Latin American Journal of Science Education

www.lajse.org

Resultados cuantitativos de la aplicación del sistema 4MAT en Mecánica en la Universidad del Quindío

I. Artamónova[a], J. C. Mosquera M.[b], J.D. Mosquera A.[c]
[a]Universidad del Quindío, Colombia,
[b]Universidad del Quindío, Colombia,
[c]Universidad Autónoma de Querétaro, México.

ARTICLE INFO

Received: 18 November 2013

Accepted: 30 June 2014

Keywords:
Physics Education.
4MAT System
Force Concept Inventory.

Enseñanza de la Física.
Sistema 4MAT.
Force Concept Inventory.

E-mail addresses:
artiri@gmail.com,
jcmosquera@uniquindio.edu.co;
Xoce15@ingenieros.com

ISSN 2007-9842

© 2014 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

The article presents the quantitative results of the implementation of the 4MAT System learning style in teaching physics at university level in large groups of students. Learning strategies are designed according to the four learning styles proposed by McCarthy. 4MAT System was implemented in course "Physics I" that took place with fundamental mathematics and groups who took the course of "Mechanics" with calculus bases in the University of Quindío, Colombia. Were used Force Concept Inventory (FCI) for comparison the understanding of the basic concepts of mechanics. The study shows that better progress has been achieved in the groups of students where the 4MAT system was implemented compared to traditional methodology. Additionally were presented activities that are possible to develop outside the classroom and that are consistent with the 4MAT System. The novelty of this study is on the application of the methodology: 4MAT System in physics and analysis of the use of FCI test in Colombia at the college level.

El propósito de este estudio fue mejorar el aprendizaje de los estudiantes en la interpretación de los histogramas y diagramas de caja y bigote utilizando la teoría cultural histórica de Vygotsky y la evaluación formativa. Los participantes fueron 45 estudiantes de una institución de educación superior ecuatoriana. La asignatura fue Merchandising, la unidad bajo estudio fue la Distribución de Frecuencia y el tópico tratado fue la interpretación del histograma y del diagrama de caja y bigote. El procedimiento seguido durante esta investigación fue el siguiente: (1) Se receptó la prueba de entrada a los estudiantes; (2) Se presentó a los estudiantes la tarea de la interpretación de los histogramas y diagramas de caja y bigote utilizando la teoría cultural-histórica y la evaluación formativa (3) Se receptó la prueba de salida. Los resultados muestran que los estudiantes asimilaron de forma óptima la importancia de la interpretación de las representaciones gráficas dentro del área comercial y mejoraron su rendimiento y el uso de la evaluación formativa y la colaboración entre pares fue parte de este logro.

I. INTRODUCCIÓN

Numerosos estudios desarrollados en las últimas décadas dicen que los estudiantes universitarios tienen diferentes técnicas o estrategias para aprender, o sus propios Estilos de Aprendizaje (Cazau, 2004).

La gran variedad de definiciones e instrumentos para evaluar los Estilos de Aprendizaje de cada alumno, desarrollados por diferentes autores en libros, artículos de revistas y páginas web, testifica de la importancia del tema.

Más aun, se han realizado seis Congresos Mundiales sobre Estilos de Aprendizaje (Gallego & Alonso, 2014) y se ha desarrollado un Manual de los Estilos de Aprendizaje (2001-2006).

Una de las conclusiones de estos estudios es: "*Cuando los alumnos reciben la docencia adaptada a su propio Estilo de Aprendizaje, ésta es mejor recibida y se constata un aumento en el rendimiento escolar*" (VI Congreso Mundial sobre los Estilos de Aprendizaje, p.26),"*Después de analizar las distintas investigaciones llegamos a la siguiente conclusión:*

Los estudiantes aprenden con más efectividad cuando se les enseña según sus Estilos de Aprendizaje preferidos".

Diferentes investigaciones afirman que no hay estilos de aprendizaje puros. Todas las personas utilizan diversos estilos de aprendizaje, aunque uno de ellos suele ser el predominante. Otra característica encontrada de los estilos de aprendizaje es que estos suelen cambiar con el tiempo. (Cué & Rincón, 2008).

En muy pocas universidades las reformas educativas hacen cambios en las actividades curriculares para adaptarse a los Estilos de Aprendizaje de los estudiantes. El objetivo de este artículo es comprobar la efectividad de la metodología de enseñanza de la Física universitaria, particularmente de la Mecánica newtoniana, que permite la participación activa de los estudiantes con todos los Estilos de Aprendizaje correspondientes al Sistema 4MAT (McCarthy, 1987).

I.1. SISTEMA 4MAT

El Sistema de 4MAT es la modificación del Modelo de Kolb de Aprendizaje por Experiencias (Kolb, 1984) que está basado en la forma como las personas perciben y procesan la información. El modelo de Kolb está compuesto de cuatro cuadrantes. Kolb encontró dos tipos opuestos de percepción:

- las personas que perciben a través de la experiencia concreta,
- y las personas que perciben a través de la conceptualización abstracta (y generalizaciones).

En el procesamiento, Kolb también encontró ejemplos de ambos extremos:

- algunas personas procesan a través de la experimentación activa (la puesta en práctica de las implicaciones de los conceptos en situaciones nuevas), mientras que otras a través de la observación reflexiva.

El Sistema 4MAT que consta de 8 partes (Figura 1) fue desarrollado por Bernice McCarthy en 1987 en base del modelo de Kolb de los años 70's pero con un mayor enfoque sobre el funcionamiento cerebral y sus hemisferios derecho (D) e izquierdo (I).

McCarthy establece que *"lo primero es el significado personal que se le da al aprendizaje, así como la motivación. Posteriormente es la adquisición de nuevo conocimiento y conceptos, seguida por una aplicación práctica. Finalmente está la síntesis y la extensión."*
(McCarthy, 1987).

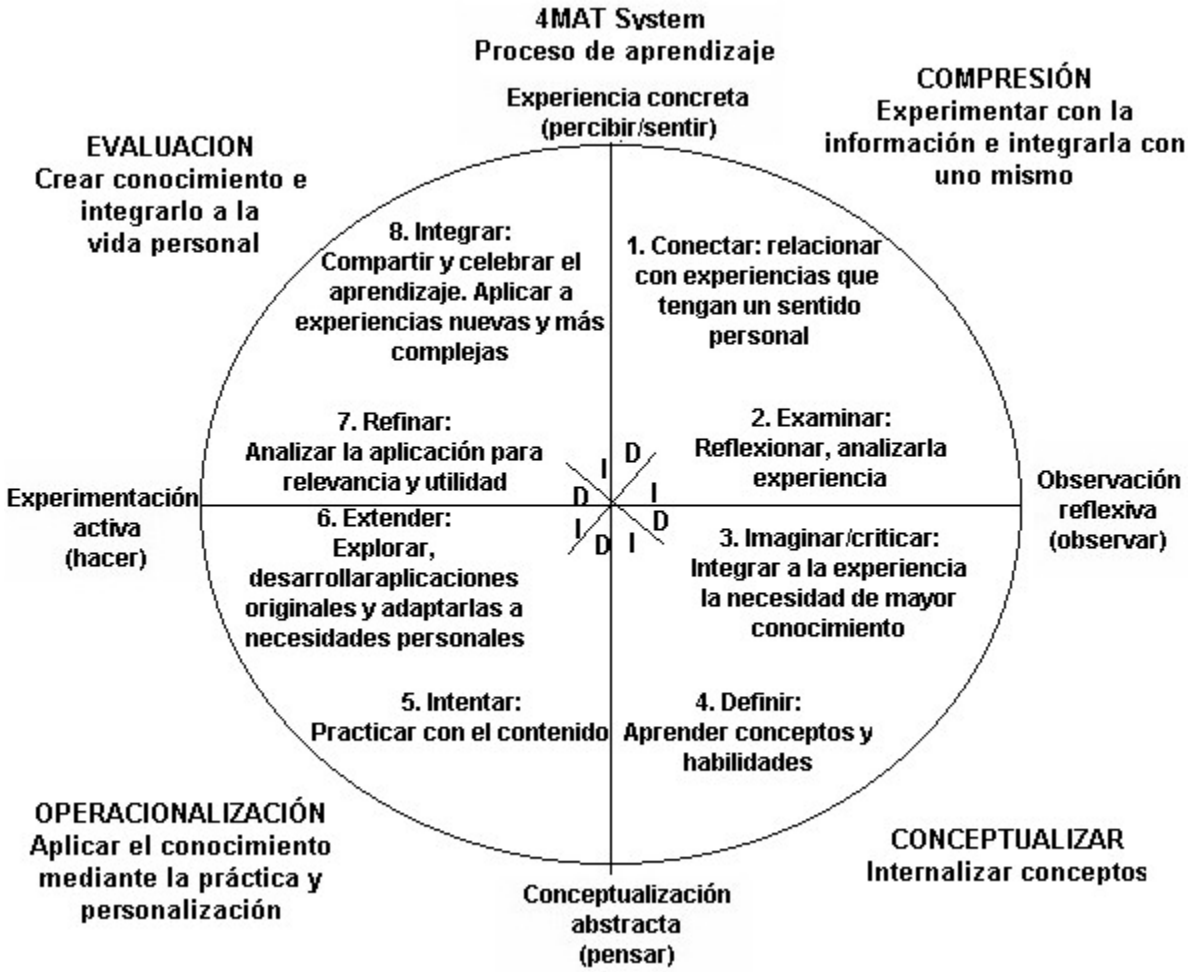

FIGURA 1. Clasificación de McCarthyde los estilos de aprendizaje, Fuente: McCarthy (1987).

Clasificación de McCarthy de los estilos de aprendizaje es la siguiente:

- Cuadrante I, tipo I: Imaginativos
- Cuadrante 2, tipo II: Analíticos
- Cuadrante 3, tipo III: Sentido común
- Cuadrante 4, tipo IV: Dinámicos

El Sistema 4MAT fue aplicado por Bowers (1987) que la introduce en la enseñanza de la Física a nivel bachillerato, en particular lo utiliza para impartir el tema de Leyes de Movimiento de Newton. A nivel universitario para enseñanza de la Mecánica Newtoniana el Sistema 4MAT fue aplicada en México (Ramírez, 2010) y para enseñanza del curso "Resistencia de los materiales" (Rosado, 2011) dando resultados muy positivos. Sin embargo en Colombia no se ha aplicado en ningún espacio académico de la enseñanza de la Física.

Ramírez (2010) dice que *"el Sistema 4MAT, vía los ciclos de aprendizaje, permite "ordenar" actividades para la enseñanza de la física que regularmente realizan los maestros, pero de una manera que ahora permita a estudiantes de todos los estilos apropiarse del conocimiento del tema en función de su propio estilo de aprendizaje"* y también menciona las desventajas del sistema 4MAT respecto a la instrucción tradicional: "*La primera desventaja es el tiempo necesario para aplicar un ciclo de aprendizaje completo, en el ciclo de aprendizaje aplicado en este trabajo, se necesitaron 4.5 horas para completar el ciclo, tiempo que excede en más de 2 horas el tiempo asignado por el programa de la materia para estudiar el tema (fuerza)"*. La segunda desventaja es *"la falta de equipos de laboratorio".*

II. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo de esta investigación fue revisar si la aplicación del Sistema 4MAT en enseñanza de la Mecánica Newtoniana mejora los resultados de aprendizaje de los estudiantes: aumenta la cantidad de respuestas correctas del test FCI, así como la ganancia individual de aprendizaje (factor *g* de Hake) y la eficiencia didáctica.

III. POBLACIÓN Y MUESTRA

Con el objetivo de resolver las hipótesis mencionadas en la Universidad del Quindío, Colombia, se utilizó la estrategia de enseñanza 4MAT en cursos de Física universitaria. Para hacer el análisis se eligieron dos grupos de programas de Ingeniería Civil que estaban cursando "Mecánica" en el segundo semestre de los estudios universitarios (con bases de cálculo diferencia) y tres grupos de estudiantes de Programa de Química que cursan "Física I" en el primer semestre con nivel de matemática fundamental. El número de estudiantes en grupos de Mecánica o Física I oscila entre 20 hasta 49 estudiantes con las edades entre 15 hasta 24 años.

En cada programa en uno de los grupos se utilizó la metodología de enseñanza tradicional y en los otros - el Sistema 4MAT. Al inicio del curso se aplicó pre-test FCI a un grupo total de 54 estudiantes y al final - post-test un grupo total de 87 estudiantes de la población total de 111 estudiantes de ambas carreras (Tabla 1). Finalmente para hacer el análisis se utilizó la información completa de pre- y post- test FCI de 54 estudiantes para calcular el factor *g* de Hake que refleja la ganancia individual de aprendizaje. El estudio fue realizado en tres semestres: en el segundo semestre de 2012 y en el primer y segundo semestres del año 2013 con dos profesores que usaron los mismos métodos educativos dependiendo de si la enseñanza fue tradicional o 4MAT, guías de laboratorios y exámenes parecidos.

IV. CICLO DE APRENDIZAJE SISTEMA 4MAT

IV.1 Construcción del ciclo de aprendizaje para tema "Inercia"

Para la construcción de este ciclo, se sigue la guía dada por McCarthy mostrada en la sección anterior. Los ocho pasos se muestran gráficamente en la Figura 1.

De acuerdo a la figura anterior, se decidió que las actividades para implementar el ciclo de aprendizaje para el tema de *Inercia* fuesen:

IV.2 Discusión grupal (Estilo 1)

Previamente los estudiantes se dividen en grupos de trabajo de 3-4 personas por grupo. Se les propone unas actividades que deben ser desarrolladas como una tarea fuera de salón de clases y las cuáles deben ser filmadas en video. Las actividades deben estar listas para la clase de discusión grupal. Por eso es recomendable dar esta tarea 2 semanas antes de empezar con el tema de *Inercia*.

Actividades:

1. Una persona en un bus que viaja a cierta velocidad lanza una pelota verticalmente hacia arriba. Una persona en un bus que viaja a cierta velocidad deja caer una pelota.
   Predecir, ¿Dónde va caer la pelota? Filmar los hechos.
2. Si hay dos personas en una moto que se mueve con velocidad constante y una lanza la pelota verticalmente hacia arriba, predecir, ¿Qué observa una persona que está parada frente a la moto que pasa por su lado? Filmar los hechos.

La discusión grupal se hace en el salón observando los videos que hicieron diferentes grupos de estudiantes:

Objetivo: Responder y explicar: ¿Dónde va caer la pelota?, ¿Si el bus acelera? ¿Si el bus va con velocidad constante?, ¿Si el bus se detiene?

Posibles respuestas son: a) Hacia atrás de la persona; b) hacia adelante; c) en la mano de la persona. Justificar cada una de las respuestas.

IV.3 Clase teórica tradicional (Estilo 2)

Antes de la clase como tarea se pide a los estudiantes investigar sobre los conceptos de masa, fuerza, inercia y las leyes de Newton usando libros escritos por diferentes autores. La TEORIA - es una clase de teoría sobre que es inercia, donde se puede mostrar la inercia con experimentos sencillos.

IV.4 Práctica de laboratorio (Estilo 3)

Se suelta una pequeña esfera desde un plano inclinado que tiene el ángulo de inclinación α conocido (Figura 2). La esfera desciende por el plano una longitud **L** conocida, siguiendo luego una trayectoria parabólica en el aire hasta caer a una distancia **D** medida desde la base de la mesa.

La distancia **L** y **H** permanecen sin cambios, el ángulo de inclinación se puede cambiar, o se dispone de planos inclinados con diferentes ángulos de inclinación.

Objetivo del laboratorio: Predecir y comprobar experimentalmente cuál va ser la distancia **D** donde cae la esfera.

Si se tiene en cuenta que la velocidad horizontal permanece constante y si no hay fuerzas en esta dirección se puede predecir correctamente la distancia **D** del borde de la mesa.

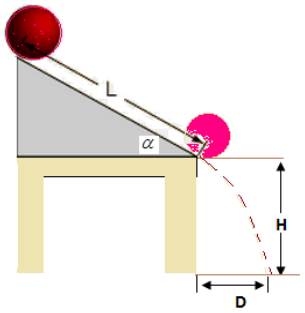

FIGURA 2. Esquema para el laboratorio del movimiento parabólico.

IV.5. Exposición por los Estudiantes (Estilo 4)

"*Los estudiantes del Tipo 4 se interesan principalmente en descubrir las cosas por ellos mismos. Los maestros deben dejarles a ellos mismos enseñar a otros*" (Díaz & Lima, 2010).

Se pidió a los grupos de estudiantes que quisieran preparar las exposiciones sobre la aplicación de inercia en ingeniería civil. Como ejemplo, se pidió investigar sobre el sistema de protección contra los terremotos que tiene el edificio actualmente más alto del mundo Taipéi 101.

Temas de exposiciones presentadas por los estudiantes fueron:

1) Edificio actualmente más alto del mundo Taipéi 101.

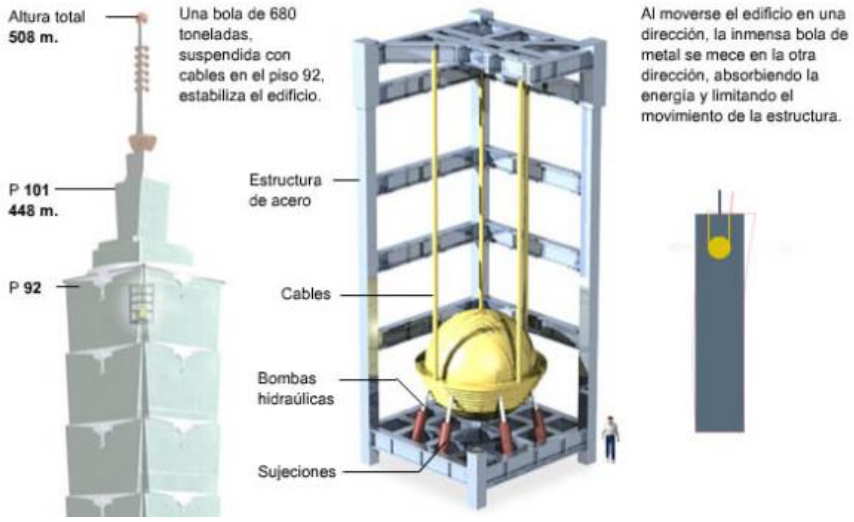

FIGURA 3. Taipéi 101. Fuente: http://rescatame.wordpress.com/2008/06/24/taipei-101/.

Ellos mismos encontraron otras aplicaciones de inercia en ingeniería civil como esta:

2) Sistemas de sismo resistencia para Puente Helicoidal parte del proyecto Autopista del Café, primero con forma de resorte en América Latina (Figura 4) y otros.

Con el grupo de estudiantes de Programa de Química se hicieron exposiciones y análisis de videos sobre los choques en accidentes de tránsito, competencias deportivas, etc.

FIGURA 4. Puente Helicoidal parte del proyecto Autopista del Café, Colombia.
Fuente: http://www.eldiario.com.co/seccion/REGIONAL/el-s-bado-inauguran-el-puente-helicoidal100714.html.

En la Figura 5 está la síntesis de las actividades desarrolladas correspondientes al Sistema 4MAT de aprendizaje en torno de uno de los conceptos de Mecánica Newtoniana que es el concepto de *Inercia*.

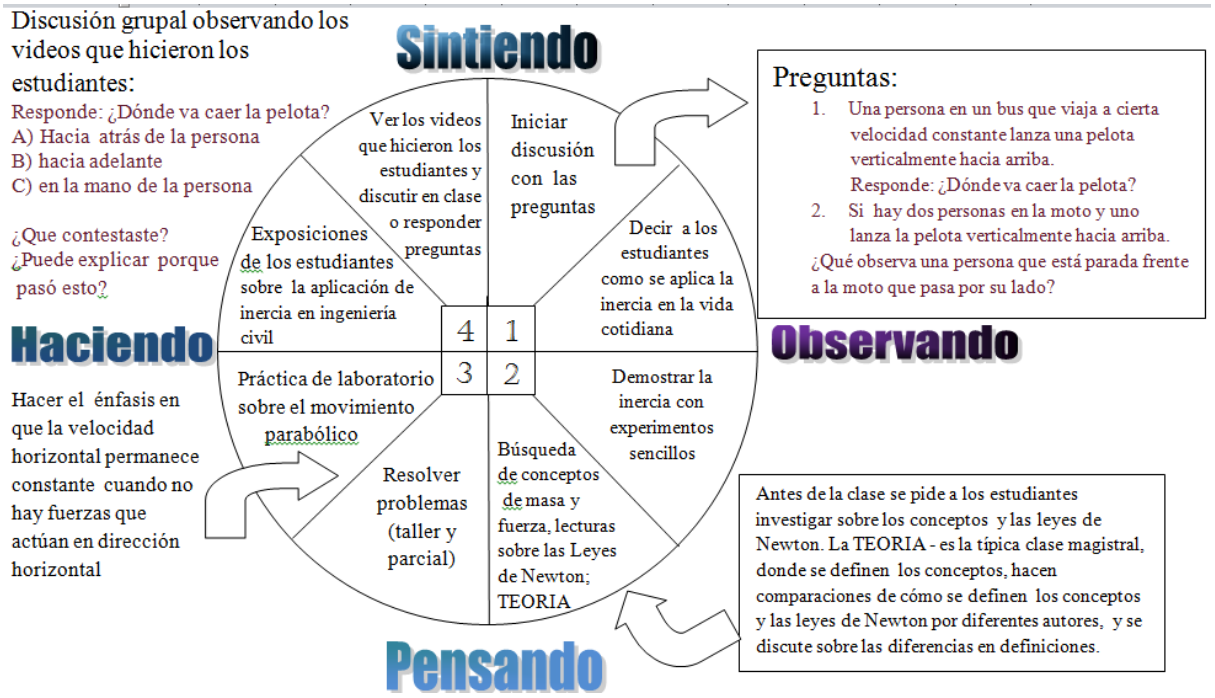

FIGURA 5. Ciclo de aprendizaje del concepto de *INERCIA* con el sistema 4MAT.

V. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

V.1 Force Concept Inventory (FCI)

Para la evaluación de los conocimientos de los estudiantes en Mecánica Newtoniana se consideró aplicar el test Force Concept Inventory (FCI) que está disponible en el idioma español en la página web de American Modeling Teachers Association (http://modelinginstruction.org/wp-content/uploads/2012/08/FCI-Spanish.pdf). El test FCI es la herramienta más utilizada y de gran aceptación en el ámbito de la enseñanza de la Mecánica en países como Estados Unidos y España.

Se considera que el número de las respuestas correctas es la medida válida de los conocimientos en Mecánica (Hestenes, 1992; Hake, 1998; Celemín, 1998). Para Hestenes y Halloun (1995) un nivel mínimo de conocimientos y de comprensión de la Mecánica válido se sitúa en el 60% de respuestas correctas del FCI (18 respuestas correctas de 30 preguntas); el nivel exigido en el contexto español se considera situado en el 50% (15 respuestas correctas de 30 preguntas. En Colombia no se ha hecho la discusión sobre qué nivel del FCI es aceptable como válido.

V.2 Ganancia individual de aprendizaje (factor *g de Hake)*

Los resultados de las dos pruebas aplicadas (una que se realiza antes de dictar el tema y otra prueba después que el tema ya había presentado a los estudiantes) se reportan como un valor de *g de Hake* que es un número que se llama "ganancia normalizada" que es la razón del aumento entre una prueba preliminar (pre) y un prueba final (post) respecto del máximo aumento posible:

$$g = (\%<post>-\%<pre>)/(100\%-\%<pre>) \quad (1)$$

Utilizar la ganancia normalizada permite evaluar el progreso de cada estudiante "*evitando el problema de comparar entre estudiantes que empiezan un curso mejor preparados que otros".*

Hake (1998) considera tres rangos de *ganancia normalizada*:

- *g* alto. Cuando el resultado obtenido para *g* es > 0,7
- *g* medio. Cuando el resultad o obtenido para *g* está en el rango 0,3 < g < 0,7
- *g* bajo. Cuando el resultado obtenido para *g* es < 0,3.

V.3 La Eficiencia didáctica

La Eficiencia didáctica Covián y Celemín (2008) definen como "*el incremento relativo de respuestas correctas entre la primera y la segunda aplicaciones del FCI, respecto de la mayor mejora posible, o eficiencia didáctica* $\overline{\Delta}_{rel.}B$", que representa la influencia del proceso enseñanza-aprendizaje en el nivel de conocimiento de la percepción newtoniana.

Valor ***B*** aquí *es la media del porcentaje de respuestas correctas del FCI* para todo el grupo en pre-test o post-test.

$$\text{Eficiencia didáctica} = \overline{\Delta}_{\text{rel.}}\text{B} = \frac{\overline{\text{B}}_{2^{\text{a}}\text{ aplic. del FCI}} - \overline{\text{B}}_{1^{\text{a}}\text{ aplic. del FCI}}}{100 - \overline{\text{B}}_{1^{\text{a}}\text{ aplic. del FCI}}}, \% \qquad (2)$$

VI. RESULTADOS

Más adelante se presentan los resultados por grupos.

VI.1 Ganancia individual de aprendizaje - *g* de Hake por grupos

Para analizar las ganancias de los estudiantes en el aprendizaje conceptual se utilizó el valor de *g* de Hake, que se calculó con la fórmula (1) individualmente para cada estudiante. Al final se graficó g de Hake con diagramas de cajas (box plots) por grupos (Figura 6). El diagrama de caja y bigotes (boxplots) es una herramienta útil para representar visualmente varias caracteristicas importantes como simetriía y dispersión. La mediana se encuentra como el dato que está en la mitad de la lista ordenada de los datos y se representa con una raya en la mitad de la caja. Los lados de la caja son el primero y el tercer cuartil de las puntuaciones ordenadas de cada grupo. En el primer cuartil estan 25% de los estudiantes que sacaron puntajes más bajos (grupo inferior) y en el cuarto cuartil – 25% de los estudiantes que sacaron puntajes más altos (grupo superior). Entonces dentro de la caja están ubicados los datos de 50% de los estudiantes con puntajes promedios.

El bigote de abajo va desde el puntaje más pequeño (min) hasta el primer cuartil, y el bigote de arriba – desde tercer cuartil hasta el puntaje más alto. El valor del puntaje promedio para cada grupo esta marcado con una cruz y no siempre coincide con la mediana.

Todas los diagramas de cajas y bigotes muestran que existen estudiantes que obtuvieron ganancias negativas de aprendizaje. ¿Cómo pudo pasar esto ? Valores negativos de *g* de Hake se obtienen cuando el número de preguntas correctas en el pre-test es mayor que en post-test, situación que es posible cuando el estudiante simplemente responde las preguntas del test al azar o en caso de que el aprendizaje fue poco significativo para el estudiante o está más confundido al final del aprendizaje que en el inicio. Si los estudiantes responden al azar pre-test y post-test la probabilidad de seleccionar la respuesta correcta en un test de posibilidades multiples de 5 respuestas posibles es de 20% o 6 preguntas de 30 en total. Sería la misma probabilidad en pre-test y post-test, con lo que se podria esperar que la mediana o el promedio de *g* de Hake sería un valor cercano a cero, 50% de estudiantes con *g* positivo y otros 50% con *g* negativo.

Analizando la Figura 6 se puede notar que el grupo de control de estudiantes de programa de Quimica se comporta de esta manera, como si las respuestas fueran aleatorias. Para este grupo *g* promedio fue negativo: - 0,746% para la metodologia de enseñanza tradicional, con valor mínimo de -13,3% y máximo en 14,8%. Aún las ganancias positivas más altas de este grupo son de nivel bajo (<30%).

En la Figura 7 se presentan los resultados de la cantidad de respuestas correctas en pre-test ("Pre") y post-test ("Po") por grupos en Programa de Ingenieria Civil (IC) con metodologia tradicional – "C" y 4MAT – "4M" y en Programa de Quimica ("Q").

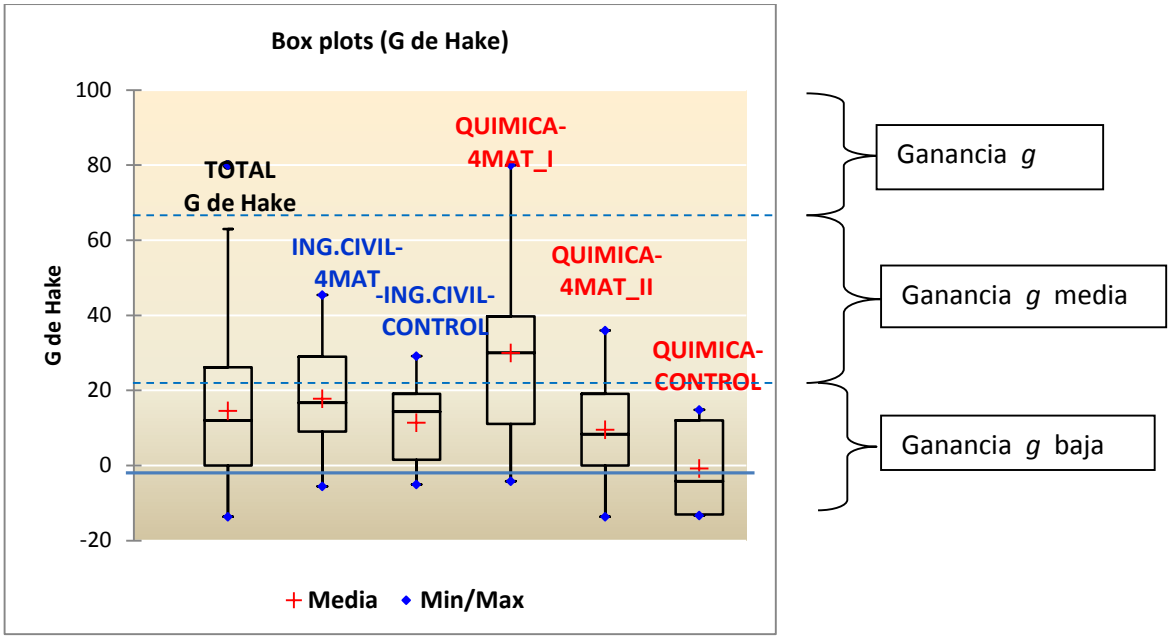

FIGURA 6. Diagramas de cajas para *g* de Hake.

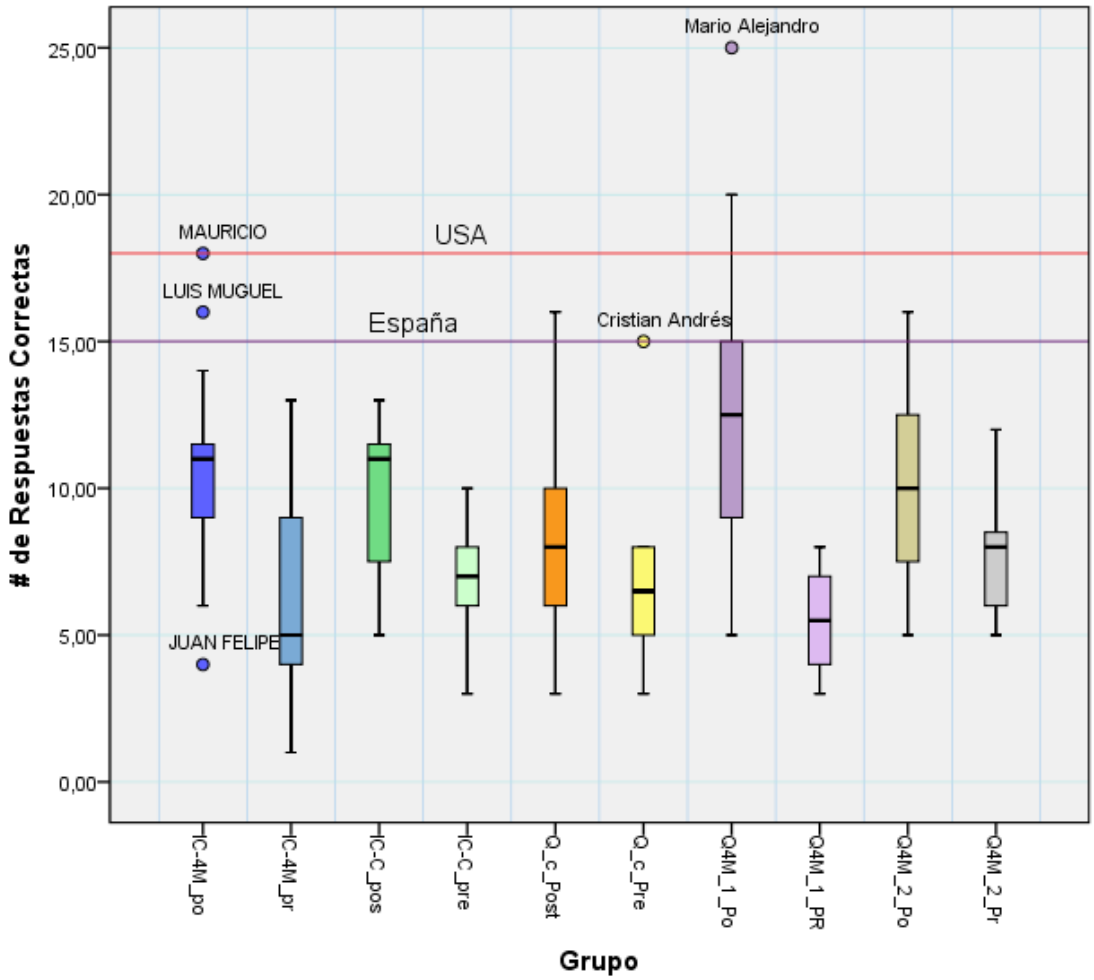

FIGURA 7. Diagramas de cajas para el número de respuestas correctas por grupo.

El grupo experimental (4MAT_I) de programa de Química donde se aplicó la metodologia 4MAT obtuvo mejores ganancias individiuales de aprendizaje: valor promedio de *g* de Hake en 30,0% (Tabla 1) que se considera de nivel medio.

El mínimo fue de -4,2% y máximo de 80,0%. Más de 50% de los estudiantes del grupo Química_4MAT_I logra obtener ganancia media y alta desde 30% hasta 80%.

Con la metodologia 4MAT se logró que 75% de los estudiantes del grupo QUIMICA_4MAT_II (incompleto) obtuvieron *g* de Hake positivo, de ellos 25% obtuvo *g* de Hake de nivel bajo: entre 8,3% y 19% y otros 25% obtuvieron *g* de Hake entre 19% y 36% que se puede considerar de nivel medio-bajo. El nivel promedio de *g* de Hake para el grupo 4MAT_II de estudiantes del programa de Química fue de 9,5%. Algunas actividades en este último grupo fueron recortadas por causas exernas al proceso enseñanza – apredizaje. Para compensar el tiempo no presencial, se pidio a los estudiantes responder algunas preguntas sobre los videos por correo electrónico.

El grupo de control de estudiantes de Ingenieria Civil que cursaron Mecánica obtuvo *g* de Hake entre -5% y 29,2% con media 6,8%. Pero el grupo experimental con la metodologia 4MAT en promedio llego a 17,8% (Tabla 1) de *g* de Hake con mínimo en -5,6% y máximo en 45,4%.

TABLA I. Porcentajes de respuestas correctas en pre-test y post-test FCI y factor *g* de Hake.

Institución	**Grupo, población, muestra**	**Metodolo-gía**	**Año**	**Pre-test, % de respuestas correctas**		**Post-test, % de respuestas correctas**		**Factor *g* de Hake promedio**
				min	max	min	max	
Universidad del Quindío	1-QUIMICA-CONTROL, 15 (5)	tradicional	2012_2 sem.	10,0	50,0	13,3	53,3	-0,8%
Universidad del Quindío	3-QUIMICA-4MAT_I, 22 (6)	4MAT	2013_1 sem.	10,0	26,7	16,7	83,3	**30,0%**
Universidad del Quindío	7-QUIMICA-4MAT_II, 29 (21)	4MAT incomplet o	2013_2 sem.	16,7	40,0	13,3	53,3	8,2%
Universidad del Quindío	2 - ING.CIVIL-4MAT, 20 (15)	4MAT	2013_2 sem.	10,0	46,7	16,7	83,3	17,8%
Universidad del Quindío	6- ING.CIVIL-CONTROL, 25 (7)	tradicional	2013_1 sem.	3,3	43,3	13,3	60,0	6,8%
			TOTAL	3,3	50,0	13,3	83,3	14,5%

En el grupo experimental 50% de estudiantes de programa de Ingenieria Civil obtuvieron *g* de Hake de nivel bajo: entre 9,0% y 29,0% y otros 25% - de un nivel medio: entre 29% hasta 45,4%. Los estudiantes que obtuvieron niveles muy bajos de *g* de Hake o incluso negativos son de los que estaban repitiendo la materia o de los que no asistian regularmente y no se involucraban en las discusiones y en las dinamicas de las clases.

VI.2 La eficiencia didáctica y porcentaje de respuestas correctas en test FCI

En el grupo de control de los estudiantes del Programa de Química la eficiencia didáctica (2) fue 0,9% y para el grupo con Sistema 4MAT – 31,0% (Tabla 2). Para el grupo de control de Ingeniería Civil la eficiencia didáctica fue 8,5% y para el grupo con Sitema 4MAT – 18,8%.

En post test para el grupo 4MAT de estudiantes de Programa de Química el porcentaje promedio de respuestas correctas fue 43,7% (grupo Control – 24,7%), para el grupo de Ingeniería Civil el porcentaje promedio de respuestas correctas en post-test fue 35,8% (grupo Control – 32,1%) (Tabla 2). Solo 8 de 87 estudiantes logran alcanzar el nivel de conocimiento válido en contesto español 50% y solo 3 – el nivel válido en Estados Unidos que es de 60% de respuestas correctas en el FCI (Figura 7). Tal vez este es el primer estudio que trata este tema en el contexto colombiano. Parese ser que el nivel alcanzable para Colombia puede ser de 45% de respuestas correctas en el test FCI.

En ninguno de los grupos de control la diferencia entre los promedios del número de respuestas correctas de pre-test y post-test fue estadísticamente significativa, pero si en los grupos con la metodología 4MAT.

TABLA II. Eficiencia didáctica y resultados del test de igualdad de las medias para pre-test y post-test FCI.

Institución	Grupo	Metodología	Año	Pre-test, Número de respuestas correctas		Post-test, Número de respuestas correctas		Eficiencia didáctica	Diferencia de medias de Respuestas correctas en pre-test y post-test es significativa estadísticamente
				Prome-dio	Desv. tip.	Promedio	Desv. tip.		
Universidad del Quindío	1-QUIMICA-CONTROL	Tradicio-nal	2012 2 sem.	7,2 24,0%	4,6	7,4 24,7%	3,51	0,9%	NO
Universidad del Quindío	3-QUIMICA-4MAT_I	4MAT	2013 1 sem.	5,5 18,3%	1,58	13,1 43,7%	5,82	31,0%	SI
Universidad del Quindío	7-QUIMICA-4MAT_II	4MAT incomplet o	2013 2 sem.	7,62 25,4%	2,11	9,81 32,7%	3,14	9,8%	SI
Universidad del Quindío	2 - ING.CIVIL-4MAT	4MAT	2013 2 sem.	6,27 20,9%	3,88	10,73 35,8%	3,55	18,8%	SI
Universidad del Quindío	6- ING.CIVIL-CONTROL	Tradicio-nal	2013 1 sem.	7,75 25,8%	3,28	9,63 32,1%	2,83	8,5%	NO
TOTAL				6,89 23,0%	3,00	10,37 34,6%	4,00	15,1%	SI

VI.3 El grado de satisfacción con las actividades

Para conocer el grado de satisfacción de los estudiantes con las actividades realizadas se hizo la encuesta los resultados de la cual se presentan en la Tabla 3. Como se puede observar, las actividades de producción del video y las exposiciones eran de las que más gustaron a los estudiantes, aunque corresponden más a estilos 1 y 4. Las puntajes que los estudiantes dieron a estas actividades son 4,6 - 4,4 de 5 puntos posibles. La otras actividades que más les gustaron: buscar la información sobre conceptos de física y laboratorios, obtuvieron las puntuaciones 4,5 y 4,3. Se puede concluir que las actividades nuevas que corresponden a metodología activa como Sistema 4MAT son de las más preferidas por los estudiantes. Lo que menos gustó son las actividades que se puede mencionar como de la metodología tradicional: resolver talleres en la casa, parciales, y explicaciones del profesor en el tablero que obtienen 4,1 y menos puntos.

TABLA III. Grado de satisfacion de los estudiantes con las actividades realizadas.

Actividades realizadas durante el semestre	**Grado de satisfacción**
Hacer el video	4,6
Ver videos de sus compañeros	4,6
Buscar la información sobre conceptos de física	4,5
Exponer videos que hicieron	4,4
Laboratorios	4,3
Talleres en grupo en clase	4,2
Preparar la exposición y presentarla en clase	4,2
Talleres personales para resolver en la casa	4,1
Explicaciones del profesor en el tablero	3,9
Talleres en grupo para resolver en la casa	3,9
Ver exposiciones de sus compañeros	3,9
Salir al tablero resolver ejercicios	3,7
Parciales	3,6

VII. CONCLUSIONES

En esta investigación se analizó cuantitativamente la aplicación de la Metodologia 4MAT para la enseñanza de Mecánica a nivel universitario. Se analizaron 3 cursos en un programa de Química y 2 cursos en un programa de Ingenieria Civil.

Para los grupos de control las mejores ganancias individuales de *g* de Hake de aprendizaje fueron de nivel bajo.

En tres grupos experimentales con la metodología de enseñanza 4MAT se aumentó la participacion activa de los estudiantes en su proceso de aprendizaje. En el grupo experimental de Ingenieria Civil el 25% de los estudiantes obtuvo ganancias medias de *g* de Hake: 30% < *g* < 45%. Las mejores ganancias individuales de aprendizaje se lograron en el grupo experimental del Programa de Química en que se utilizó la Metodologia 4MAT (grupo 4MAT_I). Más del 50% de los estudiantes de este grupo logró obtener ganancia g de Hake de niveles medio y alto: 30% < g < 80%. En el caso de los estudiantes del programa de Química que venian conjuntamente con "Física I" cursando la "Matemática Fundamental" los niveles de *g* alcanzaron un 80% que significa que algunos estudiantes aún con el nivel básico de matemática pueden contestar correctamente 25 preguntas del test FCI.

Aunque no fueron alcanzados los estándares de Estados Unidos de 60% de respuestas correctas en el test FCI, ni de España - 50% de respuestas correctas, los resultados obtenidos de un promedio de 43,7% de respuestas correctas para

el grupo del programa Química con Sistema 4MAT y un porcentaje de 35,8% para el grupo de Ingeniería Civil en que se utilizó la metodología 4MAT, se puede concluir que evidentemente la metodología 4MAT favorece la adquisición de nuevos conceptos y de física y específicamente en los cursos de mecánica newtoniana. Sin embargo, posiblemente el resultado esperado para el ambiente colombiano no supere el 45%.

Para próximos estudios sería importante desarollar ciclos de aprendizaje con el Sistema 4MAT en otros temas de mecánica newtoniana ya que no existen análogos de esta metodologia para la enseñanza universitaria. Sería importante revisar la eficiencia del Sistema 4MAT en cuanto a la solución de los problemas de mecánica, para este proposito debería usarse algún test parecido al MBT para hacer las comparaciones con otras metodologías.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad del Quindío por el apoyo económico otorgado para los estudios de doctorado en Física Educativa, parte de cuales fue realizada esta investigación.

REFERENCIAS

Bowers, P. (1987). *The Effect of the 4MAT System on Achievement and Attitudes in Science*. (Ph. D. Dissertation. University of North Carolina 1987).

Cazau, P. (2004). *Estilos de aprendizaje: Generalidades*. Recuperado el 18 de septiembre de 2014.

Celemín, M. & Covián, E. (1998a). El FCI como instrumento de evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Mecánica en las enseñanzas técnicas. *VI Congreso de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas*. Universidad de las Palmas de Gran Canaria, tomo 1. pp. 333-351.

Celemín, M., Covián, E., Palencia, C., Vicente, P., Díez, P. & García Fernández, M. (1998b). *Evaluación del proceso enseñanza-aprendizaje de la Mecánica de Newton.* Proyecto de investigación desarrollado en el marco de la convocatoria del programa de apoyo a proyectos de investigación a realizar en 1997, por medio de la Orden de 26 de marzo de 1996 de la Consejería de Educación y Cultura de la Junta de Castilla y León. (2 tomos). León, julio (sin publicar).

Covián Regales, E., & Celemín Matachana, M. C. (2008). Diez años de evaluación de la enseñanza-aprendizaje de la mecánica de Newton en escuelas de ingeniería españolas. Rendimiento académico y presencia de preconceptos. *Enseñanza de las Ciencias*, *26*(1), 23-42. Recuperado 08/07/2014 de: https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/68491/mod_resource/content/1/Covian_resultadosFCI_EnsCien26(1)2008_pdf.pdf.

Cué, J. L. G., & Rincón, J. A. S. (2008). Análisis de datos obtenidos a través del cuestionario CHAEA. *Revista de estilos de aprendizaje*, *2*(2), 84-109. Recuperado el 18 de septiembre de 2014, de http://learningstyles.uvu.edu/index.php/jls/article/view/146/104 y de www.estilosdeaprendizaje.es.

Gallego, D. J. & Alonso, C. M. (2014). *Pequeña historia de los congresos de estilos de aprendizaje*. Recuperado el 18 de septiembre de 2014, de: http://congreso.pucp.edu.pe/estilos-aprendizaje/historia_congreso_estilos.pdf.

Hake, R. (1998). Interactive-engagement vs. traditional methods: a six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, *66*, 64-74.

Halloun, & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, *53*(11), 1056-1065.

Halloun I.A., Hestenes, D., (1985). The initial knowledge state of collage physics students, *Am. J. Phys. 53*, 1043.

Hestenes, D. & Halloun, I. (1995). Interpreting the Force Concept Inventory. A response to Huffman and Heller. *The Physics Teacher*, 33, 502-506.

Hestenes, D., Wells, M. & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher, 30,* 141-158.

Kolb, D. A. (1984). Experiential learning: *Experience as the source of learning and development, Vol. 1*. Englewood Cliffs-NJ: Prentice-Hall. Recuperado el 18 de septiembre de 2014 de: http://academic.regis.edu/ed205/Kolb.pdf.

McCarthy, B. (1987). *4MAT Sistema (sistema de formato).* Recuperado el 18 de septiembre de 2014, de http://www.cca.org.mx/profesores/cursos/cep21/modulo_2/modelo_4mat.htm.

España, Programa Nacional de Educación. (2001-2006). *Manual de Estilos de aprendizaje*. Recuperado 18 de septiembre de 2014, de: http://biblioteca.ucv.cl/site/colecciones/manuales_u/Manual_Estilos_de_Aprendizaje_2004.pdf. pp 1-4.

Ramírez D. M. (2010). Aplicación del sistema 4MAT en la enseñanza de la física a nivel universitario, *Rev. Mex. Fís. 56*(1), 29–40.

Rosado G. C. (2011). *Aplicación de sistema 4MAT en ambientes de aprendizaje mixto para la enseñanza de la física a nivel ingeniería.* Tesis de Maestría en Ciencias en Física Educativa, IPN-CICATA, México, 2011.