

Aplicación del sistema 4MAT en la enseñanza de la física a nivel universitario

M.H. Ramírez Díaz

*Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada,
Unidad Legaria del Instituto Politécnico Nacional,
Av. Legaria # 694, Col. Irrigación Del. Miguel Hidalgo, 11500 México D.F.*

Recibido el 13 de mayo de 2009; aceptado el 4 de mayo de 2010

En este trabajo se muestran los resultados de la aplicación del sistema 4MAT de estilos de aprendizaje en la enseñanza de la física a nivel universitario. Se construyeron estrategias de aprendizaje orientadas a atender los cuatro estilos de aprendizaje que propone el Sistema 4MAT. El resultado del análisis hecho muestra que el Sistema 4MAT es adaptable para la enseñanza de la física a nivel universitario, ya que incluye a estudiantes de todos los estilos por medio de actividades dirigidas a los cuatro estilos, dentro de un ciclo de aprendizaje. Los estudiantes muestran un avance en la comprensión de los conceptos, y presentan a su vez un grado alto de comodidad en al menos una de las estrategias del ciclo.

Descriptor: Estilos de aprendizaje; experiencia didáctica; sistema 4MAT; fuerza.

This thesis shows the results of implementing the 4MAT System of learning styles in teaching physics at college level. Learning strategies were designed in accordance with the four learning styles proposed by the 4MAT System. The analysis shows that the 4MAT System is adaptable to teaching physics; it includes students of all styles through activities aimed at the four styles in a cycle of learning. The students show progress in the understanding of the concepts; they were comfortable with at least one of the strategies of the cycle.

Keywords: Learning styles; didactic experience; 4MAT system; force.

PACS: 01.40.Di, 01.40.jh, 01.85+f

1. Introducción

La física es una de las ciencias que presenta mayor dificultad en su comprensión por parte de los estudiantes. Esta dificultad es evidente en el bajo índice de aprobación de la disciplina en las escuelas en los diferentes niveles educativos. Por otro lado, los profesionales encargados de enseñar física en las escuelas difícilmente introducen metodologías novedosas en su práctica, ya que generalmente poseen la tendencia de repetir la forma en la que fueron “instruidos” en la física, es decir, lo que se ha dado en llamar “forma tradicional”, donde un experto da una clase magistral sin tener prácticamente interacción con los estudiantes. Estos dos aspectos —bajo índice de aprobación e instrucción tradicional— dan pie a indagar sobre la necesidad de incorporar elementos nuevos en la enseñanza de la física. Esta incorporación es de mayor trascendencia en la enseñanza de la física a nivel universitario, pues por lo general, los cursos de física están asociados a los programas de ingeniería como “*materia de ciencia básica*”, las cuales a su vez son base de una serie de materias posteriores en dichos programas. Por otro lado, los investigadores educativos han demostrado que introducir teorías de estilos de aprendizaje en la enseñanza de diversas disciplinas ha mejorado el desempeño de los estudiantes, aumentando su comprensión y el espíritu crítico de sus cuestionamientos. Tal es el caso del Sistema 4MAT [1], del cual se han reportado estudios de su efectividad al aplicarse directamente a estudiantes de nivel medio y bachillerato de diversas disciplinas [2-4]. Sin embargo, son escasos los reportes de aplicar las teorías de estilos de aprendizaje en la enseñanza de ciencias a nivel universitario [4], mientras que no existen reportes de

la aplicación del Sistema 4MAT en la enseñanza de ciencias en nivel universitario. En este trabajo se muestran resultados obtenidos al aplicar el Sistema 4MAT en la enseñanza de la física a nivel universitario, tomando como estudio de caso el curso de física de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional de México (ESCOM-IPN).

2. Sistema 4MAT

El Sistema 4MAT es el resultado de la superposición de las descripciones de estilos de aprendizaje del modelo de Kolb [5]. Este modelo está basado en la suposición de la existencia de factores responsables de la generación de estilos de aprendizaje. De acuerdo con Kolb [5], 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; y el de la observación reflexiva es opuesto a la experimentación activa (véase Fig. 1).

McCarthy [1], retoma el esquema de Kolb (Fig. 1), agregando la información de las investigaciones sobre el cerebro dando como resultado el sistema 4MAT. El sistema 4MAT combina las características mostradas en la Fig. 1, de forma que representa una combinación de preferencias. Esta combinación de preferencias resulta en un par de tendencias que describen cuatro cuadrantes. En el sistema 4MAT, cada uno de estos cuadrantes se convierte en un estilo de aprendizaje

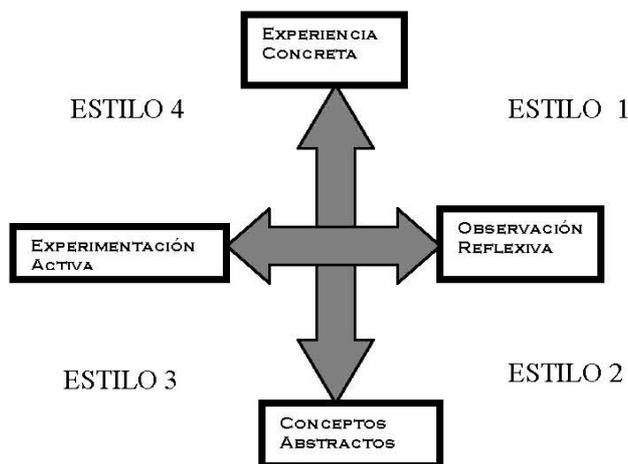


FIGURA 1. Arreglo de dos Ejes o dimensiones de Kolb para los factores de los estilos de aprendizaje.

diferente. Cada cuadrante y su par de descriptores describen un conjunto de tendencias y preferencias que diferentes individuos pueden exhibir en sus intentos por aprender y enseñar.

Cada estilo de aprendizaje o cuadrante está definido por la forma en que los estudiantes aprenden. Para McCarthy el proceso continuo del sistema 4MAT se mueve desde la reflexión a la acción, la combinación de estas dos posibles elecciones en el individuo forma las diferencias individuales, a las cuales llama, Estilo 1, Estilo 2, Estilo 3 y Estilo 4.

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 los estudiantes aprenden un concepto determinado depende del estilo de su preferencia.

Por otro lado, para respetar la diversidad en la educación universitaria, los instructores requieren considerar los estilos

de aprendizaje de las personas que se sientan en sus aulas [2]. Sin embargo, existe quien argumenta que en el nivel universitario es tarea imposible personalizar la educación y enseñar a una variedad de estilos de aprendizaje. Esto no es cierto si se utiliza un modelo de estilo de aprendizaje que tenga en cuenta las principales diferencias de aprendizaje, y guíe el desarrollo de estrategias de enseñanza que tome en cuenta esas diferencias. El Sistema 4MAT de McCarthy es un modelo que toma en cuenta los estilos de aprendizaje, y que ha sido utilizado en la enseñanza en el nivel superior [2,4,6], sin embargo, no existe reporte de su uso en el área de ciencias, restringiéndose por lo general a la enseñanza particularmente de humanidades y lenguaje. En este trabajo se reportan los resultados de introducir el Sistema 4MAT en la enseñanza de física a nivel universitario, hecho que como se comentó, no se encuentra reportado en la literatura.

No obstante, el Sistema 4MAT no está exento de críticas. Para Scott [4] existe un problema en la validez del sistema, al ser defectuosas las investigaciones que se han hecho sobre el 4MAT, o más precisamente sobre su aplicación, pone en duda al sistema en sí mismo. Sin embargo, señala también que esto no significa que el Sistema 4MAT por sí mismo falle. Señala que a pesar de que validez y legitimidad no son sinónimos, esta última se ha ido ganando para el Sistema 4MAT a través de un gran número de eventos, donde una cantidad cada vez mayor de investigadores utilizan al 4MAT como marco teórico para sus investigaciones.

Por otro lado, las ciencias, en particular la física, no ha estado exenta de la introducción de teorías de estilos de aprendizaje. En particular para la enseñanza de la física a nivel universitario, Larkin [3,7,8] utiliza el método de Dunn y Dunn de estilos de aprendizaje (basado también en Kolb). En su experiencia al aplicar la teoría de estilos de aprendizaje ha tenido éxito en el cambio de actitud de los estudiantes. Una muestra de lo anterior son los comentarios hechos por estudiantes que Larkin reporta [4]:

- “Me hizo pensar más en el sentido común detrás de la física”.
- “Con la cantidad de escritura en el papel, y el hecho de que yo sabía que se tomaron el tiempo para mirar en mi trabajo, yo sabía que necesitaba pasar más tiempo en mi física, pero no necesariamente sobre un concepto específico”
- “La información me hizo pensar más profundamente acerca de lo que yo había escrito. La información sobre el estilo de aprendizaje me hizo pensar más de un segundo”

Un resultado importante reportado por Larkin, es que cada vez más estudiantes prefieren matricularse en los cursos de física introductoria, en los cuales se utiliza la teoría de estilos de aprendizaje. Estos resultados suponen que las teorías de estilos de aprendizaje son una buena alternativa para la enseñanza de la física a nivel universitario, por lo que el estudio

de la aplicación del Sistema 4MAT resulta interesante en este nivel dado que a diferencia del método de Dunn y Dunn utilizado por Larkin, no ha sido reportada su implementación.

Por otro lado, la investigación educativa orientada hacia la enseñanza de la física en México es escasa. De la investigación hecha, ésta se inclina fundamentalmente a la forma de percibir la información por parte de los estudiantes, sin introducir o sugerir métodos alternativos de transmitir la información [9]. Se sigue considerando que los estudiantes de nivel universitario necesitan “Familiarizarse con la metodología científica y aprendizaje significativo de los contenidos de física” [9]. No obstante, se tiene conciencia de que los programas en física están más orientados a la transmisión de conocimientos, donde se favorece el que el alumno aplique nociones teóricas en la resolución de problemas. Este tipo de enseñanza no considera necesaria la introducción de metodologías alternativas que sirvan para incluir al mayor número de estudiantes.

Existen estudios donde no sólo se introduce el Sistema 4MAT a la enseñanza en general, sino que lo introducen a la enseñanza de la física, al menos a nivel bachillerato. Bowers [6] introduce el Sistema 4MAT en la enseñanza de la física a nivel bachillerato, en particular lo utiliza para impartir el tema de Leyes de Movimiento de Newton. En su estudio, Bowers reporta que en los grupos donde aplicó el Sistema 4MAT, se mantiene un mayor grado de espíritu crítico en comparación con los grupos de control que llevaron instrucción tradicional, sobre todo en las preguntas sobre pensamiento crítico. Sin embargo, también reporta una desventaja del Sistema 4MAT cuando se trata de analizar a profundidad temas específicos de ciencia en general y de física en particular. Un aporte importante que hace finalmente Bowers, es el de incluir los planes y diseño de estrategias utilizados tanto con los grupos de 4MAT como los de instrucción tradicional.

El uso del Sistema 4MAT en la enseñanza de la física, a pesar de no ser muy documentado, está planteado desde el origen mismo del sistema. McCarthy [10], de hecho construye un ejemplo de ciclo de aprendizaje basado en el 4MAT, utilizando el tema de inercia, como se muestra en la Fig. 2.

3. Desarrollo

3.1. Construcción de un ciclo de aprendizaje

A partir del trabajo de Bowers [6] se mostró que el Sistema 4MAT se puede aplicar a la enseñanza de la física a nivel bachillerato. Por otro lado, Larkin [7] utilizó las teorías de estilos de aprendizaje para la enseñanza de la física a nivel universitario, en este caso aplicando el sistema de Dunn y Dunn de estilos de aprendizaje. Con estos dos antecedentes, es posible plantear la posibilidad de introducir el Sistema 4MAT en la enseñanza de la física a nivel universitario. Sin embargo, la introducción por sí misma del Sistema 4MAT, no es lo más importante para la enseñanza de la física, ya que no ofrece una guía para los instructores. La guía se logra al construir un ciclo de aprendizaje [1].

Para este trabajo, se eligió construir como muestra un ciclo de aprendizaje para la enseñanza del tema de Fuerza a nivel universitario, esto al ser un tema básico en todos los programas de física. 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 Fig. 3:

El ciclo que se propone está diseñado de manera general (tal como lo plantea McCarthy), sin embargo, es susceptible de adaptarse al programa en el cuál se pretenda implementar. Cada una de las actividades señaladas en los ocho pasos puede variar en tiempo y profundidad dependiendo del programa.

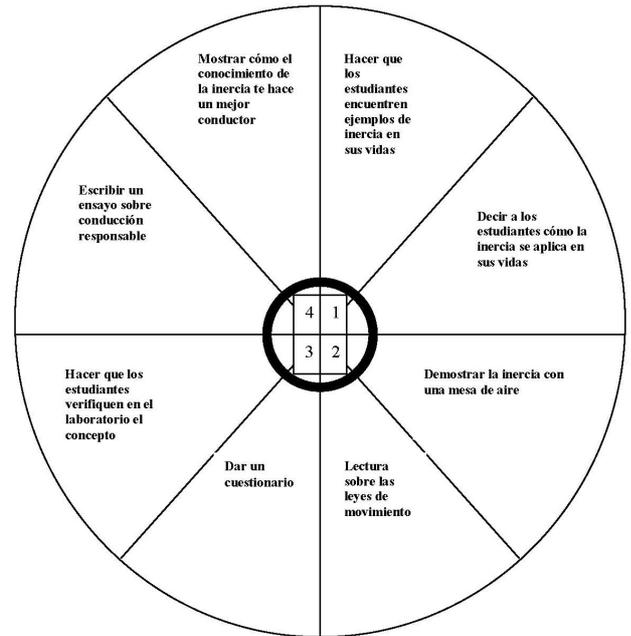


FIGURA 2. Propuesta de McCarthy para enseñar el tema de inercia utilizando el Sistema 4MAT.

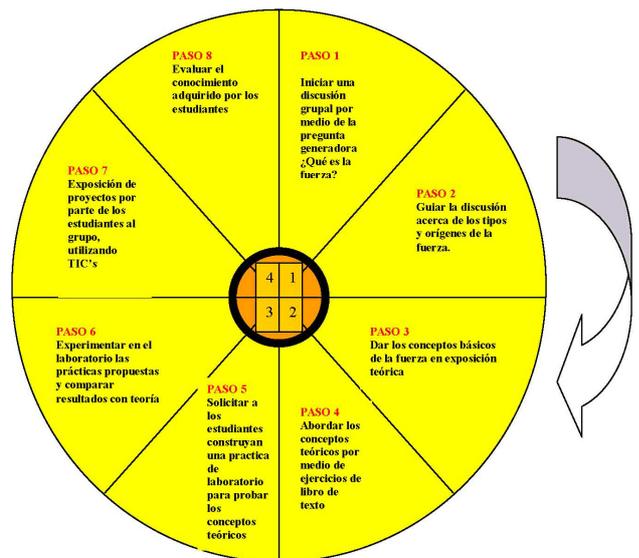


FIGURA 3. Ciclo de aprendizaje para la enseñanza del tema fuerza.

Dentro del área de ciencias físico-matemáticas, en la gran diversidad de planes y programas de ingeniería en el Instituto Politécnico Nacional de México (IPN) no existe uniformidad en los programas de física. No obstante, existen similitudes en los temas generales a impartir. Un caso particular, que es representativo de los programas de física en las ingenierías del IPN, es el programa de física de la Ingeniería en Sistemas Computacionales que se imparte en la Escuela Superior de Cómputo (ESCOM). Además, presenta las características “clásicas” de los programas de física de las ingenierías del IPN, esto se puede ver del objetivo de la materia:

“El alumno aplicará los conceptos básicos de la cinemática y la dinámica, de las magnitudes de las interacciones electromagnéticas entre sistemas de partículas cargadas y las leyes del electromagnetismo, a la solución de problemas relacionados con partículas y movimientos oscilatorios. Vinculará los conocimientos adquiridos en el aula con los fenómenos físicos reales presentes tanto en la naturaleza como en los desarrollos tecnológicos”

Así como de la metodología presentada:

“Se utilizará la metodología del aprendizaje grupal, la cual requiere la participación activa y constante de los asistentes, análisis de la información que posibilite la integración de los aspectos teóricos, análisis y solución de problemas”

Por otro lado, presenta en las estrategias didácticas y procesos de evaluación, características asociadas al estilo 2 de aprendizaje dentro del Sistema 4MAT:

Estrategia didáctica

Exposición del profesor mediante el uso del pizarrón, retroproyector de acetato, proyector digital (cañón).

Solución de problemas del material bibliográfico por parte del alumno.

Uso de Laboratorio de Física General para la realización de trabajos y prácticas.

Para probar el ciclo de aprendizaje propuesto en la Fig. 3, éste se aplicó en un grupo de 24 estudiantes de séptimo semestre, en un rango de edades entre 20 a 27 años. El grupo se dividió en dos secciones, una matutina y otra vespertina, con el objetivo de comparar los resultados de la aplicación del ciclo entre ambas secciones de estudiantes. El hecho de que los estudiantes fuesen de séptimo semestre se debió a que, al ser física una materia del primer semestre, todos ellos ya la habían cursado y aprobado, por lo que podían hacerse un primer comparativo entre la instrucción tradicional y la propuesta por el Sistema 4MAT. Por otro lado, los cuatro semestres pasados entre el curso de física y la prueba del ciclo de aprendizaje permitieron analizar el desempeño y participación de los estudiantes partiendo de una base relativamente común de conocimientos. En los cuatro semestres transcurridos los estudiantes cursaron materias donde se vieron obligados a aplicar sus conocimientos adquiridos de física, con lo que crearon conceptos errados y desviados o, por el contrario, reforzaron los que tenían de sus cursos de física de

primer semestre. El que los estudiantes partieran de un mismo curso de física común (no con el mismo profesor pero si con el mismo programa y temario) permitió también un mayor control de la experiencia didáctica desarrollada con el 4MAT. Otro punto importante a considerar es la edad de los estudiantes, la cual como se menciono tuvo un rango de 20-27 años, lo cual implica que la madurez de los estudiantes juega un papel importante en la investigación. Es importante señalar que para McCarthy [1] el estilo de aprendizaje no es una “constante”, sino que se ve afectado por factores sociales, económicos, etc. Por lo tanto, el estilo de aprendizaje puede variar con el tiempo por lo que la madurez del estudiante puede ser un factor que afecte al estilo de aprendizaje del estudiante, sin embargo, queda fuera del alcance de esta investigación estudiar el grado de impacto de la madurez del estudiante en su estilo de aprendizaje y su repercusión en el aprendizaje de física.

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://hunnaescom.homelinux.net/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 3¹. Estos cuestionarios ya han sido utilizados en otros estudios similares dentro del mismo IPN [11].

En la Tabla I se muestra la forma de presentar la información por parte del cuestionario de estilos de aprendizaje. Al contestar las preguntas del cuestionario, el estudiante debe de asignar puntuación a cada una de las respuestas, dando 4 puntos a la respuesta que mejor los describa, y de manera descendente 3, 2 y 1 punto a las opciones con las que menos se identifican. De esta manera que la sumatoria total de puntos es de 150 repartidos entre los cuatro estilos. En la Tabla I se muestra un ejemplo en el cual se tiene la puntuación por estilo de aprendizaje, de manera que en este caso la puntuación mayor es para el estilo 2 con 47 puntos siendo por lo tanto el estilo predominante del estudiante, señalado en el último cuadro de la tabla. Es importante recordar que, a pesar de que cada estudiante tiene un estilo de aprendizaje predominante, en realidad se tiene una combinación de estilos particular en cada estudiante, de manera que en el Sistema 4MAT se suele trabajar con la combinación de estilos de aprendizaje. En el caso de la Tabla I la combinación de estilos sería por lo tanto 2-1-4-3, la cual indicaría que el estilo preponderante del estudiante es el 2, seguido por 1, el 4 y finalmente el estilo con el que menos se identifica es el 3.

Después de aplicar el cuestionario se obtuvo que el grupo se conformó por tres estudiantes Estilo 1, doce Estilo 2, cinco Estilo 3 y cuatro Estilo 4.

TABLA I. Forma de presentar los resultados del cuestionario de Estilos de Aprendizaje.

Estilo de Aprendizaje					
Estilo 1	Estilo 2	Estilo 3	Estilo 4	Fecha	Estilo Predominante
36	47	33	34	20/08/2007	2

TABLA II. Número de participaciones y combinación de estilos de aprendizaje de una muestra del grupo.

Estudiante	Intervenciones	Combinación de Estilos de aprendizaje
Estudiante 1	5	1-4-2-3
Estudiante 2	21	2-3-1-4
Estudiante 3	11	2-1-4-3
Estudiante 4	23	4-3-1-2
Estudiante 5	7	3-1-4-2
Estudiante 6	10	1-2-4-3
Estudiante 7	4	2-1-3-4



FIGURA 4. Características generales de los estilos de aprendizaje en el Sistema 4MAT.

El diseño de las estrategias de enseñanza se basó en las características de los estilos de aprendizaje presentadas anteriormente. Estas características sugieren actividades dirigidas específicamente a estimular a un estilo de aprendizaje particular. En la Fig. 4 se muestran las sugerencias generales para el diseño de actividades para cada estilo de aprendizaje.

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

- Discusión Grupal (Estilo 1)
- Clase Teórica Tradicional (Estilo 2)
- Práctica de Laboratorio (Estilo 3)

- Exposición Libre por los Estudiantes (Estilo 4)

Las actividades sugeridas en el ciclo de aprendizaje fueron video grabadas para un mejor análisis. Las estrategias se dirigieron a enseñar el concepto de fuerza, y se agruparon en sesiones de una hora y media, en las cuales se trabajó un estilo de aprendizaje por sesión (dos pasos del ciclo de aprendizaje por sesión), por lo tanto el ciclo de aprendizaje se completó en cuatro sesiones. Cada estrategia se diseñó por separado, sin embargo, se diseñaron de manera que se “eslabonara” el final de una con el principio de la siguiente, tal como lo pide el ciclo de aprendizaje. En cada actividad se siguieron diferentes estrategias para dar seguimiento a las respuestas de cada estudiante.

A continuación se describen las características generales de cada actividad.

3.2. Discusión grupal (Estilo 1)

La primera estrategia fue una discusión, en la cual se abarcan los pasos uno y dos del ciclo.

El esquema general de la discusión se hizo de manera similar el estudio de Hammer [12], el cual ha estudiado los errores conceptuales y desviados de los estudiantes de física. Hammer estudia también las diferentes perspectivas que tienen los instructores al organizar su pensamiento, y cómo auxilian a los estudiantes en este proceso. Él implementó la discusión grupal en estudiantes de bachillerato, la cual fue acerca del tema de si la fricción o la gravedad afectan el movimiento de una pelota al deslizarse. Hammer video grabó las sesiones y actuó únicamente como moderador, es decir, no emitió juicios acerca de los conceptos que vertían los estudiantes. Posteriormente a la discusión, Hammer realizó el análisis de la misma y estudió las ideas previas, preconceptos, conceptos errados y desviados (los llamados *misconceptions*) encontrados, lo cual fue el foco de su investigación.

La ventaja que se obtuvo de seguir este esquema fue tener en principio un punto de comparación con un estudio similar, además permitió encontrar conceptos errados y desviados en los estudiantes, que pudieron ser abordados y eventualmente eliminados en los siguientes pasos del ciclo de aprendizaje [13]. El conocer estos conceptos errados y desviados permitió que los pasos 3 y 4 del ciclo de aprendizaje (la clase teórica tradicional) fuesen más eficaces y eficientes. El profesor pudo organizar el material de sus notas, de manera que reforzó los términos que resultaron evidentemente difíciles de precisar para los estudiantes, el caso particular fue hacer una clara diferencia entre los términos (aún no los conceptos) de fuerza y energía. También se encontró que el comenzar por medio de una discusión se podía hacer una primera “evaluación” de los conocimientos previos que tienen los estudiantes sobre el concepto de fuerza.

Para dar seguimiento a las respuestas de los estudiantes en esta actividad se analizó el video realizado de la misma. Uno de los elementos que se tomaron en cuenta fue el número de intervenciones que tuvieron los estudiantes. No se debe

perder de vista que el número de participaciones no es equivalente a que se tenga un grado de comodidadⁱⁱ alto en la actividad. En la Tabla II se tomo una muestra representativa del grupo conformada por siete estudiantes, lo anterior debido a que el grupo se dividió en dos secciones (matutino y vespertino), y se procuro incluir los casos mas representativos del grupo. En la tabla se muestra el número de participaciones que tuvo cada estudiante, seguido de la combinación de estilos de aprendizaje particular de cada uno como se explico en la sección anterior. Esta forma de presentar la información permite analizar el estilo de aprendizaje preponderante del estudiante y relacionarlo con el número de intervenciones que tuvo en la discusión. Se esperaría que los estudiantes con estilo preponderante 1 fueran los más participativos, sin embargo, son los estudiantes estilo 2 y estilo 4 los que tienen una mayor participación, lo anterior se debe a que este tipo de estudiantes gustan de ser reconocidos como “expertos” por el resto del grupo. Un aspecto a considerar es que el número de participaciones no necesariamente presenta un nivel de argumentación alto.

Algunas de las situaciones observadas al llevar a cabo la discusión son las siguientes:

- En el caso de los estudiantes de Estilo 1, éstos no necesariamente son los más participativos, 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 cada estilo 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. 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 incómodo, 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, 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 Estilo 3, resulta más incómodo participar en una discusión que para los de 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 prefieren que se les enseñe el concepto en primer lugar de manera abstracta, y en segundo lugar probarlo experimentalmente por sí mismos. En este trabajo encontramos que al no seguir el proceso mencionado, los estudiantes Estilo 3 manifiestan errores conceptuales, al no establecer una relación correcta entre el ejemplo práctico y el concepto teórico, lo que repercute en su argumento.
- Para los estudiantes 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.

3.3. Clase Teórica Tradicional (Estilo 2)

La clase teórica tradicional se basó en lo estipulado en el programa propuesto para la materia de Física en la ESCOM-IPN. En esta sesión el profesor tendría el tiempo asignado normalmente para la clase tradicional de física, es decir, una hora con treinta minutos. El material didáctico que utilizó el profesor fue únicamente pizarrón blanco y marcadores, utilizando sus notas como apoyo. Dichas notas están basadas en una bibliografía diversa, de las cuales destacan los textos de Resnick [14], Sears-Zemansky [15] y Tarasov-Tarasova [16].

La clase se desarrolló como una exposición “magistral” por parte del profesor, planteando los antecedentes del tema, exponiendo los principios teóricos y desarrollando las ecuaciones correspondientes, hecho esto se resuelven problemas, para posteriormente pedir a los estudiantes que resuelvan problemas tipo y se pueda finalmente resolver dudas. Al terminar la clase, el profesor propuso una lista de problemas a resolver. La lista de problemas está incluida también en las notas del profesor, y es tomada de los textos antes mencionados. Con las acciones mencionadas en esta sección se cubren los pasos 3 y 4 del ciclo de aprendizaje propuesto.

Las principales observaciones obtenidas al término de esta clase son las siguientes:

- Los estudiantes Estilo 1, al no sentir el contacto visual se sienten incómodos, solo escuchan la clase y son disciplinados, pero al no existir intercambio con el profesor y sus compañeros terminan por no aprovechar al máximo el material.
- Los Estudiantes Estilo 2 se sienten cómodos, son disciplinados, su atención se centra en el material, no en

el profesor, cuando se presentan los ejemplos son los primeros en presentar dudas, no se intimidan en este tipo de estrategia.

- Los Estudiantes Estilo 3, a pesar de sentirse cómodos en clase, suelen presentar periodos de “aburrimiento” el cuál se manifiesta en bostezos, actitudes corporales de rechazo, tales como brazos cruzados, movimientos continuos en su asiento, entre otros. Esta actitud sin embargo se revierte al presentarse los ejercicios de ejemplo, en los cuales son muy participativos.
- Los Estudiantes Estilo 4 se sienten incómodos en este tipo de estrategia, fue notoria su ausencia en la clase, prefirieron no asistir a este tipo de clase y contactar al profesor después de la clase para “pedir apuntes y tareas”, al entrevistarlos posteriormente manifestaron que este tipo de clase “les aburre”.

3.4. Clase práctica de laboratorio (Estilo 3)

La clase de laboratorio se llevó a cabo en el laboratorio de física de la ESCOM-IPN. Para el desarrollo de la práctica se tomó como base la práctica número tres del plan de estudios de la materia de física. En esta práctica se utilizó un riel de aire, masas de diferentes valores (entre 5 y 100 gramos), un cronómetro electrónico, una polea y un tren deslizante.

A los estudiantes se les proporcionó la práctica junto con los problemas de la clase tradicional, pero se les indicó que no era obligatorio seguirla, sino que se podía utilizar como consulta o guía, solicitando que ellos dieran una propuesta de práctica.

En el laboratorio, el profesor únicamente mostró la forma en la cual trabajan los equipos, dejando en total libertad a los estudiantes el manejo del equipo, para probar sus propuestas que demostraban el concepto de fuerza impartido en la clase teórica, y que se introdujo en la discusión. El objetivo fue observar y analizar cómo los estudiantes de cada estilo reaccionaban en esta estrategia diseñada con el Estilo 3.

La práctica consistió en utilizar el material detallado anteriormente, con el fin de observar el efecto de la fuerza en el movimiento, utilizando para este objetivo el riel de aire, la polea, y las masas de diferentes pesos. Los estudiantes incorporaban masas al “carrito”, accionando el disparador, que a su vez arrancaba el cronómetro, y observaban el tiempo que tardaba en recorrer cierta distancia con cierta masa. Posteriormente incorporaban masas diferentes y observaban la variación de tiempo en el recorrido de la misma distancia. Los estudiantes incorporaban variaciones de este esquema inicial, al utilizar la gravedad, amarrando masas al otro lado de la polea y notando la variación de tiempo al aumentar la masa, al recorrer el carro la distancia total del riel. En otros momentos, los estudiantes no utilizaron el disparador, sino que con su propio empuje vieron la variación en la distancia recorrida por el carro.

En general el comportamiento observado por parte de los estudiantes al realizar la práctica fue el siguiente:

- Los estudiantes Estilo 1 fueron quienes tomaron la iniciativa en el trabajo de laboratorio, esto se debe a dos razones, la primera, que al ser solicitado en la sesión previa que se realizara un propuesta de práctica, ésta se realizó en equipo, que como se mencionó anteriormente, es la forma favorita de trabajar de los estudiantes Estilo 1, esta situación provoca “confianza” en los estudiantes para iniciar el trabajo de laboratorio. En segundo lugar, la dinámica propia del trabajo de laboratorio exige trabajo en equipo, por lo que los estudiantes Estilo 1 se sienten cómodos con ellos. Por otro lado, a pesar de que el trabajo se lleva en equipo, los estudiantes Estilo 1 terminan por “perderse” en el trabajo técnico que implica la realización de la práctica. Apoyan al equipo en actividades como tomar datos o reacomodar pesas, pero procuran no manejar el equipo.
- Los estudiantes Estilo 2 no mostraron mucho interés en la manipulación del equipo, preferían fungir como “expertos” en las indicaciones de qué hacer para comprobar los conceptos vistos en clase. Ellos eran quienes presentaron una “práctica” escrita más ordenada y apegada a la práctica proporcionada previamente. En el desarrollo de la práctica ellos se interesaron por recabar información y realizar “cálculos” aún antes de terminarla. Se sintieron incómodos al introducir variaciones en el desarrollo de la práctica por otros estudiantes, cuando otros estudiantes se preguntaban ¿y qué pasa si...? Preferían terminar lo más pronto posible la actividad y continuar con otra cosa.
- Los estudiantes Estilo 3 fueron quienes se sintieron más cómodos al manipular el equipo. Al estar manejando el equipo son los primeros que argumentan el cómo se comprueban o desechan las hipótesis planteadas sobre los conceptos (en este caso el concepto de fuerza). Tienden a ir más allá de lo que marca la práctica, en este sentido se complementan con los estudiantes Estilo 4. Suelen “aislar” a los compañeros menos hábiles en el manejo del equipo, entran un poco en conflicto con los estudiantes Estilo 2 al no seguir al pie de la letra lo indicado en la práctica previamente propuesta.
- Los estudiantes Estilo 4 se sintieron cómodos en la realización de la práctica. Tardaron un poco en incorporarse a la dinámica del trabajo de laboratorio, esto se debe a no sentirse cómodos al seguir las indicaciones de la práctica previamente propuesta. Al darle a los estudiantes la libertad de utilizar el equipo bajo su responsabilidad, los estudiantes Estilo 4 son quienes más proponen cambios, siempre bajo la pregunta ¿Qué pasa si...? Suelen desestimar las participaciones de los estudiantes Estilo 2 acerca de realizar la toma de datos. No les es de interés los datos, sino ver en acción al equipo y obtener conclusiones de estas observaciones.

Después de terminar esta actividad, los estudiantes podían confrontar sus creencias sobre el concepto de fuerza (estrategia 1, discusión) con el concepto teórico formal (estrategia 2, clase teórica tradicional) y la observación del fenómeno físico directamente (estrategia 3, práctica de laboratorio). Esta confrontación permitió solicitar a los estudiantes que utilizaran este conocimiento para realizar una exposición dirigida al grupo que involucrara la fuerza, de manera que manifestaran cómo introducirla en su vida diaria, orientando la exposición preferentemente a la carrera que cursan (Ingeniería en Sistemas Computacionales).

3.5. Exposición individual de los estudiantes (Estilo 4)

Con esta actividad se cerró el ciclo de aprendizaje propuesto, por lo que se pudieron observar tres aspectos principales de manera prácticamente individual de los estudiantes, que en las etapas anteriores fueron un poco más difíciles de observar dado que las actividades previas (la discusión, la clase tradicional y la práctica de laboratorio) necesariamente por su diseño son actividades grupales. Al ser estudiantes de Ingeniería de Sistemas Computacionales, la sugerencia hecha por el profesor fue presentar simulaciones de problemas físicos utilizando algún lenguaje de cómputo. La exposición, a pesar de ser dirigida hacia el grupo y autorizar que se realizara en equipo, permite estudiar las reacciones de los estudiantes de manera individual. Se permitió a los estudiantes agruparse de manera libre (en caso que decidieran hacer su trabajo en equipo). Existen estudios sobre el efecto de agruparse en el estilo de aprendizaje de los estudiantes [1], sin embargo, no es objetivo de este trabajo estudiar esta dinámica.

Los tres aspectos que se pudieron observar fueron, en primer lugar, la forma en que exponen a un público, en función de su estilo de aprendizaje; en segundo término, las errores conceptuales o desviados que manifiestan los estudiantes después de las cuatro actividades, lo que permite una primera evaluación del ciclo de aprendizaje; y finalmente, estudiar el lenguaje corporal de manera más directa de cada estudiante, y poder establecer una relación con su estilo de aprendizaje particular.

En relación al primer punto, cabe mencionar que no existe un estilo absoluto en el que se puedan englobar a un número determinado de estudiantes, sino que, cada estudiante presenta una combinación de estilos personal, donde uno de los estilos puede presentar una predominancia sobre el resto. En base al estilo predominante obtenido por cada estudiante (como se reportó en las secciones anteriores) se buscó agrupar por estilo las reacciones observadas en la exposición, esta agrupación puede ser subjetiva si se toma en cuenta que algunos estudiantes presentaron una clara predominancia en un estilo con un puntaje alto en ese estilo al realizar el cuestionario, mientras que otros tenían un estilo predominante que sobresalía del resto de los estilos tan solo por uno o dos puntos. Sin embargo, se pueden englobar las características generales de las exposiciones en función del estilo de aprendizaje de la siguiente forma:

- Los estudiantes de Estilo 1 no son muy participativos en el desarrollo de su exposición, dejando a otros compañeros el rol principal en esta. Un aspecto interesante es el hecho de que todos los estudiantes Estilo 1 presentaron su trabajo en equipo. Otro hecho interesante de señalar es que se encontraron coincidencias con lo encontrado en la discusión de la primera actividad, los estudiantes Estilo 1 suelen conciliar con las ideas de sus compañeros para no entablar conflicto, en el caso de sus trabajos, éstos presentaron una colaboración sobre todo en el aspecto de organización de la exposición, más que del contenido de la misma. Fue notorio que se apegaron totalmente en el desarrollo de sus programas a lo establecido en el texto, y en los equipos que incluían estudiantes Estilo 2 ó 3, a la opinión de éstos. En la ronda de preguntas al final de la exposición, los estudiantes Estilo 1 se mostraron nerviosos al responder, prefiriendo, cuando fue posible, que otros estudiantes respondieran.
- Los estudiantes Estilo 2, a diferencia de los Estilo 1, prefieren exponer individualmente, o en su defecto, formar equipos con estudiantes de estilo similar al suyo. El tipo de trabajo que presentaron este tipo de estudiantes fue muy peculiar, expusieron trabajos donde realizaron simulaciones de cómputo, pero explicando el proceso de programación, las características del paquete que se utilizó para la realización de la simulación. En algún caso particular, el estudiante mostró una serie de ecuaciones (de un nivel claramente más elevado a lo que se pedía en la exposición), para explicar su proyecto, este tipo de exposición no permitió al resto del grupo realizar preguntas, ya que se “intimidó” ante el nivel teórico mostrado por el expositor, sin embargo, para el profesor resultó evidente que dicho desarrollo matemático estaba equivocado. El ejemplo descrito anteriormente hace claro que los estudiantes Estilo 2 prepararon su exposición dirigiéndola hacia el profesor, no al resto del grupo, ya que lo consideran el experto y sólo les es interesante su aprobación. Fue claro que en los trabajos presentados por este tipo de estudiantes les es incómodo exponerlos, situación que al igual que en el punto anterior, confirma lo encontrado en la primera actividad.
- Los estudiantes Estilo 3 presentaron su trabajo con un alto grado de desarrollo en el aspecto de cómputo. Los problemas que simulaban en realidad eran simples, directos, pero el trabajo de programación realizado superaba en mucho al hecho por los estudiantes de otros estilos. La exposición de estos estudiantes presentó un énfasis mayor en la interfaz gráfica y la simulación en sí misma, que en el concepto a estudiar (fuerza). Estos estudiantes trabajaron por lo general en equipo, pero asumieron el rol de líder del equipo. Al responder las preguntas del grupo desviaron la atención hacia su simulación en lugar de los aspectos físicos.

- Los estudiantes Estilo 4 fueron los que se sintieron más cómodos en la actividad. Pudieron desarrollar ideas propias y usar la creatividad para su exposición. Como ejemplo de lo anterior, un estudiante Estilo 4, para ejemplificar las fuerzas involucradas en el tiro parabólico, filmó un experimento, el tirar una pelota y seguir su bote, realizó un programa donde se introdujeron los datos mostrados en su filmación, y realizó la simulación del movimiento, obteniendo datos de fuerza, impulso, aceleración de la gravedad, finalizando por una serie de preguntas y respuestas en las cuales se orientó más sobre el experimento que realizó y la forma de simular. El grupo por su parte, mostró un mayor gusto por este tipo de exposición, donde, a pesar de que se mostraron algunas ecuaciones, no se profundizó más allá de lo necesitado por el tema (como sí lo hicieron los estudiantes Estilo 2), se utilizó la programación sin perder de vista el tema principal (como pasó con los estudiantes Estilo 3), y asumieron el papel principal de la exposición (como no pasó con los estudiantes Estilo 1).

Después de concluir esta actividad, se cerró el ciclo de aprendizaje propuesto para enseñar el tema de fuerza.

3.6. Análisis de resultados

Con la finalidad de estudiar los resultados de la aplicación del Sistema 4MAT, se formularon 3 preguntas al grupo, la primera fue: *De las 4 actividades programadas en ¿cuál te sentiste más identificado?* Ésta tenía 4 posibles respuestas, a) Discusión Grupal, b) Clase Teórica, c) Práctica de Laboratorio y d) Exposición. Esta pregunta tuvo la finalidad de observar si los estudiantes de cada estilo se identificaban con la actividad diseñada para ese mismo estilo. En la Tabla III se muestra para la misma muestra de estudiantes de las Tablas I y II, la actividad con la que se sienten más identificados y la combinación de estilos de aprendizaje que tiene cada estudiante. Se esperaba que los estudiantes con estilo preponderante 1 se identificaran más con la discusión, los estudiantes estilo 2 con la clase teórica, los estudiantes estilo 3 con la clase de laboratorio y los estudiantes estilo 4 con la exposición.

De la Tabla III se puede observar que alrededor del 50 % de los estudiantes se sintieron identificados con la actividad diseñada para su estilo de aprendizaje preponderante. Sin embargo, el resto de los estudiantes se identificó con la actividad que correspondía al segundo estilo de su preferencia, y solo en un par de casos se identificaron con la actividad “contraria” a su estilo de aprendizaje.

La segunda pregunta del cuestionario fue: *¿Cómo calificarías tu nivel de comodidad en la discusión grupal?* Esta tenía tres posibles respuestas, a) Alto, b) Medio, c) Bajo. Al ser la discusión la actividad más interactiva permitiendo intercambio entre alumnos y, entre profesores y alumnos, era la actividad ideal para estudiar la comodidad de los estudiantes en una actividad en función del estilo. En la Tabla IV se presenta nuevamente la muestra de estudiantes de las tablas

TABLA III. Actividad favorita de los estudiantes.

Estudiante	Actividad de aprendizaje favorita	Combinación de Estilos de aprendizaje
Estudiante 1	Práctica de Laboratorio	1-4-2-3
Estudiante 2	Clase Teórica	2-3-1-4
Estudiante 3	Clase Teórica	2-1-4-3
Estudiante 4	Práctica de Laboratorio	4-3-1-2
Estudiante 5	Clase Teórica	3-1-4-2
Estudiante 6	Discusión	1-2-4-3
Estudiante 7	Clase Teórica	2-1-3-4

TABLA IV. Comodidad de los estudiantes en la actividad 1 (discusión).

Estudiante	Comodidad en la Discusión	Combinación de Estilos de aprendizaje
Estudiante 1	Medio	1-4-2-3
Estudiante 2	Nulo	2-3-1-4
Estudiante 3	Medio	2-1-4-3
Estudiante 4	Medio	4-3-1-2
Estudiante 5	Medio	3-1-4-2
Estudiante 6	Alto	1-2-4-3
Estudiante 7	Medio	2-1-3-4

anteriores, en esta ocasión con la comodidad presentada en la discusión y la combinación de estilo de aprendizaje del estudiante. Se esperaba que los estudiantes estilo 1 manifestaran un grado alto de comodidad en la discusión debido a que esta actividad estaba diseñada y dirigida para este estilo, mientras que en el extremo contrario se esperaba que los estudiantes estilo 3 manifestaran un grado nulo de comodidad en la discusión debido a que es el estilo que se contrapone al estilo 1.

Analizando esta comodidad, el Estudiante 6 manifiesta un grado alto de satisfacción con la discusión, situación que se esperaba de su combinación de estilos de aprendizaje al ser su estilo preponderante el Estilo 1, mientras que el Estudiante 1, 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, mientras que en el caso del Estudiante 6, su segundo estilo preponderante es el estilo 2, estilo que tiene preferencias por escuchar las opiniones de expertos, situación que se esperaba de escuchar al maestro y algunos de los otros estudiantes en la charla.

En el otro extremo se encuentra el Estudiante 2, quien manifiesta que su grado de comodidad en la charla fue nulo, en

este caso su combinación de estilos de aprendizaje muestra que su estilo preponderante es el Estilo 2, es decir, prefiere actividades teóricas, situación que también manifiesta en la tabla, 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, situación que podría esperarse del hecho de 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.

La tercera pregunta formulada fue: Si pudieras hacer una comparación de tu curso en primer semestre con lo que se hizo en la experiencia: ¿Cómo crees que afectaría al curso la introducción de estas estrategias? Se tuvieron tres posibles respuestas a) Mejoraría el curso de física, b) No habría ningún cambio y c) Se aprendería menos. No se debe de olvidar que el grupo de estudio estuvo conformado por estudiantes de séptimo semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales de la ESCOM-IPN, quienes cursaron en su primer semestre la materia de Física, por lo que pueden establecer un comparativo entre su curso tradicional con el ciclo de aprendizaje del Sistema 4MAT. Estas preguntas, a pesar de su evidente subjetividad, permiten hacer un análisis del Sistema 4MAT como estrategia de aprendizaje para la enseñanza de la física a nivel universitario. El 100 % de los estudiantes manifestaron una preferencia por el ciclo de aprendizaje del Sistema 4MAT con respecto a su curso tradicional, esto se debe a que en al menos una de las partes del ciclo, el estudiante se identifica con una actividad dirigida a su estilo de aprendizaje.

4. Conclusiones

A lo largo de este trabajo se ha tratado de establecer la utilidad del Sistema 4MAT para la enseñanza de la física a nivel universitario, con este objetivo se llevaron a cabo las actividades reportadas en las secciones anteriores.

El diseño de las actividades permitió la evaluación de las mismas, tanto del proceso, como del resultado de su aplicación. La evaluación del proceso nos lleva a que el ciclo de aprendizaje propuesto para la enseñanza del tema Fuerza, es susceptible de aplicar, abarcando la profundidad y objetivos del programa sobre el que se basó el diseño. La evaluación hecha por los estudiantes arroja como resultado un grado de satisfacción alto con las estrategias implementadas. Al incluir actividades que involucran a los cuatro estilos de aprendizaje, todos los estudiantes se sienten incluidos, por otro lado, se pueden retroalimentar del estilo de aprendizaje predominante de sus compañeros. Todos los estudiantes manifestaron comodidad en alguna de las actividades, por lo que al comparar el concepto de fuerza que manifestaron en el paso uno del ciclo, con lo expresado en el cuestionario final se notó una gran mejoría.

Por otro lado, se pudo hacer un comparativo contra la instrucción tradicional que recibieron. En el caso de estudio que

presenta este trabajo, los estudiantes pudieron hacer un comparativo entre su primer curso de física del primer semestre de la carrera con el tema expuesto con el ciclo de aprendizaje basado en el Sistema 4MAT. Los estudiantes manifestaron una preferencia por el ciclo de aprendizaje del Sistema 4MAT con respecto a su curso tradicional. Además, como se mencionó anteriormente, los estudiantes manifestaron una mejora en los conceptos que expresan en relación con los conceptos adquiridos en su curso normal. Es importante mencionar que al conformar el grupo de estudio se les preguntó a los estudiantes la calificación obtenida y el profesor con quien cursaron la materia en su primer semestre. La evaluación cualitativa hecha del ciclo por medio de las exposiciones realizadas por los estudiantes, arrojó que todos los estudiantes mostraron un avance dentro del conocimiento del concepto de fuerza, avance que se expresó en los diversos estilos de los estudiantes, pero sin excepción, todos manifestaron un grado significativo de avance.

No obstante las ventajas evidentes mostradas hasta el momento en este trabajo, es importante señalar varios aspectos en los que el Sistema 4MAT presenta desventajas con respecto a la enseñanza 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). No se debe de perder de vista que al ser un grupo de estudio, los tiempos para aplicar el ciclo pueden ser más lentos, sin embargo, aún con los ajustes, el aplicar de manera correcta y completa el ciclo de aprendizaje tendería a exceder los tiempos asignados para diversos temas. Otro aspecto importante en el que presenta desventajas el Sistema 4MAT, es sobre el equipo necesario para estudiar algunos temas en el laboratorio, ya que para realizar una práctica de laboratorio se requirió utilizar un riel de aire, cronómetros digitales, detectores de movimiento, entre otros equipos, los cuales no siempre están disponibles o en la cantidad necesaria para cubrir a un grupo promedio de nivel universitario. Finalmente, otra desventaja con la que cuenta el Sistema 4MAT es sobre los instructores, en el nivel universitario los profesores generalmente son profesionales de la física, cuya formación ha sido hecha en la enseñanza tradicional, lo cual ha provocado que la gran mayoría tiendan a seguir este patrón, favoreciendo en sus clases al Estilo 2 de aprendizaje.

La movilización de los profesores a nuevas metodologías de enseñanza suele ser la parte más difícil de un cambio institucional para la mejora de la instrucción en general, y muy especialmente en la enseñanza de la física.

Este trabajo muestra que el Sistema 4MAT es una excelente herramienta para la enseñanza de la física a nivel universitario, ya que alcanza a cubrir a un mayor número de estudiantes, al diseñar estrategias para los cuatro estilos de aprendizaje. Se pueden diseñar ciclos de aprendizaje que cubran un mayor número de temas (dependiendo de la profundidad y especialización del mismo) de manera que se logre abarcar

en tiempo y forma los programas asignados a la materia de física. 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.

Por lo anterior, el Sistema 4MAT sería una gran herramienta para la enseñanza de la física, en particular para estudiantes de primer curso de física a nivel universitario. Este sistema permitiría al profesor detectar los conceptos errados y desviados de los estudiantes en la primera etapa del ciclo de aprendizaje diseñado para un tema en específico, permitiendo adaptar su curso para eliminarlos en las etapas posteriores del ciclo. Por otro lado, el incorporar dentro de un ciclo actividades para los diferentes estilos de aprendizaje permite incluir a un mayor número de estudiantes al conocimiento de

los diferentes temas de física, a diferencia de la enseñanza tradicional que por lo general se dirige a los estudiantes estilo 2 (estereotipo de los estudiantes de ciencias). Finalmente, el instrumentar ciclos de aprendizaje basados en el Sistema 4MAT permite al profesor hacer evaluación continua en cada etapa del ciclo, lo anterior permite a los estudiantes de cada estilo de aprendizaje destacar en el paso del ciclo diseñado específicamente a atender su estilo particular de aprendizaje.

Anexo

Cuestionario de estilos de aprendizaje utilizado para caracterizar a los estudiantes del grupo. En este caso, cada casilla señala el estilo de aprendizaje al que corresponde la respuesta correspondiente. En la aplicación estas casillas están vacías y el estudiante coloca el puntaje correspondiente como lo indican las instrucciones.

CUESTIONARIO DE ESTILO 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 (Estilo 3)	llego a conclusiones precisas (Estilo 2)	descubro relaciones ocultas (Estilo 4)	entiendo los sentimientos de las personas (Estilo 1)
2.- Es más importante que un ambiente de aprendizaje...			
sea dinámico (Estilo 4)	te haga pensar (Estilo 2)	sea colaborativo (Estilo 1)	este orientado hacia la tarea (Estilo 3)
3.- Aprendo mejor al...			
experimentar y manipular (Estilo 3)	escuchar y compartir (Estilo 1)	intuir y explorar (Estilo 4)	reflexionar y pensar (Estilo 2)
4.- La gente me identifica como una persona...			
productiva (Estilo 3)	creativa (Estilo 4)	sensible (Estilo 1)	lógica (Estilo 2)
5.- Una de mis fortalezas es...			
mi experiencia al planear (Estilo 2)	mi entusiasmo (Estilo 4)	mi practicidad (Estilo 3)	mi capacidad de escuchar (Estilo 1)
6.- Al aprender disfruto...			
explorar posibilidades ocultas (Estilo 4)	organizar ideas (Estilo 2)	crear relaciones propias (Estilo 1)	producir resultados (Estilo 3)
7.- Me esfuerzo al lograr...			
consenso (Estilo 1)	precisión (Estilo 2)	eficiencia (Estilo 3)	aventura (Estilo 4)
8.- Generalmente soy...			
creativo (Estilo 1)	preciso (Estilo 2)	decisivo (Estilo 3)	intuitivo (Estilo 4)
9.- Tiendo a ser...			
impulsivo (Estilo 4)	muy sensible (Estilo 1)	muy ansioso por concluir (Estilo 3)	muy critico (Estilo 2)

10.- Generalmente soy...			
cooperativo (Estilo 1)	ordenado (Estilo 2)	directo (Estilo 3)	libre (Estilo 4)
11.- Los ambientes de aprendizaje deben enfatizar...			
el sentido común (Estilo 3)	la claridad del razonamiento (Estilo 2)	el compromiso con los valores personales (Estilo 1)	la adaptación al cambio (Estilo 4)
12.- Estoy más cómodo con gente que es...			
solidaria (Estilo 1)	innovadora (Estilo 4)	productiva (Estilo 3)	racional (Estilo 2)
13.- Particularmente tengo fricciones con personas que son...			
rígidas (Estilo 4)	desorganizadas (Estilo 2)	indecisas (Estilo 3)	agresivas (Estilo 1)
14.- Generalmente ...			
soy estudioso (Estilo 2)	estoy orientado hacia la gente (Estilo 1)	tengo los pies en la tierra (Estilo 3)	innovador (Estilo 4)
15.- Preferiría...			
hacer del mundo un lugar más feliz (Estilo 1)	adquirir conocimientos (Estilo 2)	resolver problemas prácticos (Estilo 3)	crear nuevas maneras de hacer las cosas (Estilo 4)

- i.* En el Anexo se incluye también a qué estilo de aprendizaje corresponde cada respuesta de las 15 preguntas.
- ii.* Por comodidad entendemos el que el estudiante se sienta bien, le agrade la actividad, lo motive y le encuentre sentido.
- B. McCarthy, and D. McCarthy, "Teaching Around the 4MAT Cycle: Designing Instruction for diverse Learners With Diverse Learning Styles" (Thousand Oaks, California. Corwin Press 2006).
 - K. Dwyer, *Join Meeting of the Southern States Communication Association* (Lexington, KY, April, 1993) P. 14.
 - H. Scott, *A Serious Look at the 4MAT Model*. (Information Analyses. West Virginia State College Institute. 1994).
 - T. Larkin, "Learning Styles in the Physics Classroom: A Research-informed Approach". Proceedings of the American Society for (Engineering Education Annual Conference & Exposition, American Society for Engineering Education 2003).
 - D. Kolb, *Experiential Learning: Experience as the source of Learning and Development*. (Englewood cliffs, New Jersey: Prentice Hall. 1984).
 - P. Bowers, *The Effect of the 4MAT System on Achievement and Attitudes in Science*. (Ph. D. Dissertation. University of North Carolina 1987).
 - T. Larkin-Hein, *IEEE Transactions on Education*, **4** (2001) 276
 - J. Beltrán, "Aprendizaje", en *Diccionario de Ciencias de la Educación*. Madrid: Paulinas (1990).
 - J. Martínez, *Rev. Mex. Fís. E* **52** (2007) 142.
 - B. McCarthy, B. Samples, and B. Hammond, "4MAT and Science toward wholeness in science education" (Barrington, Illinois: EXCEL. 1985).
 - M. Ramírez, *Innovación Educativa* **4** (2004) 31.
 - D. Hammer, *American Journal of Phys.* **64** (1995) 1316.
 - M. Ramírez, A. González, and I. Miranda, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **3** (2009) 92.
 - R. Resnick, D. Halliday, and K. Kenneth, "Física Volumen I" (Cuarta Edición, México, 2002).
 - F. Sears, M. Zemansky, and H. Young, "Física Universitaria," (Pearson Educación, México, 2004).
 - Tarásov, Tarásova, "Preguntas y problemas de Física" (Editorial Mir 1976)