

Aplicación del sistema 4MAT apoyado en las simulaciones PhET para el desarrollo de competencias científicas empleando como eje de aprendizaje el tema de ondas



R. H. Albarracín Balaguera^{1,2}, M. H. Ramírez Díaz²

¹Rodolfo Llinás IED, SED Bogotá, Cr 103 D No.86A 98. Bogotá, Colombia.

²Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Institución Universitaria Politécnica Gran Colombiano, Cl 3 No.57 -00 Este, Bogotá, Colombia.

³Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional, Av. Legaria 694, Ciudad de México.

E-mail: htoab19@gmail.com

(Recibido el 22 de enero de 2017, aceptado el 17 de septiembre de 2017)

Resumen

En este trabajo se presenta los resultados de la aplicación del sistema 4MAT introduciendo las simulaciones PhET con encuadre en el marco teórico del modelo TPACK como propuesta para el desarrollo de competencias científicas, caso ondas mecánicas. El trabajo se ha implementado con estudiantes de grado undécimo del Colegio Rodolfo Llinás IED de Bogotá, Colombia. El análisis muestra que al incorporar esta metodología en el ejercicio de las clases, el modelo TPACK beneficia el proceso de enseñanza y los experimentos virtuales PhET al ser introducidos en el ciclo de ocho pasos del sistema 4MAT permiten una mejor comprensión y favorecen el desarrollo de las competencias científicas en los estudiantes. La evaluación por competencias del proceso de enseñanza-aprendizaje se realizó utilizando el portafolio de evidencias y las rúbricas de desempeño para el ciclo de aprendizaje.

Palabras clave: Palabras Clave: Sistema 4MAT, desarrollo de competencias, proceso de enseñanza, ciclo de ocho pasos, ondas mecánicas, simulaciones PhET, modelo TPACK, evaluación.

Abstract

This paper presents the results of the application of the 4MAT system by introducing PhET simulations within the theoretical framework of the TPACK model as a proposal for the development of scientific competences, such as mechanical waves. The work has been implemented with eleventh grade students from the Rodolfo Llinás IED School in Bogotá, Colombia. The analysis shows that by incorporating this methodology in class exercises, the TPACK model benefits the teaching process and the virtual experiments PhET to be introduced in the cycle of eight steps of the 4MAT system allow a better understanding and favor the development of Scientific competences in students. The competency evaluation of the teaching-learning process was carried out using the portfolio of evidence and the performance rubrics for the learning cycle.

Keywords: 4MAT system, competence development, teaching process, eight-step cycle, mechanical waves, PhET simulations, TPACK model, evaluation.

PACS: 01.40.Fk; 01.40.gb; 01.30.la

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Existen unas problemáticas bien marcadas en la enseñanza de la física, a tal punto que en las aulas se ha generado una separación de ese vínculo indisoluble entre la teoría y la experimentación. El ejercicio del diario de clase se centra en una educación tradicional, en la que un experto (el docente) imparte un conjunto de conocimiento en forma magistral sin tener prácticamente interacción con los estudiantes y de estos con la experimentación. De ahí que la física se convierta en una de las disciplinas de mayor

dificultad en su comprensión y redonde en bajos índices de aprobación por parte de los estudiantes [1].

La necesidad de cambiar esta forma de hacer llegar el conocimiento científico, y en particular el de la física, a todos los estudiantes y que la experimentación sea parte fundamental del diario de clase, ha llevado a los diferentes investigadores en pedagogía de las ciencias a buscar nuevas formas de impartir las clases. En torno a esta línea de investigación en pedagogía, desde hace ya varias décadas se ha generado un creciente uso de los computadores personales y diferentes tipos de dispositivos móviles (Tablet, teléfonos celulares) en los

establecimientos educativos. Esta clase de dispositivos y sus usos han abierto un espectro de posibles usos en la educación, generándose una corriente en este campo que ha venido creciendo como una verdadera herramienta para el futuro desarrollo de las clases, bien sean estas presenciales, virtuales o su combinación y permita dar soluciones reales para los docentes en el aula empleando los llamados e-laboratorios como uno de los recursos e-learning más interesantes [2].

Un marco teórico que busca identificar aspectos fundamentales del conocimiento que los profesores necesitan para la integración de la tecnología en el aula es el modelo TPACK, el cual sostiene que un uso adecuado de la tecnología en la enseñanza requiere del desarrollo de un conocimiento complejo y contextualizado que denominan Conocimiento tecnológico pedagógico disciplinar (TPACK es acrónimo para Technological Pedagogical Content Knowledge) [3].

Desde este modelo TPACK se plantea en este trabajo la incorporación del conocimiento pedagógico, el conocimiento disciplinar y el conocimiento tecnológico y su interrelación, para el desarrollo de una metodología que permita la comprensión de la física con la siguiente ruta: el conocimiento pedagógico se desarrolla en un ciclo de aprendizaje fundamentado en el sistema 4MAT, que fue desarrollado sobre la base del constructivismo, es un método de enseñanza propuesto por Bernice McCarthy [4]. El método de enseñanza 4MAT afirma que cada alumno(a) tiene su propio estilo de aprendizaje y debido a este hecho el entorno de enseñanza debe ser diseñado para ser capaz de satisfacer los estilos de aprendizaje y su dominancia cerebral. McCarthy clasificó los estilos de aprendizaje en cuatro: los alumnos imaginativos, los alumnos analíticos, los alumnos de sentido común y los alumnos dinámicos [5].

En el conocimiento tecnológico se utilizan los laboratorios virtuales PhET (acrónimo para Physics Education Technology) diseñados por la Universidad de Colorado¹. El proyecto PhET se basa en la investigación existente de cómo los estudiantes aprenden, sus dificultades conceptuales, los conceptos erróneos y en la investigación en tecnologías educativas. Los programas PhET están específicamente diseñados para involucrar a los estudiantes en el Aprendizaje Activo [6] y proporcionar un ambiente intuitivo en el que pueden construir una comprensión conceptual sólida de la física a través de la exploración [7, 8].

En el conocimiento disciplinar de la física, se aborda el tema de las ondas mecánicas, ya que vincula el contenido específico de la física mecánica (cinemática, dinámica y energía) el cual permite comprender el comportamiento de las ondas sonoras y electromagnéticas como parte fundamental del desarrollo académico de los estudiantes en física. Este entendimiento le permitirá dar respuesta a diversos interrogantes que surgen del diario vivir tales como: qué son las mareas, Tsumanis, el eco, las notas musicales, temblores, terremotos; así como sus aplicaciones

en las diferentes ramas del conocimiento (ingeniería, arquitectura, medicina, música, geología). Desde el punto de vista pedagógico, a pesar de existir diferentes trabajos sobre enseñanza de las ondas, de las ondas sonoras y de las ondas mecánicas [9, 10], no se encuentra reportes oficiales de la aplicación del sistema 4MAT en la enseñanza del tema, lo que hace de este contenido un campo rico en posibilidades didácticas para mejorar su aprendizaje.

En la implementación del sistema 4MAT se han reportado diferentes estudios que muestran su efectividad al aplicarse directamente a estudiantes de bachillerato en diferentes asignaturas del contenido curricular [11]. Estas ventajas presentadas al aplicar el sistema 4MAT en diferentes ramas del conocimiento y los resultados específicos encontrados en la enseñanza de la física [12, 1], pero en los que no se enfatiza en la evaluación, hacen indispensable diseñar un tipo de evaluación que permita verificar el nivel de desarrollo de las competencias científicas adquiridas o fortalecidas por los estudiantes. Para esto se plantea la utilización del portafolio de clase y las rúbricas como mecanismo que permiten la autoevaluación, la coevaluación y la heteroevaluación en cada uno de los diferentes momentos del ciclo de aprendizaje.

A. Principios teóricos

A continuación, se sintetizan los principios teóricos que dan sustento a la propuesta de enseñanza-aprendizaje. Se comienza con el modelo TPACK como encuadre de la estrategia de enseñanza, en segundo lugar, el sistema 4MAT que da soporte a la estrategia de aprendizaje y las simulaciones PhET que proveen el apoyo a la estrategia didáctica del ciclo de aprendizaje de ocho pasos y por último la evaluación por competencias como parte fundamental de la investigación.

B. El modelo TPACK

En este modelo, Figura 1, hay tres componentes principales de los conocimientos de los profesores: el contenido, la pedagogía y la tecnología. Igualmente, importante para el modelo son las interacciones entre dos o más de estos cuerpos de conocimiento, representados como PCK (conocimiento pedagógico del contenido), TCK (conocimiento del contenido tecnológico), TPK (conocimiento pedagógico tecnológico), lo que lleva a la interacción de los tres componentes en el modelo TPACK.

La noción de *Conocimiento Tecnológico Pedagógico Disciplinar* (TPACK) surgió formalmente en la literatura de la revista de educación [13]. Desde 2005, TPACK ha sido un foco creciente de la investigación, especialmente entre los formadores de docentes que trabajan o interesados en el campo de la *tecnología educativa* [14]. Este modelo de enseñanza busca identificar los conocimientos que deben tener los docentes para integrar la tecnología a las clases [3]. Numerosos estudios muestran que TPACK se ha

¹ <https://phet.colorado.edu/es/>

convertido en Norte América y países como Turquía y Tailandia en uno de los modelos de mayor investigación educativa para la formación del profesorado que aspira a ingresar a la educación [14]. En Tailandia se han adelantado estudios que permiten ver el papel del TPACK en el aula de Física: Estudios de casos de profesores de Física de Preservación [15].

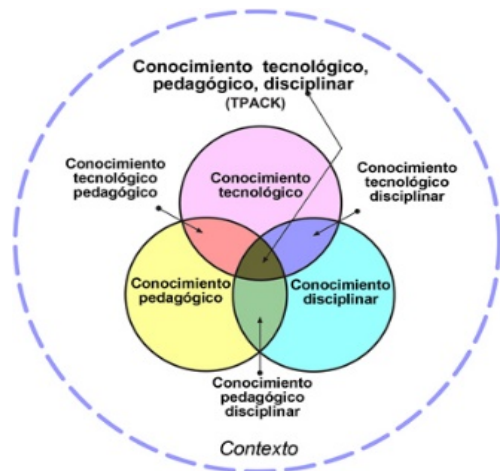


FIGURA 1. Descripción del proceso de enseñanza-aprendizaje según el modelo teórico del TPACK.

C. El sistema 4MAT

El sistema 4MAT según Bernice McCarthy es un modelo de enseñanza que combina los principios fundamentales de varias teorías de desarrollo personal con la investigación actual sobre el funcionamiento del cerebro humano y el aprendizaje. El sistema 4MAT de McCarthy [16] aplica los principios de estas teorías para proporcionar a los maestros con una estructura que permite la planificación de experiencias de aprendizaje significativas para todos los "estilos de aprendizaje" de los alumnos. El sistema 4MAT profundiza la experiencia de aprendizaje mediante la participación de los alumnos en diversos conjuntos de actividades que ponen a prueba su comprensión. Este sistema se resume en un modelo de ocho pasos, figura 2.

El sistema 4MAT es un modelo de enseñanza-aprendizaje abierto que abarca estrategias que apelan a las diversas formas que los alumnos tienen al aprender. Este sistema de enseñanza requiere que los profesores salgan de la clase tradicional hacia el diseño de lecciones usando procesos de aprendizaje más activos y estrategias que generen reflexión. La premisa básica de 4MAT es que mientras los estudiantes prefieren diferentes partes del ciclo de 4MAT, de acuerdo con su propio estilo, todos necesitan pasar por los cuatro pasos principales al aprender cualquier cosa.

El objetivo específico de 4MAT es diseñar una enseñanza que ayuda a los estudiantes a: Construir su propio significado; crear representaciones de conocimiento valiosas y coherentes, vincular la información nueva con el conocimiento existente; involucrarse en un proceso activo



FIGURA 2. Modelo de ocho pasos del sistema 4MAT en el que se describen las características de los estudiantes según el hemisferio cerebral y las cuatro fases del aprendizaje de McCarthy.

que entrega oportunidades para la expresión personal, trabajo en equipo, discusiones, aplicaciones del conocimiento y representaciones personales y creativas; implicarse en el aprendizaje de manera crítica e incidir en éste; involucrarse más activamente en el proceso de aprendizaje; representar el conocimiento de muchas maneras. Bowers [12] mostró que el sistema 4MAT al ser aplicado como estrategia de aprendizaje de la física a nivel de bachillerato se obtienen buenos resultados en la apropiación de los saberes disciplinares siempre y cuando sea planteado a partir de un ciclo de aprendizaje [16].

D. The Physics Educational Technology, PhET.

Los avances alcanzados en el desarrollo del hardware y del software, como Flash, Java y el internet han proporcionado nuevas y grandes posibilidades en el campo de las animaciones, lo que brinda la posibilidad en la educación de aplicar las simulaciones interactivas como una nueva forma de transmitir ideas científicas e involucrar a los estudiantes en actividades educativas [17]. El proyecto PhET, The Physics Educational Technology, desarrollado con los aportes de grandes especialistas de la Universidad de Colorado, entre ellos se cuenta con Mike Dubson, Ron LeMaster, Noah Finkelstein, Sarah McKagan, Linda Koch, Patricia Loeblein, Chris Malley, John De Goes, Chris Keller, Mindy Gratny, Alex Adams, Danielle Harlow, y Noé Podolefsky, [7], es un trabajo desarrollado en Java o Flash, que se puede ejecutar en cualquier lugar del mundo en un navegador estándar, que se ha centrado en la producción de simulaciones altamente interactivas, con gráficos sofisticados que han implicado meses de pruebas y desarrollos.

El proyecto PhET se basa en la investigación existente de cómo los estudiantes aprenden, sus dificultades conceptuales, los conceptos erróneos y en la investigación en tecnologías educativas, buscando cumplir con tres

objetivos: mejorar el compromiso de aprendizaje por parte de los estudiantes, las creencias en torno al aprendizaje y el aprendizaje en sí mismo, desdibujando la división entre material elemental y avanzado permitiendo este ser utilizado en escuelas de bachillerato como a nivel universitario. Los programas PhET están específicamente diseñados para involucrar a los estudiantes en el aprendizaje activo y proporcionar un ambiente rico en los que pueden construir una comprensión conceptual sólida de la física a través de la exploración. Este proyecto ha desarrollado alrededor de 60 simulaciones, que cubre temas de las matemáticas, la química, la biología y en su mayor parte la física, con una amplia gama de contenidos desde la introducción a materiales en mecánica electromagnetismo, termodinámica, a temas avanzados como la mecánica cuántica, rayos láser y resonancia magnética. En la figura 3 se muestran algunas de las simulaciones con las que se pueden realizar los experimentos virtuales.



FIGURA 3. Algunos experimentos virtuales PhET: en su orden movimiento ondulatorio, reflexión y refracción de la luz, movimiento rectilíneo uniforme e inducción electromagnética.

El trabajo realizado por Finkelstein [7] presenta un conjunto de simulaciones por computador del proyecto Tecnología Física Educativa (PhET), identifica características de estas herramientas educativas, y demuestra su utilidad. Comparan el uso de simulaciones PhET con la utilización de los recursos más tradicionales de enseñanza en clase, laboratorio y los entornos informales de la física introductoria universitaria. En cada caso se demuestra que, bajo las condiciones adecuadas, las simulaciones son tan o más productivas que sus contrapartes tradicionales de educación, tales como libros de texto, demostraciones en vivo, e incluso equipos reales, en el desarrollo de la comprensión de los conceptos en los estudiantes que las realizaron. Según este grupo de trabajo, las simulaciones: 1) apoya un enfoque interactivo, 2) emplean retroalimentación dinámica, 3) se sigue un enfoque constructivista, 4) proporciona un lugar de trabajo

creativo, 5) hace explícitos los modelos de fenómenos que de otro modo inaccesibles.

E. Competencias y la evaluación

El enfoque educativo basado en competencias que se focaliza en la acción docente, el aprendizaje y la evaluación al integrar los conocimientos, los procesos cognitivos, las habilidades, los valores y las actitudes en el desempeño al enfrentar diversas situaciones o problemas [18].

Este enfoque ha motivado a los investigadores en la enseñanza de la física a realizar propuestas que permitan desarrollar en los estudiantes las diversas habilidades investigativas, destrezas comunicativas y tecnológicas [19]. Trabajos como “Desarrollar conceptos de física a través del trabajo experimental: evaluación de auxiliares didácticos” [20], “Física basada en competencias: una propuesta de articulación Universidad- Nivel Medio” [21], busca que los docentes tengamos una visión diferente a la tradicional de lo que significa la enseñanza-aprendizaje de la física y ha motivado a crear material de clase que apunta a este fin.

La evaluación por competencias ha motivado una transformación en la visión de lo que significa evaluar, implicando esta, un desafío para los docentes de todos los niveles de escolaridad [22]. Dado que los estándares han cambiado, ya que se busca mejorar los aspectos pedagógicos del proceso educativo, la evaluación debe ser considerada como un proceso de medición, acompañamiento y ajuste permanente de la enseñanza-aprendizaje que puede estar en el aula, en el trabajo o en cada una de las actividades cotidianas. Entonces la evaluación por competencias es considerada como la medición de capacidades, habilidades, destrezas, actitudes y valores del estudiante en un momento específico y en diversos ámbitos sociales [22, 18].

El docente ante el desafío que implica superar los modelos tradicionales de evaluación debe elaborar nuevas herramientas y estrategias hacia una metodología que incluya planeación, ejecución y seguimiento en actividades teóricas y prácticas, encaminadas a mejorar el proceso educativo. Los conjuntos de tales actividades deben responder a un plan de desarrollo en el que se deben cumplir una serie de objetivos individuales y/o grupales, ser sistemáticas, creativas y que parta de un diagnóstico que permita promover estrategias de enseñanza-aprendizaje y de evaluación, contribuya en forma asertiva en la adquisición y desarrollo del mayor número de competencias tanto genéricas como específicas del área de ciencias naturales [23].

La evaluación por competencias es una categoría didáctica en la cual es indispensable considerar los tiempos y los espacios que caracterizan un tema, una asignatura o un currículo, por lo que la enseñanza debe propiciar el análisis, la síntesis, la abstracción y la generalización que favorecen la formación de individuos autónomos. Para cumplir con estas demandas es necesario generar los mecanismos para evaluación auténtica, que permiten plantear una alternativa para la evaluación por competencias mediante el uso de herramientas como las rúbricas y los portafolios. En el

primer caso, las rúbricas, Pérez [24] establece que “La rúbrica es una herramienta de valoración usada para reflejar el grado de cumplimiento de una actividad o trabajo. Se presenta como una pauta o tabla de doble entrada que permite unir y relacionar criterios de evaluación, niveles de logro y descriptores”.

Díaz Barriga y Pérez [25] reconocen que “la entrada del discurso de las competencias en educación también ha resultado un factor clave que ha impulsado el interés por la evaluación mediante portafolios”.

Suárez [26] describe que “el Portafolio es un método de enseñanza, aprendizaje y evaluación que consiste en la aportación de producciones de diferente índole por parte del estudiante a través de las cuáles se pueden juzgar sus capacidades en el marco de una disciplina o materia de estudio. Estas producciones informan del proceso personal seguido por el estudiante, permitiéndole a él y los demás ver sus esfuerzos y logros, en relación a los objetivos de aprendizaje y criterios de evaluación establecidos previamente. El portafolio como modelo de enseñanza - aprendizaje, se fundamenta en la teoría de que la evaluación marca la forma cómo un estudiante se plantea su aprendizaje. El portafolio del estudiante responde a dos aspectos esenciales del proceso de enseñanza-aprendizaje, implica toda una metodología de trabajo y de estrategias didácticas en la interacción entre docente y discente; y, por otro lado, es un método de evaluación que permite unir y coordinar un conjunto de evidencias para emitir una valoración lo más ajustada a la realidad que es difícil de adquirir con otros instrumentos de evaluación más tradicionales que aportan una visión más fragmentada”

II. METODOLOGÍA

La investigación se centra en la aplicación del ciclo de aprendizaje 4MAT con encuadre en el modelo TPACK al introducir simulaciones PhET que permita mejorar el desarrollo de las competencias científicas empleando como eje de aprendizaje el tema de ondas mecánicas.

El estudio fue realizado en el colegio oficial distrital Rodolfo Llinás IED, cuya modalidad es la de bachillerato académico con intensificación en idioma extranjero (inglés). La institución educativa se encuentra ubicada en la localidad X de la ciudad de Bogotá (Colombia). El nivel socioeconómico de los estudiantes es medio y bajo. El plantel cuenta con tres laboratorios de cómputo equipados con un promedio de 20 computadoras cada uno, todos con acceso a internet y 33 tabletas para el uso en las clases. Aunado a esto, las bibliotecas del aula y del colegio cuentan con material bibliográfico suficiente para la consulta de los temas relacionados con los conceptos de física abordados. La implementación se realizó en los meses de julio-agosto del año 2016. El grupo estudio está compuesto por tres cursos de grado undécimo con un total de 102 estudiantes. Las edades están entre 16 y 17 años de comunidades urbanas cerca del plantel.

Se aplicó el test de estilos de aprendizaje (EA) y hemisfericidad cerebral (HC) a los tres cursos de estudiantes. El cuestionario EA 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. El cuestionario HE proporciona la tendencia sobre la hemisfericidad cerebral de los individuos (derecha o izquierda), consta de 11 reactivos, cada uno de los cuales tiene dos opciones. Se puede elegir una de las dos opciones, una tendrá un valor de -1 y la otra de +1, al sumar el resultado final si se tiene un resultado positivo muestra una tendencia a preferir el hemisferio derecho para procesar la información, mientras que, si se tiene un resultado negativo muestra una tendencia a preferir el hemisferio izquierdo.

Los estudiantes estilo uno corresponden al 18.6%, los estudiantes del estilo dos son el 25.3%, los de estilo tres el 29.4% y los del estilo cuatro el 26.5%. De acuerdo con la hemisfericidad se observa que hay un poco más de estudiantes con tendencia a la hemisfericidad derecha, siendo estos el 56.8% del total. La clasificación muestra que los grupos se reparten prácticamente de manera uniforme para los cuatro estilos de aprendizaje y la hemisfericidad cerebral (Anexos 1 y 2).

Los estudiantes se organizaron en grupos de trabajo de cuatro o cinco alumnos, los cuales fueron conformados en lo posible con estudiante de cada estilo de aprendizaje. El objetivo no se centra en estudiar cuál estilo de aprendizaje le es más favorable o que hemisferio es dominante en cada estudiante sino como ya se indicó en el desarrollo de competencias científicas.

El tipo de investigación se enmarca en la investigación cualitativa y para ello se realizó un seguimiento continuo de observación y registro cualitativos de las actividades desarrolladas por los estudiantes. Para este trabajo se emplean: la observación participante, la entrevista no estructurada, las entrevistas grupales, las encuestas cualitativas, realiza análisis a través de esquemas y categorías abiertas, la observación directa y participante y el registro fotográfico.

III. PROPUESTA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

La investigación se centra en la aplicación del ciclo de aprendizaje 4MAT con encuadre en el modelo TPACK al introducir simulaciones PhET que permita mejorar el desarrollo de las competencias científicas empleando como eje de aprendizaje el tema de ondas mecánicas en tres cursos de grado undécimo de la educación media del Colegio Rodolfo Llinás IED. El esquema de la figura 4, muestra el planteamiento realizado para llevar a cabo el ciclo de enseñanza-aprendizaje.

El esquema de la propuesta de enseñanza-aprendizaje establece tres momentos. En primer lugar, la estrategia de enseñanza la cual se basa en el modelo TPACK, que

contesta tres preguntas fundamentales: ¿Qué enseño?, ¿cómo enseño?, ¿con qué enseño? La segunda parte corresponde a la estrategia de aprendizaje para el desarrollo de competencias, que se fundamenta en los cuatro estilos de aprendizaje: imaginativos, analíticos, prácticos y dinámicos. Por último, la estrategia de evaluación por competencias con tres acciones y cuatro rúbricas que permiten hacer el seguimiento permanente de cada actividad realizada por el estudiante.

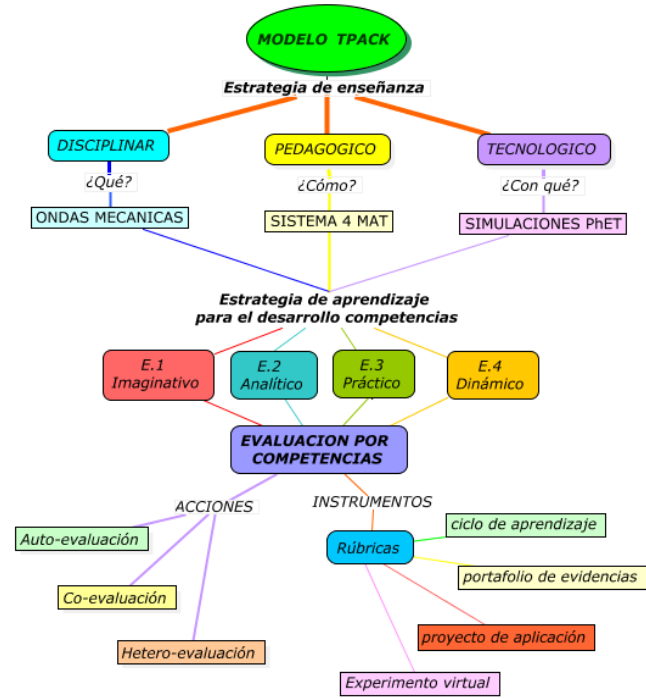


FIGURA 4. Modelo de estrategia de enseñanza-aprendizaje para el desarrollo de competencias.

A. Estrategia didáctica

El procedimiento seguido es el siguiente:

1. Definir los criterios generales de la estrategia en lo pedagógico, en lo tecnológico y lo disciplinar fundamentados en el modelo TPack.
2. Diseñar:
 - a. El ciclo de aprendizaje en el sistema 4MAT con eje de aprendizaje las ondas mecánicas (pedagógico).
 - b. Crear los talleres que permiten abordar los contenidos disciplinares desde las simulaciones PhET (tecnológico).
3. Para la aplicación de la estrategia didáctica, crean grupos de cuatro a cinco estudiantes. Estos se escogerán teniendo en cuenta los estilos de aprendizaje.

Para la implementación de la estrategia se seguirán los siguientes ocho pasos atendiendo a lo estipulado en el sistema 4MAT, figura 5.

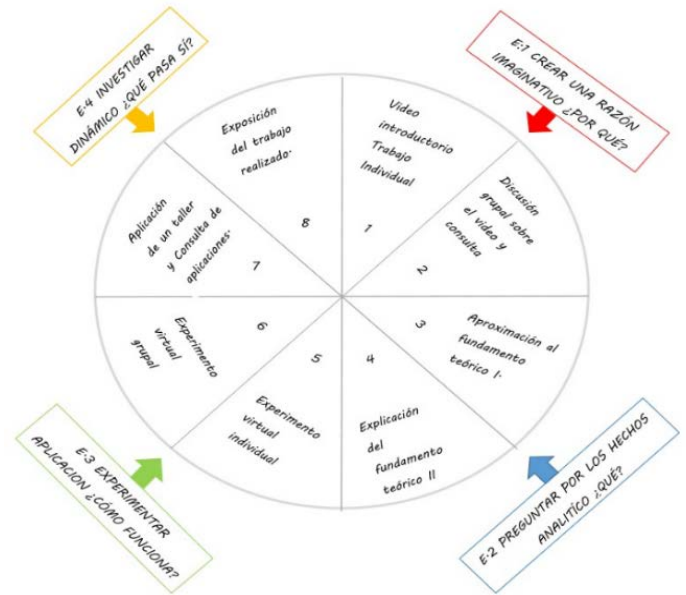


FIGURA 5. Estrategia didáctica basada en el ciclo de aprendizaje 4MAT. Se muestran los ocho pasos de la estrategia.

A continuación, se describen las características generales de cada actividad por cada estilo de aprendizaje del ciclo de 8 pasos.

ESTILO 1. Crear una razón.

Tiempo: 2 h de clase

El primer paso de la estrategia fue la presentación de tres videos, fragmento de la película impacto profundo; terremoto en Valparaíso Chile y la filmación del movimiento de vibración de las cuerdas de una guitarra vista desde el interior de la caja de resonancia, que relacionan la idea de onda y situaciones reales que pueden ser de la cotidianidad de los estudiantes. En forma individual realizaron preguntas sobre cada fenómeno que observarían.

Como segunda parte del primer estilo, se reunieron en los grupos de trabajo y discutieron sobre las preguntas que realizaron en el paso anterior. Como producto final, dieron respuesta a las preguntas planteadas en cada grupo realizando consulta en diferentes libros de física.

La actividad del docente se centró en la observación, análisis y evaluación del trabajo de los estudiantes.

La actividad de los estudiantes se dirigió a observar, generar preguntas, indagar y dar hipótesis (posibles respuestas).

ESTILO 2. Preguntar por los hechos.

Tiempo: 4 h de clase

En los pasos tres y cuatro, luego de realizar una revisión del trabajo desarrollado por los estudiantes en los dos primeros pasos del ciclo, se realizó la discusión de los temas que se

deben abordar para poder dar solución a los interrogantes planteados por los grupos de trabajo.

La actividad del estudiante se centró en la adquisición del conocimiento desde la formulación teórica dada por el docente.

En este paso, el trabajo del docente se centró en la explicación y profundización teórica con el propósito de enriquecer el trabajo desarrollado por los estudiantes y formalizar el fundamento teórico. Como estrategia se emplearon las simulaciones PhET (ondas en el agua, ondas de sonido y ondas electromagnéticas), con las cuales se abordaron los temas: descripción de una onda (mecánica, electromagnética), movimiento ondulatorio, rapidez de una onda, ondas longitudinales y transversales, interferencia, ondas estacionarias, efecto Doppler, ondas de proa, ondas de choque, figura 6.

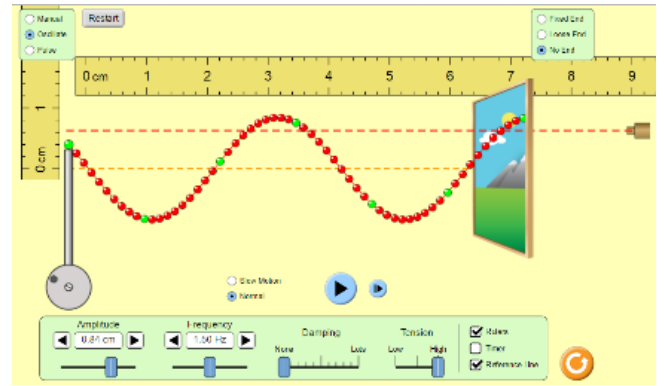


FIGURA 7. Experimento virtual: ondas en una cuerda.

ESTILO 4. Investigar.

Tiempo: 4 h de clase

En el paso 7 se realizó una evaluación en dos fases: la primera en forma individual a través de la plataforma Edmodo y luego con los resultados obtenidos se realizó un trabajo en grupo para contrastar las respuestas dadas por cada uno de los integrantes, refinar y corregir el cuestionario de evaluación.

Paso 8, cuya esencia es la integración, la celebración y el cierre. En este, el último de los conjuntos de aprendizaje, el alumno regresa al lugar donde comenzó e integra la experiencia de aprendizaje con una visión personal del mundo un poco diferente (aplicación). Este es el paso donde se hacen presentaciones, se entregan los informes de investigación, maquetas o modelos. El papel del profesor es evaluar, retroalimentar y facilitar la entrada en la próxima unidad de estudio. Para esta parte del ciclo en particular, los estudiantes desde un comienzo del ciclo de aprendizaje realizaron una consulta enfocados en la aplicación de las ondas mecánicas. Este trabajo fue presentado al finalizar el proceso de los 8 pasos del ciclo del sistema 4MAT; para ello los estudiantes prepararon y expusieron en formato poster sus investigaciones: en la música, la medicina, la arquitectura, en la naturaleza, fonética entre otros. En la figura 8 se muestran algunos de los proyectos finales expuestos por los estudiantes.

Esta actividad se llevó a cabo en dos momentos, el primero en el aula de clase se expuso por grupos de trabajo el tema y se realizó la respectiva retroalimentación, luego en horas del descanso durante una semana por cursos en diferentes días se presentaron los proyectos para toda la comunidad escolar.

Para conocer el grado de satisfacción de los estudiantes con las actividades realizadas se aplicaron dos encuestas, los resultados de la cual se presentan en las Tablas I y II. Como se puede observar, las actividades del experimento virtual que corresponde al estilo 3 con un porcentaje para el paso cinco P5 del 24 % y para el paso seis P6 del 16 %, seguido de la presentación oral de los posters como actividad de investigación, estilo 4 paso ocho P8 con el 15 % son las que más gustaron a los estudiantes. Se puede concluir que las actividades nuevas que corresponden a

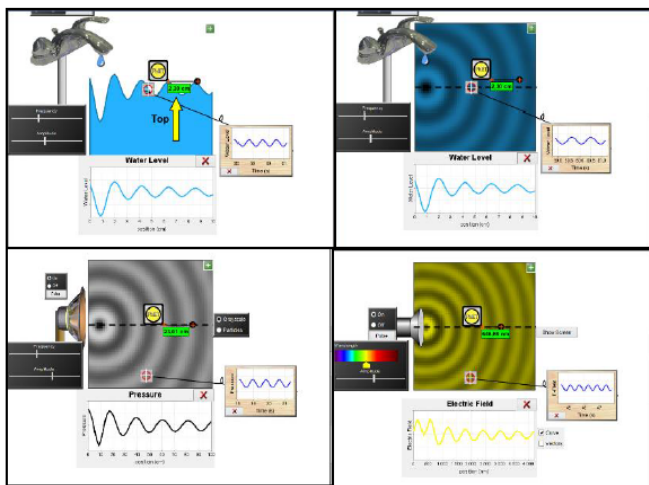


FIGURA 6. Comparación de los movimientos ondulatorios en el agua, sonido y luz para el paso 3 y 4 del ciclo de aprendizaje.

Adicionalmente como trabajo extraclase se les entrego un cuestionario de repaso de 28 preguntas.

ESTILO 3. Experimentar.

Tiempo: 4 h de clase

El desarrollo de clase se orientó hacia el experimento virtual empleando las tablets y la guía del laboratorio virtual PhET, figura 7, en dos fases: paso 5 del estilo, trabajo individual y paso 6 del estilo, trabajo en grupos.

Estos dos pasos tienen como propósito fundamenta comprender la noción general de onda como transmisora de la energía asociada a una vibración y algunas magnitudes comunes a todas las ondas como longitud de onda, amplitud, frecuencia, periodo y velocidad de propagación; la dependencia con el medio de propagación y la tensión de la cuerda. Establecer la relación que existe entre la longitud de onda y la frecuencia y la relación entre longitud de onda y periodo a través de la construcción de las gráficas λ vs f y λ vs T ; realizar el análisis de estas gráficas para determinar el valor de la rapidez de propagación.

metodología activa como Sistema 4MAT son de las más preferidas por los

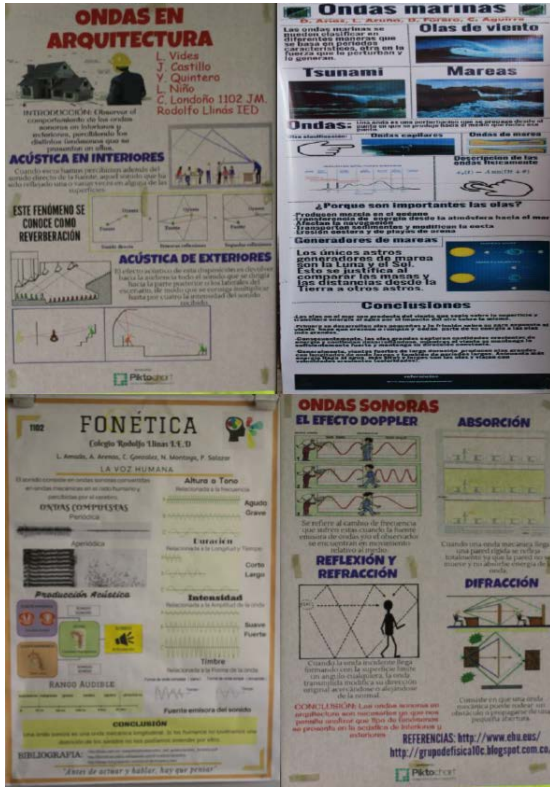


FIGURA 8. Posters expuestos por los estudiantes como cierre del ciclo de aprendizaje.

IV. GRADO DE SATISFACCIÓN DE LA PROPUESTA

estudiantes. Lo que menos gustó son las actividades que se puede mencionar como de la metodología tradicional: resolver talleres en la casa, parciales, y explicaciones del profesor en el tablero que obtienen estilo dos E2 pasos P3 con el 8% y P4 con el 9% y paso 7 con el 8%.

Para verificar la preferencia hacia el trabajo de experimentos virtuales en el aula de clase empleando las tablets, se aplicó la encuesta tipo Likert, tablas III y IV. La encuesta con escala de actitudes del tipo Likert utilizada tiene cinco reactivos con cinco categorías cada uno (1 a 5), siendo 5 el mayor y 1 la menor.

En la encuesta se indagó sobre cinco aspectos acerca del aporte y preferencias por el uso de las simulaciones en la clase de física. Como se observa en la tabla IV, existe una alta preferencia por la implementación y utilización de los laboratorios PhET en las clases de física. El 42% de los estudiantes calificaron el trabajo con los laboratorios virtuales en 5 (mucho), el 55% calificaron el trabajo de los laboratorios virtuales en 4 (bastante) y un mínimo porcentaje, el 3%, lo calificaron en 3.

TABLEA I. Encuesta de opinión sobre el ciclo de aprendizaje.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Me sentí más cómodo y motivado.								
Comprendí el tema.								
Me aportó para entender el fenómeno ondulatorio.								
Me sentí más comprometido con el trabajo.								
El aporte de mis compañeros fue fundamental.								
Me gustó más trabajar en forma individual.								

TABLEA II. Distribución de la preferencia de los estudiantes luego de realizado el ciclo de aprendizaje 4MAT.

	E ₁		E ₂		E ₃		E ₄	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
	11%	9%	8%	9%	24%	16%	8%	15%

TABLEA III. Encuesta tipo Likert sobre la preferencia hacia el trabajo de experimentos virtuales en el aula de clase.

	M 5	B 4	A 3	CN 2	N 1
¿Cuánto aprendiste con las simulaciones en Física?					
¿Cuánto te gustó el uso de las simulaciones en Física?					
El uso de simulaciones aumentó tu interés por la Física.					
El estilo de las clases con simulaciones te ayudó a comprender y aprender Física.					
¿Acuerdas con que las otras materias de la secundaria también deberían utilizar simulaciones?					

TABLEA IV. Resultados de la encuesta tipo Likert, sobre la utilización de los laboratorios PHET en las clases de Física.

MUCHO	BASTANTE	ALGO	CASINADA	NADA
42 %	55%	3 %	0 %	0 %

V. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Luego de aplicada la estrategia de enseñanza-aprendizaje y el seguimiento realizado a cada estudiante y sus actividades empleando las rúbricas y el portafolio, se concluye que:

- Se ha hecho uso del modelo TPACK como un encuadre teórico que permite el reconocimiento de los espacios que se generan al momento de combinar la tecnología con lo pedagógico y lo disciplinar.
- Los resultados obtenidos de la metodología TPACK, han sido positivos, ya que los alumnos se han involucrado de manera activa en el proceso de aprendizaje, revalorizando el sentido de los contenidos aprendidos y el uso de las Tic.
- Se ha dado una reorientación didáctica al desarrollo de las clases, generando clases más dinámicas con un sentido práctico a través del uso de los instrumentos virtuales, videos, empleando las tablets y los computadores portátiles.
- La incorporación de las Tic en el aula de clase no es tarea sencilla, por lo tanto, requiere de un proceso de reestructuración del rol de los actores del proceso de enseñanza-aprendizaje, particularmente el del docente.
- Es necesaria la reflexión permanente por parte del docente que le permita mantener el horizonte claro referente al uso de las simulaciones, como herramientas de aprendizaje y no como el fin último del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- El uso de los instrumentos virtuales en los diferentes pasos del ciclo de aprendizaje del sistema 4MAT adquieren importancia cuando son parte de este y no el centro de la enseñanza.
- Los laboratorios virtuales son una nueva forma de hacerse al conocimiento por parte del alumno y por lo tanto requiere de espacios y tiempos diferentes a los habituales que le permitan familiarizarse con el contexto y uso que se le deben de dar a estos, entendiendo que no es la única forma de aprender y que fortalece el desarrollo de destrezas tecnológicas en los estudiantes.
- La posibilidad de realizar el experimento la cantidad de veces que se desee manteniendo las mismas condiciones en cada una de las pruebas realizadas favorece el entendimiento del contenido y permite el desarrollo de diferentes habilidades de investigación.
- Los experimentos virtuales permiten una mayor flexibilidad para definir el sistema y una incomparable ventaja en cuanto a la obtención de resultados numéricos y gráficos desarrollando habilidades investigativas.
- El desarrollo de competencias científicas empleando el sistema 4MAT se ve favorecido al introducir las simulaciones PhET, resultados que se observaron en los trabajos entregados en los portafolios y las presentaciones de los proyectos finales, los cuales permitieron observar el desarrollo de diferentes destrezas comunicativas.

- Se observó una buena apropiación de los conocimientos específicos del tema de ondas mecánicas al aplicar el ciclo de aprendizaje 4MAT de acuerdo con los seguimientos realizados a través de las rúbricas y los portafolios
- La participación de todos los estudiantes en cada uno de los ocho pasos del ciclo 4MAT, permitió una inmejorable oportunidad de aprendizaje para los integrantes de los grupos de trabajo, ya que a través del apoyo de sus compañeros reconoció sus fortalezas en el proceso de aprendizaje.
- Las rúbricas demostraron ser los instrumentos adecuados para la evaluación del proceso de aprendizaje y el desarrollo de competencias tanto generales como específicas.
- Se manifiesta una mayor correlación en el proceso de evaluación (auto, co, heteroevaluación), debido al seguimiento realizado en cada una de las actividades del ciclo de ocho pasos, al generarse mayor compromiso por cada uno de los participantes del proceso de aprendizaje (estudiante, grupo de trabajo y docente).
- Se mejora en los procesos de juicio valorativo (coevaluación) al evaluar en forma crítica el trabajo realizado por los compañeros de grupo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la las directivas de Colegio Rodolfo Llinás IED por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Ramírez M. H., *Aplicación del sistema 4MAT en la enseñanza de la física a nivel universitario*, Revista Mexicana de Física **56**, 29-40 (2010).
- [2] Rosado, L., Herrero J. R., *Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física*, Recent Research Developments in Learning Technologies, 1-5 (2005).
- [3] Koheler, M. J., Mishra, P., *What is technological pedagogical content knowledge?*, Technology and Teacher Education **9**, 60-70, (2009).
- [4] McCarthy, B., *The 4MAT system: Teaching to learning styles with right/left mode techniques*, (Excel Inc, Barrington, 1987).
- [5] McCarthy B., *Using the 4MAT system to bring learning styles to schools*, Educational Leadership **48**, 31-38 (1990).
- [6] Orozco, J., *El aprendizaje activo de la Física en los cursos en lines del IPN*, Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia, 71-77 (2012).
- [7] Finkelstein, N., Adams, W., Keller, C., Perkins, K., Wieman, C. and the PhET Team, *High-Tech Tools for Teaching Physics: the Physics Education Technology*

Project, Journal of Online Learning and Teaching, 1-32 (2006).

[8] López, D., Orozco, J. y Guzmán, D., *Clases Demostrativas Interactivas con el uso de simulaciones interactivas PhET para temas introductorios de mecánica*, Boletín de la AAPT-MX **3**, 16 (2017).

[9] Vera A., *Biblioteca digital Unal*, (2012). Available: <http://www.bdigital.unal.edu.co/7099/1/01186482.2012.pdf>
Consultado: Consultado el 10 de mayo de 2017.

[10] Bocanegra, J., Teheran, P., León J. C., *Freeaudible: Una propuesta didáctica para la enseñanza de acústica básica basada en TIC de libre acceso*, TECKNE **10**, 19-25, (2012).

[11] Dwyer, K., *Using the 4MAT System Learning Styles Model to Teach Persuasive Speaking in the Basic Speech Course*, Joint Meeting of the Southern States Communication Association, 14-18 (1993).

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

[13] Lundeberg, M., Bergland, M., Klyczek, K., Hoffman, D., *Using action research to develop preservice teachers' confidence, knowledge and beliefs about technology.*, Journal of Interactive Online Learning **1**, 1-16 (2003).

[14] Chai, C., Koh, J., Tsai, C., *A Review of Technological Pedagogical Content Knowledge*, Educational Technology & Society **16**, 31-51,(2013).

[15] Eriswasadi, N., *El papel del TPACK en el aula de Física: Estudios de casos de profesores de Física de Preservación*, Procedia - Social and Behavioral Sciences **46**, 3235-3243 (2012).

[16] McCarthy, B., McCarthy, D., *Teaching Around the 4MAT Cycle: Designing Instruction for diverse Learners With Diverse Learning Styles*, (Corwin Press, Thousand Oaks, California, 2006).

[17] Wieman, C., Adams, W., Loeblein, P., Perkins, K., *Teaching physics using PhET simulations*, The Physics teacher **1**, 21-25 (2010).

[18] Tobón, S., *Aspectos básicos de la formación basada en competencias*, (2006).

http://www.urosario.edu.co/CGTIC/Documentos/aspectos_basicos_formacion_basada_competencias.pdf. Consultado el 20 de mayo de 2016].

[19] Maturano, C., *Uso de simulaciones para resolver situaciones problemáticas experimentales en física*, Uso de simulaciones para resolver situaciones problemática VI Seminario Internacional de Educación a Distancia, Mendoza, Argentina, (2013).

[20] Lopes, B., *Desarrollo de conceptos de física a través del trabajo experimental: evaluación de auxiliares didácticos*, Enseñanza de las ciencias **20**, 115-132, (2002).

[21] Vicario, J., Fernández, A., Tarasconi, C., Santiago, E., Garnica, J., Garello, A., Matteoda, R., Rigotti, P., *Física basada en competencias: una propuesta de articulación*, Universidad- Nivel Medio, Cordoba, (Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina, 2003).

[22] Granes, J., Hernández, C. A., *Fundamentación conceptual área de ciencias naturales*, (ICFES, Bogotá, 2007).

[23] El Consejo de Redacción, *Aprendizaje y evaluación de competencias en la formación del profesorado* Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado [en línea], (2014). Available: <http://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=217030664001>. Consultado el 17 de junio de 2017].

[24] Perez, M., *Evaluación de competencias mediante portafolios*, Perspectiva Educacional. Formación de Profesores **53**, 19-35 (2014).

[25] Díaz, F., Pérez M., *El portafolio docente a escrutinio: sus posibilidades y restricciones en la formación y evaluación del profesorado*, Observar, 6-27 (2010).

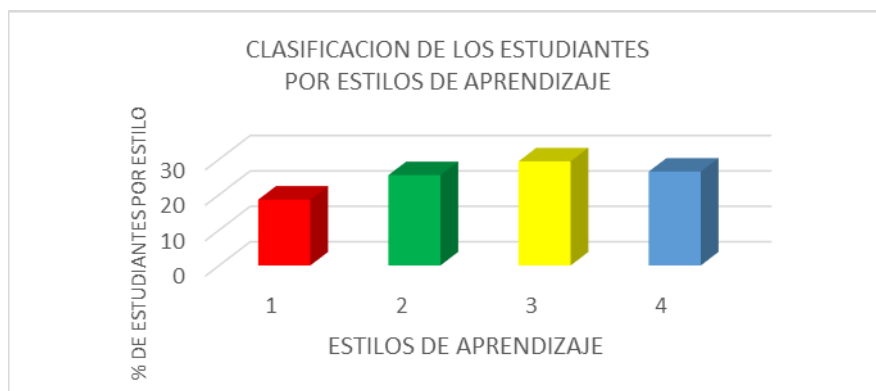
[26] Suarez M., *El portafolio del estudiante*, 2016, http://msuarez.webs.uvigo.es/WEB_Deseno_Material_5d.pdf. Consultado el 10 de agosto de 2016.

[27] McCarthy, B., *A tale of four learners: 4MAT's learning styles*, Educational Leadership **54**, 46-51, (1997).

[28] McCarthy, B., *A tale of four learners: 4MAT's learning styles*, Educational Leadership **54**, 46-51 (1997).

[28] McCarthy B., *About teaching 4MAT in the classroom*, About Learning Inc., (2000).

ANEXO 1

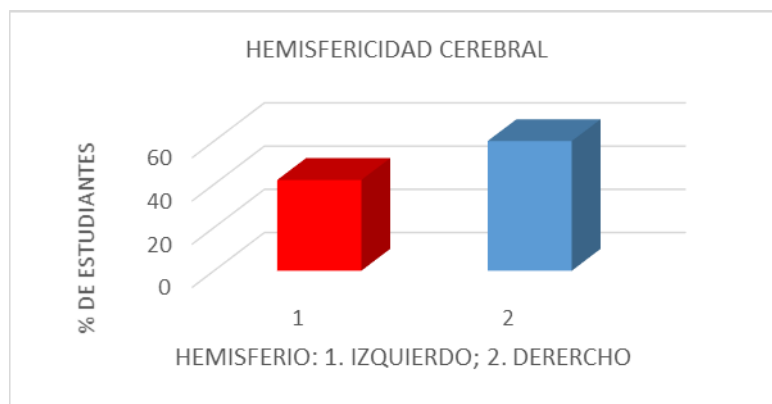


GRÁFICA 1. Clasificación del grupo de estudio por estilos de aprendizaje.

TABLA V. Porcentaje de estudiantes contra estilos de aprendizaje para el total de los alumnos.

Estilos de aprendizaje	1	2	3	4	TOTAL
Número de estudiantes	19	26	30	27	102
% de estudiantes	18.6	25.3	29.4	26.5	100

ANEXO 2



GRÁFICA 2. Clasificación del grupo de estudio por hemisfericidad cerebral.

TABLA VI. Porcentaje de estudiantes contra hemisfericidad cerebral para el total de los alumnos.

Hemisfericidad cerebral	I	D	Total
Número de estudiantes	42	60	102
% de estudiantes	41.2	58.8	100