. Prieto, G., Velasco, A., Arias-Barahona, R., Anido, M., Núñez, A., & C6, P. (2008). "¿Mejora la visualización espacial con el aprendizaje del dibujo técnico?" *Revista Mexicana de psicología*, 25 (1), 175-182.
13. Sorby, S. (2007). "Developing 3D spatial skills for engineering students", *Australasian Journal of Engineering Education*, 13 (1), 1-7.
14. Sorby, S. (2009). "Educational research in developing 3-D spatial skills for engineering students." *International Journal of Science Education*, 31 (3), 459-480.
15. Strong, S.; & Smith, R. (2002). "Spatial Visualization: Fundamentals and Trends in Engineering Graphics". *Journal of Industrial Technology*, 18 (1), 1-5.
16. Sutton, K., Heathcote, A., & Bore, M. (2007). "Measuring 3D Understanding on the Web and in the Laboratory. Behavior". *Research Methods*, 39 (4), 926-939.
17. Universidad Distrital. (2009). *Boletín estadístico*. Autor.