

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ALGEBRAICO COMPUTACIONAL
SAGEMATH EN LA VISUALIZACIÓN DEL CONTENIDO DE
ELECTROMAGNETISMO A NIVEL UNIVERSITARIO**

*Implementation of the Sagemath computing algebraic system in the visualization of the
electromagnetic content at university level*

*Kelly Bravo¹
Rosa Morales de Muñoz²
María Ferreira³
Rafael Muñoz⁴*

^{1,3} Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Carabobo, Venezuela.

^{2,4} Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela.

^{1,2,3,4} CIMBUC, Universidad de Carabobo, Estado Carabobo, Venezuela.

Correo-e: ¹bravo.kelly753@gmail.com / ²rosamorales28@hotmail.com /
³mferreiradebravo@gmail.com / ⁴rmunoz@uc.edu.ve

Resumen

En esta investigación se pretendió evaluar la implementación de talleres educativos a través del Sistema Algebraico Computacional SageMath como recurso didáctico en el aprendizaje efectivo de las propiedades de propagación de los campos electromagnéticos a nivel universitario. Se presenta el diseño de talleres educativos basados en el modelo de aprendizaje experiencial de Kolb y en la metodología de procesos para fortalecer el aprendizaje de las propiedades de propagación de los campos electromagnéticos. La metodología se enmarcó en un estudio de tipo descriptivo, con diseño de campo no experimental, donde la población estuvo definida por los y las estudiantes de la asignatura Ondas Electromagnéticas de la carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones.

Palabras clave: Electromagnetismo, SageMath, Visualización, Sistema Algebraico.

Abstract

This research intends to evaluate the implementation of educational workshops through the SageMath Computational Algebraic System as a didactic resource in the effective learning of propagation properties of electromagnetic fields at the university level. The design of educational workshops is presented in Kolb's experiential learning model and in the methodology of processes to improve the learning of propagation properties of electromagnetic fields. The methodology was framed in a descriptive study, with non experimental field design, where the population was defined by the students of the Electromagnetic Waves course of the Telecommunications Engineering career in.

Keywords: Electromagnetism, SageMath, Visualization, Algebraic System.

Recibido: 14/11/2016

Enviado a árbitros: 05/12/2016

Aprobado: 25/05/2017

Introducción

La enseñanza orientada hoy en día por los docentes universitarios, busca apoyar o facilitar el aprendizaje de los y las estudiantes mediante diferentes métodos, procedimientos, estrategias, técnicas y recursos específicos, los cuales se pueden orientar a través de talleres educativos según un área determinada; para ello se requiere de la experiencia y el capital cultural del docente, apoyados en la idea básica de la importancia de propiciar aprendizajes.

Las dificultades en el aprendizaje de la teoría electromagnética a nivel universitario, ha motivado el desarrollo de una variedad de técnicas educativas que buscan simplificar la conceptualización de los términos, mediante estrategias de visualización con computadoras que permiten un aprendizaje efectivo (Huang, Yang, Adams, Howel, Zhang y Burbank, 2008). En este sentido, Belu y Belu (2009) aseguran: “la visualización computacional de los campos en dos y tres dimensiones, promueve el aprendizaje mediante el desarrollo de habilidades de modelaje, la aplicación en situaciones más complejas y el mejor entendimiento y análisis de los fenómenos relativos a los campos electromagnéticos” (p.15). En la actualidad, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) facilitan el diseño de ambientes de aprendizaje, donde los estudiantes pueden experimentar, visualizar, reflexionar y discutir con sus pares los entes abstractos, como conceptos físicos y matemáticos, empleando dispositivos computacionales de fácil adquisición, conectados vía internet a computadores de alto desempeño.

SageMath es un sistema algebraico computacional (en inglés CAS), elaborado sobre paquetes matemáticos, a través de un lenguaje de programación multiparadigma basado en Python; pues éste, permite a los programadores adoptar estilos particulares, estos son: programación orientada a objetos, programación imperativa y programación funcional. Por ser

Sageun software libre y abierto para hacer matemática, resulta apropiado en la enseñanza y aprendizaje de las ondas electromagnéticas, desarrollado por Stein & Joyner (2005) en la Universidad de Washintong con una potencialidad de cálculo y traficación, por tener como ventaja la interacción con el usuario desde la interfaz de línea de comandos, al contar con la disponibilidad en cualquier espacio del campus universitario a través de una laptop, tabla o teléfono celular que se encuentren conectados a internet.

En esta investigación se presentan los resultados obtenidos en la implementación de los talleres educativos dirigidos a la enseñanza y aprendizaje de los fenómenos de propagación de los campos electromagnéticos, al ser desarrollados en los salones de clases, aplicando como recurso didáctico el software SageMath a través de una estrategia de aprendizaje cooperativo; pues, se estructuraron en grupos de estudiantes que trabajaban hacia una meta en común, el aprendizaje efectivo de las propiedades de propagación de los campos electromagnéticos.

Este estudio estuvo enfocado en el modelo de aprendizaje experiencial de Kolb (1981), el cual afirma, “el aprendizaje de los estudiantes está determinado por lo que ellos hacen y no por lo que los docentes hacen, así que alinear los métodos obstruccionares con las actividades de aprendizaje de los estudiantes incrementa la calidad del desempeño académico” (en línea); ya que, los estudiantes universitarios deben desarrollar sus capacidades de aprendizaje como el resultado del aparato transmitido de las experiencias vitales ajustadas a su medio ambiente.

El teórico antes mencionado, describió un modelo de estilos de aprendizaje conformado por cuatro cuadrantes, donde los estudiantes deben involucrarse enteramente y sin prejuicios a las situaciones que se le presenten, además de lograr reflexionar con relación a sus experiencias

desde diversas perspectivas, al generar sus propios conceptos y ser capaces de utilizar sus teorías para tomar decisiones o solucionar problemas específicos presentes su entorno.

Objetivo central de la Investigación

Evaluar la implementación de talleres educativos a través del Sistema Algebraico Computacional SageMath como recurso didáctico en el aprendizaje efectivo de las propiedades de propagación de los campos electromagnéticos a nivel universitario

Objetivos específicos

1. Identificar el nivel de competencias alcanzados por los estudiantes de la carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones en la Universidad José Antonio Páez del grupo control, además del grupo experimental referente al contenido de ondas electromagnéticas a través de la aplicación de un pretest.
2. Diseñar talleres educativos a través del Sistema Algebraico Computacional SageMath como recurso didáctico en el aprendizaje efectivo de las propiedades de propagación de los campos electromagnéticos.
3. Implementar talleres educativos a través del Sistema Algebraico Computacional SageMath como recurso didáctico en el aprendizaje efectivo de las propiedades de propagación de los campos electromagnéticos al grupo experimental y al grupo control con las clases tradicionales.
4. Verificar la efectividad de la implementación de talleres educativos a través del Sistema Algebraico Computacional SageMath como recurso didáctico en el aprendizaje de las propiedades de propagación de los campos electromagnéticos en la carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones en la Universidad José Antonio Páez.

Esta investigación se justificó, debido a la necesidad de analizar la implementación de diversos talleres educativos a través del Sistema Algebraico Computacional SageMath como recurso didáctico en el aprendizaje efectivo de las propiedades de propagación de los campos electromagnéticos en la carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones en la Universidad José Antonio Páez, dada la complejidad del contenido, pues se requiere del análisis y solución de problemas a partir de lo abstracto hasta los eventos explícitos e implícitos del área, en función de las directrices del aprendizaje efectivo vinculado al uso de las tecnologías de información y comunicación.

Diseño de los talleres educativos basados en el modelo de aprendizaje experiencial de Kolb

Características pedagógicas

El enfoque del diseño instruccional utilizado en este trabajo integró los principios de la teoría del aprendizaje experiencial y los estilos de aprendizaje de Kolb (1981). De acuerdo a este modelo, el aprendizaje se da en un ciclo de cuatro etapas continuas y contiguas en la que los individuos aplican habilidades de aprendizaje denominadas como Experiencia concreta, Observación reflexiva, Conceptualización abstracta, y Experimentación activa. El experto antes señalado, identificó cuatro estilos de aprendizajes preferenciales de los estudiantes acuerdo a sus habilidades para recibir y procesar la información: Convergentes (Conceptualización Abstracta y Experimentación Activa), Divergentes (Experiencia Concreta y Observación Reflexiva), Asimiladores (Conceptualización Abstracta y Observación Reflexiva), Acomodadores (Experiencia Concreta y Experimentación Activa).

Dada la alta conceptualización abstracta de la teoría de campos electromagnéticos los estudiantes de estilo de Aprendizaje Convergentes y Asimiladores enfrentan con mayor éxito los

programas universitarios con alto contenido de física y matemática (Kolb&Kolb, 1984). Es por esto, que para potenciar los logros del sistema educativo, se requiere planificar estrategias didácticas con experiencias prácticas que involucren activamente a los estudiantes a objeto de garantizar la aplicación del ciclo completo de aprendizaje; así los estudiantes tendrán la oportunidad de usar su propio estilo de aprendizaje, al mismo tiempo practicar y desarrollar los otros estilos.

Aprendizaje Cooperativo

Según Cardona, Cardona y Reina (2011) el aprendizaje cooperativo es el “tipo de aprendizaje en el que mediante la utilización de métodos, técnicas, procedimientos y formas de agrupamiento de alumnos, se procura establecer relaciones de cooperación” (p.35); en este sentido, la formación de equipos de aprendizaje depende tanto del estilo de aprendizaje así como de la compatibilidad en la conducta de orientación interpersonal de los estudiantes; en este sentido, se consideró a modo de referencia el estilo de aprendizaje preferencial en los estudiantes de la Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología de la Universidad de Carabobo; según se logró evidenciar, que los mismos poseen características de un educando asimilador, cuyo estilo interpersonal es democrático (Morales, Bravo, Muñoz y Ferreira, 2017). Para tales efectos, este conocimiento es importante en la planificación de las actividades de aprendizaje mediante el alineamiento constructivo. Usar un rango de actividades individuales, en pares y en pequeños grupos fortalece la construcción de relaciones, la discusión de ideas, desarrolla las habilidades de solución de problemas la retroalimentación.

Metodología aplicada

La investigación realizada fue de tipo evaluativa, según Hurtado (2010): “Una investigación evaluativa es aquella que valora los resultados de la aplicación de un programa o de una intervención en términos del logro de sus objetivos” (p.655), pues se propuso evaluar la implementación de talleres educativos a través del Sistema Algebraico Computacional SageMath como recurso didáctico en el aprendizaje efectivo de las propiedades de propagación de los campos electromagnéticos a nivel universitario; cuyo diseño fue cuasi experimental, ya que existió manipulación por parte del investigador sobre la variable independiente; en este caso fue la implementación del software SageMath.

Por ser la muestra un subconjunto del universo en estudio, la misma en este caso fue finita, pues paso a ser una porción representativa de la población, las unidades de estudio fueron los y las estudiantes cursantes del séptimo semestre de la Licenciatura de Física en el periodo 1-2016. De acuerdo a lo expuesto, la selección de la muestra se hizo mediante la técnica de muestreo no probabilístico intencional, a causa de que los grupos se encontraban establecidos por turnos (mañana y tarde), se tomó el criterio de grupos conformados. Según lo establecido anteriormente, se eligió como grupo control la sección del turno de la tarde (15 estudiantes de ambos sexos) y al grupo experimental la sección del turno de la mañana (16 estudiantes de ambos sexos).

Primeramente, se procedió a realizar el diagnóstico a través del pretest a ambos grupos, para ello fue necesario la elaboración una prueba de conocimiento, donde éste instrumento permitió la recolección de los datos; el cual fue validado por el juicio de tres (3) expertos en el área de Física, cuya confiabilidad se adquirió con la técnica de Küder-Richardson, donde el resultado obtenido fue de 0,71, considerado según Ruíz (2002) una escala cuya magnitud de

confiabilidad es “alta”, presentando homogeneidad en los ítems de acuerdo a lo que se deseaba medir.

Posteriormente, se implementaron los talleres educativos a través del Sistema Algebraico Computacional SageMath como recurso didáctico en el aprendizaje efectivo de las propiedades de propagación de los campos electromagnéticos al grupo experimental y al grupo control con las clases tradicionales. Al culminar las sesiones de clases planificadas, se aplicó el postest a los dos grupos, se compararon los resultados obtenidos y se analizaron siguiendo técnicas de estadística descriptiva tanto para el grupo experimental y al control (pretest y postest), verificándose la efectividad de la implementación de talleres educativos a través del Sistema Algebraico Computacional SageMath como recurso didáctico en el aprendizaje significativo de las propiedades de propagación de los campos electromagnéticos en la carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones en la Universidad José Antonio Páez.

Implementación de los talleres educativos a través del Sistema Algebraico Computacional SageMath

Preparación

Para el estudio de los conceptos básicos de Ondas Electromagnéticas, se evaluó la preparación de los y las estudiantes mediante un quiz o exposiciones cortas; por consiguiente, el análisis de los resultados estuvo sustentado en los conocimientos previos que poseían cada uno de educandos. Con este diagnóstico se pretendió identificar el nivel de competencias alcanzados por los estudiantes de la carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones en la Universidad José Antonio Páez del grupo control, además del grupo experimental, durante el período 1-2016; con este sondeo se determinó el nivel de conocimiento alcanzado, las habilidades y actitudes antes de

la implementación de los talleres educativos a través del Sistema Algebraico Computacional SageMath

Tiempo de acción

Codificación y visualización desde SageMathCell: Los estudiantes resolvieron los problemas y visualizaron las ondas electromagnéticas usando códigos y algoritmos desde SageMathCell. Esta visualización digital mostró aspectos de los campos eléctricos y magnéticos en un plano del espacio especificado, mediante la elección del vector de onda.

Análisis, discusión y reflexión

Los estudiantes discutieron, explicaron y sintetizaron la relación entre el campo eléctrico y magnético, al describir mediante diagramas el significado teórico - práctico de la representación en planos de las ondas electromagnéticas y sus perspectivas de aplicación; además de determinar los métodos y medios (estrategias e instrumentos) que permitieron cumplir con cada requisito que solicitó el facilitador para cumplir y ejecutar cada una de las tareas propuestas con el uso del SageMath, así como las ventajas y desventajas relativas al mismo.

Evaluación

Por ser la evaluación un proceso sistemático y planificado por el docente, se decidió asignar problemas o ejercicios de los libros de referencia o investigación, las cuales se organizaron en pequeños grupos, con la finalidad de orientar las aplicaciones científicas, tecnológicas en el campo de las telecomunicaciones en el área de la física. Finalmente, se discutieron los resultados obtenidos, formulando, preparando y presentando un informe final, con el propósito de establecer el aprovechamiento de los educandos en función de los objetivos

educativos previstos en el currículo de la Licenciatura de Física, específicamente en el área de ondas electromagnéticas.

Recurso didáctico

Un recurso didáctico se puede definir “cualquier medio o ayuda que facilite los procesos de enseñanza-aprendizaje. Por tanto también atañe al acceso a la información, la adquisición de habilidades, destrezas y estrategias, y a la formación de actitudes y valores” (Cardona, Cardona y Reina, 2010, p. 342); por tanto, SageMathCell es un recurso didáctico que posee una interfaz web de código abierto, escalable y fácil de usar para Sage, además de ser un sistema completo de software de matemáticas, pues SageMathCell se puede utilizar con la finalidad de incrustar cálculos de Sage en alguna página web; éste tiene como característica principal el uso de Python a modo de lenguaje base. Python está orientado a objetos, es fácil de aprender y ampliamente utilizado. SageMathCell se puede utilizar desde internet (<https://sagecell.sagemath.org/>) o a partir de un dispositivo computarizado, table o teléfono celular.

Resultados Instruccionales

Se planificaron y elaboraron materiales instruccionales para cinco (5) talleres con los siguientes contenidos: 1. Superposición de Ondas electromagnéticas 2. Polarización, 3. Reflexión, 4. Ondas en medios materiales, 5. Ondas Guiadas. A continuación presentamos un ejemplo del taller sobre la Polarización de ondas Electromagnéticas, la diagramación siguió el modelo empleado por Morales (2014) en la elaboración de un texto sobre procesos de pensamiento en el mundo de las ciencias.

POLARIZACION DE ONDAS ELECTROMAGNETICAS

Polarización

Se llama estado de polarización a una relación específica de las amplitudes y fases de dos campos transversales independientes.

Descripción de estados de polarización

Una onda plana electromagnética propagándose en la dirección z con campo eléctrico de la forma:

$$\mathbf{E} = E_x(z) \mathbf{i} + E_y(z) \mathbf{j} \quad (1)$$

$$\text{Con } E_x = E_{x0} \cdot \cos(\omega t - kz); \quad E_y = E_{y0} \cdot \cos(\omega t - kz + \varphi)$$

Donde, ω es la frecuencia angular, k el número de onda y φ es la diferencia de fase.

El desplazamiento del vector campo eléctrico resultante \mathbf{E} en un plano ($z=\text{constante}$) depende de los valores de E_{x0} , E_{y0} y φ .

Polarización lineal: Si $\varphi = n \cdot \pi$ con $n = 0, 1, 2, \dots$ entero, el vector \mathbf{E} describe una línea recta.

Polarización circular: $E_{x0} = E_{y0}$ y $\varphi = (2n+1) \cdot \pi/2$ con $n = 0, 1, 2, \dots$ el vector \mathbf{E} traza un círculo.

Polarización elíptica: caso general con E_{x0} y E_{y0} diferentes y φ es arbitraria (diferente de cero o múltiplo de π) el vector \mathbf{E} resultante describe una trayectoria elíptica

Actividades realizadas durante los Talleres educativos

Ejercicio 1. Polarización lineal

Transcribe el siguiente código en SagemathCell con ω , E_{x0} , y E_{y0} tomando valores arbitrarios razonables.

Sage: `t = var('t')`

Sage: `parametric_plot([Exo*cos(w*t), Eyo* cos(w* t)], (t, 0, 18*pi), fill = True, aspect_ratio=1)`

Por ejemplo, los estudiantes seleccionaron las siguientes variables, obteniendo los resultados de la Figura 1.

```
t = var('t')
parametric_plot ([cos (t), cos (t)], (t, 0, 18*pi), fill = True, aspect_ratio=1)
```

¿Qué sucede? Explica:

Analiza la dependencia del ángulo de inclinación α de la recta, conocido como ángulo de polarización respecto a los valores de Eyo/Exo.

Ejercicio 2. Polarización circular

Código SAGE:

Sage: `t = var('t')`

Sage: `parametric plot ([Exo*cos (w*t), Eyo* cos (w*t+pi/2)], (t, 0, 18*pi), fill = True, aspect ratio=1)`

Ejemplo de respuesta y resultado en la figura 2.

```
t = var('t')
parametric_plot([cos(t+(3*pi/2)), cos(t)], (t, 0, 18*pi), fill = True,
aspect_ratio=1, hue=0.8, fillcolor='#77ddfb')
```

¿Qué sucede? Explica:

Ejercicio 3. Polarización elíptica

Polarización elíptica

Código SAGE:

Sage: `t = var('t')`

Sage: `parametric_plot ([Exo*cos (t), Eyo* cos (t+pi/3)], (t, 0, 18*pi), fill = True, aspect_ratio=1)`

```
t = var('t')
parametric_plot ([cos(t+(3*pi/2)), cos(t)], (t, 0, 18*pi), fill = True,
aspect_ratio=1, hue=0.8, fillcolor='#77ddfb')
```

```
t = var('t')
parametric_plot([30*cos(t+(8*pi/5)), 20*cos(t)], (t, 0, 18*pi), fill = True,
aspect_ratio=1, color='#0a80a3', fillcolor='#d8fded')
```

El resultado obtenido se muestra en la figura (3)

¿Qué sucede? Explica:

Analiza la dependencia de la inclinación de la elipse de las amplitudes de las componentes y la diferencia de fase del campo E.

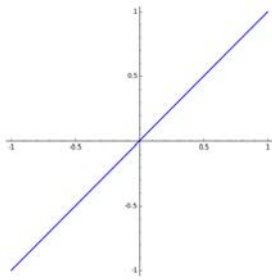


Figura 1 Polarización Lineal

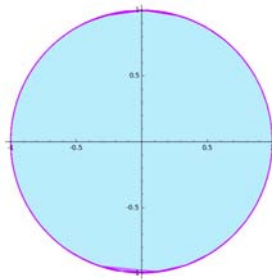


Figura 2 Polarización Circular

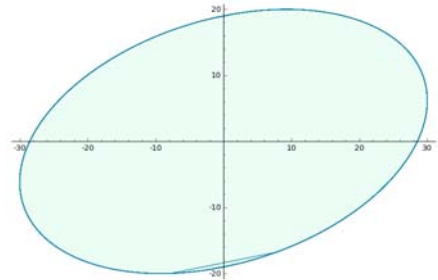


Figura 3 Polarización Elíptica

Ejercicio 3. Atrévete: Experimenta con lo aprendido introduciendo cambios prácticos en los valores de E_{x0} , E_{y0} y E_{z0} . (Considera bandas de interés en comunicaciones).

Reflexión y Feedback

Reflexiona sobre tu experiencia de aprendizaje y proporciona algún ejemplo de aplicación con sus respectivas recomendaciones (Feedback), para mejorarla.

Actividades para después del Taller

Responde a las preguntas y resuelve los siguientes problemas:

Escribir la ecuación del campo magnético $H(z)$, asociado al campo eléctrico $E(z)$ de este taller. ¿Cuáles son las aplicaciones prácticas de la polarización del campo electromagnético en telecomunicaciones? Responder la pregunta de repaso P7.21 (p.304) del capítulo 7 del libro Fundamento de Electromagnetismo de Cheng.

Percepción y satisfacción de los estudiantes con sus experiencias de aprendizaje en los talleres educativos

A fin de conocer el nivel de satisfacción de los estudiantes del curso de Ondas Electromagnéticas en la carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad José

Antonio Páez, después de la implementación de los talleres educativos a través del Sistema Algebraico Computacional SageMath, se les solicito responder voluntariamente a las siguientes preguntas:

a) ¿Qué parte del curso te causo más impacto y porque?

*“El uso de la tecnología para visualizar y comprender eventos como en el caso de modulación de amplitud, que normalmente **la clase se da de forma abstracta, en cambio con SageMath ya era más visual** y se podían hacer cambios para ver en qué forma se afectaba la onda dependiendo de los parámetros que cambiábamos.”*

“La parte que me causo más impacto fue la de polarización”

*“Otra parte importante fue el uso de Sage, ya que las ondas electromagnéticas son una **materia bastante abstracta, en lo cual fue muy útil el adicionar esta herramienta para la visualización** de los diversos fenómenos y así comprenderlos mejor”.*

b) ¿Cuánto tiempo dedicaste a los talleres con SageMath antes, durante y después de clase?,

*“Los códigos para SageMath, **menos de 1 hora porque se hacía fácil la programación.** A los ejercicios si ya unas cuatro horas con algunos de mis compañeros, porque como ocurrió lo del paro preferimos reunirnos y así eliminar dudas”.*

“Le dedique más tiempo en la noche, ya que con el trabajo y la universidad eran las horas para sentarme en la computadora”.

c) ¿Cuánto consideras que el trabajo en equipo contribuye al aprendizaje efectivo de las ondas electromagnéticas?

*“es que el grupo que teníamos en la sección nos veníamos conociendo desde hace 2 semestres, así que la **comunicación** fue sencilla”.*

*“A mi parecer la herramienta SageMath me gustó mucho, sobre todo porque es muy fácil y cómoda, no hay que ser un gran programador para utilizarla además que es importante el hecho de **visualizar** las ondas y entender para que funcionan. Le dedicaba un tiempo moderado porque no tengo Internet en mi casa pero aun así me puse a investigar por Internet y en **conjunto con mis compañeros** le encontramos muchas funciones al SageMath”*

Conclusiones

Se describió el proceso de diseño de talleres educativos para fomentar el aprendizaje efectivo de las ondas electromagnéticas aprovechando las potencialidades de las visualizaciones en 2d y 3d del software SageMath, por permitir este recurso la interacción con cada uno de los usuarios, pues fue posible desde la interfaz de línea de comandos (basada en IPython) o vía unos cuadernos web1 que combinan celdas de código con celdas con gráficos, texto enriquecido o fórmulas renderizadas con LaTeX.

La percepción de los estudiantes sobre las experiencias de aprendizaje colaborativo en talleres, les permitió valorar el impacto de la visualización en computadoras frente a la forma abstracta de las clases tradicionales, la facilidad de programación con SageMath y la importancia de la comunicación entre pares para el aprendizaje efectivo. En general el software puede ser considerado como una herramienta computacional que brinda aportes al hecho educativo, pues garantiza la promoción de estudiantes críticos y reflexivos a partir del análisis y comprensión de los fenómenos físicos. En este sentido, los resultados del estudio pueden brindar una valiosa

información para el profesorado interesado en optimizar sus estrategias didácticas y brindar un apoyo pedagógico más eficiente a sus educandos.

Referencias

Belu, R & Belu Alexandre. (2009). *Using Symbolic Computation , Visualization and Computer Simulation Tools to Enhance Teaching and Learning of Engineering Electromagnetics*. American Society for Engineering Education, 14-18.

Cardona, M., Cardona, M. y Reina, D. (2011). *Diccionario de Educación Especial*. Colombia: Continente de Editores S.A.

Cheng, D. (1998). *Fundamentos de Electromagnetismo para Ingeniería*. México: Pearson.

Huang Y, Yang B, Adams R, Howel Bl, Zhang J and Burbank K. (17 de 09 de 2008). *Teaching Electromagnetic Field with Computer Visualization*. Obtenido de 2008 IAJC-IJME: http://ijme.us/cd_08/PDF/209_eng107%20section%203.pdf

Hurtado J. (2010) *Metodología de la Investigación. Guía para la Comprensión Holística de la Ciencia*. Bogotá – Colombia: Quirón.

Kolb, D. (1981). *Learning styles and disciplinary differences*. Recuperado de: [HYPERLINK "http://learningfromexperience.com/media/2010/08/Learning-style"](http://learningfromexperience.com/media/2010/08/Learning-style)
<http://learningfromexperience.com/media/2010/08/Learning-style> s-and-
disciplinarydifference.pdf

Kolb, A.&Kolb, D., (1984). *Experiential Learning Theory: A Dynamic, Holistic Approach to Management Learning, Education and Development*, Recuperado de: [HYPERLINK](#)

"<http://learningfromexperience.com/media/2010/08/ELT-Hbk-MLED-LFE-website-2-10-08.pdf>"

<http://learningfromexperience.com/media/2010/08/ELT-Hbk-MLED-LFE-website-2-10-08.pdf>

Morales de M., R.(2014). *Procesos de Pensamiento en el Mundo de las Ciencias* . Valencia: IPASPEDI.UC.

Morales de M., R, Bravo, K., Ferreira M, y Muñoz, R. (2017). *Relación entre la Conducta de Orientación Interpersonal y Estilo de Aprendizaje a Nivel Universitario*. Aceptado para publicación en la Revista Arje. Vol.11 .No 20. (Enero-Julio)

Ruíz, C. (2002) *Instrumentos de Investigación Educativa: Procedimientos para su Diseño y Validación*. Barquisimeto: CIDEG.

Stein, W & Joyner, D . (2005). *SAGE: System fo Algebra and Geometry Experimentation*. ACM SIGSAM Bulletin vol 39 No 2, 61.64.

Kelly Bravo:

Profesora Ordinaria con la categoría de Asistente a Tiempo Completo de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Carabobo, adscrita al Departamento de Matemática y Física. Licenciada en Física, Maestrante en Investigación Educativa (Cohorte, Investigadora A-1 (2014 y 2016) del Programa de Estímulo a la Innovación e Investigación (PEII). Investigadora Asociada al CIMBUC. 1

Rosa Morales:

Profesora Ordinaria con la categoría de Asociado a Dedicación Exclusiva de la Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología de la Universidad de Carabobo, adscrita a la Unidad Académica: DHD-DHP. Unidad de Formación Socio-Humanística. Licenciada en Educación, mención Orientación. Magíster en Educación Orientación, Investigadora A-2 (2011-2015) del Programa de Estímulo a la Innovación e Investigación (PEII). Investigadora Asociada al CIMBUC. rosamorales28@hotmail.com/dhdfacyt@gmail.com

María Ferreira:

Profesora Ordinaria con la categoría de Asociado a Dedicación Exclusiva de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Carabobo, adscrita al Departamento de Ciencias Pedagógicas. Licenciada en Educación, mención Matemática Mención Honorífica Magna Cum Laude, Magíster en Educación Matemática, Doctoranda en Educación. Investigadora A-1 (2014) del Programa de Estímulo a la Innovación e Investigación (PEII). Investigadora Asociada al CIMBUC. mferreiradebravo@gmail.com

Rafael Muñoz:

Profesor Titular Jubilado. MSc University of Aston.UK . Investigador del Grupo de Óptica del Departamento de Física. Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología. Coordinador actual del Área de Biofísica del Centro de Investigaciones Médicas y Biotecnológicas de la Universidad de Carabobo. (CIMBUC). Investigador A-2 (2011-2015) del Programa de Estímulo a la Innovación e Investigación (PEII). rmunoz@uc.edu.ve