

Detección y análisis de errores conceptuales en estudiantes de física de nivel universitario utilizando el sistema 4MAT



Mario H. Ramírez Díaz¹, Guadalupe Ángel González Chávez²
Isaías Miranda Viramontes³

¹Centro de Formación e Innovación Educativa, Instituto Politécnico Nacional, Av. Wilfrido Massieu s/n esq. Luis Enrique Erro, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos", Zacatenco, CP 07738., México, D. F.

²Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas, Instituto Politécnico Nacional, Av. Instituto Politécnico Nacional No. 2580, Col. Barrio La Laguna Ticomán, CP 07340, México D. F.

³Departamento de Matemática Educativa, CINVESTAV, México D. F.

E-mail: mramirezd@ipn.mx

(Recibido el 23 de Septiembre de 2008; aceptado el 8 de Enero de 2009)

Resumen

En este trabajo se reporta cómo al utilizar el sistema 4MAT se pueden detectar y analizar los errores conceptuales (misconceptions) relacionadas con el concepto de fuerza en estudiantes de nivel universitario. Los errores fueron analizados a partir de los estilos de aprendizaje de los estudiantes propuestos por el sistema 4MAT. La actividad seleccionada para desarrollar este trabajo fue una discusión grupal. El estudio muestra que el sistema 4MAT permite la detección de errores conceptuales por medio de las estrategias diseñadas dentro de un ciclo de aprendizaje.

Palabras clave: Estilos de aprendizaje, Sistema 4MAT, Errores conceptuales sobre fuerza.

Abstract

By using 4MAT system, this article reports how undergraduate students' misconceptions related to the concept of force can be analyzed and detected. The misconceptions were analyzed by using the students' learning styles proposed by 4MAT. The selected activity in this research was a discussion group. This study shows that 4MAT system allows the detection of the misconceptions by using strategies within a cycle of learning.

Keywords: Learning styles, 4MAT System, misconception.

PACS: 01.40.Fk, 01.40.gb, 01.50.Zv.

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

El modo en que el concepto de fuerza es comprendido por los individuos tiene su antecedente en las investigaciones de Piaget [1], quien aseguró que niños de 6 años explican que todo movimiento tiene una causa que lo produce.

Otros investigadores (Champagne, Klopfer, y Anderson [2]; Clement [3]; McCloskey [4]), han observado lo mismo que Piaget pero con sujetos de edades más grandes que las de los entrevistados por éste. Clement, por ejemplo, mostró que estudiantes de un curso introductorio de mecánica no lograron identificar las fuerzas que actúan en una moneda lanzada al aire. Según ellos, durante el movimiento ascendente de la moneda, actúa sobre ella una fuerza mayor que la fuerza de gravedad. Es esta diferencia de fuerzas la que permite, de acuerdo con la explicación de los estudiantes, que la moneda suba (es decir, "el movimiento implica una fuerza"). Clement llama a este error conceptual (*misconception*). Galili y Kaplan [5] por su parte

reportaron que la fuerza de atracción gravitacional ejercida hacia todos los objetos localizados en la superficie de la Tierra es identificada por los estudiantes como el peso del objeto. En un estudio similar, Reiner, Slotta, Chi y Resnick [6] reportan que los estudiantes relacionan la gravedad con una propiedad innata de todas las sustancias.

Por otro lado, la forma común de averiguar los errores conceptuales por parte de los investigadores mencionados anteriormente es por medio de la aplicación de cuestionarios. Sin embargo, una de las desventajas de esta metodología es la de no tomar en cuenta aspectos individuales como el aprendizaje; es decir, no consideran que cada estudiante aprende de acuerdo con sus propias formas de percibir e interpretar la información.

A este respecto, varios investigadores (Dunn, Dunn [7]; Kolb [8]; McCarthy y McCarthy [9]) han reconocido que no todos los estudiantes aprenden de igual manera. Según Samples, Hammond y McCarthy [10], esta diferencia se debe a que la unión cerebro-mente "elige diferentes formas de procesar la experiencia sensorial".

Las distintas maneras de percibir y procesar la información por parte de los estudiantes han sido analizadas por teorías de aprendizaje en cuyos supuestos se argumenta que el estilo de aprendizaje es la suma de las formas que tiene el cerebro de percibir la experiencia y las formas favoritas de un individuo para actuar sobre ésta [10]. En este trabajo, presentamos los resultados de aplicar una teoría de estilos de aprendizaje, el Sistema 4MAT, para la enseñanza de la física a nivel universitario, en particular para la detección y eliminación de los errores conceptuales. Se utilizó para la implementación del Sistema 4MAT, la discusión como estrategia didáctica, y se presentan fragmentos de la conversación realizada con los estudiantes donde se observan sus errores conceptuales. Finalmente se presentan las conclusiones sobre la utilidad de usar los estilos de aprendizaje en la detección de los errores conceptuales.

II. SISTEMA 4MAT

Una de las teorías mencionadas anteriormente es el sistema 4MAT, el cual es el resultado de la superposición de las descripciones de estilos de aprendizaje del modelo de Kolb [8]. Este modelo está basado en la suposición de la existencia de factores responsables de la generación de estilos de aprendizaje. De acuerdo con Kolb [8], los estudiantes aprenden según la manera en que prefieren recibir la información por parte del profesor (preferencias de instrucción): por medio de la experiencia concreta, de la observación reflexiva, de la conceptualización abstracta y de la experimentación activa. Kolb organiza los estilos en pares dialécticamente opuestos. De esta forma, el estilo relacionado con la experiencia concreta es opuesto al de la conceptualización abstracta; el de la observación reflexiva es opuesto a la experimentación activa (véase Figura 1).

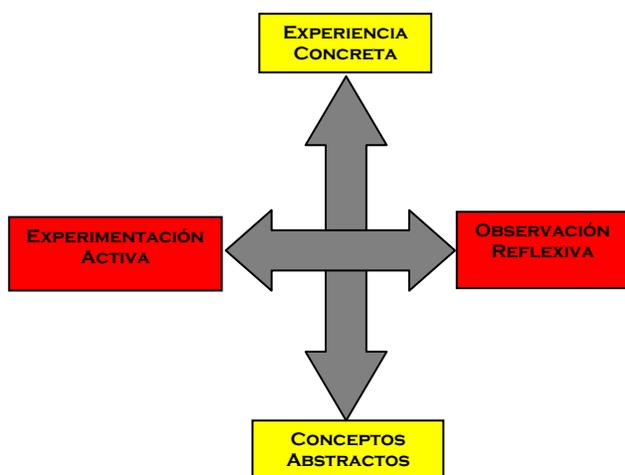


FIGURA 1. Arreglo de dos Ejes o dimensiones de Kolb para los factores de los estilos de aprendizaje.

En el Sistema se combinan las preferencias de los estudiantes para aprender. Ahora bien, para Samples, Hammond y McCarthy [10]

“esta combinación de preferencias da como resultado un par de tendencias que describe cuatro cuadrantes. En el Sistema 4MAT, cada uno de estos cuadrantes se convierte en un estilo de aprendizaje. Cada cuadrante, junto con su par descriptor, delinea un conjunto de tendencias y preferencias que diferentes personas exhibirían en sus intentos de aprender y enseñar.”

Tanto los cuadrantes como los pares descriptores, mencionados en la cita anterior, son mostrados en la Figura 2.



FIGURA 2. Sistema 4MAT.

Cada estilo de aprendizaje o cuadrante, en el Sistema 4MAT, está definido por la forma en que los estudiantes aprenden. A continuación se mencionan las características más importantes de cada estilo que sirvieron como base para diseñar la investigación que aquí se reporta.

- Estilo 1. Obtienen de la enseñanza un valor personal. Disfrutan las discusiones en pequeños grupos que nutren la conversación.
- Estilo 2. Guardan la verdad. Requieren exactitud y orden. Se sienten cómodos con las reglas y construyen la realidad a partir de éstas. Son exigentes en la forma de expresión; metódicos y precisos.
- Estilo 3. Se lanzan a la acción; pretenden que lo aprendido les sea útil y aplicable. No aceptan que les proporcionen las respuestas antes de explorar todas las posibles soluciones.
- Estilo 4. Descubren las cosas por sí mismos. Tienen una fuerte necesidad de experimentar libertad en su aprendizaje, y tienden a transformar cualquier cosa.

Según el Sistema 4MAT, los estilos de aprendizaje precedentes describen comportamientos generales. Esto significa que un estudiante no puede ser identificado con un único estilo. Las características mencionadas en cada estilo son las que pueden ser observables con mayor frecuencia en cada individuo. Así, la forma en que aprenden los estudiantes un concepto determinado depende del estilo de su preferencia; es precisamente esta

subjetividad en el aprendizaje la que restringe la manera de observar los errores conceptuales de los estudiantes.

En este trabajo se propone conocer, por medio de una discusión grupal (actividad dirigida a estudiantes con las características de aprendizaje detalladas en el Estilo 1), los errores conceptuales de estudiantes de nivel universitario sobre el concepto de fuerza. Los errores son analizados a partir de los estilos de aprendizaje de los estudiantes propuestos por el sistema 4MAT.

III METODOLOGÍA

Este estudio se realizó durante el período agosto-diciembre del 2007 con un grupo de siete estudiantes de séptimo semestre (Entre 20-27 años de edad) que cursaban la asignatura de **Física Computacional**, de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, de la Escuela Superior de Cómputo (ESCOM), del Instituto Politécnico Nacional (IPN) de México.

El estilo de aprendizaje de cada estudiante se obtuvo por medio de la aplicación de un cuestionario, el cual se puede consultar en la siguiente dirección electrónica: <http://148.204.46.137/4mat> (anexo 1). El cuestionario que proporciona la tendencia preponderante de estilo de aprendizaje consta de 15 reactivos, cada uno de los cuales tiene cuatro opciones. Cada opción tiene una característica de cada uno de los estilos de aprendizaje. Por ejemplo, uno de los reactivos es: **Al aprender disfruto ...**, el cual contiene las siguientes opciones: **explorar posibilidades ocultas**, relacionada con el Estilo 4; **organizar ideas**, relacionada con el Estilo 1; **crear relaciones propias**, relacionada con el Estilo 2 y **producir resultados**, relacionada con el Estilo 3. Estos cuestionarios ya han sido utilizados en otros estudios similares dentro del mismo IPN [11].

Dentro de la gran variedad de estrategias de enseñanza existentes para estimular el estilo de aprendizaje predominante en cada alumno, se eligió la discusión, para el Estilo 1; una clase teórica tradicional, para el Estilo 2; una clase de laboratorio, para el Estilo 3 y una exposición por equipos, para el Estilo 4. En este trabajo se eligió utilizar la discusión con el fin de detectar los errores conceptuales de los estudiantes.

La discusión se llevó a cabo en un aula de clases ordinaria, donde a los estudiantes se les pidió que se sentaran formando un semicírculo. El profesor creó un ambiente agradable y de confianza. Durante el tiempo que duró la discusión, el profesor, en ningún momento, enjuició las respuestas de los estudiantes; es decir, él sólo fue un moderador de la discusión.

La discusión fue grabada en audio y video, para lo cuál se utilizaron dos video cámaras. Una permaneció fija, frente al grupo; la otra, móvil. Con esta última se filmó la participación de cada estudiante.

El profesor inició con una breve presentación sobre la importancia de la fuerza, sin mencionar el concepto de fuerza al grupo.

Al final de las actividades mencionadas al inicio de esta sección, se aplicó otro cuestionario (que se encuentra en la misma dirección electrónica ya mencionada) para

sondear el grado de satisfacción en las diversas actividades, este cuestionario consiste en preguntas donde se da a elegir a los estudiantes entre cuatro opciones su grado de satisfacción en cada actividad (La discusión, la clase teórica, la practica y la exposición), alto, medio, bajo y nulo, resultados que se reportan más adelante en el análisis.

A partir de la transcripción de la discusión grabada se registro el número de intervenciones de cada estudiante en la charla y que también se reporta más adelante.

IV. ANÁLISIS

Los resultados que arroja el cuestionario de estilos de aprendizaje contestado por cada estudiante se muestran a continuación en la Tabla I.

TABLA I. Combinación de estilos de aprendizaje y estilo de aprendizaje predominante de cada estudiante.

Estudiante	Combinación de Estilos de Aprendizaje				
	Estilo 1	Estilo 2	Estilo 3	Estilo 4	Estilo Predominante
Lizabeth	45	34	32	39	1
Francisco	28	52	43	27	2
Ludwig	36	47	33	34	2
Jorge	32	30	41	47	4
Anais	39	30	44	37	3
Mari Carmen	43	39	35	33	1
Lourdes	41	39	35	35	1

De la tabla anterior, es posible caracterizar al grupo de la siguiente manera: Tres estudiantes con estilo predominante 1 (Lizabeth, Mari Carmen y Lourdes), Dos con estilo 2 (Ludwig y Francisco), un estudiante con estilo 3 (Anaís) y un estudiante con estilo 4 (Jorge). No se debe perder de vista que a pesar de tener un estilo predominante los estudiantes presentan una combinación de estilos particular, se puede observar de la tabla anterior que en algunos casos es muy clara la “predominancia” de un estilo como es el caso de Francisco en el estilo 2, pero en otros se encuentran mucho más cercanos varios estilos con

Mario H. Ramírez, Guadalupe A. González, Isaías Miranda

el predominante como es el caso de Lourdes. Esta situación es importante de señalar porque a pesar de que se tenga un estilo predominante existen estudiantes que se sienten cómodos con más de un estilo, no únicamente con el predominante.

Ya con esta caracterización hecha se procedió a implementar la estrategia diseñada, como se señaló anteriormente esta fue una discusión a partir de una pregunta generadora, en nuestro caso la instrucción inicial por parte del maestro fue la siguiente:

Profesor: *Uno de los conceptos mas importantes o fundamentales de la física como tal es el concepto de fuerza, lo abordamos desde los primeros conceptos en física que se ven en la secundaria, en el nivel medio superior, en el nivel superior por el cual ustedes ya cursaron, entonces a partir de lo que ustedes entienden por fuerza, quiero que me digan ¿que entienden por fuerza?, todo lo que sepan alrededor de la fuerza, su aplicación, todo lo que sepan sobre el concepto de fuerza.*

Es interesante observar que el profesor solo introduce el término fuerza sin proporcionar alguna definición u opinión personal en esta primera intervención. En respuesta a la pregunta generadora se tuvieron las siguientes respuestas:

Francisco: *¿No es como la cantidad de masa desplazándose?*

Anaís: *Como energía ejercida sobre una superficie de un cuerpo.*

Ludwing: *Bueno iba a decir algo parecido, es como una energía o energía aplicada a cualquier cuerpo físico ¿no? que se pueda si no tocar si visible.*

Lizbeth: *Es similar a lo mismo, es la cantidad de energía aplicada a una masa.*

En estas primeras intervenciones empezamos a ver ya un concepto errado muy claro, el de vincular directamente el concepto de fuerza con el de energía. Es interesante ver también que después de la primera intervención por parte de Anaís los demás estudiantes siguen su concepto errado de fuerza como energía ejercida por un cuerpo.

De las cuatro primeras participaciones solo una corresponde a un estudiante cuyo estilo de aprendizaje empata con el estilo bajo el cual se diseñó la discusión (Estilo 1). En este sentido es interesante recordar que los estudiantes estilo 1 tienden a ser “conciliadores” lo cual se refleja en la respuesta de Lizbeth que concilia las respuestas anteriores de sus compañeros al englobar los términos energía y masa en su respuesta.

Con respecto a los tipos de fuerza que conocen y cuál es el origen de ésta, las siguientes son algunas de sus respuestas:

Jorge: *Fuerza centrífuga.*

Ludwing: *Depende yo creo, tiene, creo recordar que está relacionada con la fuerza de gravedad que también es otro tipo de fuerza según yo, bueno para empezar pienso que es de las más básicas donde podemos platicar sino ampliamente el concepto de fuerza, que por lo menos*

hemos dicho aquí brevemente, si por lo menos es el más básico que podemos comprobar, es palpable y según recuerdo yo, la fuerza centrífuga es la fuerza que ejerce a cierta masa por ejemplo hablando a nivel de tierra es la fuerza que la tierra ejerce sobre nosotros al momento que está girando sobre su eje de rotación, no recuerdo si es la fuerza que nos mantiene obviamente aquí en la tierra para que no salgamos volando, entonces esa es la gravedad.

El maestro en este momento trata de guiar la charla hacia el origen de las fuerzas por medio de un ejemplo que recuerde a los estudiantes lo que significa el origen de la fuerza:

Prof.: *OK pongamos un ejemplo, si tengo dos cargas eléctricas se van a mover, se pueden repeler o se pueden atraer, ¿tiene que ver con que tengan cierta masa esas cargas? O ¿Por qué se atraen y se repelen?*

Jorge: *Es por la carga.*

Ludwing: *Pues es la masa que tiene la carga, partiendo del concepto que dijimos que era una energía aplicada a una masa, la energía como tal es su carga que posee al momento, por ejemplo cuando una positiva y una negativa, al momento que se juntan si uno no las empujó para que se juntaran entonces pues estamos viendo una fuerza ahí ¿qué fue lo que hizo que se juntaran?, pues esa energía que hizo que se juntaran por ser negativas o positivas.*

En este punto nuevamente podemos detectar el concepto erróneo que tienen sobre los tipos de fuerza y su origen al confundir la definición de la fuerza con su origen. El concepto errado de igualar fuerza con energía en el caso de Ludwing se refuerza conforme avanza la charla, es decir va “arrastrando” otros conceptos con éste. Por otro lado, también se empieza a destacar Ludwing como el estudiante más participativo, lo cual no implica que sea él que tiene el concepto correcto, en este caso Jorge es el que tiene la respuesta más cercana a la correcta, aunque en su caso no argumenta su respuesta.

Otro punto interesante es no sólo la participación, sino la forma en que se da. Es notorio que Ludwing al tener un estilo 2 intenta ser más conceptual, mientras que Jorge al ser estilo 4 tiene respuestas menos argumentadas y más directas.

Un aspecto interesante es el que los estudiantes que participan menos comienzan a repetir en sus escasas intervenciones los conceptos errados de los estudiantes que argumentan más, en este caso siguen la idea de Ludwing.

Mari Carmen: *Yo entiendo por fuerza que es una energía, algo intangible y que hace, bueno ciertos tipos de fuerza hacen que las cosas se muevan o caminen, que un cuerpo no esté siempre en una sola posición.*

Jorge: *¿Por lo que pesan los cuerpos no? En la gravedad nosotros por ejemplo que tenemos más masa que una hoja de papel somos para la fuerza de gravedad más livianos, bueno la hoja de papel es más*

liviana que nosotros entonces si depende del peso o la masa del objeto. La energía sería la misma masa.

En estas intervenciones es claro que a pesar de que ambos estudiantes tienen conceptos cercanos a la realidad (Fuerza provocando un cambio de posición o la masa como origen de la fuerza de gravedad) ya incluyen el término “energía” dentro de su argumento, influenciados por el concepto erróneo que Ludwing introdujo en la charla, reforzado por el número de participaciones que él tiene en la discusión.

En este caso Mari Carmen tiene Estilo 1 y Jorge, Estilo 4. Ambos estilos son poco conceptuales en su forma de argumentar por lo que es notorio que al ser Estilo 1 Mari Carmen “concilia” con lo dicho por Ludwing, mientras que Jorge busca argumentar en términos de ejemplos concretos.

En otro momento de la charla se trata por parte del maestro de introducir un lenguaje más formal con la intención de ver la reacción del grupo, en este caso se habla de las leyes de Newton:

Prof.: *Estamos todos de acuerdo, ahora quiero voltearme a algo más teórico y que ustedes ya han visto, no nada más en su curso universitario, sino además en diversos cursos de física que han llevado antes y que llamamos leyes de Newton, ¿alguien recuerda a grandes rasgos lo que eran las leyes de Newton? o ¿Qué son las leyes de Newton?*

Mari Carmen: *Mmmm, son tres enunciados, pero sólo me acuerdo de uno, el que dice que un cuerpo permanece en movimiento o estable hasta que una fuerza externa no lo cambia, o sea que un cuerpo puede permanecer en movimiento hasta que una fuerza no lo cambie o halla otra fuerza que lo mueva, más o menos.*

Francisco: *¿No habla de equilibrio?*

Ludwing: *Según yo recuerdo, la primera que es la uno, después no se si estoy bien pero de ahí se derivan el que es proporcional la fuerza a un objeto o a la masa de un objeto o algo así, ya no recuerdo más, pero creo que era algo así, un cuerpo se mantiene ya sea en movimiento o estático o quieto hasta que una fuerza (si en equilibrio) hasta que una fuerza se aplica, y la tercera que también recuerdo, es que a toda reacción hay una reacción igual de la misma magnitud pero sentido inverso, pero falta la segunda.*

En este caso es notorio que al tener la instrucción de recordar el término “Leyes de Newton” los estudiantes tienen conceptos más cercanos al correcto que cuando se les pidió dar su propio concepto de fuerza, sin embargo, Ludwing y Francisco al ser Estilo 2 argumentan utilizando conceptos abstractos como equilibrio, reacción o masa, mientras que en el caso de Mari Carmen, ella claramente concilia con lo que recuerda de memoria.

Al pedirles ahora a los estudiantes que digan cómo se calcula la fuerza, se tuvieron los siguientes comentarios:

Ludwing: *Yo recuerdo la de la fuerza de gravedad, que para determinar lo que es el peso, que es donde tenemos una constante gravitacional que es de 9 punto y cacho no*

recuerdo por la masa ¿no? y eso es lo que nos daba nuestro peso.

Mari Carmen: *La fuerza es un vector y era un escalar una masa punto una aceleración*

Lizbeth: *Si yo recuerdo que tenía que ver con la masa y la aceleración.*

Lourdes: *Fuerza igual a masa por aceleración*

Ludwing: *Si básicamente era así porque a fin de cuentas la que yo siempre me acuerdo es la de la fuerza de gravedad porque esa aceleración, bueno la masa es un escalar normal, porque como dijo la compañera la fuerza es una cantidad vectorial, entonces lo que nos faltaría para hacer esa multiplicación y que se convirtiera en vector es esa aceleración que utilizaríamos para que ese cuerpo se pueda mover, en el caso de la fuerza gravitacional utilizamos la constante de nueve punto y cacho por que también es una aceleración por que es en unidades cuadradas o algo así.*

En esta sección se tiene un mayor número de participaciones y los estudiantes mencionan un mayor número de conceptos correctos como vectores ó aceleración que intentan recordar de memoria. Sin embargo, es claro que Ludwing es quien sigue teniendo una mayor participación con una mayor cantidad de conceptos desviados o errados. Se puede observar que al ser Lizbeth, Lourdes y Mari Carmen Estilo 1, tienen un tipo de respuesta similar, tratan de contestar sin introducir conflicto, con base en su experiencia de lo que ellas sienten que es cierto, mientras que Ludwing al ser Estilo 2 trata de argumentar más formalmente que el resto del grupo para construir su concepto en lugar de repetir lo memorizado.

Después de haber conducido la charla alrededor de términos como fuerza, origen y tipos de fuerza, leyes de Newton etc. Se les pide a los estudiantes nuevamente su concepto de fuerza:

Francisco: *Mmm, la fuerza también era una cantidad de movimiento en un tiempo.*

Anaís: *¿Es algo que está relacionado con la potencia?*

Jorge: *Es lo que inicia el movimiento. Bueno yo pienso que por ejemplo al momento que golpeamos una bola, este golpe trae cierta intensidad y desplaza cierto cacho, entonces llega hasta cierto punto lo que fue la fuerza del movimiento y entonces la energía que le resta es la que se mueve cuando pasa el efecto del golpe.*

Ludwing: *Exactamente tiene que ver con algo de lo que él (Jorge) decía, la energía a la que hacíamos referencia antes de la definición de fuerza, cuando nosotros aplicamos fuerza a un objeto y este objeto se mueve ¿Dónde está la energía? Esta energía utiliza el cuerpo para moverse, bueno y si ¿qué o por qué? Porque aparte recuerdo que teníamos otra fuerza que era la que se opone a todo movimiento que es la de fricción sino mal recuerdo que era la que tiene que vencer ese cuerpo para poderse mover, y entonces como él comentaba (Jorge) nosotros le aplicamos a una bola cierta fuerza y si esa fuerza no es suficiente para llegar a su destino o simplemente va a moverse cierta distancia, es por que la energía que ese cuerpo utiliza para moverse esa distancia la va*

Mario H. Ramírez, Guadalupe A. González, Isaías Miranda
 consumiendo pues en el momento tal que ya no tiene energía para vencer las otras fuerzas, de fricción y otras fuerzas, se queda quieta por que ya no le alcanzo la energía que le suministramos.

En este segmento es claro que mientras Jorge tiene una idea más clara en sus conceptos, Ludwing utiliza conceptos erróneos o desviados en su argumento donde usa lo dicho por Jorge en su ejemplo. Nuevamente la diferencia de estilos de aprendizaje de cada estudiante se refleja en su forma de argumentar su respuesta. En los casos de Francisco y Ludwing al ser Estilo 2 utilizan conceptos más “abstractos”, mientras que Jorge al ser Estilo 4 utiliza un ejemplo concreto, Anaís por otro lado, es Estilo 3, sin embargo es ella quien introduce un nuevo concepto errado, el termino potencia.

En este punto al ser reforzada la idea errónea de Ludwing acerca de la fuerza como una especie de energía se le pide al grupo reflexionar sobre la posible existencia de la relación entre energía y fuerza:

Mari Carmen: Es que lo que pasa es que me acuerdo de una formula que creo fue la que planteó Einstein que era que la energía era igual a la masa por la velocidad de la luz al cuadrado.

Francisco: Es la cantidad de movimiento. Es masa por velocidad. Mmm, la fuerza también era una cantidad de movimiento en un tiempo.

Jorge: Es la cantidad que tarda en trasladarse un cuerpo de un lugar a otro dependiendo de la fuerza que se le haya...metido

Lourdes: ¿Es la velocidad?

Francisco: Es como el trabajo, bueno no es pero parecido, por ejemplo es el trabajo de un cuerpo lo que pesa moviéndose, digamos la intensidad con que va a moverse

En esta sección se puede observar que en función de su estilo de aprendizaje los estudiantes tratan de expresar la relación entre energía y fuerza, en el caso de Francisco al ser Estilo 2 utiliza conceptos “teóricos”, Jorge continua intentando expresarse en función de ejemplos concretos, Mari Carmen nuevamente al ser Estilo 1 utiliza los conocimientos que cree correctos sin entrar en conflicto con lo dicho hasta ese momento, de hecho introduce el concepto errado de la teoría de la relatividad dado que su experiencia le marca que la energía habla del término velocidad, lo cual provoca a su vez que Lourdes le de la razón en ese término (ambas Estilo 1).

Al tratar de cerrar la discusión se pide a los estudiantes una ronda final de definiciones sobre fuerza, estas son algunas de sus respuestas:

Ludwing: Es toda energía aplicada a una masa y a su cambio de posición con respecto al tiempo.

Lizbeth: Sería energía que se aplica en un movimiento en un tiempo dado.

Lourdes: Lo mismo, están todos los conceptos juntos, o sea ya interviene lo que nos había dicho concepto de energía, fuerza, movimiento, la masa, todo tiene que ver, no nada más lo que habían dicho.

Anaís: Energía aplicada a una masa con un cierto tiempo.

Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 3, No. 1, Jan. 2009

Francisco: Cantidad de movimiento en un tiempo.

Jorge: Cantidad de movimiento en un tiempo dado con una velocidad.

Mari Carmen: Capacidad de mover un objeto a una cierta cantidad de velocidad, bueno en un tiempo dado. La fuerza es una cantidad que implica un dominio de tres parámetros, por ejemplo si decimos masa es una cantidad por ejemplo una bola, pero cuando decimos fuerza estamos involucrando, masa, velocidad y tiempo, las tres cosas.

Después de la discusión se realizó un cuestionario para conocer cómo se habían sentido en la actividad y poder sondear su grado de satisfacción con la charla (y con otras actividades de aprendizaje diseñadas en la investigación y que se reportarán en trabajos posteriores). En dicho cuestionario se incluyeron preguntas relacionadas con su grado de satisfacción en la charla o la actividad de aprendizaje favorita de los estudiantes para entender el concepto de fuerza.

TABLA II. Comodidad de los estudiantes en la actividad.

Estudiante	Comodidad en la Discusión	Actividad de aprendizaje favorita	Combinación de Estilos de aprendizaje
Lizbeth	Medio	Practica de Laboratorio	1-4-2-3
Francisco	Nulo	Clase Teórica	2-3-1-4
Ludwig	Medio	Clase Teórica	2-1-4-3
Jorge	Medio	Practica de Laboratorio	4-3-1-2
Anais	Medio	Clase Teórica	3-1-4-2
Mari Carmen	Alto	Discusión	1-2-4-3
Lourdes	Medio	Clase Teórica	2-1-3-4

La última columna de la Tabla II, combinación de estilos de aprendizaje, muestra el estilo de preferencia de mayor a menor grado. Mari Carmen manifiesta un grado alto de satisfacción con la discusión (ver Tabla II), situación que se esperaría de su combinación de estilos de aprendizaje al ser su estilo preponderante el Estilo 1 y se refuerza con lo analizado en los párrafos anteriores; mientras que Lizbeth a pesar que también tiene como estilo preponderante el Estilo 1, manifiesta un grado de comodidad medio en la discusión, esta situación puede verse influida por su combinación particular de estilos de aprendizaje donde el segundo estilo de su preferencia fue el Estilo 4, estilo que no se siente “cómodo” con actividades grupales situación que se refleja en la poca participación en la discusión. En el caso de Mari Carmen, su segundo estilo preponderante es el Estilo 2, estilo que tiene preferencias por escuchar las opiniones de expertos, situación que se esperaría de escuchar al maestro y algunos de los otros estudiantes en la charla.

En el otro extremo se encuentra Francisco, quien manifiesta que su grado de comodidad en la charla fue nulo (ver Tabla II). En este caso su combinación de estilos de aprendizaje muestra que su estilo preponderante es el Estilo 2, es decir prefiere actividades teóricas, además de

tener como segundo estilo preponderante el Estilo 3, que es contrario al Estilo 1 en el sistema 4MAT.

El resto de los estudiantes manifiesta tener un grado de satisfacción medio con la discusión grupal (ver Tabla II), situación que podría esperarse del hecho que el estilo de aprendizaje preponderante de los estudiantes no corresponde con el Estilo 1. Sin embargo, esta situación no fue obstáculo para su participación en la charla ni para la detección de conceptos errados y desviados.

Es importante conocer el grado de satisfacción de los estudiantes y compararlo con el estilo de aprendizaje de los estudiantes para establecer la utilidad de la estrategia de aprendizaje. En este trabajo nos interesa conocer la utilidad de la estrategia para detectar los conceptos desviados o errados. En la Tabla III se muestra el número de intervenciones que tuvo cada estudiante en la discusión

TABLA III. Participaciones por estudiante en la discusión.

Estudiante	Intervenciones
Lizbeth	5
Francisco	21
Jorge	11
Ludwing	23
Anais	7
Mari Carmen	10
Lourdes	4

De la tabla anterior es claro que Francisco y Ludwing tienen un mayor número de participaciones, mientras que en el extremo contrario, Lizbeth y Lourdes tienen muy bajo nivel de participación, casi una quinta parte de lo que tuvieron los estudiantes más participativos. No se debe perder de vista que el número de participaciones no es equivalente a que se tenga un grado de comodidad alto en la actividad. Esto es claro en el caso de Francisco que a pesar de tener un grado nulo de comodidad en la discusión, es quien tiene el segundo número de participaciones. Por otro lado, Mari Carmen tiene un grado alto de comodidad en la discusión y su número de participaciones se puede considerar medio. Además, algunas de las participaciones de los estudiantes eran con el fin de “completar” un argumento ó una idea de una intervención anterior, esto sucedió varias ocasiones en los casos de Francisco y Ludwing. Otro aspecto a considerar es que el número de participaciones no necesariamente presentaba un nivel de argumentación alto, en los casos de Jorge y Francisco (como se mostró en algunos de los segmentos anteriores) sus intervenciones fueron muy directas, poco argumentadas, mientras que en el caso de Ludwing sus intervenciones fueron más largas y con argumentos amplios, sin implicar en ninguno de los dos casos (argumentos largos o cortos) que estos fuesen correctos o errados.

Finalmente, se trataron de englobar los principales conceptos errados o desviados en relación con la fuerza encontrados en la discusión, estos se enlistan a continuación:

- La fuerza es un tipo de energía.
- La fuerza centrífuga, fuerza centrípeta y la fuerza de gravedad son tipos de fuerza.

- La fuerza tiene diferentes propiedades de acuerdo con el cuerpo que se este aplicando.
- Las leyes de Newton se refieren a mover cuerpos y a la reacción.
- Fuerza es igual a masa por aceleración.
- La cantidad de movimiento tiene que ver con la potencia o el trabajo.
- La fuerza de fricción es otro tipo de fuerza que se opone al movimiento.
- Existe la “fuerza de los planetas”.

CONCLUSIONES

El sistema 4MAT en este trabajo permitió observar cómo manifiestan los estudiantes sus errores conceptuales (los llamados misconception) en función de su estilo de aprendizaje, al implementar una estrategia basada en este sistema. No todos los estudiantes se sienten cómodos en todos los cuadrantes y esperábamos que su estilo de aprendizaje se reflejara en su participación dentro de la discusión, de manera que al paso de sus intervenciones fuera notoria la forma en la cual se manifiestan los errores conceptuales de acuerdo con el propio estilo de los estudiantes.

En el caso de los estudiantes de Estilo 1, estos no necesariamente son los más participativos en la discusión, esto a pesar de que se podría suponer que la discusión es una estrategia diseñada específicamente a atender este estilo. Sin embargo, no se debe de perder de vista que las estrategias dentro del sistema 4MAT están dirigidas para que los estudiantes de todos los estilos desarrollen el máximo potencial en todos los estilos. En el curso de la investigación se pudo constatar que los estudiantes del Estilo 1 manifiestan sus errores conceptuales tratando de “mediar” con las respuestas dadas por los demás estudiantes en la discusión. Sin embargo, se encontró que esta mediación se llevó a cabo sin importar si las respuestas son correctas o erróneas. Estos estudiantes participaron cuando sintieron que su argumento no provocaba conflictos.

Para los estudiantes de Estilo 2, participar en la discusión es incomodo, dado que para este estilo prefieren la opinión de los expertos y no consideran así a sus compañeros en la discusión. Sin embargo, al desarrollarse la charla los estudiantes Estilo 2 buscan participar introduciendo conceptos teóricos al sentir la falta de formalidad en los términos vertidos por el resto de los compañeros. En este esfuerzo por introducir conceptos formales y abstractos en la discusión (con los que se sienten cómodos los estudiantes Estilo 2) suelen incurrir en imprecisiones las cuales son detectadas como errores conceptuales por parte del profesor, pero para el resto del grupo es más difícil discutir dado el nivel abstracto del concepto y el lenguaje formal utilizado, provocando con ello que algunos estudiantes (en particular los Estilo 1 con tal de no entrar en conflicto) procuren seguirlos otorgándoles el nivel de experto y conductor de la charla, situación en la que los estudiantes Estilo 2 se desenvuelven mejor.

Para los estudiantes de Estilo 3, resulta más incómodo participar en una discusión que para los Estilo 2, dado que ésta no presenta ejemplos concretos del concepto en discusión. Los estudiantes Estilo 3 manifiestan su opinión o duda relacionando el concepto con ejemplos prácticos. Como se mencionó en la introducción, los estudiantes de Estilo 3 aprenden de mejor manera cuando se procede, en primer lugar, a enseñar el concepto de manera abstracta y, en segundo lugar lo prueban experimentalmente por sí mismos. En este trabajo encontramos que al no seguir el proceso mencionado, los estudiantes de Estilo 3 manifiestan errores conceptuales, al no establecer una relación correcta entre el ejemplo práctico y el concepto teórico.

Para los estudiantes de Estilo 4, la discusión, a pesar de no ser su forma favorita de aprender, les resulta cómoda, dado que una de sus características es pretender influir en las opiniones de sus compañeros. En ese afán de influir suelen introducir términos no relacionados directamente con el concepto en discusión. Lo anterior puede tener dos efectos, en primer lugar desarrollan conceptos errados para sí mismos y en segundo lugar crean confusión en el grupo.

A partir de nuestra investigación, se pudo observar que la discusión grupal permite la detección de errores conceptuales en los estudiantes. Por otro lado, al implementar la metodología sugerida por el sistema 4MAT, los errores conceptuales expresados se pueden analizar en función del estilo de aprendizaje de cada estudiante.

Finalmente, se puede concluir que el sistema 4MAT permite la detección de errores conceptuales por medio de las estrategias diseñadas dentro de un ciclo de aprendizaje [10] que involucre a los 4 estilos de aprendizaje. En particular, en la enseñanza de la física a nivel universitario, este sistema permite analizar los errores conceptuales de los estudiantes en función del estilo de aprendizaje que manifiestan y por otro lado, abordarlos en las etapas posteriores del ciclo del sistema 4MAT de una manera eficiente.

REFERENCIAS

- [1] Piaget, J., *Introducción a la epistemología genética: el pensamiento físico* (Paidós, 2da. Edición, Argentina, 1979).
- [2] Champagne, A., Klopfer, L y Anderson, J. Factors influencing the learning of classical mechanics, *American Journal of Physics* **48**, 1074-1078 (1980).
- [3] Clement, J., *Students' preconceptions in introductory mechanics*, *American Journal of Physics* **50**, 66-71 (1982).
- [4] McCloskey, M. Intuitive physics, *Scientific American* **248**, 122-130 (1983).
- [5] Galili, I. y Kaplan, A., Student's operations with the weight concept, *Science Education* **80**, 457-487 (1996).
- [6] Reiner, M., Slotta, J., Chi, M., y Resnick, L. *Naive physics reasoning: A commitment to substance based conceptions*, *Cognition and Instruction* **18**, 1-34.

- [7] R. Dunn, K. Dunn y G. Price., *Learning Style Inventory (LSI) for Students in Grades 3-12*. (Price Systems, EE.UU., 1979).
- [8] Kolb, D., *Experiential Learning: Experience as the source of Learning and Development* (Prentice Hall, New Jersey, 1983)
- [9] McCarthy, B. y McCarthy, D., *Teaching around the 4MAT Cycle: Designing instruction for diverse learners with diverse learning styles*, (Corwin Press, EE.UU., 2006).
- [10] Samples, B., McCarthy, B. y Hammond, B. "4MAT and Science toward wholeness in science education" (EXCEL, EE.UU., 1985).
- [11] Ramírez, M. "Estilos de Aprendizaje y Desempeño Académico" *Innovación Educativa* **4**, 31-39 (2004).

ANEXO

Cuestionario de Estilos de Aprendizaje

Instrucciones: Las siguientes preguntas están diseñadas para detectar preferencias referentes a su estilo de aprendizaje. Al aprender ¿cual opción lo describiría mejor?. Usando 4, 3, 2 y 1. Coloque 4 en la opción que mejor lo describa y 1 en la que menos lo describa. Entonces coloque las opciones 2 y 3 en los espacios restantes. Debe colocar los cuatro números. No repita ó iguale opciones.

1.- Soy excelente cuando...

Tomo decisiones realistas ___ Llego a conclusiones precisas ___

Descubro relaciones ocultas ___ Entiendo los sentimientos de las personas ___

2.- Es más importante que un ambiente de aprendizaje...

Sea dinámico ___ Te haga pensar ___

Sea colaborativo ___ Este orientado hacia la tarea ___

3.- Aprendo mejor al...

Experimentar y manipular ___ Escuchar y compartir ___

Intuir y explorar ___ Reflexionar y pensar ___

4.- La gente me identifica como una persona...

Productiva ___ Creativa ___

Sensible ___ Lógica ___

5.- Una de mis fortalezas es...

Mi experiencia al planear ___ Mi entusiasmo ___

Mi practicidad ___ Mi capacidad de escuchar ___

6.- Al aprender disfruto...

Explorar posibilidades ocultas___Organizar ideas ___

Crear relaciones propias___ Producir resultados ___

7.- Me esfuerzo al lograr...

Consenso ___ Precisión ___
Eficiencia___ Aventura ___

8.- Generalmente soy...

Creativo ___ Preciso___
Decisivo___ Intuitivo ___

9.- Tiendo a ser...

Impulsivo___Muy sensible ___

Muy ansioso por concluir___Muy critico ___

10.- Generalmente soy...
Cooperativo___ Ordenado___

Directo___ Libre ___

11.- Los ambientes de aprendizaje deben enfatizar...

El sentido común___La claridad del razonamiento___

El compromiso con los valores personales___La adaptación al cambio___

12.- Estoy más cómodo con gente que es...

Solidaria___ Innovadora___
Productiva___ Racional___

13.- Particularmente tengo fricciones con personas que son...

Rígidas___ Desorganizadas___
Indecisas___ Agresivas___

14.- Generalmente...

Soy estudioso___ Estoy orientado hacia la gente___
Tengo los pies en la tierra___ Innovador ___

15.- Preferiría...

Hacer del mundo un lugar más feliz___Adquirir conocimientos___

Resolver problemas prácticos___Crear nuevas maneras de hacer las cosas___