



Análisis de la prueba estandarizada (PSVT: R), como ruta de diagnóstico, para la intervención con instrumentos, facilitadores del desarrollo de la habilidad espacial de rotación, esencial, en la comprensión de la Geometría Descriptiva

Analysis of the standardized test (PSVT: R), as a diagnostic route, for the intervention with instruments, facilitators of the development of the spatial ability of rotation, essential, in the understanding of Descriptive Geometry

C- A Ospina-Parra , H. Parra-Lara 
DOI: <https://doi.org/10.22517/23447214.24823>
Artículo de investigación científica y tecnológica

Abstract— The challenge consists of developing the spatial ability of rotation within the classroom, to a group of students of the first year of engineering. They arrive at the university and are located in a space of dihedral projection, to develop the sense of orientation and the perception of visualization and, later they migrate to the second course of graphic expression (Descriptive Geometry), there it generates a conflict, especially on its location within the scope and its displacements between the main projection planes of the parallelepiped or conventional matrix and the n adjacent and annexed auxiliary elevation planes, which allow a solution to a tangible engineering problem. The initial purpose of this investigation is to reveal deficiencies in the spatial ability of rotation, (hereinafter HER). To do this, we propose a qualitative study, with a case study method, and the application of the rotational spatial ability measurement test (PSVT: R), Purdue University, to a group of students, said test and the given treatment. With a student's t test and some interviews, they showed that 61% of those interviewed mentally rotated the entire figure around an axis, 33% rotated only a characteristic part of the solid and 6% managed with others strategies. Only 1 student (5.5%) did not rotate the model. as preliminary results of this research. And make a presentation on the instruments designed, which allow, from the students' previous ideas, on the line and the point, to develop spatial ability.

Index Terms—memory, previous ideas, rotation, spatial ability, strategies.

Resumen— El desafío consiste en desarrollar la habilidad espacial de rotación dentro del aula de clase, a un grupo de estudiantes del primer año de ingeniería. Ellos llegan a la universidad y se ubican en un espacio de proyección diédrica, para desarrollar el sentido de la orientación y la percepción de visualización y, luego migran al segundo curso de expresión gráfica (Geometría Descriptiva), allí les genera un conflicto, en especial sobre su ubicación dentro del ámbito y sus desplazamientos entre los planos principales de proyección del paralelepípedo o matriz convencional y los n planos auxiliares de elevación adyacentes y anexos, que permiten dar solución a un problema tangible de ingeniería. Esta investigación tiene como propósito inicial, revelar carencias de la habilidad espacial de rotación, (en adelante HER). Para ello, proponemos un estudio cualitativo, con un método de estudio de caso, y la aplicación de la prueba de medición de habilidad espacial de rotación (PSVT: R), Purdue University, a un grupo de estudiantes, dicha prueba y el tratamiento dado con una t de student y unas entrevistas, arrojaron, que, un 61% de los entrevistados, rotaba mentalmente toda la figura, alrededor de un eje, el 33% rotaba solamente una parte característica del sólido y un 6% se las arreglaba con otras estrategias. Únicamente 1 estudiante (5.5%), no gira el modelo. como resultados preliminares, de esta investigación. Y hacer una exposición sobre, los instrumentos diseñados, que permitan, desde las ideas previas de los estudiantes, sobre la línea y el punto, desarrollar la habilidad espacial.

Palabras claves— estrategias, habilidad espacial, ideas previas, memoria, rotación.

Es un artículo de investigación científica derivado de la tesis doctoral “Desarrollo de la habilidad espacial de rotación para el aprendizaje del punto y la línea en la geometría Descriptiva en estudiantes de primer año en la Universidad Tecnológica de Pereira”. Del doctorado en didáctica, de la facultad de educación, de la Universidad Tecnológica de Pereira.

H. Parra-Lara, profesor titular del departamento de dibujo, de la facultad de Ciencias Básicas, Universidad Tecnológica de Pereira, Risaralda, Colombia, Calle 27 · 10-02 (heparra@utp.edu.co)

C.A Ospina-Parra, profesor titular del departamento de matemáticas de la universidad de Manizales, carlosospinaparra@gmail.com

I. INTRODUCCIÓN

La investigación que se presenta en el presente artículo, permite evidenciar la relación que existe entre el desarrollo de la HER, y el aprendizaje de tópicos de la materia Geometría Descriptiva, que se imparte en el primer año a los estudiantes de tecnología e ingeniería. Los pilares que soportan nuestra propuesta se mueven alrededor de la HER (considerada una de las habilidades mentales), las ideas previas y el diagnóstico del estado actual con que ingresan los estudiantes nuevos (freshman), respecto a su competencia en dicha habilidad espacial.

La intervención de un grupo de estudiantes por una prueba estandarizada de la universidad de Purdue (PSVT: R) y una prueba t student, la implementación de unos instrumentos a manera de test, el uso de un software bajo la plataforma Unity. Marcan el derrotero que facilitara la comprensión del punto y de la línea. Interpretar las ideas previas que traen los estudiantes y sus fortalezas y debilidades en la HER. Rosalind Driver, menciona que hay que tener en cuenta lo que trae el estudiante, antes de cualquier aprendizaje, porque ya cambio el modelo de la clase magistral del siglo XX. Conocer las ideas que trae el estudiante antes de enseñar, para que usted, como docente, pueda identificar los obstáculos y que elementos están muy relacionados con lo que usted quiere enseñar. El estudiante, no es una caja en blanco, él tiene y trae cosas en su mente (ideas previas), las cuales al articularse entre si, se convierten en un modelo [1].

El objetivo de la asignatura, no solo consiste en dotar a los estudiantes sobre conceptos de geometría y dibujo, sino potenciar la percepción espacial, una de las siete inteligencias y la más imprescindible en la formación de ingenieros, la cual no se desarrolla, ni se cultiva en la enseñanza media [2]

Sobre las habilidades espaciales, se han desarrollado, principalmente en los dominios de la psicología Linn y Petersen [3]; de Lohman [4], generar, retener y manipular imágenes abstractas; de McGee [5], manipular, rotar e invertir mentalmente; se resalta que las habilidades espaciales son vitales para muchas aplicaciones y en particular para las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (educación STEM), Uttal y Cohen [6].

De manera complementaria Branoff y Dobelis [7], usan planos de ensamble en 2D y 3D; Veurink y Sorby [8], realizan la intervención con tópicos de dibujo de ingeniería, durante el primer año y medio, asegurando el éxito en asignaturas claves de ciencia e ingeniería, de la malla curricular y aumentado la tasa de graduación; Roca, Martin-Gutierrez, García, San Juan y Mato [9] implementaron la realidad virtual, la realidad aumentada y el documento portátil PDF3D; Martin, J, G y M. Monserrat A, G [10], utilizan un visor 3D basado en OpenGL, el bosquejo a mano alzada y la realidad aumentada; Meneghetti, Borella y Pazzaglia [11], utilizan la categoría (dinámica-intrinseca) para rotar sólidos en 2D y 3D y la categoría (dinámica-extrinseca) para visualizar objetos que ocupan nuevas posiciones en una configuración; Seery, Buckley, Delahunty [12], desarrollar un marco de habilidad espacial para apoyar la habilidad espacial en la educación en ingeniería; Ha Fang [13], desarrollo de modelos interactivos en 3D como material didáctico para mejorar la habilidad espacial

de los estudiantes de educación steam; Oai Ha y Ning Fang [14] habilidad espacial en el aprendizaje de la ingeniería mecánica. En el campo de la investigación cognitiva se conocen los aportes de Uttal, Meadow, Tipton, Hand, Alden, Warren y Newcombe [15], con el uso de una lente centrada en la disciplina para examinar las habilidades de pensamiento espacial. Estos antecedentes, importantes y valiosos, traídos desde varias ópticas, nos servirán como insumo para desarrollar las competencias que, al estudiante novel, le permita la sutileza para interpretar y la agudeza para entender la conversión de la 3D a la 2D. Sobre las ideas previas, las actividades que requieren coordinación ojo-mano, son las que complementan el desarrollo de la habilidad, Sorby [16], los factores significativos que le permiten desarrollar las habilidades espaciales son haber jugado desde la infancia con juegos de armado, participar en clases de elaboración de productos, utilizar videojuegos y practicar algún deporte de campo.

El segundo aspecto que sustenta el problema se relaciona con el diagnóstico sobre la realidad que tienen los estudiantes para ubicarse en el espacio. La valoración del estado actual con que ingresan los estudiantes nuevos (freshman), respecto a su competencia en dicha habilidad espacial. Las ideas previas que poseen, forjadas desde su contexto cultural, hasta su formación en la enseñanza básica y media, en relación a su dominio en la mencionada habilidad espacial.

Las ideas previas que traen consigo, los estudiantes, sobre los conceptos de punto y línea, adheridas a su personalidad, desde su crianza como agente de formación, sus vivencias informativas desde la escuela y la enseñanza media, y todo su contexto social que lo impacta y lo rodea, a lo largo de la historia particular de cada estudiante, hasta la hora cero de su comienzo en la educación superior.

En América latina nunca la geometría Descriptiva entrara en desuso, su aporte al rigor y la exactitud en las aplicaciones de la ciencia y la ingeniería, su participación en el logro de alcanzar una capacidad de percepción racional del espacio, indispensable para operar en el 2D de una hoja de papel.

Esta investigación, permitirá implementar un diseño, que facilitará al estudiante freshmen, desarrollar su habilidad espacial de rotación y en paralelo, le faciliten el método y la facultad para aprender los tópicos del punto y de la línea de la Geometría Descriptiva. Como un aporte a la educación en ingeniería.

II. METODOLOGÍA

El enfoque cualitativo es recomendable cuando el tema del estudio ha sido poco explorado o no se ha hecho investigación al respecto en ningún grupo social específico [17], tal como es el caso de esta investigación, donde el foco de estudio está centrado en especial para las ecuaciones de búsqueda alrededor de las perspectivas en la HER. Y las ideas previas de los estudiantes sobre el punto y la línea. Para desarrollar la investigación implementaremos un estudio de caso. Por medio de un grupo de estudiantes de la asignatura Dibujo II, pertenecientes a los programas de ingeniería de manufactura e ingeniería mecánica, el grupo estuvo conformado por 18 estudiantes, los cuales se sometieron a la prueba normalizada (PSVT: R) (Purdue Spatial Visual Test: Rotation) [18]

A. Aplicación de la prueba PSVT: R

Inicialmente aplicamos la prueba de forma remota a un grupo de 18 estudiantes, los cuales firmaron un consentimiento informado, con un tiempo de 20 minutos, luego de ejecutada la prueba, con base en la plantilla de respuestas, se aplicó una prueba t student, la cual se diseñó con base en 2 hipótesis, H_0 : El test de habilidad espacial de rotación no indica que los estudiantes tienen habilidad espacial y H_A : El test de habilidad espacial indica que los estudiantes tienen habilidad espacial. Se hizo un análisis estadístico sobre tendencias, sobre frecuencia y además se complementó con unas entrevistas alrededor de la prueba con su respectivo análisis o estudio.

En la primera fase de esta investigación, además, mostramos los instrumentos que se desarrollaron para las intervenciones en el aula.

B. Instrumento 1: Intervención medición ideas previas

Utilizaremos como instrumentos, para determinar, el grado de conocimiento de los estudiantes de la muestra, unos test, que le permitirán al estudiante, con casos reales, recordar la memoria espacial de los desplazamientos en 3D, tal como lo apreciamos en los siguientes modelos:

1. La siguiente situación de un sistema de ductos de inyección de aire frío, han sido representados en 3D y en 2D, según Fig. 1 y Fig. 2 respectivamente. ¿Los ductos representados por las letras A y B, son paralelos? ¿Los ductos dispuestos entre B y C, representan a dos líneas paralelas? ¿Los ductos denominados por las letras D y E según su distribución se consideran líneas paralelas?

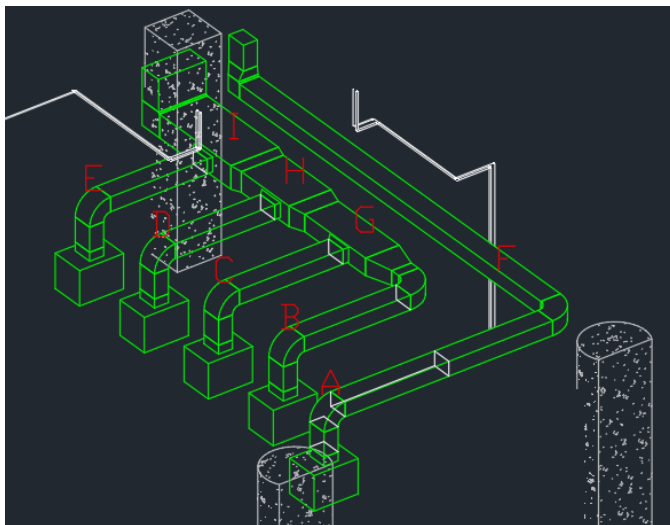


Fig. 1. Vista general en 3D de la instalación.



Fig. 2. Vista de planta parcial

En este plano en 2D, será posible observar la representación de dos (2) líneas paralelas, entre los ductos F y La línea de ductos colineales de sección transversal variable G, H e I.

¿Será posible considerar que entre los ductos A y el ducto F, existen o se forman dos (2) líneas perpendiculares?

¿Entre el ducto B y la línea de ductos de sección variable G, H e I se forman dos (2) líneas que forman 90 grados entre sí?

¿se puede afirmar que entre las líneas de ductos C y G, se consolidan 2 líneas perpendiculares?

¿la representación entre las líneas de los ductos D y H, se consideran líneas perpendiculares entre sí o líneas paralelas?

¿Las líneas de ductos formadas entre los ductos E e I se deben contemplar, como sendas líneas perpendiculares?

2. En el sistema de aire acondicionado de una instalación, mostrado en 3D (Fig. 3 y 5) y 2D (Fig. 4 y 6), se aprecian los ductos de inyección de aire frío de color azul y los ductos de extracción de aire de color púrpura.

Se presenta un problema con el ducto de extracción de aire caliente, específicamente en el ducto representado por la línea AB. En el plano representado en 3D y en el plano representado en 2D

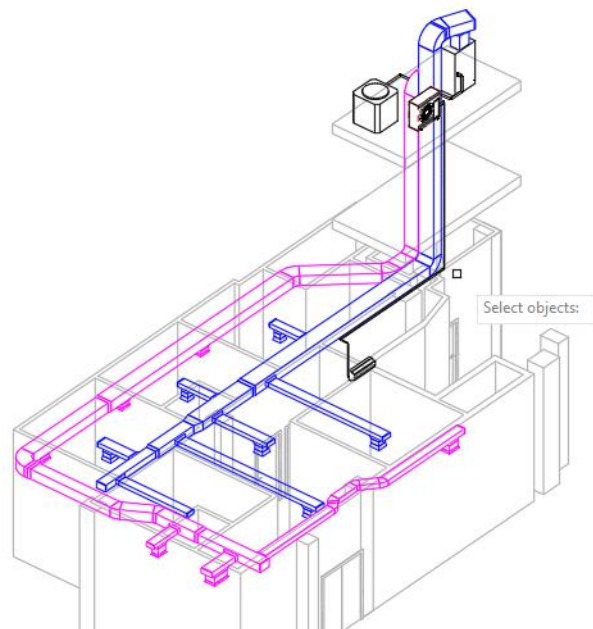


Fig. 3. Vista general instalación HVAC, plano en 3D

La línea como punto AB en el plano en 2D, aparece representada como: a) una línea inclinada b) una línea horizontal o c) una línea vertical.

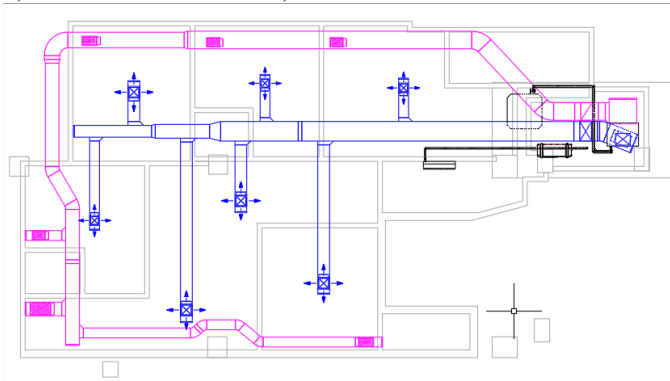


Fig. 4. Vista general instalación HVAC, plano en 2D

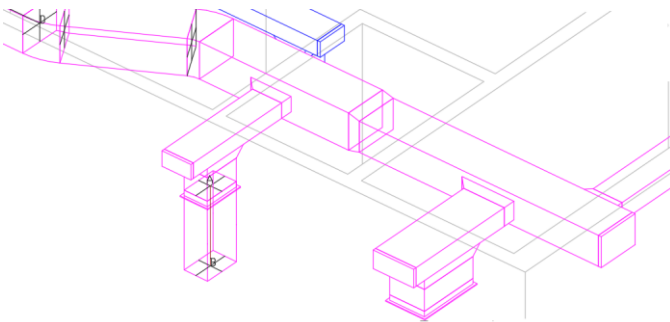


Fig. 5. Vista general instalación HVAC, plano en 3D más detallada

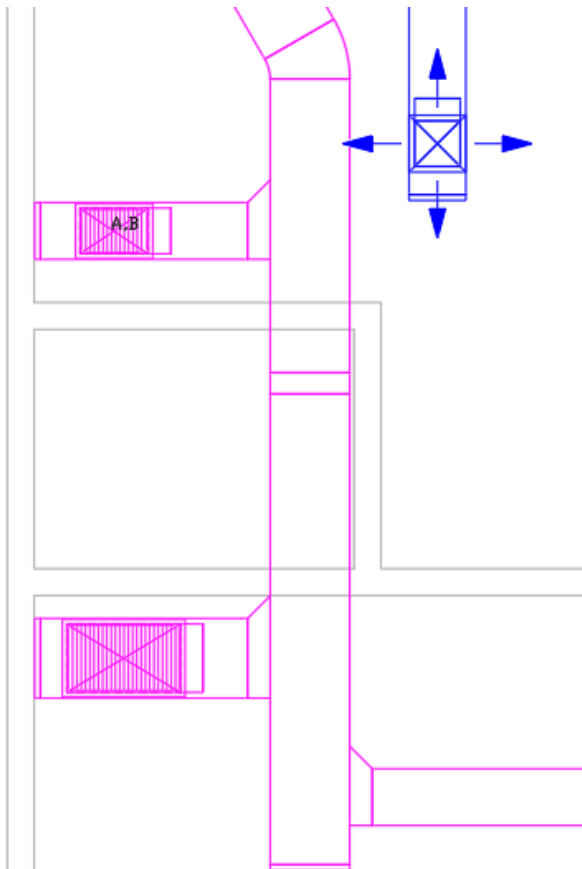


Fig. 6. Vista general instalación HVAC, más detallada 2D

3. Identifique la línea central del ducto de extracción de aire del piso 1, con las letras del alfabeto, si el ducto de descarga de color verde, cuya representación como punto aparece en la vista o el plano de planta. (Fig. 7 y Fig. 8) respectivamente. Y como se observa como línea vertical en la ilustración del plano suministrado en 3D de los ductos de extracción.

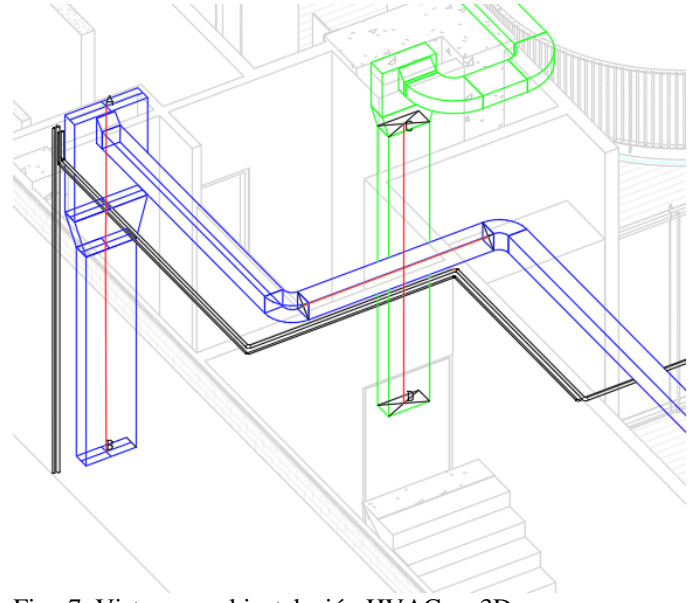


Fig. 7. Vista general instalación HVAC en 3D

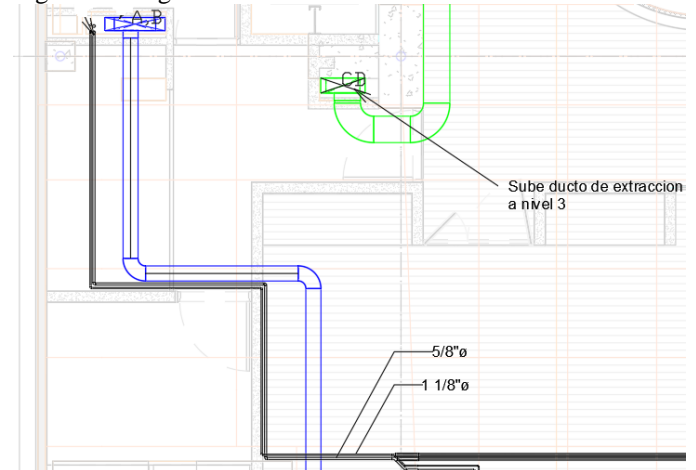


Fig. 8. Vista de planta detallada, ducto de extracción

C. Instrumento 02: Intervención software Unity¹

Unity es un software de creación de contenido digital de todo tipo, aunque normalmente se relaciona con videojuegos, en los últimos años ha hecho avances en la industria automotriz, construcción e ingeniería y producción cinematográfica. ¿por que Unity? La herramienta es gratuita hasta cierto nivel de ingresos, relativamente fácil de usar, soportada con gran cantidad de tutoriales y documentación oficial, como de la comunidad. Y en nuestro caso el factor más relevante es la facilidad de desplegar a múltiples plataformas como Windows, Android y WebGL (permite usar aplicaciones en el navegador web) para que la aplicación sea fácil de compartir/distribuir sin importar el ambiente donde se requiera usar la aplicación.

El primer pantallazo del software Unity, contiene los recursos, de **Modo Libre**, para que el estudiante haga ensayos sobre el giro del sólido alrededor de un eje, escogido de forma libre.

El software fue diseñado para que el sólido siga las secuencias de rotación, alrededor de cada eje cartesiano, propuesto de izquierda a derecha, tal y como aparecen, justamente debajo del sólido modelo en reposo, que se pretende rotar.

La apuesta también apoyada en implementar el uso de las fichas desarmables, tipo lego, que, el estudiante pueda utilizar de forma libre, que le permitirá capitalizar sus fortalezas y debilidades, en beneficio de adquirir la competencia de dicha habilidad espacial. De manera simultánea con los ejercicios del **Modo Libre**, y una vez ganada esa confianza, mejor llamada competencia, en sí mismo, pueda dar el salto al recurso, **Modo Cuestionario** (Fig. 9). Con esta primera herramienta, el estudiante agudiza y potencializa su idea previa de la habilidad espacial de rotación. Antes de pasar al siguiente recurso, **Modo Cuestionario**, en el cual el estudiante se enfrenta a una situación crítica, en virtud de que debe seleccionar una respuesta entre las 4 opciones sugeridas, después de que el sólido haya realizado los giros ubicados debajo del sólido en reposo, y la secuencia de rotación alrededor de los 3 ejes cartesianos, de izquierda a derecha, en cuyo caso, la respuesta se observa en la Fig. 10.

Se propone crear un recurso intermedio entre el recurso **Modo Libre** y el recurso **Modo Cuestionario**, en el cual se implemente solamente 1 o 2 giros máximo, en las secuencias de rotación, alrededor de cada eje cartesiano, propuesto de izquierda a derecha. Con el fin de facilitar el proceso de afinamiento, en el desarrollo de la habilidad espacial de cada estudiante.

Objetivo: desarrollar la habilidad espacial de rotación

Modo Cuestionario Ejercicio 01

En el ejercicio propuesto se presenta un sólido en 3D, denominado bloque, compuesto de superficies normales (a

90° entre sí) y ubicado en el origen de un sistema de coordenadas cartesianas X Y y Z.

La apuesta de este problema consiste, en rotar la figura dada, siguiendo la secuencia de izquierda a derecha (-Y, -X, +Y) y finalmente alrededor del eje +X cartesiano, en el sentido contrario a las manecillas del reloj, giro que se considera como positivo, con base en la oferta del programador.

Se ofrece una parrilla de 4 posibilidades, como solución, A, B, C y D.

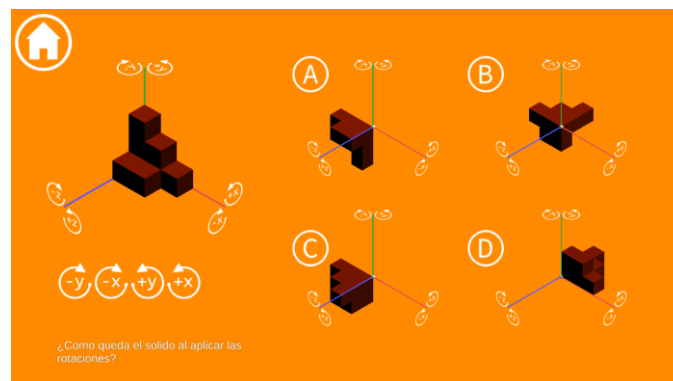


Fig. 9. propuesta Modo Cuestionario [19]

La selección acertada una vez el sólido ha realizado los cuatro (4) giros, finalizando con el último giro +X, es la opción C.

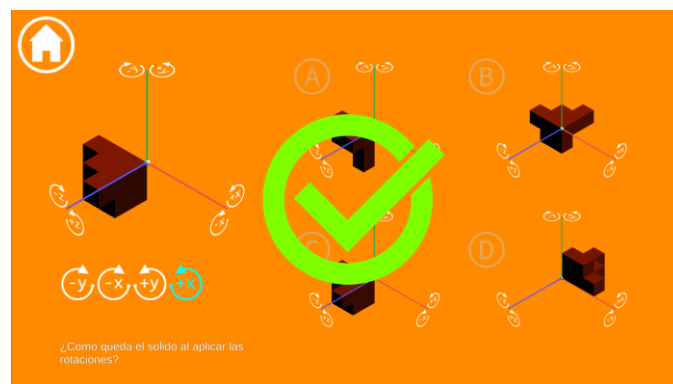


Fig. 10. Respuesta del Modo Cuestionario [19]

El enfoque del análisis del documento o escrito, gira alrededor del test PSVT: R, en esta primera etapa de la investigación. Luego a partir de los resultados del test, en otra fase de la investigación, se utilizarán en una intervención de aula, los instrumentos idóneos (facilitadores) como: **1.** La prueba de ideas previas sobre punto y línea y **2.** El software Unity que afinara la habilidad espacial de rotación de los estudiantes. Como antesala o preparación, para abordar los conceptos de punto y línea desde la perspectiva de la Geometría Descriptiva. En esta fase de la investigación, no existen datos, que se puedan analizar de la prueba de ideas previas sobre punto y línea.

¹ Acceso libre: <https://simmer.io/@etoroh/geodes-p2>

III. RESULTADOS

A. Prueba t de student

H_0 : El test de habilidad espacial de rotación no indica que los estudiantes tienen habilidad espacial

H_A : El test de habilidad espacial indica que los estudiantes tienen habilidad espacial

En la tabla I se observa el grupo de estudiantes, con el número de aciertos y la nota, con base en los resultados de la prueba.

TABLA I
ANÁLISIS ESTADÍSTICO PSVT: R

Nombre	Sumatoria Aciertos	Nota
David A. Pastrana	19	3,1
Santiago Muñoz	24	4
Santiago Sanchez	21	3,5
Daniel Mejia	22	3,6
Julian C Inchuchala	18	3
Marco A Ruiz	25	4,1
Carlos D Calderon	19	3,1
Samuel Hoyos	29	4,8
Tania Gomez	29	4,8
Andres F Sanchez	26	4,3
Cristian Sanchez	27	4,5
Juan C Orozco	25	4,1
Michelle Robinson N	27	4,5
Julieth Jimenez	25	4,1
Esteban Arias	14	2,3
Johan Sebastian Gomez	29	4,8
Juan D Castañeda	27	4,5
Maicol Motato E	21	3,5

En la tabla II, se observan valores significativos, para la muestra del grupo de estudiantes.

TABLA II
ESTADÍSTICAS PARA UNA MUESTRA

	N	Media	Desviación	Desv. Error promedio
Nota	18	35,7222	13,57249	3,19907
Promedio				

La tabla III, nos muestra de manera resumida, los aspectos relativos al nivel de confianza, el valor p (probabilidad de aceptar o rechazar una hipótesis)

TABLA III
PRUEBA PARA UNA MUESTRA

Valor de la prueba= 0	95% intervalo de confianza de la diferencia					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia medias	Inferior	Superior
Nota	11.	17	.000	35,72222	29,9728	42,4717
Promedio	66					

Nota. Salida del SPSS versión 26 del valor t y valor de significancia. (Software)

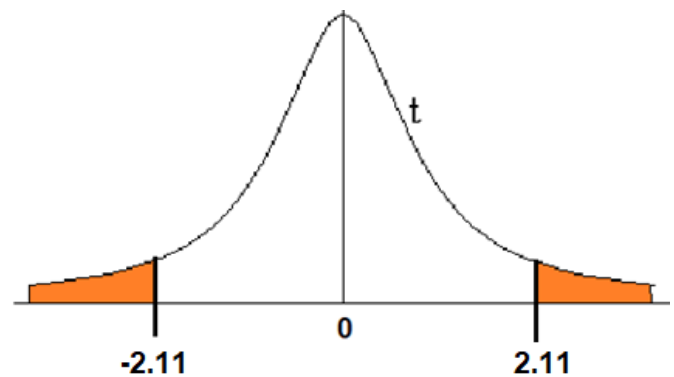


Fig. 11. Distribución t de student Fuente propia
Se puede observar que el valor p (sig = 0,00) es menor a 0,05 esto nos dice que se acepta la hipótesis alternativa o del investigador, lo cual puede ser corroborado con el valor de $t = 11,2$ el cual se encuentra en la zona de rechazo. Por lo tanto, la prueba de habilidad espacial de rotación si es un indicador de la habilidad espacial.

La tabla IV, nos señala, de forma abreviada los valores estadísticos más representativos del análisis, para la prueba.

TABLA IV
ESTADÍSTICOS
NOTA (AGRUPADA)

	Válido	Perdidos
N	18	0
Media	3,33	
Mediana	4,00	
Moda	4	
Desv. Desviación	,970	
Varianza	,941	
Asimetría	-1,208	

Error estándar de asimetría		,536
Mínimo		1
Máximo		4
Percentiles	25	2,75
	50	4,00
	75	4,00

Nota. La Tabla IV muestra las medidas de tendencia central de las calificaciones del test, se puede apreciar una moda de 4 puntos, indicando que la calificación que más se repitió fue 4.0.

TABLA V FRECUENCIAS

		Frecuencia	Porcentaje
Valido	2,3-3,1	1	5,6
	3,1-3,96	3	16,7
	3,96-4,82	3	16,7
	4	11	61,1
	Total	18	100,0

Nota. La Tabla V muestra los valores porcentuales más destacados de las calificaciones de la prueba. Fuente Propia.

B. Análisis de la Prueba PSVT: R

Un 61% de los entrevistados, rotaba mentalmente toda la figura, alrededor de un eje, el 33% rotaba solamente una parte característica del sólido y un 6% se las arreglaba con otras estrategias. Únicamente 1 estudiante (5,5%), no gira el modelo. De la muestra realizada al grupo de n=18 estudiantes voluntarios (2 mujeres y 16 hombres).

Linn y Petersen (1985) desde su meta-análisis, definen que, en labores de rotación mental, una estrategia holística es más eficiente, que una estrategia analítica, en virtud de que requiere de menos tiempo

En tareas viso-espaciales, se han descrito dos clases de estrategias: la que implica transformaciones en el espacio (holística) (manipulaciones mentales), y la que involucra el análisis de los rasgos de los estímulos (analítica). Cualquier estrategia de resolución en estudiantes universitarios, gira alrededor, tanto de la función de la persona, su perfil aptitudinal, como de la tarea y sus demandas [20].

En el uso de la estrategia analítica, alterna rápidamente sus miradas entre la figura objetivo (sólido de referencia) y los sólidos propuestos- Esta estrategia utilizaría tiempos relativamente cortos de miradas a la pantalla. La estrategia de manipulación espacial u holística, alterna lentamente sus miradas entre la figura de referencia y los modelos sugeridos, se detiene a mirar la figura modelo en sus giros de rotación, alrededor de uno o dos ejes, para formarse una idea mental de la misma, dicha estrategia utiliza tiempos relativamente más largos de miradas a la pantalla, comparada con la estrategia analítica. [20].

Durante las entrevistas los estudiantes, comentaban que alternaban la estrategia de analítica a holística y viceversa,

cuando la rotación del modelo era simple, por lo general alrededor de un solo eje, utilizaban la estrategia mental de manipulación holística y cuando el giro era alrededor de 2 ejes, entonces les echaban mano a las herramientas analíticas, como el uso de la comparación de caras por vista, antes y después de cada giro, alrededor de los ejes propuestos, en el modelo de referencia. Tal como lo registra la tabla VI.

TABLA VI ESTRATEGIAS

Estrategia	PSVT:R	N	PSVT: R Promedio SD	Coef. Corrlc.
Principal				
Espacial holística	Giro mental toda la figura	1	11,2 (66%)	-0,45
	Fijo la figura estática	2	7,0(11,1%)	0,55
Analítica espacial	Giro mental parcial	6	9,2(3,3%)	0,17
Analítica espacial	Giro total figura	4	8,2(22,2%)	0,02
Comparación				
Espacial holística	Comparo modelo y soluciones	1	8,78(89%) (3,45)	0,23
	Comparación parcial modelo	6	7,23(94,4%) (85,23)	-0,33
Analítica espacial	Comparo modelo si es fácil	2	9,71(78,2%) 6,02	0,17

La correlación es significativa al nivel de 0,05(bilateral)

Otros trabajos alrededor del tema de las habilidades espaciales, han focalizado su atención en la memoria espacial. Los estudiantes de primer año de la Universidad, parecen tener memoria de trabajo espacial (SWM), la cual se relaciona con el sistema de procesos y representaciones psicológicas que subyacen a nuestra capacidad de recordar la ubicación de los objetos en el mundo por cortos periodos de tiempo [21]. Se admite que la SWM tiene una limitación de su capacidad y por lo tanto la cantidad de información espacial que puede contenerse está restringida [22].

Estos trabajos muestran que particularmente cuando se requieren múltiples rotaciones o pasos, se postula que la información espacial perteneciente a la posición de un estímulo, necesitará almacenarse brevemente antes de las rotaciones posteriores. Además de esto, se pretende que es necesario almacenar más, para poder recordar las secuencias objetivo de las rotaciones y, para efectuar la comparación entre el estímulo objetivo y el estímulo potencial después de obtener la solución en varios pasos. Tal como aparece para nuestro caso, en la tabla VII.

TABLA VII DIFICULTADES

Dificultades PSVT:R	N(18)	PSVT: R Promedio (SD)	PSVT: R Coef. Correlación
Comprender la solución en la figura.	10	10,87(75,5%) 4,87	-0,021
Observar giros aplicados en modelo.	6	11,69(83,7%) 4,36	0,23
Retener memoria giros modelo referencia y aplicarlos.	8	14,7(72,7%) 4,67	-0,049
Aplicar giros modelo propuesto.	14	16,6(75,5%) 4,92	-0,11
No tiene criterio	1	15,3(89,3%)	0,18

IV. CONCLUSIONES

De los 42% de estudiantes entrevistados, presentan problemas de rotación, se detectaron 3 limitantes posibles, no sabían rotarla, no podían aplicar el segundo giro alrededor del eje, porque no tienen memoria espacial y no retenían en su mente, la figura totalmente rotada, para compararla con las posibles soluciones.

Una tercera parte de los entrevistados (notas de 3 a 3,5), tuvieron dificultades para interpretar algunos modelos y a un 22%, con base en las notas de 2,3,3,0 y 3,1 (4 notas), sufrieron por retener en la memoria espacial, los modelos. Ausencia de memoria espacial de trabajo.

La idea de fondo del holismo, es la de la sutileza para interpretar, los fenómenos desde la multidimensionalidad, pues la realidad está compuesta de una diversidad de variables, que interactúan entre sí, lo cual le permite al estudiante, construir desde sus esfuerzos cognitivos, las ejecuciones mentales [23].

Con estos resultados, se evidencia que las preguntas que más acertaron fueron, aquellas figuras que rotaban alrededor de un solo eje, y las que fallaron, se refiere a solidos con superficies inclinadas, que rotaban alrededor de 2 ejes.

El alcance de esta primera etapa de la investigación, gira alrededor del test PSVT: R. Donde cuya intervención de aula, filtra los estudiantes que poseen baja habilidad espacial de rotación, reto, para el cual, en otra fase de la investigación, se utilizarán, los instrumentos idóneos (facilitadores), que potenciarán dicha habilidad espacial, como la prueba de ideas previas sobre punto y línea y el software Unity.

REFERENCIAS

- [1]. R. Driver, A. Squires, P. Rushworth, V. Wood-Robinson, "Dando sentido a la ciencia en secundaria: investigaciones sobre las ideas de los niños." *Visor*, 266 p. Madrid, España. 2005.
- [2]. B. Ramos, E. Baños, E. C. Melgosa, "Aprendizaje innovador en la visualización de piezas y dispositivos, en la formación de dibujo técnico mediante aplicación hipermedia". congreso Internacional conjunto XV Ingeggraf- XIII ADM sobre herramientas y métodos en diseño de ingeniería, Roma, Italia.2003.
- [3]. M. C. Linn, & A. C. Petersen. "Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*", 56, pp.1479–1498.1985.
- [4]. D. F.Lohman. "Spatial Ability: Individual Differences in Speed and Level" (no. tr-9). Stanford University. Calif school of education.1979.
- [5]. M.G. McGee., "Human Spatial Abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal and neurological influences", *Psychological Bulletin*, 86(5). pp 889-918.1979.
- [6]. D.H. Uttal., & C.A. Cohen, "Spatial thinking and STEM education: When, why and how". *Psychology of learning and motivation*, 57, pp. 147-181.2012
- [7]. T.J. Branoff, M.Dobelis, North Carolina State University y Riga Technical University, *Engineering Design Graphics Journal (EDGJ)*, 2014.
- [8]. N.Veurink, S.A.Sorby, "Development of spatial visualization skills through engineering curricula", *Engineering Fundamentals Department Michigan Technology University*,2015.
- [9]. G.C.Roca,M.J.Gutierrez,D.M.Garcia,H.A.Sanjuan,C.C.Mato. "Improving Spatial Skills: An Orienteering Experience in Real and Virtual Environments With First Year Engineering Students" *International Conference on Virtual and Augmented Reality in*

Education, *Procedia Computer Science* 25, pp. 428-435, Elsevier, Science Direct.2013.

- [10]. J.G.Martín, y A.G. Montserrat, "Ranking and Predicting Results for Different Training Activities to Develop Spatial Abilities". Khine M. (eds) *Visual-spatial Ability in STEM Education*. Springer, Cham,2017.
- [11]. C.Meneghetti,E. Borella, & F.Pazzaglia, *Psychological Research* "Mental rotation training: transfer and maintenance effects on spatial abilities", 80: 113.2016 <https://doi.org/10.1007/s00426-014-0644-7>
- [12]. N.Seery, J.Buckley, T.Delahunty, "Developing a Spatial Ability Framework to Support Spatial Ability Research in Engineering Education", 6 Simposio de Investigación en Educación en Ingeniería.REES, Dublín, Irlanda.2015.
- [13]. O. Ha y N. Fang, "Desarrollo de modelos tangibles interactivos en 3D como ayudas didácticas para mejorar la capacidad espacial de los estudiantes en la educación STEM", *2013 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pp 1302-1304, doi: 10.1109/FIE.6685043,2013.
- [14]. [14] Oai Ha, and J.Ning Fang, Prof. Issues, "Spatial Ability in Learning Engineering Mechanics": Critical Review, *Journal of professional Issues in Engineering Education and Practice/ Volume 142 Issue 2*.2016
- [15]. D.H. Uttal, N.G. Meadow, E.Tipton.,L.L: Hand, A.R.Alden, C.Warren, &N.S. Newcombe, "The Malleability of Spatial Skills: A Meta-Analysis" of *Training Studies*".*Psychological Bulletin*. Advance online publication. doi: 10.1037/a0028446 June 4 2012.
- [16]. S.A.Sorby, "Educational Research in Developing 3-D Spatial Skills for Engineering Students". *International Journal of Science Education*, 31(3), pp.459–480. Recuperado de:<http://dx.doi.org/10.1080/09500690802595839>.2009.
- [17]. C. Marshall, & R.Gretchen, "Designing Qualitative Research" (Kindle ed.). Thousand Oaks, CA, USA. SAGE.2011.
- [18]. R.Guay, *Purdue Spatial Visualization Test: Rotations*.1977.
- [19]. Software Unity, Acceso libre: <https://simmer.io/@etoroh/geodes-p2>
- [20]. D.I. Burin, A.R. Delgado, G. Prieto, "Indicadores de estrategias de solución en una tarea informatizada de visualización espacial". *Relieve*. Revista electrónica de Investigación y Evaluación Educativa, vol. 4, no 2, 1998
- [21]. [21] K. Dent, & M. Smyth, "Capacity Limitations and Representational Shifts in Spatial Short-term Memory". *Visual Cognition*, 13(5), pp. 529–572.2006.
- [22]. [22] B.Stevanovski, & P.Jolicœur, "Visual Short -Term Memory: Central Capacity Limitations in Short-Term Consolidation". *Visual Cognition*, 15(5), pp.532–563.2007.
- [23]. [23] R.I. Gluyas, R. Esparza, M del C. Romero, J.E.Rubio," Modelo de educación holística: una propuesta para la formación del ser humano" *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*, vol. 15, no 3, pp. 1-25, INIE, Universidad de Costa Rica.Sep.2015.



Carlos Alberto Ospina Parra, PhD en educación, con énfasis en pedagogía, didáctica y currículo, logrado con Rudecolombia- Red de Universidades estatales de Colombia- Universidad de Caldas, Universidad de Cartagena, Universidad del Cauca, Universidad de Nariño, Universidad Tecnológica de Pereira,

Universidad del Tolima, Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, Universidad del Atlántico en Educación docencia Universitaria. Universidad de Manizales. Manizales. Ingeniero geólogo Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Director de tesis doctorales, de maestría y pre grado; integrante como jurado de tesis doctorales maestría y pre grado. Docente Universitario en Pre grado y Pos grado (Maestría y Doctorado), Doctorado en Desarrollo y Medio Ambiente, doctorado en Formación y Diversidad, doctorado en Didáctica de las Ciencias.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8660-534X>



Hernando Parra Lara, Ingeniero mecánico Universidad Autónoma (1991), Especialista en Instrumentación Física, Universidad Tecnológica de Pereira (1996), Magíster en Instrumentación Física, Universidad Tecnológica de Pereira (2009), Candidato a Doctor en Didáctica de la Universidad Tecnológica de Pereira. Es Profesor Titular del departamento de dibujo, facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Tecnológica de Pereira desde el año 2013.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6295-6687>