

Sistema 4MAT apoyado con tutores inteligentes en estudiantes de Ingeniería

EDVCATIO PHYSICORVM



Claudia Rosado Guzmán¹, Daniel Sánchez Guzmán² Ricardo García Salcedo²

¹*Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad del SABES, Blvd. Guanajuato 1615, Col. Real Providencia. CP 37234. León Gto.*

²*Centro de Investigación de Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Legaría, Calzada Legaría No. 694, Miguel Hidalgo, Irrigación, 11500 Ciudad de México.*

E-mail: claudia.rosadog@sabes.edu.com

(Recibido el 20 de noviembre de 2015, aceptado el 5 de febrero de 2016)

Resumen

En el proceso enseñanza- aprendizaje no solo es importante el conocimiento que debe ser transmitido al estudiante, también es importante la forma en la que dicho conocimiento es presentado, es necesario atender y desarrollar preferencias de aprendizaje para lograr una construcción del conocimiento de manera efectiva. Una evidencia importante, y de la cual se puede partir para identificar deficiencias en el proceso enseñanza-aprendizaje, es el alto índice de reprobación en materia de ciencias básicas ya que este sigue siendo una preocupación importante en las instituciones educativas. Incorporar estrategias para el aprendizaje que solucionen no solo los índices de reprobación sino la calidad de la educación y la forma en que los estudiantes desarrollan ciertas competencias disciplinares es motivo para llevar a cabo la realización de investigaciones en el campo de enseñanza de las Ciencias y en particular en la Física. Por otro lado, el uso de la tecnología en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física se ha convertido en una necesidad debido a que las nuevas generaciones utilizan sistemas computacionales en la mayoría de las actividades que realizan, de ahí que este proceso requiera de una evolución en sus metodologías. El cambio a la utilización de la tecnología es conveniente que sea acorde al entorno social y cultural del estudiante. El objetivo del presente trabajo es incorporar como estrategia de enseñanza-aprendizaje los agentes tutores inteligentes dentro del sistema de enseñanza conocido como 4MAT, el cual hace uso de los estilos de aprendizaje de los estudiantes.

Palabras clave: Sistema 4MAT, Estilos de aprendizaje, Tutores Inteligentes.

Abstract

In the teaching-learning process is not only important knowledge that must be transmitted to the student, it is also important to the way in which such knowledge is presented, you must meet and develop learning preferences to achieve knowledge building effectively. An important evidence, and which can be split to identify gaps in the teaching-learning process is the high failure rate in basic sciences since this remains a major concern in educational institutions. Incorporate learning strategies that solve not only the failure rates but the quality of education and the way students develop certain disciplinary powers is reason to undertake the conduct of research in the field of science education and particularly in physics. On the other hand, the use of technology in the teaching and learning of physics has become a necessity because the new generations use computer systems in most of their activities; hence, this process requires an evolution in their methodologies. The switch to the use of the technology is desirable that is commensurate with the social and cultural environment of the student. The objective of this work is to incorporate as a strategy for teaching and learning intelligent tutoring agents within the educational system known as 4MAT, which makes use of the learning styles of students.

Keywords: 4MAT system, style learning, Intelligent Tutoring.

PACS: 01.40.-d, 01.40.gb, 01.50.ht

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

La Web es una tecnología que se ha vuelto indispensable en las labores de la sociedad, como pueden ser el comercio o la educación y es en este último ámbito que ha encontrado un excelente medio para romper con las limitantes geográficas y temporales, algo que los esquemas tradicionales de educación ven como una limitante. La Web

ha revolucionado el concepto de educación a distancia, ya que ésta integra diferentes esquemas, herramientas, modelos y recursos digitales novedosos que otros sistemas de difusión masiva como la radio o la televisión no pueden incorporar. En el ámbito del aprendizaje virtual, la investigación es incipiente en cuanto a la indagación de mecanismos responsables del aprendizaje de calidad, de aquí que se recurra a la teoría existente para generar

herramientas que permitan realizar el proceso de enseñanza-aprendizaje (PEA) en éste ámbito y lograr dicha calidad [1].

Los investigadores del área educativa se preocupan por incrementar la funcionalidad de la educación, por lo que en las propuestas actuales se están incorporando cada vez más las tecnologías de la información y la comunicación por medio de la Web. Uno de estos recursos digitales son los llamados agentes inteligentes como elementos capaces guiar al estudiante para razonar y determinar la mejor solución de un problema presentado de manera independiente del docente [2, 3, 4].

Con la aplicación de los agentes inteligentes en el campo educativo nace el concepto de agentes pedagógicos, que se encargan de buscar la información que se quiere enseñar, pero existe un inconveniente, no todas las personas aprenden de la misma manera, debido a que utilizan los sentidos de forma diferente, ésta es una razón por la cual los agentes inteligentes pueden realizar un aporte significativo ya que éstos no sólo se encargan de buscar la información sino que pueden seleccionarla para presentarla al estudiante de manera que el PEA se realice de una forma más importante para el estudiante [2].

Por otro lado, los investigadores educativos han demostrado que el introducir las teorías de estilos de aprendizaje en la enseñanza de diversas disciplinas ha mejorado el desempeño de los estudiantes, aumentado su comprensión y el espíritu crítico en sus cuestionamientos [5].

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 [6].

El objetivo de este trabajo es presentar el diseño, implementación y evaluación de una estrategia que incorpora en el sistema de enseñanza 4MAT el uso de los agentes tutores inteligentes que se adapten a los estilos de aprendizaje del estudiante, identificando la forma en que el mismo resuelve un problema para poder brindarle ayuda cuando cometa algún error. La evaluación cuantitativa llevada a cabo fue para conocer la ganancia en la comprensión de los temas de mecánica en estudiantes de ingeniería.

II. SECUENCIA DE APRENDIZAJE EN SISTEMA 4 MAT

La secuencia del conocimiento en los tutores inteligentes se presenta de acuerdo al ciclo 4 MAT de estilos de aprendizaje y como comenta McCarthy (1987): “Utilizando esta secuencia cualquier estilo de aprendizaje tiene la oportunidad de brillar una parte del tiempo. Todos los alumnos serán capaces de desarrollar sus habilidades naturales cuando estén trabajando con su área fuerte y tendrán también oportunidad de desarrollar otras áreas al trabajar con sus compañeros. Para que un alumno pueda

aprender de manera exitosa, necesita también experiencia en otros estilos de aprendizaje. Todas estas habilidades juntas formarán un ciclo natural del aprendizaje”.

El modelo de 4MAT está conceptualizado como un ciclo natural del aprendizaje. A fin de que las personas puedan aprender de manera óptima, es necesario que atraviesen los cuatro cuadrantes con sus dos modos (izquierdo/derecho), iniciando con el cuadrante 1.

McCarthy crea una serie de lecciones que ayudan a los maestros a planear sus clases. En términos generales, dichas lecciones consisten en los siguientes pasos:

1. Cuadrante I: crear una experiencia y luego ofrecer una forma que los alumnos puedan analizarla y experimentarla personalmente.
2. Cuadrante II: los estudiantes integran la experiencia y siguen analizándola en forma más conceptual, desarrollando nuevos conceptos.
3. Cuadrante III: los estudiantes practican con lo que se les ha enseñado, luego hacen aplicaciones prácticas en forma personal.
4. Cuadrante IV: los estudiantes sintetizan buscando algo relevante y original, luego buscan aplicar lo que han aprendido a circunstancias más complejas. (Ver figura 1).

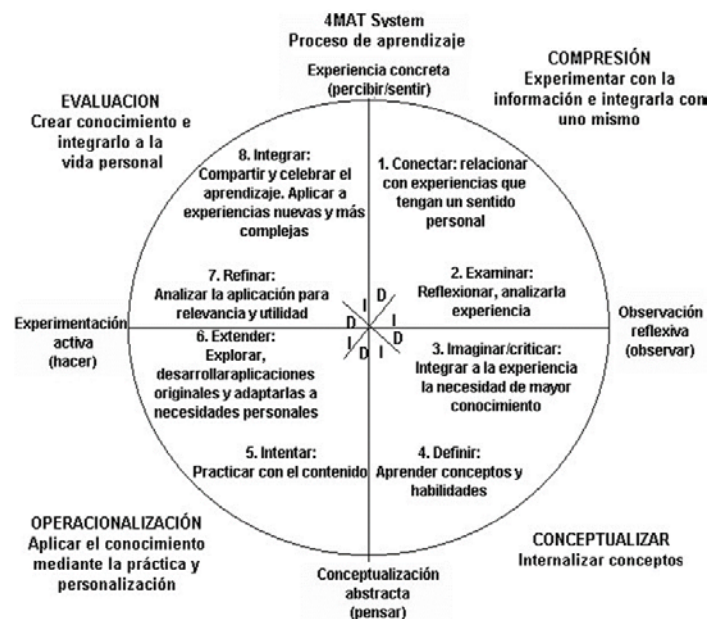


FIGURA 1. Ciclo de ocho pasos del sistema 4MAT [4].

A continuación, encontrará algunos diagramas que ejemplifican la planeación de una clase, para hacer posible la programación de los tutores fue necesario que las secuencias de aprendizaje se concentraron en 4 fases en el que están incluidos los 8 pasos del sistema: Activación del conocimiento, Adquisición del conocimiento, Práctica del conocimiento y Aplicación y evaluación del conocimiento. (Ver Figura 2 y 3)



FIGURA 2. Planeación de secuencia de aprendizaje: Métodos.



FIGURA 3. Planeación de secuencia de aprendizaje: Actividades.

III. ARQUITECTURA DE LOS SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES

El término Sistema de Tutoría Inteligente (ITS) fue adoptado por los investigadores de esta área para diferenciar los tutores inteligentes de sus antecesores: los sistemas que ofrecen Instrucción Asistida por Computadora (CAI, por sus siglas en inglés). Estos últimos se caracterizan en el uso general de la computadora como apoyo en la enseñanza [4], mientras que un ITS hace uso de la inteligencia artificial para modelar el conocimiento de instructores y estudiantes. La arquitectura de un ITS está determinada por los siguientes componentes:

- Modelo del estudiante. Habilidad para identificar y modelar el nivel cognitivo de cada estudiante.
- Modelo del experto. Capacidad de representar conocimiento de un dominio; permite al ITS razonar y responder tal como un tutor humano.
- Modelo pedagógico. Habilidad de adaptar el modelo de enseñanza-aprendizaje al estilo de cada estudiante.

•Módulo de interfaz. Constituye los elementos para interactuar con el usuario y monitorear su actividad. Un ITS debe considerar una o más de las siguientes características:

- Generación de conocimiento. Habilidad para generar ejercicios y brindar asesoría personalizada.
- Iniciativa mixta. Habilidad de iniciar interacción con el estudiante (proactiva) o responder ante la solicitud de ayuda (reactiva).
- Aprendizaje interactivo. Contar con contenido educativo auténtico, atractivo, suficiente, interactivo y relevante.
- Auto-mejora. Habilidad para evaluar su desempeño al proveer asesoría y aprender de la misma.

Un ITS no necesariamente debe contar con todas las características mencionadas; además, el grado de madurez alcanzado en cada una de ellas puede variar y resultar desde modelos simples a muy sofisticados [10].

IV. PROGRAMACION DE LOS TUTORES INTELIGENTES

Cognitive Tutor Authoring Tools (CTAT), su traducción al español como Herramientas de Autoría para Tutores Cognitivos, se seleccionó para el diseño de los tutores inteligentes por su constante desarrollo, así como su plataforma de alojamiento School.tutorshop.

La interfaz gráfica se visualiza utilizando el reproductor Adobe Flash Player®. Aquí se establece la comunicación con el software CTAT, el cual a su vez establece la comunicación con ACT-R. Cabe mencionar que se debe de llevar a cabo un proceso de integración de las herramientas; una de las ventajas al respecto del software CTAT es la modularidad que este presenta, ya que contiene extensiones que son agregadas a Adobe Flash Professional® a través de Adobe Extensión Manager®, permitiendo por lo tanto hacer estándar los componentes de los tutores inteligentes y poderlos diseñar de una manera más sencilla; concentrando la atención del programador en el diseño de la actividad y los contenidos a ser presentados ante el alumno, permitiendo que los profesores se enfoquen más en la parte didáctica y del proceso de aprendizaje [6] (Ver figura 4).

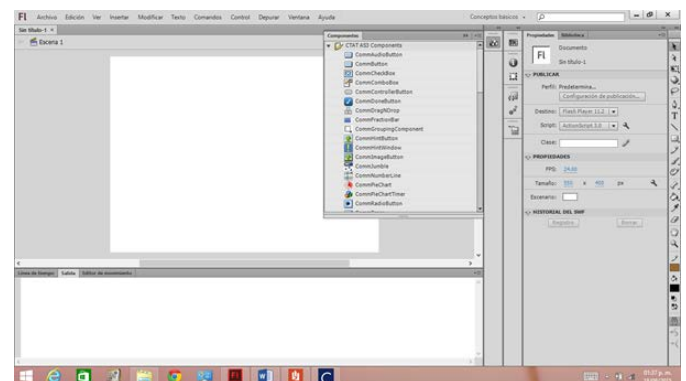


FIGURA 4. Herramientas de CTAT en Adobe Flash Player®.

Para esta investigación se utilizó Adobe Flash Profesional CS6 (AFP-CS6) seleccionando Action Script 3.0, al cual se le instalaron los componentes de CTAT, con el componente CommShell de CTAT se realizó para cada tutor el diseño como lo visualizaron los estudiantes. Se trata de la presentación de un ejercicio para cada tema seleccionado relacionado con la secuencia de aprendizaje (Ver figura 5).

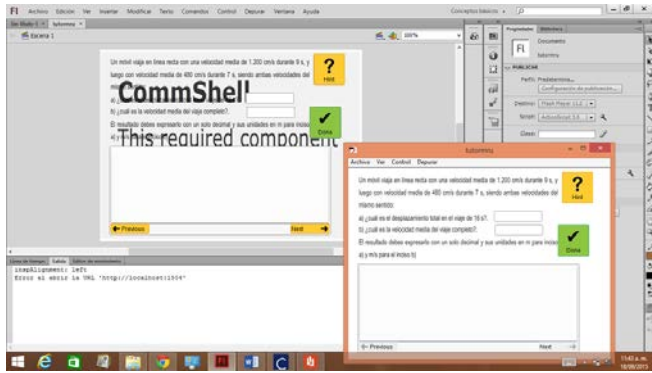


FIGURA 5. Interfaz gráfica utilizando el reproductor Adobe Flash Player®.

Posteriormente se enlaza AFP-CS6 al colocar el CTAT el Author Mode en Demostrate dando una entrada para nombrar al tutor y generar el árbol de estados, al correr la película AFP-CS6 e introducir en los recuadros de CommTextInput los resultados del ejercicio propuesto (Ver Figura 10) en el cual se genera en verde la respuesta válida que tomara el tutor, para cada recuadro se genera un estado (State) y para cada estado una respuesta programada (instance), para cerrar se introduce hecho (Done) y se cierra el árbol del tutor. (Ver figura 5)

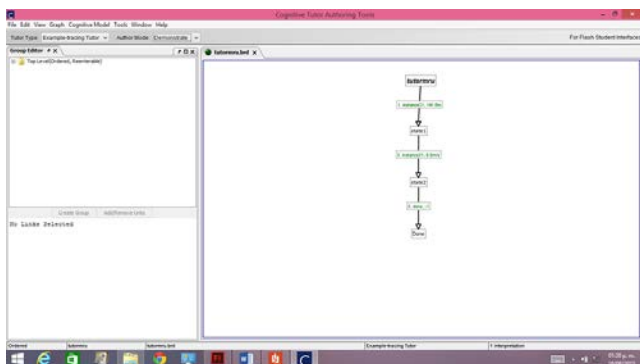


FIGURA 5. Árbol de estados.

Para configurar el tutor y dar soporte al estudiante, en cada respuesta generada se despliega editar el mensaje de ayuda (Edit Hint and Success Messages) en el cual se ingresa la secuencia de aprendizaje 4 MAT para el caso de ésta investigación. (Ver figura 6)

Una vez concluido el diseño de los tutores se generan dos archivos uno de CTAT (BRD) y uno de AFP-CS6 (Película SWF) los cuales se ingresan a la plataforma School.tutorshop de acuerdo al proceso presentado en diagrama siguiente: (Ver figura 7)

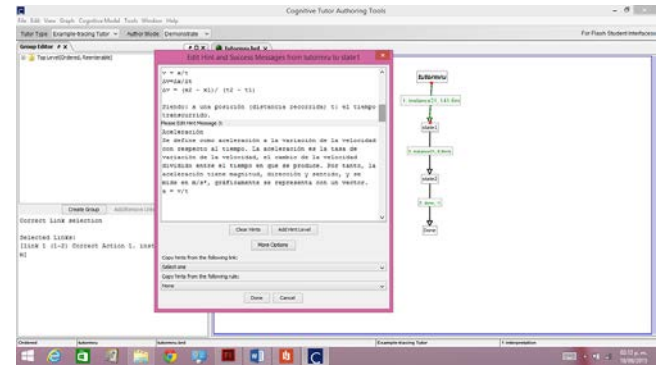


FIGURA 6. Ventana para la edición de la ayuda, secuencia 4 MAT.

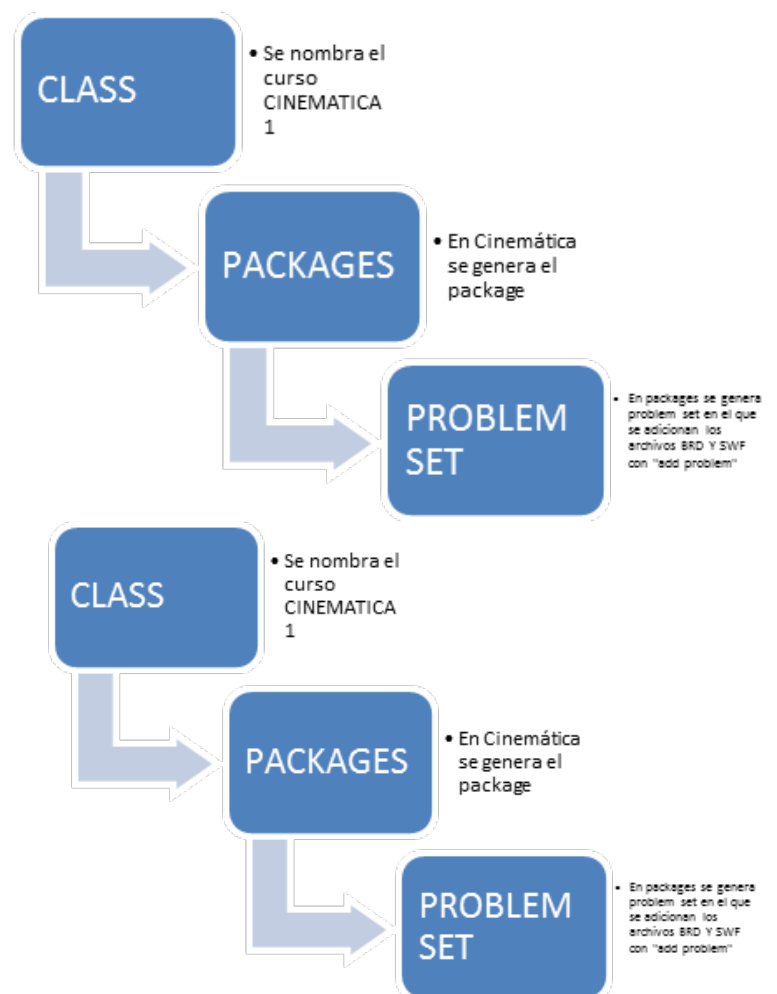


FIGURA 7. Diagrama de proceso para insertar tutores en School.tutorshop.

De manera progresiva el estudiante va trabajando con ellos en los temas seleccionados, cabe mencionar que se configura la secuencia de los tutores de tal forma que el estudiante no pueda ingresar al siguiente tutor sin haber

concluido el primero con el fin de garantizar la secuencia de temas, como se presenta en el ejemplo de la figura. (Ver figura8)

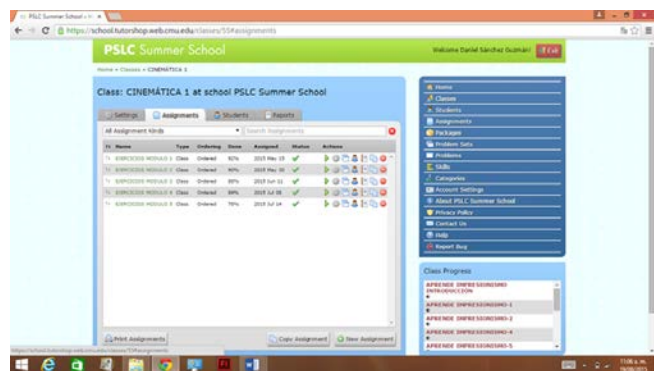


FIGURA 8. Grupos de ejercicios (problem set) asignados.

El la Figura siguiente se presenta la visualización de la interfaz en la plataforma School.tutorshop. (Ver figura 9).

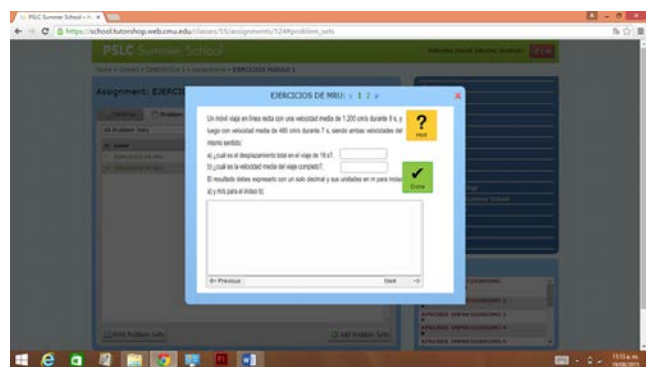


FIGURA 9. Interfaz, visualización de los tutores.

En la programación del tutor se incluye la activación del conocimiento, adquisición del conocimiento, práctica del conocimiento y aplicación evaluación del conocimiento, sin embargo, para la activación del conocimiento sería necesario reforzar con una sesión presencial por la naturaleza de las actividades la cuales pueden ser más personales a manera de inmersión en la vida cotidiana, lluvia de ideas, mesa de discusión, demostraciones, etc. ; de la misma manera la Aplicación y evaluación del conocimiento es necesario programar un segundo tutor completar el ciclo. Por lo tanto para completar un ciclo se requiere de una sesión presencial y dos archivos de programación de tutores con sus archivos de interfaz.

Por lo tanto para completar una secuencia de aprendizaje en sistema 4 MAT el ciclo requiere de una sesión presencial y la programación de dos tutores con sus archivos de interfaz.

V. INSTRUMENTOS DE ANALISIS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Para probar la secuencia 4 MAT con tutores se propuso un diseño semi experimental para un grupo de 22 estudiantes (muestra no aleatoria) en la asignatura Física II de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad del SABES plantel Villagrán en el estado de Guanajuato, la asignatura se imparte en un modelo b-Learning.

La Universidad del SABES utiliza una plataforma educativa moodle donde se asignó el curso de Física II , se incorporó la estrategia de enseñanza para la secuencia de aprendizaje que consiste en el uso de Tutores inteligentes en plataforma School.tutorshop con temas de mecánica del programa de Física II. Los estudiantes participantes fueron inscritos en ambas plataformas y se hizo la comunicación mediante enlace en el curso.

El cuestionario que proporciona la tendencia preponderante de estilo de enseñanza consta de reactivos, cada uno de los cuales tiene cuatro opciones. Cada opción tiene una característica de cada uno de los estilos de enseñanza. Este cuestionario tomado de la adaptación de Ramírez H. Investigador del IPN [3]. Este test se aplicó al inicio y al final de la investigación con el fin de conocer si la secuencia hace que se produzca algún cambio en el estilo de aprendizaje en los estudiantes.

Durante la primer sesión se aplicó el test con la preguntas: 8, 9, 10, 12, 13, 14, 19, 20, 21, 22, 23, 24 cuestionario sobre concepto de fuerza Force Concep Inventory (FCI) se seleccionó este test por ser una prueba diseñada para evaluar al estudiante sobre la comprensión básica de los la mecánica Newtoniana sin embargo el propósito más importante es para evaluar la efectividad de la instrucción. Se conjugó con las preguntas 1, 2, 3, 23, 24, 25 del cuestionario Diagnostico Básico sobre Mecánica (MBT), este test al igual que FCI es una prueba diseñada para evaluar la efectividad de la instrucción pero es el siguiente paso ya que los conceptos no pueden ser captados sin conocimiento formal sobre la mecánica Newtoniana ambos test del libro The Physics Teacher [1]. Las dos pruebas son complementarias, se utilizaron para la medir precisamente la efectividad de la estrategia de aprendizaje de Tutores Inteligentes con la secuencia 4 MAT. Este cuestionario se aplicó tanto al inicio del curso (pretest) como al final (postest), para su aplicación se otorgó un tiempo de 30 minutos.

VI. RESULTADOS

Como ya se mencionó, Los resultados que se obtuvieron con el test de comodidad hemisférica cerebral al *inicio* del curso fueron los siguientes: el 70 % de los estudiantes pertenece a la comodidad cerebral en el lóbulo derecho, sus características radican en que operan de manera no estructurada, comprende imágenes, busca patrones, crea metáforas, es simultáneo, busca sintetizar y consolidar

información. Mientras que el 30% restante, pertenece a la comodidad cerebral en el lóbulo izquierdo, opera mejor por medio de la estructura y la secuencia, prefiere el lenguaje, es secuencial, examina los elementos, tiene sentido del número, trabaja para analizar información [1], como se muestra en la gráfica 1.



FIGURA 10. Distribución de la comodidad cerebral al inicio del curso de los alumnos que cursaron la materia Física II.

Los resultados que se presentaron al aplicar el test de estilos de aprendizaje fueron los siguientes: El 55% del grupo pertenece al estilo de aprendizaje tipo II correspondiente a los estudiantes que Kolb llama asimiladores [8]. Perciben la información de manera abstracta y la procesan reflexivamente. Buscan alcanzar sus metas y efectividad personal. Forman teorías y conceptos al integrar sus observaciones con lo que ya se sabe. [8].

El 30% del grupo pertenece al estilo de aprendizaje tipo III que corresponde a los alumnos convergentes, quienes perciben la información de manera abstracta y la procesan activamente. Buscan utilidad y resultados. Aprenden al probar teorías. Son pragmáticos, es decir, si creen que funciona, deben usarlo. Sobresalen en aterrizar los problemas [8].

El 15% restante del grupo, pertenece al estilo de aprendizaje tipo IV que corresponde a los alumnos denominados acomodadores, es decir quienes perciben la información concretamente y la procesan activamente. Buscan influenciar a los demás. Aprenden por medio de práctica y error. Creen en el descubrimiento personal. Sobresalen manejando el cambio. Son flexibles y adaptables como se muestra en la gráfica 2.

Después de utilizar secuencia de aprendizaje con el ciclo 4MAT, tanto en los tutores inteligentes como en la sesión presencial se generaron los siguientes resultados: en el test de comodidad hemisférica cerebral al final del curso el 65% de los estudiantes pertenece a la comodidad cerebral en el lóbulo derecho y el 35% en el lóbulo izquierdo, como se muestra en la gráfica 3, lo que nos indica una leve ganancia (5%) en aquellos alumnos que se sienten más cómodos al utilizar su lóbulo izquierdo.

De esta forma se observa que no hubo cambios significativos en el grupo en cuanto a estilos de aprendizaje al mantenerse los estilos II, III, IV en los alumnos, pero hay una ligera tendencia a cambiar el estilo III que representa

un 10% más que la gráfica inicial, eso representa que dos alumnos cambiaron su preferencia. Por otro lado, la mayor concentración se encuentra en el estilo II con un 50%, según la gráfica final, lo que indica que la mitad de los estudiantes consideran importante la secuencia de la presentación del conocimiento, es por ello que se aceptaron y asimilaron bastante bien los tutores y sesiones con el sistema 4MAT. Se debe mencionar que durante el análisis se percibe que aunque hay un estilo preferente en los estudiantes, existe una tendencia a unificar los valores sobre todo en los estilos II, III y IV concluyendo con esto que el ciclo lleva a los estudiantes a desarrollar todos los estilos de aprendizaje.

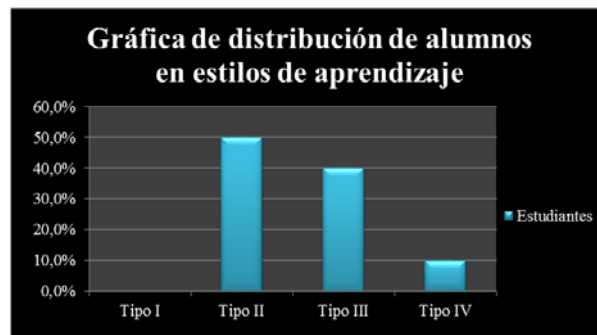


FIGURA 11. Distribución de estilos de aprendizaje al inicio del curso de los alumnos que cursaron la materia Física II.

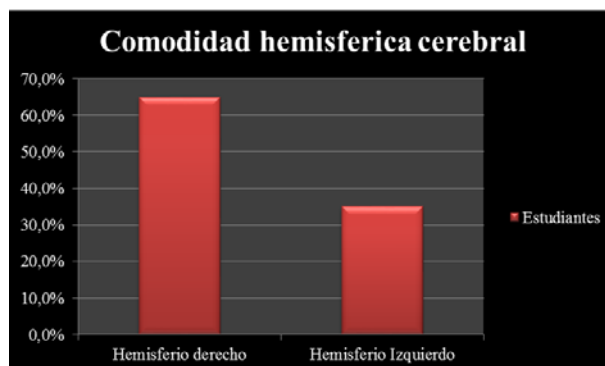


FIGURA 12. Distribución de la comodidad cerebral al final del curso de los alumnos que cursaron la materia Física II.

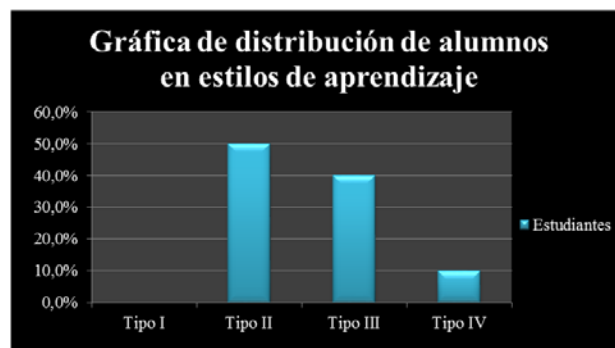


FIGURA 13. Distribución de estilos de aprendizaje al final del curso de los alumnos que cursaron la materia Física II.

Los resultados obtenidos de la aplicación en forma de test *inicial* y *final* del FCI y MBT se presentan a continuación. El factor de concentración del test *inicial* muestra que existe una concentración de respuestas de los estudiantes en las regiones LL, LM (donde los alumnos no tienen algún modelo muy bien definido en los conceptos tratados en dichas preguntas) y MM (donde muestran dos modelos bien distribuidos) y, finalmente, un punto en HH (donde el alumno está concentrado en la respuesta o modelo correcto), como se muestra en la gráfica 5.

El patrón de respuesta LL significa que la mayoría de los estudiantes no tienen preferencia por algún modelo del tema en cuestión, las respuestas están distribuidas de forma aleatoria. Si la mayoría de las respuestas están concentradas en solo dos opciones o modelos, una de las dos es la respuesta correcta, el punto en la gráfica estará en MM; si ambas respuestas son incorrectas se considerará como tipo LM.

La pregunta 12 es la única que se encuentra en la región MM, mientras que en la región HH solo está la pregunta 14, ambas corresponden al concepto de fuerza y ley de movimiento de Newton, esto se interpreta como que se trata de conceptos que los estudiantes tienen muy bien establecidos. Cabe mencionar que aproximadamente el 50% de los estudiantes cursaron previamente el curso de Física I, en el cual se implementó una secuencia en el sistema 4MAT [2].

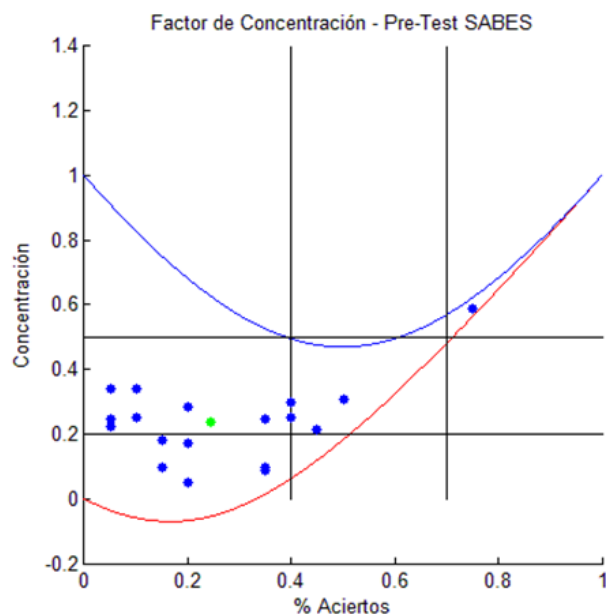


FIGURA 14. Factor de concentración del test FCI y MBT al inicio del curso de los alumnos que cursaron la materia Física II.

En la gráfica del factor de concentración para el test *final* se observa que la concentración de las repuestas de los estudiantes se encuentra en regiones MM y HH, como se muestra en la gráfica 6.

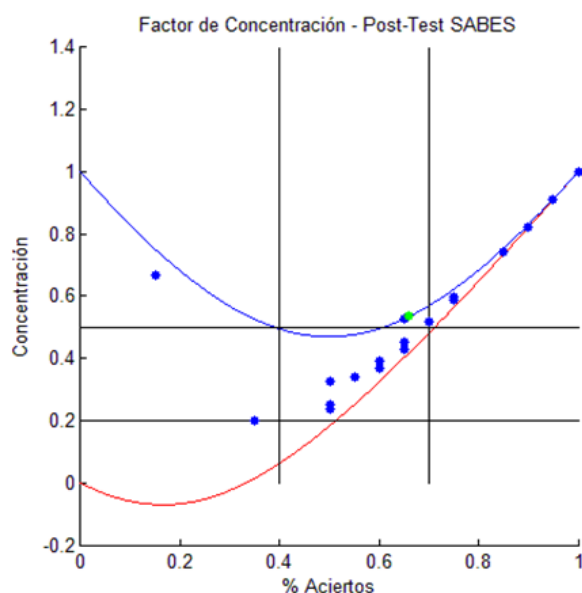


FIGURA 15. Factor de concentración del test FCI y MBT al *final* del curso de los alumnos que cursaron la materia Física II.

IV. CONCLUSIONES

En este trabajo se implementó una estrategia de enseñanza sobre temas de un curso de Mecánica para estudiantes de Ingeniería utilizando el sistema 4MAT, el cual considera los estilos de aprendizaje de los estudiantes. Los estilos de aprendizaje preponderantes en los estudiantes de Ingeniería fueron: II, III, IV. El estilo II, aquellos que perciben la información de manera abstracta y la procesan reflexivamente, resultó ser el más común con un 50% de los estudiantes. Sin embargo, debido a la naturaleza de la aplicación de los conocimientos adquiridos en las carreras de Ingeniería, uno habría esperado que los otros dos estilos fueran los dominantes.

Utilizar tutores inteligentes en modelos de aprendizaje mixto (b-learning) y en entornos virtuales favorece la adquisición del conocimiento ya que esta herramienta contribuye a que el alumno en ausencia de profesor tenga un soporte real al presentar el conocimiento de manera estructurada.

Los resultados del factor de concentración obtenidos con las respuestas tanto correctas como incorrectas de los exámenes pre y post implementación del sistema 4MAT y tutores inteligentes, muestran que los alumnos obtienen una ganancia conceptual bastante buena. Es decir pasan de tener dos o más modelos diferentes en cada una de las preguntas conceptuales del FCI y MBT a tener el modelo correcto una vez que han llevado la secuencia didáctica y los tutores inteligentes.

Hace falta mucho trabajo para incorporar las TIC en diversas estrategias de enseñanza que han mostrado ser eficaces para la comprensión de diversos conceptos de Física y este ha sido un esfuerzo más.

REFERENCIAS

- [1] McFarlane, A. & Sakellariou, S., The role of ICT in Science education, *Cambridge Journal of Education* **32**, 219-232 (2002).
- [2] Rosado-Guzmán, C. & Sánchez-Guzmán, D., The 4MAT system applied to a blended-learning scenario, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **1**, 6 (2012).
- [3] Sánchez-Guzmán, D., *Agentes Inteligentes: Diseño e Implementación para la Enseñanza de la Física*, Tesis Doctoral en Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Legaria (2009).
- [4] Sánchez-Guzmán, D., Mora, C. & García-Salcedo, R. (2009). Intelligent agents: A Physics education opportunity in Latin-America, *Latin-American Journal of Physics Education* **3**, 11. arXiv preprint arXiv:0905.4085.
- [5] Díaz, M. H. R., & Lima, E. C., Análisis de la influencia del estilo de enseñanza del profesor en el aprendizaje de estudiantes de Física a nivel universitario. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **4**, 1002 (2010).
- [6] McCarthy, B. The 4MAT System Teaching to Learning Styles with Right/Left Mode Techniques. Barrington, Illinois (1987)
- [7] McCarthy, B. & McCarthy, D., *Teaching around the 4MAT® cycle: Designing instruction for diverse learners with diverse learning styles*, (Corwin Press, New York, 2005).
- [8] Kolb, A. & Kolb, D. A., Kolb's learning styles. In: *Encyclopedia of the Sciences of Learning*, Springer, New York, 2012), pp. 1698-1703.
- [9] Hestenes, D. & Wells, M., A mechanics baseline test. *The Physics teacher* **30**, 159-166 (1992).
- [10] Paviotti, G., Rossi, P. G. & Zarka, D., *Intelligent tutoring systems: An overview*, (Pensa Multimedia, Lecce, 2012).
- [11] Díaz, M. R., Aplicación del sistema 4MAT en la Enseñanza de la Física a nivel universitario, *Revista Mexicana de Física* **56**, 29-40 (2010).
- [12] Woolf, B. P., *Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning*, (Morgan Kaufmann, Burlington, 2010).