

ACTIVIDADES EXPERIMENTALES DE FÍSICA Y ESTILOS DE APRENDIZAJE

Carlos Israel Aguirre Vélez

Instituto Politécnico Nacional PN
México
c_aguirre_velez@hotmail.

Mario Humberto Ramírez Díaz

Instituto Politécnico Nacional PN
México
mramirezd@ipn.mx

Resumen

La manera en que se lleva a cabo la enseñanza experimental de la Física a través de la dinámica de trabajo “tradicional” (laboratorio escolar - prácticas – reporte escrito) presente en muchas instituciones educativas, no toma en cuenta los estilos de aprendizaje de los estudiantes. Cada persona tiene un estilo de aprendizaje particular de acuerdo a su personalidad, a la forma en que prefiere adquirir la información y su manera de procesar el mundo en el que le rodea. Si se toman en cuenta estos estilos de aprendizaje en el trabajo experimental entonces los estudiantes pueden retener –y sobre todo comprender- los conceptos de Física por más tiempo al aprovechar la diversidad de estímulos que tiene la componente experimental de está. En el presente trabajo se presentan 4 tipos de actividades experimentales, así como sus evidencias de aprendizaje que atienden los 4 estilos de aprendizaje propuestos por el Sistema 4MAT. Se establecen las características de implementación y las combinaciones más adecuadas para un determinado estilo de aprendizaje, como ubicarlas en un ciclo de aprendizaje y cómo, el considerar los estilos de aprendizaje en actividades experimentales repercute en la memoria de mediano plazo para la recuperación de conceptos de Física.

Palabras Clave: Aprendizaje activo, Prácticas de Laboratorio de Física, Estilos de aprendizaje, Física Educativa.

EXPERIMENTAL ACTIVITIES OF PHYSICS AND LEARNING STYLES

Abstract

The way of carry out the experimental teaching of physics through of a traditional processes (scholar lab, practice, lab report) in a lot of educational institutions currently, does not take on count the learning styles of students. Everybody have a particular learning style according the personality and the prefered way of acquire and process information of world around. If we take on consideration the learning styles in the experimental work the students could retain and understand concepts of physics for more time by leveraging the several stimuli that have the experimental component of this branch of science. In this paper we shows 4 kinds of experimental activities, as well as the learning evidences that respond to the 4 learning styles proposed in 4MAT System. Are set the features of implementation and the best combinations for a determinate learning style, how situate it in a learning cycle and how, when is considerate the learning styles in experimental activities, impact in the middle time memory and recover the concepts of physics.

Keywords: Learning, Lab Physics Practices, Learning Styles, Physics Education.

Introducción

La Física es una ciencia basada en fenómenos tangibles que se interpretan con modelos teóricos en un lenguaje matemático. Los profesores de esta ciencia, en general, hacen más énfasis en la resolución de ejercicios con vistas a que los estudiantes aprueben los exámenes que en la enseñanza experimental de la

Física. Sin embargo, la componente experimental en el aprendizaje de Física es fundamental e imprescindible en la comprensión de este conocimiento (Rodríguez-Llerena y Llovera-González, 2014, Ruíz-Mendoza y Ramírez, 2015).

Existen diferentes modelos y esquemas de estilos de aprendizaje que se desarrollaron en los 70's, pero que se dieron a conocer en los 80's del siglo XX. De todos esos modelos, sobresale el planteado por Kolb (1984) y el de McCarthy (2006); ella retoma el trabajo de Kolb pero le añade el procesamiento de los hemisferios cerebrales para establecer un ciclo de instrucción de 8 pasos.

Aunque hay diferencia en los modelos, las clasificaciones de los estilos de aprendizaje tienen características similares a los que Kolb les da un nombre y que luego Berenice McCarthy los enumera y les da otra denominación. En la Tabla I, se muestran las características de los estilos de aprendizaje, según Kolb.

Tabla 1. Tipos y características de estilos de aprendizaje según Kolb

Tipo I. Divergente	Tipo II. Asimilador	Tipo III. Convergente	Tipo IV. Acomodador
Sociable	Abstracto	Pragmático	Espontáneo
Flexible	Planificador	Racional	Organizado
Emocional	Reflexivo	Analítico	Empático
Imaginativo	Investigador	Organizado	Comprometido
Intuitivo	Pensador	Deductivo	Activo

Basado en lo anterior, McCarthy hace una propuesta que incorpora la idea de 4 estilos de aprendizaje y la hemisfericidad cerebral, el Sistema 4MAT. En este sistema cada estilo de aprendizaje está definido por la forma en que los estudiantes aprenden. 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. Para el Sistema 4MAT los estilos de aprendizaje describen comportamientos generales y por lo tanto un estudiante no puede ser identificado con un único estilo. Sin embargo, se pueden identificar características generales para cada estilo de aprendizaje, las cuales se muestran a continuación:

- 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.

Una situación importante en el Sistema 4MAT es que, más que la descripción de los estilos de aprendizaje en sí mismos, es más importante un ciclo de aprendizaje que permita realización de actividades dirigidas a incentivar a cada uno de los estilos de aprendizaje, forma que al terminar un ciclo estudiantes de todos los estilos se vean beneficiados al desarrollar actividades dirigidas no solo a su estilo preponderante sino que además potencializarán los estilos menos preferidos en su forma de percibir y procesar la información. En la figura 1 se muestra un esquema general de ciclo de aprendizaje basado en el sistema 4MAT (Chávez y Ramírez, 2010):

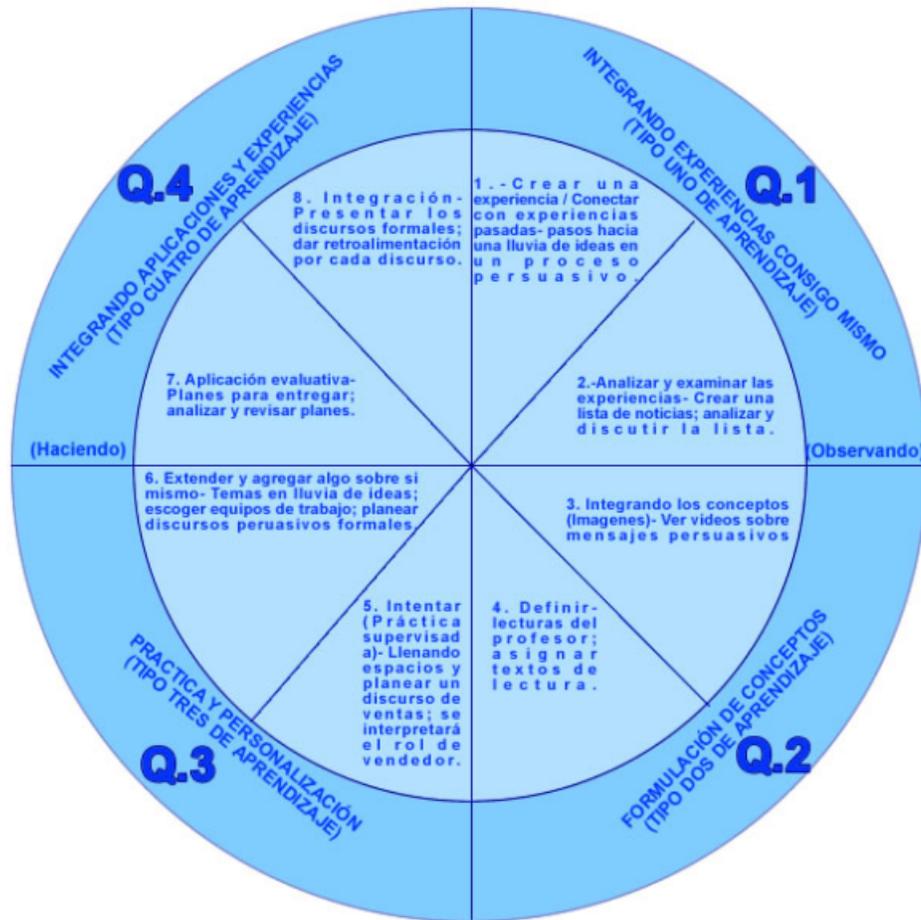


Figura 1. Ciclo de aprendizaje basado en el sistema 4MAT

Este tipo de ciclos de aprendizaje han sido probados desde los años 80 en diversas disciplinas, en el caso particular de la Física se ha ido implementando con éxito en los últimos años y con temas específicos. Ejemplos de lo anterior lo representan las pruebas hechas en temas como mecánica (Ramírez, 2010, Artamonova, Ramírez y Mosquera, 2014), termodinámica (Najera, 2015) o resistencia de materiales (Rosado y Guzmán, 2012). Sin embargo, en todas las propuestas anteriores se considera al trabajo experimental dirigido únicamente a atender al estilo 3 de aprendizaje, como ejemplo se muestran en las figuras 2 y 3 ejemplos de estos ciclos:

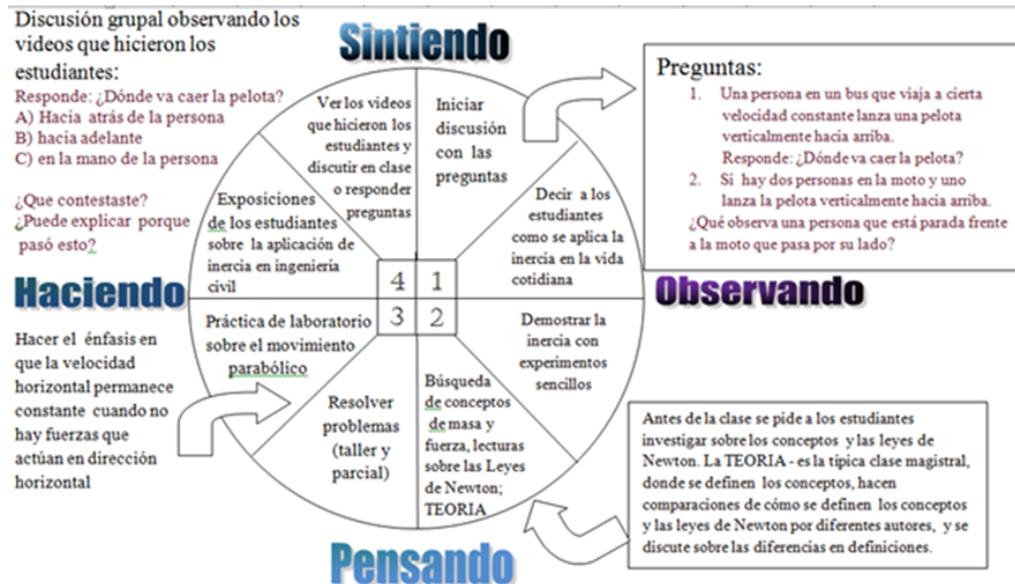


Figura 2. Ciclo de Aprendizaje basado en el Sistema 4MAT para la enseñanza de la inercia a nivel universitario (Artamonova, Ramírez y Mosquera, 2014).

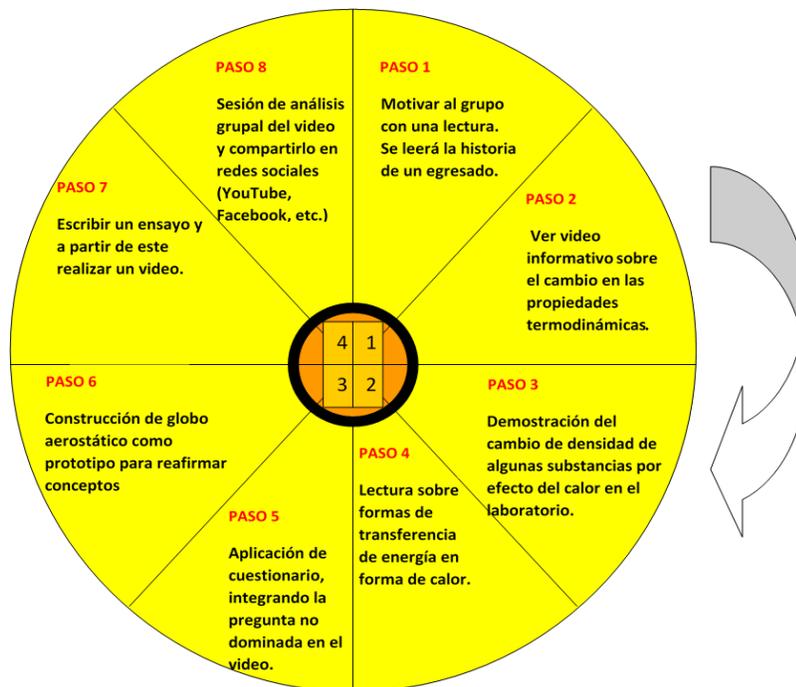


Figura 3. Ciclo de Aprendizaje basado en Sistema 4MAT para la enseñanza de Principios de la Termodinámica en estudiantes de nivel bachillerato (Najera, 2015).

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos al proponer diferentes actividades de tipo experimental en cada paso de un ciclo de aprendizaje basado en 4MAT, se muestran las evidencias de aprendizaje ofreciendo de esta manera una alternativa novedosa a las “prácticas” en el laboratorio escolar.

1. Actividades Experimentales y Evidencias de Aprendizaje

Generalmente las Actividades Experimentales (AE) de Física en diferentes escuelas, de diferentes niveles se ciñen al esquema “prácticas-laboratorio-informe”. Dicha dinámica, todos la conocemos de alguna manera: dado un tema en las clases de teoría se tiene una sesión en el laboratorio escolar en el cual desarrollar una “práctica” en la que se indican la lista de materiales e instrumentos de medición a emplear, un esquema de montaje del sistema a experimentar, y las mediciones a realizar, los datos obtenidos posteriormente se analizan a través de gráficas que ajusten los datos al modelo teórico, se dan observaciones al comportamiento presentado y las conclusiones que se puedan obtener de lo experimentado. Puesto así, no se ve que haya algo que atender en el contexto del aprendizaje de la Física.

Sin embargo, ya en la vida cotidiana, este esquema “tradicional” no motiva a la mayoría de los estudiantes y mucho menos les aporta elementos para que aprendan los conceptos teóricos. Muchos alumnos se sienten incómodos con este formato y sólo unos cuantos alumnos se interesan en el esquema experimental propuesto. La mayoría de los estudiantes ven esta dinámica de actividades y la redacción del informe como algo tedioso, aburrido, sin conexión con la realidad, sin trascendencia, algo que se hace para aprobar una materia, lo que trae como consecuencia que la gente no se “conecte” con los fenómenos que experimenta y por lo tanto no aprenda algo de la experimentación. De esta manera se desperdicia la riqueza de las AE en la enseñanza de la Física (Marušić, y Sliško, 2012).

Debido a esta situación, y sobre todo, pensando que la experimentación no es exclusiva del laboratorio escolar y que no toda la actividad experimental se debe centrar en la “comprobación de la teoría con el experimento”, se presentan 4 formas de experimentar que, en conjunto, permiten la atención a la diversidad de aprender.

Así, en base a las características de los 4 tipos estilos de aprendizaje, se pueden identificar 4 tipos de AE asociadas a 4 Evidencias de Aprendizaje (EA) que logran que los estudiantes se sientan más cómodos para realizar las actividades y asimilar mejor la información mediante el aprendizaje activo (Benegas, Perez de Landazábal, y Otero, 2012, Sokoloff y Thornton, 1998). Esto trae como principal efecto que los estudiantes retengan información conceptual al menos por 4 meses (duración de un curso de Física).

Las AE en Física se pueden agrupar en 4 tipos:

- 1) Práctica de laboratorio
- 2) Trabajo experimental fuera del ambiente escolar
- 3) Demostraciones experimentales (experimentos de Física recreativa); y
- 4) Diseño y construcción de prototipos.

Cada uno promueve el desarrollo de ciertas competencias por parte de los estudiantes y tienen diferentes características en su implementación.

Debido a que las AE son diversas se tiene la necesidad de proponer evidencias de aprendizaje (EA) que den cuenta sobre el trabajo realizado por parte de los estudiantes fuera del laboratorio. Las EA consideradas en este trabajo son cuatro: 1) Reporte escrito, 2) Exposición oral, 3) Video y 4) Cartel (poster o infograma).

1.1. Implementación de las AE

La implementación se llevó a cabo durante los ciclos de ENE-MAY 2013, AGO-DIC 2013, ENE-MAY 2014, AGO-DIC 2014, ENE-MAY 2015, AGO-DIC 2015, en grupos de Física I y Física II del primer año de tronco común para ingenierías de la Escuela de Diseño Arquitectura e Ingeniería (EDIA) en el Tecnológico de Monterrey, Campus Ciudad de México. Se estudiaron 12 grupos, 6 de Física I y 6 de Física II. Los grupos tuvieron 28 alumnos en promedio cuyas edades rondaban los 18 años, aproximadamente dos terceras partes fueron varones y la tercera parte mujeres.

A partir del temario y el syllabus de cada materia se diseñaron e implementaron varias AE con diferentes tipos de EA en diferentes combinaciones que se fueron probando varias veces, en los diferentes grupos; cada vez se fueron corrigiendo detalles de implementación y de evaluación conforme se aplicaba a un nuevo grupo y se fueron registrando las combinaciones que daban mejores resultados.

Para los resultados obtenidos se analizaron: 1) El registro de las observaciones de las evidencias presentadas, así como el comportamiento y la actitud de los estudiantes hacia cada tipo de trabajo experimental; 2) Las respuestas a las preguntas de teoría en los exámenes parciales y finales a los estudiantes respecto a hechos obtenidos en las AE y 3) La aplicación de encuestas de percepción a los estudiantes para conocer sus opiniones en torno a la manera del trabajo realizado.

Después de hacer diferentes pruebas y ajustes a las actividades las combinaciones que mejores resultados se obtuvieron, reflejados en mayor número de respuestas correctas en preguntas de respuesta libre en los exámenes y en el manejo de los conceptos en los productos entregados fueron: Práctica de laboratorio- Reporte escrito; Trabajo experimental fuera del laboratorio – Exposición oral; Demostraciones experimentales – Video; Prototipo- Poster. A continuación, se describen las características de estos binomios didácticos.

1.1.1. Práctica de laboratorio- Reporte escrito.

Esta dinámica retoma el esquema de prácticas-laboratorio-informe, pero ahora como una opción de trabajo experimental y ya no como la única. Se lleva a cabo de la forma en que ya se comentó anteriormente. Este esquema es valioso en sí porque promueve procesos sistemáticos de experimentación, medición y análisis; que es la esencia formal de la experimentación y a los que ciertos estudiantes son más afines, pero no la mayoría.

En el trabajo experimental dentro del laboratorio escolar, el profesor constata de manera presencial el trabajo realizado por los estudiantes, evalúa en “tiempo real” el desempeño del equipo y se da cuenta directamente de los problemas técnicos que se les presenta a los estudiantes, además detecta a alumnos que se involucran en el trabajo y quiénes no. Así, el reporte escrito es una manera formal de expresar al profesor, lo sucedido en la sesión, centrando su evaluación en los comentarios, la presentación de los resultados y la manera en cómo se interpretan, además de la redacción y la ortografía.

Redactar un informe experimental es una tarea ardua, los estudiantes lo saben y por eso en muchos casos, un integrante redacta solo todo el documento ó el texto es dividido para que cada integrante escriba una parte del todo; es por ello que el reporte escrito no refleja con claridad lo aprendido por el equipo de trabajo. Como en cierta manera el modo de trabajar en el laboratorio y el reporte son tareas más sistemáticas, ordenadas, y en el que la comprobación del modelo teórico se debe cumplir, se adecúa más al estilo de aprendizaje II.

1.1.2. Trabajo experimental fuera del ambiente escolar – Exposición oral.

Una actividad experimental fuera de la escuela implica que ya no se tienen las condiciones ideales del montaje experimental y tampoco los aparatos de medición precisos, por ello se tienen que realizar estrategias diferentes para identificar fenómenos físicos y hacer mediciones de alguna manera para dar cuenta de un fenómeno. Así, el objetivo principal de este tipo de AE es la comprensión

conceptual de un comportamiento físico o de un fenómeno ubicado en un contexto cotidiano.

Algunos ejemplos de este tipo de actividades implementadas son: determinar el coeficiente de fricción cinética de un auto que se mueva inicialmente a 60 km/hr y se frene bruscamente; calcular la energía cinética y potencial de un carrito en una montaña rusa; comprobar si los choques entre bolas de billar son elásticos o no o medir el nivel sonoro de diferentes lugares en la ciudad.

En este tipo de actividades, como el profesor no está presente físicamente en lo que los estudiantes hacen, es mejor que haya constancia del trabajo realizado a través de fotos y videos (en la que se viera a todos los integrantes del equipo), mediciones usando app's de dispositivos móviles, estimaciones como modo de cuantificación y comentarios sobre los imprevistos. Así, la exposición oral permite evidenciar directamente lo realizado y, a través del lenguaje que usan los estudiantes, percibir el nivel en el que están manejando los conceptos, cómo interpretan los datos obtenidos y las pruebas con lo que sustentan sus argumentos; así la exposición se convierte de cierto modo en un pequeño "examen oral".

Esta manera un poco más libre de experimentar, que implica ir a escenarios de aprendizaje fuera del entorno escolar en grupos de compañeros, da pie a que los integrantes puedan establecer mayores lazos afectivos, lo que les permite generar un contexto emotivo apto para los recuerdos de mediano y largo plazo; características que son más cercanas al estilo de aprendizaje tipo I.

1.1.3. Demostraciones experimentales – Video.

Las demostraciones experimentales son pequeños experimentos que generalmente se ubican en el contexto de la divulgación científica. En el ámbito de la educación formal las demostraciones pueden servir para introducir conceptos o bien, para comprobar conceptos. Para este trabajo, las demostraciones tienen la

virtud de que pueden ser reproducidas con facilidad por los estudiantes y con ello propiciar la interacción directa de los alumnos con los fenómenos físicos.

La implementación cómo se llevó a cabo tiene dos momentos. El primer momento se lleva a cabo en el aula o en el laboratorio escolar, en donde el profesor realiza las demostraciones con la estrategia propuesta por Sokoloff con las Clases Demostrativas Interactivas (Sokoloff y Thornton, 2004): El profesor presenta un reto experimental con algunos objetos que ponen a la vista de los estudiantes, los estudiantes anotan su predicción, luego comentan entre pares sus propuestas solución, posteriormente el profesor realiza el experimento frente al grupo y finalmente se construye entre todos una explicación a lo ocurrido; aquí la variante es que en una sesión se realizan varias demostraciones relacionadas con el tema.

El segundo momento es que, al final de la sesión, se les deja de tarea a los estudiantes que, reunidos por equipos, las reproduzcan, se videograben haciéndolas y den la explicación. De esta manera las demostraciones experimentales presentan un doble estímulo para los estudiantes primero al presenciarlos en el salón de clase con el profesor y después al realizarlos en casa.

Adicionalmente, los alumnos hacen diferentes esfuerzos cuando les toca hacer las demostraciones: conseguir los materiales necesarios, hacer el montaje y las pruebas necesarias hasta que finalmente se obtengan los resultados del profesor, explicarlas ante la cámara y finalmente realizar (filmar y editar) un video. Por ser actividades un tanto lúdicas, creativas y menos dirigidas, este tipo de actividades entran más en el gusto de quienes tienen el tipo de aprendizaje tipo IV.

1.1.4. Diseño y construcción de prototipo – Cartel.

El diseño y la construcción de un prototipo tiene la intención de que un artefacto funcione ante un reto y en el que se apliquen diferentes conceptos físicos. Generalmente en este tipo de actividades los conceptos físicos que se aplican tienen un menor papel respecto al trabajo técnico que implica la construcción de

un prototipo que sea eficaz: diseñar el prototipo, conseguir los materiales, tener un lugar de construcción, organizarse para ir teniendo avances en los tiempos establecidos, hacer las pruebas, ajustar, recomponer, y finalmente dar los acabados finales de calidad.

Algunos ejemplos de este tipo de AE que se les han propuesto a los alumnos para su construcción son: una catapulta que enceste 3 veces seguidas desde el punto de anotación en una cancha de basquetbol; un ensamble de copas con diferentes niveles de agua para interpretar una melodía haciendo vibrar las copas mediante fricción alrededor del borde; una lancha construida con botellas de PET de 2 lt que flote soportando el peso de los integrantes del equipo.

El principal mérito de este tipo de actividades prácticas es el logro de los objetivos por parte del artefacto, que motiva mucho a los participantes pues les satisface ver que lo propuesto al inició se cumplió. Este tipo de actividades implica mucho trabajo manual, por eso se les dan 4 semanas para que puedan hacer un proyecto de calidad.

En la evaluación de la actividad, además de que el prototipo en sí logre los objetivos, está el hecho de documentar el proceso de construcción. Es así que la realización del poster o infograma representa otro reto, porque se tiene que diseñar un documento predominantemente gráfico que sintetice los esfuerzos realizados y los resultados obtenidos. En una feria de ciencias es común ver este tipo de comunicación de resultados y de ver “en vivo” el funcionamiento de los aparatos. La construcción de prototipos en conjunto con la elaboración de un poster es más para el estilo de aprendizaje tipo III, porque se requiere personas dinámicas, emprendedoras, que planeen y que se ejecuten las actividades de acuerdo a lo planeado.

2. Resultados

2.1. Evaluaciones de los trabajos, exámenes escritos y encuestas.

En los grupos de Física en el Tecnológico de Monterrey, un profesor es asignado para revisar la teoría y otro profesor para el laboratorio. Para hacer este estudio se pidió a la directora del Departamento de Física y Matemáticas que facilitara la asignación para que un mismo profesor pudiera dar la teoría y al mismo tiempo fuera el responsable del laboratorio. Esto permitió una flexibilidad en la implementación en las actividades experimentales del grupo de modo que se fueran reforzando con los conceptos teóricos que se iban llevando en clase y hubiera una mejor integración de las actividades.

Las AE-EA se pidieron de tres maneras: 1) como proyectos en equipo con una ponderación alta en el contexto de una actividad bajo la técnica didáctica PBL (ABP, aprendizaje basada en problemas) para ser desarrollados en 4 semanas, 2) como tareas individuales de una semana a otra y 3) como “prácticas” en equipo para realizarse y entregarse dos 2 semanas después de dar las indicaciones.

Los informes escritos se revisaron que tuvieran el formato indicado (introducción, implementación, resultados, observaciones, conclusiones y referencias) y sobretodo el contenido de la presentación de los datos, las observaciones que pudieran dar al respecto y las conclusiones del comportamiento observado de los datos respecto al modelo comentado en clase. La mayoría siguieron con el “vicio” de separar las partes del informe e integrarlo, las observaciones y conclusiones en general tuvieron pobres argumentos y sólo se presentó un caso en el que hubo un plagio entre informes.

Las exposiciones orales fueron de 10 minutos y la mayoría se apoyó con una presentación en Power Point. Se les evaluó de manera oral acerca de la presentación en sí (diseño de la presentación y observaciones de la oratoria) y de los conceptos que explicaban, así como en algunas preguntas sobre las dificultades que tuvieron. Las imágenes presentadas o pequeños videos evidenciaban que había ido todos los integrantes del equipo al lugar que decían. La teoría expuesta se notaba sin fluidez y sin seguridad. Los equipos usan

diferentes app's y eso trae como consecuencia resultados diferentes. Abundaron en detalles y situaciones aparentemente sin importancia que se presentaron durante la convivencia del grupo a los lugares que fueron.

Los videos se realizaron siguiendo las sugerencias de un texto guía que se les proporcionó a los estudiantes y se evaluaron en relación una lista de cotejo diseñada para cada actividad. Al final de cada video se les dejo como optativo que pusieran una sección breve de *bloopers* o escenas con humor, en las cuales es notoria la convivencia de los integrantes que estuvieron presentes realizando el video. Se dejaron dos veces esta estrategia, la primera vez, la evaluó el profesor y la segunda vez fue una co-evaluación entre equipos. La lista de cotejo en ambos casos fue la misma y las calificaciones reportadas por los alumnos a sus compañeros no diferían significativamente.

Los carteles y los prototipos se evaluaron siguiendo una rúbrica diseñada por el profesor con los aspectos a evaluar y los niveles de logro. También se les dio a los estudiantes una guía general de los aspectos que lleva un poster con efectos de comunicación técnica-científica; así, de antemano los estudiantes saben qué se les va a evaluar y pueden inclusive autoevaluarse. Esta estrategia de aprendizaje se dejó dos veces en el curso, en la primera vez los infogramas carecían de calidad gráfica y se les hicieron observaciones a todos los posters expuestos al mismo tiempo de manera comparativa para que pudieran observar lo que habría que corregir en cada uno para que mejoraran para próximas oportunidades.

En el Tecnológico de Monterrey se realizan dos evaluaciones parciales y una final sumativa. Los exámenes parciales constan de 3 ejercicios en el que los estudiantes emplean los modelos teóricos y estrategias algebraicas para llegar al resultado y 5 preguntas de opción múltiple; para efectos de la investigación, algunas preguntas se redactaron de modo que tuvieran relación a las AE-EA y que los alumnos dieran la respuesta de manera libre. El examen final son 6 ejercicios de los temas más importantes del curso y 5 preguntas de formato similar a las de

los parciales; en este último examen se incluyeron también preguntas relacionadas con las AE-EA realizadas a lo largo del curso.

En la mayoría de las respuestas, se contestaba de manera correcta los principios físicos implícitos de las AE y abundan en detalles técnicos que recuerdan con facilidad; lo que se atribuye a las experiencias vividas de primera mano. De las preguntas que tenían que ver con las prácticas del laboratorio, sólo pocos respondieron con tanta extensión en las respuestas inclusive varias de estas fueron incorrectas. Lo más relevante es que en el examen final se les preguntaron asuntos de actividades que se vieron muy al principio del curso, y las respuestas fueron correctas y con detalles de lo vivido; pasaron cuatro meses entre aquello experimentado y la pregunta del examen, lo que da cuenta que retuvieron la información en ese lapso.

Como un elemento adicional en el estudio, que ya no tenía relación con la evaluación ni con calificaciones, se les pidió a los alumnos que contestaran una encuesta al final del curso para que dieran su opinión sobre las tres actividades que más les gustaron y por qué, aquellas en las que consideraron que aprendieron algo, sugerencias y opiniones libres.

Las preferencias de AE-EA fueron diversas, pero sobresalen aquellas que fueron realizadas fuera del laboratorio escolar, de hecho las prácticas en el laboratorio tuvieron muy pocas menciones. Los calificativos generalizados de las actividades que más les gustaron es que no fueron tediosas, ni aburridas y que estuvieron conectadas con asuntos prácticos de la vida cotidiana.

La estrategia preferida por los alumnos fue la de demostraciones-video, ya que les permitió encontrar una forma de expresión en el que desarrollan su creatividad. Y aunque el trabajo de planeación de la filmación y la posterior edición del video es arduo, ningún equipo se queja de la carga de trabajo que implica realizar un video. Esta estrategia es valiosa también para el profesor porque evidencia el nivel que tienen los estudiantes en el manejo de los conceptos, ya que mediante el lenguaje

(en su mayoría de manera espontánea) se nota, incluso cuando está ensayado o los integrantes del equipo están leyendo a cuadro. Un detalle curioso es que ningún alumno ha tomado un curso para hacer videos o manejo de editor de videos y obviamente tampoco tuvieron alguna capacitación previa formal para el uso de app's. Además, un video es igual a otro, por lo que es una EA eficaz contra la falsificación.

El trabajo experimental fuera del ambiente escolar y el diseño de prototipos también tuvieron buena aceptación de acuerdo a los resultados de las encuestas. La actividad que muy poco aparece mencionada es la que se realiza en el laboratorio escolar.

Cabe señalar que el trabajo colaborativo es una componente muy importante y vital en las estrategias implementadas y es además una habilidad que se fomenta mucho en el Tecnológico de Monterrey. Pero el desarrollar la responsabilidad para el trabajo colaborativo no está exento de dificultades. En todos los casos de implementación hubo cambios en la composición de los equipos, porque la gente que se queja de que los compañeros no cumplen sus responsabilidades y terminan haciendo el trabajo solos. Hay equipos de trabajo de los que se establecen al inicio del curso que cambian de integrantes y en los trabajos finales ya son otros miembros. Esta dinámica entre estudiantes hace que se agrupen entre sí aquellos con buen desempeño y a su vez se agrupen entre sí los de desempeño deficiente.

Es importante señalar esta situación porque a veces los resultados de las EA para efectos de evaluación no dan cuenta de un trabajo equitativo de los estudiantes, lo cual sucede sobre todo al principio del curso. Al final del curso, con el reacomodo de equipos, la gente está más integrada y las EA son de mejor calidad; inclusive de los equipos con integrantes que tuvieron mal desempeño al principio del curso.

La preferencia de los alumnos por ciertas estrategias AE-EA y la rotación de alumnos en los equipos nos lleva a identificar un aspecto que no se toma en

cuenta en muchos trabajos reportados en la literatura sobre secuencias didácticas y estrategias de aprendizaje activo en el aprendizaje de la Física: los alumnos son aún adolescentes y por lo tanto la parte de la convivencia, las emociones, los sentimientos, la empatía y los lazos afectivos son de mucha importancia para generar un contexto de aprendizaje adecuado a su edad; requerimientos emocionales que son diferentes al ambiente de aprendizaje que pudieran requerir los niños de preescolar o la educación para adultos.

2.2. AE-EA en el clico de aprendizaje 4MAT.

Analizando los resultados de las combinaciones AE-EA, es posible identificar que cada tipo de binomio didáctico desarrolla ciertas competencias. Ver Tabla 2.

Tabla 2. Desarrollo de habilidades procedimentales, actitudes y vales de cada binomio didáctico AE-EA

Binomio didáctico AE-EA	Habilidades procedimentales	Actitudes y valores
Demostraciones experimentales – Video	<ul style="list-style-type: none"> - Trabajo técnico - Trabajo colaborativo - Comunicación audiovisual 	<ul style="list-style-type: none"> - Creatividad - Pensamiento crítico - Honestidad
Práctica de laboratorio - Informe escrito	<ul style="list-style-type: none"> - Medición con precisión - Manejo matemático de datos - Interpretación de gráficas - Comunicación escrita 	<ul style="list-style-type: none"> - Trabajo sistemático, disciplinado y ordenado - Responsabilidad - Precisión
Trabajo experimental fuera del ambiente escolar – Exposición oral	<ul style="list-style-type: none"> - Realización de estimaciones de magnitudes físicas - Medición aproximada e indirecta - Comunicación oral 	<ul style="list-style-type: none"> - Empatía - Solidaridad - Camaradería
Diseño y construcción de prototipo – Cartel	<ul style="list-style-type: none"> - Habilidad en el uso de herramientas y materiales - Organización - Comunicación gráfica 	<ul style="list-style-type: none"> - Tolerancia - Respeto - Innovación - Compromiso - Autoestima

El desarrollo de valores y actitudes en una competencia es difícil de evaluar con un instrumento concreto, ya que su adquisición es un proceso que se va

construyendo paulatinamente. Las AE-EA si bien no son estrategias para cuantificar directamente la adquisición de valores y actitudes, vemos que si esos valores no se desarrollan simplemente las EA tienen deficiencias. Se vio en muchas ocasiones que, si los miembros del equipo no tenían compromiso o tolerancia con sus compañeros, el trabajo entregado tenía muy baja calificación, de ahí la molestia de los alumnos que comentaban que querían cambiarse de equipo e integrarse a los que “sí trabajaban”. En cambio, aquellos que lograron las actitudes y valores tenían mejor desempeño y entregaban mejores resultados.

Una vez que se identifican los propósitos, características de implementación y el tipo de competencias que desarrollan cada binomio didáctico AE-EA, se puede ver que son actividades complementarias y sobretodo que atienden a la diversidad de estilos de aprendizaje de los estudiantes que puede haber en un grupo.

Por ello que es posible empatar los 4 estilos de aprendizaje de Kolb con las 4 formas de realizar actividades experimentales y sus 4 evidencias de aprendizaje en un ciclo de aprendizaje 4MAT, ver Figura 4: Primero haciendo una actividad lúdica introductoria, que llame la atención y motive a los estudiantes (demostraciones experimentales), luego ir a experimentar en un contexto formal (práctica de laboratorio), después hacer una actividad en un contexto más cercano a la vida cotidiana (trabajo experimental fuera del ambiente escolar), y finalmente una aplicación práctica (diseño y construcción de prototipos).



Figura 4. Ciclo de aprendizaje con Actividades Experimentales y evidencias para los 4 estilos del 4MAT

Cabe mencionar que, si bien cada individuo tiene una preferencia hacia un estilo, no significa que así sea todo el tiempo y en todos los temas en los que aprende. Más bien son las condiciones del contexto de la actividad y del grupo de trabajo con el que se rodea, los que conducirán a la persona a desarrollar un estilo u otro. Esto se observó en varias ocasiones durante la implementación: en un tipo de actividades una persona lideraba al equipo de trabajo, pero en otro tipo de actividad era receptivo o simplemente ayudante, su nivel de involucramiento variaba respecto a la tarea a desarrollar.

La experiencia obtenida también proporcionó pautas para una implementación eficaz:

- 1) Un solo tipo de actividades experimentales y un solo tipo de evidencia de aprendizaje conduce al tedio, por más interesante y emocionante que pueda ser al principio. Lo mejor es proponer diferentes tipos de actividades durante el semestre para que los estudiantes asimilen mejor ciertos temas en una forma u otra de acuerdo a su estilo de aprendizaje
- 2) Es deseable que, en la medida de lo posible, los estudiantes pudieran tener 3 experiencias de cada tipo de AE-EA. La primera vez para observar los errores que se comenten principalmente en el formato y corregir para una siguiente ocasión, la segunda para monitorear si se atendieron las recomendaciones y hacer más énfasis en el contenido y la tercera vez para verificar que la evidencia de aprendizaje sea un producto de calidad
- 3) Lo ideal es que se pudiera tener AE-EA en un ciclo de aprendizaje como el planteado en la Fig. 4. para los temas principales del curso. De antemano se antoja un poco difícil debido a la carga excesiva en los temarios de los cursos, los tiempos que se dispone en un curso, el número de estudiantes

en un grupo y por la carga de trabajo de otras materias que tienen los estudiantes

La premisa subyacente en el aprendizaje activo no es sólo que los alumnos realicen actividades tipo *hand on*, sino que tengan diversidad de actividades afines a su forma de asimilar y procesar la información que les permita allegarse de estímulos y de experiencias e ir integrando y comprendiendo los conceptos.

3. Conclusión

La actividad experimental no es exclusiva del laboratorio escolar ni el reporte escrito es la única evidencia de aprendizaje para comunicar un aprendizaje. Existen otro tipo de AE y EA que se pueden realizar. En general se pueden identificar 4 tipos de AE-EA: 1) Práctica de laboratorio, 2) Trabajo experimental fuera del ambiente escolar, 3) Demostraciones experimentales y 4) Diseño y construcción de prototipos.

Cada combinación AE-EA promueve diferentes competencias en los estudiantes y estas pueden empatar en los estilos de aprendizaje de Kolb y a su vez adecuarse en un ciclo de aprendizaje 4MAT de McCarthy.

La forma en la implementación de las AE-EA es importante para que realmente se desarrollen las habilidades procedimentales, actitudes y valores sociales mencionados.

Las actividades en las que se promueve la convivencia de los estudiantes en un ambiente fuera de la escuela ayudan a formar recuerdos compartidos que se pueden recuperar en un mediano plazo. La componente emotiva en los procesos educativos es importante en alumnos adolescentes y los ayuda a un mejor desempeño académico.

Las estrategias AE-EA ayudan a la recuperación de conceptos de Física mediante la relación con los recuerdos de las experiencias vividas al menos durante el lapso de un curso.

Las AE-EA que se implementaron en este estudio fueron para evidenciar que hay alternativas para el trabajo experimental y que cada forma de experimentar desarrollar determinadas habilidades, actitudes y valores. Queda por determinar en un siguiente estudio el efecto de aplicar estas AE-EA en ciclos de aprendizaje de manera sistemática durante un curso. Para ello se tendría que hacer una planeación diferente a los cursos que se tienen y organizar de otro modo los contenidos para que puedan ajustarse a determinado número de ciclos de aprendizaje.

Agradecimientos

A la Dra. Linda Medina, directora del Dpto. de Física, Matemáticas y Ciencias Básicas de la EDIA en el Campus Ciudad de México, del Tecnológico de Monterrey, las facilidades para la implementación de este tipo de actividades en los semestres en que se desarrolló el trabajo.

Referencias

- Artamonova, Irina, Ramírez, Mario y Mosquera, Julio. (2014). Resultados cuantitativos de la aplicación del Sistema 4MAT en Mecánica en la Universidad del Quindío. *Latin American Journal on Physics Education*, Vol. 8, No. 4, 4511-1-8.
- Benegas, J., Pérez de Landazábal, M. y Otero, J. (2010). Estudio de casos: conocimientos físicos de los estudiantes cuando terminan la escuela secundaria: una advertencia y algunas alternativas. *RMF-E*, 56(1), 12.
- Chavéz, E. y Ramírez, M. (2010). Introducción del Sistema 4MAT de estilos de aprendizaje para la práctica innovadora en la enseñanza de ciencias, caso universidad autónoma del estado de Hidalgo, México. *Revista Estilos de Aprendizaje*, N.6, Vol 6, 1-18.
- Kolb, David. (1984). *Experiential Learning: Experience as the source of Learning and Development*. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall.

- Marušić, M. y Sliško, J. (2012). Increasing the attractiveness of school physics: the effects of two different designs of physics learning. *RMF-E* 58(1),75.
- McCarthy, B. y McCarthy, D. (2006). *Teaching Around 4MAT Cycle: Designing Instruction for Diverse Learners With Diverse Learning Styles*. Thousand Oaks, California, Corwin Press.
- Najera, C. (2015). Estudio del grado de motivación para el aprendizaje de principios de la termodinámica utilizando el Sistema 4MAT de estilos de aprendizaje. *Revista de Enseñanza de la Física*. Vol. 27, No. 2, 7-18.
- Ramírez, M. (2010). Aplicación del sistema 4MAT en la enseñanza de la física a nivel universitario. *RMF-E*, 56 (1), 29-40.
- Rodríguez-Llerena, D y Llovera-González, J. (2014). Estrategias de enseñanza en el laboratorio docente de Física para estudiantes de ingeniería. *Latin American Journal on Physics Education*. Vol. 8, No. 4, 4504-1-8.
- Rosado, C. y Guzmán, D. (2012). The 4MAT system applied to a blended-learning scenario. *Latin American Journal on Physics Education*. Vol. 6, Suppl. I, 275-279.
- Ruíz-Mendoza, J. y Ramírez, M. (2015). Vinculo de la teoría con la práctica para la comprensión de la Óptica Geométrica en el Nivel Superior en las escuelas de Ingeniería de la UANL a partir del Modelo por Competencias. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, V. 32, No. 2, 498-516.
- Sokoloff, D. y Thornton, R. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula. *Am. J. Phys.* 66, 338-352.
- Sokoloff, D. y Thornton, R. (2004). *Interactive Lecture Demonstrations, Active Learning in Introductory Physics*. John Wiley & Sons, Inc.

Received: May, 20, 2017
Approved: Aug, 23, 2017