

Enseñanza del concepto de onda armónica en la educación superior desde la teoría del aprendizaje experimental.

Teaching the concept of harmonic wave in higher education from the theory of experiential learning.

Ángelo Joseph Soto-Vergel¹, Oriana Alexandra López-Bustamante², Byron Medina-Delgado³, Henry de Jesús Gallardo-Pérez⁴, Dinael Guevara-Ibarra⁵

^{1,2,3,4,5}Universidad Francisco de áula Santander, Cúcuta - Colombia

Recibido: 25 de julio de 2020.

Aprobado: 31 de octubre de 2020.

Resumen— El cambiante escenario pedagógico y didáctico del aula de clase genera una permanente inquietud en todos los ámbitos educativos, en donde la enseñanza de las ciencias ha sido un área de creciente interés. Investigaciones recientes priorizan la búsqueda de estrategias que cierren la brecha existente entre la enseñanza y el aprendizaje, la cual se profundiza en una diversa comunidad estudiantil que acompaña sus procesos con el desconocimiento pedagógico de la planta docente, cuyas alternativas didácticas para lograr una formación competente están sustentadas en un pensamiento transmisionista – conductista. Este artículo presenta una alternativa pedagógica de aprendizaje basada en la teoría experiencial de Kolb, aplicada al concepto de onda armónica en la propagación de ondas electromagnéticas. La metodología comprende la formulación de la hipótesis de trabajo desde la teoría del aprendizaje experimental, la definición del contexto sustentado en el enfoque cuantitativo y basado en los estilos de aprendizaje de Kolb, la generación de la estrategia pedagógica siguiendo el modelo CUVIMA, la aplicación de esta en un solo grupo con pretest y postest para conocer las ideas previas y el cambio conceptual y, el análisis de resultados utilizando estadísticos gráficos y la media. Como resultado se identificó que los estudiantes tienen un estilo de aprendizaje Convergente – Asimilador según los estilos de aprendizaje de Kolb, lo cual implica que tienen preferencias hacia las prácticas de laboratorio y de simulación en donde pueden poner a prueba los conceptos teóricos aprendidos. De acuerdo con el análisis de los datos se concluye que la experimentación mejora la comprensión del fenómeno físico estudiado, lo cual está acorde con el estilo de aprendizaje identificado en los estudiantes.

Palabras Claves: Aprendizaje experimental, estilos de aprendizaje, enseñanza de las ciencias, onda armónica, ondas electromagnéticas.

Abstract— The changing pedagogical and didactic scenario of the classroom generates a permanent concern in all areas of education, where science teaching has been an area of growing interest. Recent research prioritizes the search for strategies that close the existing gap between teaching and learning, which is deepened in a diverse student community that accompanies its processes with the pedagogical ignorance of the teaching staff, whose didactic alternatives to achieve competent training are based on a transmissionist - behavioral thinking. This article presents a pedagogical alternative for learning based on Kolb's experiential theory, taking as a case study the concept of harmonic wave in the electromagnetic wave propagation. The methodology includes the formulation of the working hypothesis from the theory of experimental learning, the definition of the context based on the quantitative approach and based on Kolb's learning styles, the generation of the pedagogical strategy following the CUVIMA model, the application of this in a single group with pretest and posttest to know the previous ideas and the conceptual change and the analysis of results using statistical graphs and the media. As a result, it was identified that students have a Convergent - Assimilator learning style according to Kolb's learning styles, which implies that they have preferences towards laboratory and simulation practices where they can test the theoretical concepts learned. According to the analysis of the data it is concluded that the experimentation improves the understanding of the physical phenomenon studied, which is in accordance with the learning style identified in the students.

Keywords: Experimental learning, learning styles, science teaching, harmonic wave, electromagnetic wave.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: angelojosephsv@ufps.edu.co (Ángelo Joseph Soto Vergel).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad de Santander.

Este es un artículo bajo la licencia CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Forma de citar: Á. J. Soto-Vergel, O. A. López-Bustamante, B. Medina-Delgado, H. J. Gallardo-Pérez y D. Guevara-Ibarra, "Enseñanza del concepto de onda armónica en la educación superior desde la teoría del aprendizaje experimental", Aibi revista de investigación, administración e ingeniería, vol. 8, no. 3, pp. 33-41, 2020, doi: [10.15649/2346030X.754](https://doi.org/10.15649/2346030X.754)

I. INTRODUCCIÓN

El constante cambio generacional en las instituciones educativas ha generado, desde tiempos históricos, una necesidad de transformación en el aula acompañada de una permanente inquietud de cómo afrontar los cambios. En este sentido, el aprendizaje de las ciencias ha presentado dificultad, siendo la teoría electromagnética una de las áreas con mayores índices de reprobación y abandono en la educación media y superior, evidenciando que el principal problema radica en el enfoque teórico predominante y en la resolución de problemas hipotéticos y descontextualizados como recurso prioritario [1]–[4], creando así, falsas imágenes de las teorías físicas [5]–[7], lo cual desencadena en una predisposición, apatía, desatención y falta de interés, entre otras afectaciones que inciden notablemente en el rendimiento académico de los estudiantes [8], [9].

Los resultados presentados en el contexto internacional afirman que las dificultades en el proceso enseñanza – aprendizaje, en temas relacionados con el electromagnetismo, están influenciadas por una enseñanza matemática inapropiada como consecuencia de la complejidad en la modelización matemática de los fenómenos electromagnéticos, la conceptualización de las temáticas y la difícil comprensión del significado físico que se pueda desarrollar [10]–[13]. Así mismo, en Colombia los estudiantes vuelven a las concepciones previas dilucidando que los conceptos científicos no son aprendidos significativamente [14].

Lo anterior, se sustenta claramente al hacer una revisión de las investigaciones en educación sobre electromagnetismo, donde la mayoría de ellas se orientan hacia la búsqueda de estrategias que cierren la brecha existente entre la enseñanza del docente y el aprendizaje del estudiante, brecha que se profundiza en una diversa comunidad estudiantil que llega a las instituciones de educación superior con la finalidad de formarse de manera integral en cada área de conocimiento existente. Ahora bien, estas estrategias suelen estar conformadas por la creación e implementación de secuencias de enseñanza con las cuales se evidencia una mejora en la comprensión de algunas ideas y conceptos clave en los temas de interés [15]–[17].

Otra estrategia que también ha formado una trayectoria importante es la inclusión de herramientas tecnológicas en el proceso, las cuales contribuyen significativamente en la comprensión de los conceptos inmersos en el electromagnetismo [18]–[21]. Existen otras que han sido probadas con resultados satisfactorios como los mapas conceptuales [22] y los crucigramas [23], las cuales permiten inferir, de forma muy generalizada, que la importancia radica en la innovación del docente en el aula, así como en la necesidad de romper con el esquema tradicional y transmisionista – conductista de la educación.

No obstante, debido a la carente formación pedagógica en la planta docente de los programas de ingeniería, no se suelen buscar alternativas que llenen esos vacíos para lograr cumplir con los objetivos del proceso de enseñanza – aprendizaje y aún más importante, lograr una formación competente adecuada al contexto de la ingeniería moderna [24]–[27]. Por tanto, es necesario crear estrategias pedagógicas basadas en la experimentación, para la enseñanza de fenómenos físicos, que contribuyan al dinamismo e innovación metodológica en el aula de clase y por ende, mejores resultados de aprendizaje.

De acuerdo con lo anterior, esta investigación se orienta en la aplicación de una estrategia pedagógica basada en la experimentación para contribuir a la construcción del concepto de onda armónica como fenómeno físico de estudio relevante en el programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Francisco de Paula Santander. Además, este trabajo aporta como antecedente metodológico que pueda replicarse en la construcción de otros conceptos de fenómenos físicos para aunar esfuerzos en los procesos de acreditación de alta calidad de los diferentes programas de ingeniería de la institución en mención.

II. MARCO TEÓRICO

En este apartado se definen los conceptos teóricos inmersos en la investigación, tomando como base la teoría del aprendizaje experimental de Kolb, las ideas previas y el cambio conceptual, la modelización científica y matemática, el modelo CUVIMA, el grado de instrumentación y el concepto de onda armónica en la propagación de las ondas electromagnéticas.

a) Teoría del aprendizaje experimental de Kolb

La teoría del aprendizaje experimental define el aprendizaje como un ciclo de cuatro etapas en el cual se crea el conocimiento a través de la transformación de la experiencia [28] que es impulsado por la doble dialéctica acción/reflexión y experiencia/abstracción, las cuales definen de forma holística las transacciones de aprendizaje entre los individuos y el entorno. Su fundamento se centra en aprender mediante la resolución de conflictos entre modos opuestos, generando así, la necesidad de sacar las creencias e ideas erradas [29]. La figura 1 muestra el ciclo de aprendizaje propuesto por Kolb en esta teoría.

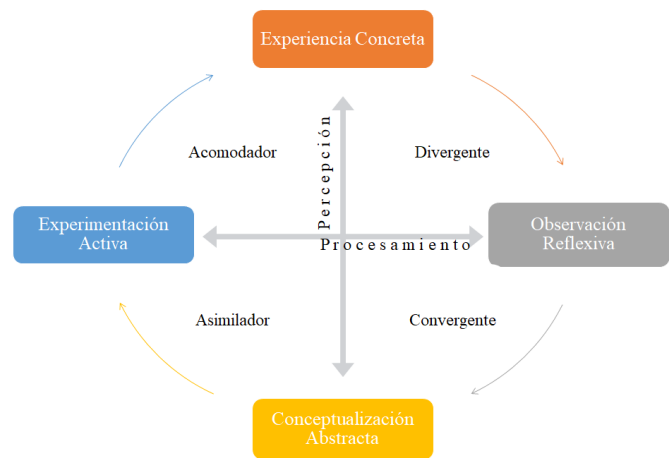


Figura 1: Ciclo de aprendizaje experimental de Kolb. Fuente: Adaptado de [29].

b) Ideas previas y cambio conceptual

Investigaciones en la enseñanza de las ciencias han reportado que una forma de promover la comprensión de los conceptos científicos es a través del cambio conceptual, en el cual las ideas previas que los estudiantes tienen acerca de un fenómeno deben ser confrontadas mediante la experimentación, con la intención de poder modificarlas o validarlas; entendiendo ideas previas como todas aquellas ideas que utilizan los estudiantes para la interpretación de diversos fenómenos antes de recibir una instrucción [30].

Según [31] las ideas previas no necesariamente deben ser reemplazadas, sino formar parte de una reconstrucción de la interpretación de la realidad. Así, el cambio conceptual ve al estudiante como científico, sin embargo, esto no significa que el estudiante vaya a serlo, pero sí que adquiere ciertas habilidades, valores y aptitudes científicas, como la curiosidad, la apertura a nuevas ideas, el escepticismo formal, el pensamiento lógico, ampliar o cambiar las representaciones de los fenómenos naturales, desarrollar estructuras conceptuales más complejas de forma progresiva, aplicar estrategias cognitivas y técnicas para la resolución de problemas científicos, entre otros.

c) Modelización científica y matemática

Para [32], un modelo se define como una representación simplificada de un fenómeno real que a su vez puede ser químico, físico, matemático u otro. Dentro del área de las ciencias existe el modelo científico el cual debe tener poder predictivo, explicativo y

descriptivo, por esta razón, se requiere de un modelo matemático que tiene como objetivo describir, mediante ecuaciones, una situación del mundo real que se presenta con determinada frecuencia. La modelización matemática es uno de los procesos para llegar a un modelo matemático, y es definida por [33] como el proceso de enfrentar una situación indeterminada, problematizarla, produciendo investigación, razonamiento, y estructuras matemáticas para transformar dicha situación.

La modelización científica como proceso de un modelo científico presenta dos fases: la inductiva y la deductiva [34]; la primera tiene como objetivo llegar a un modelo matemático que represente el fenómeno físico por medio de registros de representación semiótica [35], ya sea algebraico, gráfico, aritmético, obtenido a partir de datos experimentales como tiempo, distancia, presión, aceleración, velocidad, entre otros; la segunda fase se refiere a cómo utilizar el modelo matemático para interpretar o describir la realidad. Lo anterior puede hacerse utilizando en parte un enfoque teórico, y apoyándose en el uso de la tecnología como mediador en la experimentación y como ayuda al estudiante en la interpretación inductiva, para posteriormente tomar lugar con la interpretación deductiva bajo la socialización del profesor con los estudiantes.

d) Modelo CUVIMA

El modelo CUVIMA se compone de cuatro marcos: la realidad de la física, consiste en la experimentación del fenómeno por parte del estudiante; la modelización del dispositivo digital, incorpora la inclusión de las tecnologías y su importante participación en la transformación de los datos experimentales en una representación gráfica; el análisis conceptual de la física, implica que, a partir de la gráfica obtenida pueda interpretarse conceptualmente el concepto físico, a este proceso cognitivo se lo denomina interpretación inductiva; y finalmente, el análisis conceptual matemático, consiste en construir un modelo matemático para interpretar el fenómeno físico a partir de la información obtenida en la experimentación, este proceso es denominado interpretación inductiva [36]. De forma gráfica, estos marcos se relacionan entre sí como se muestra en la Figura 2.

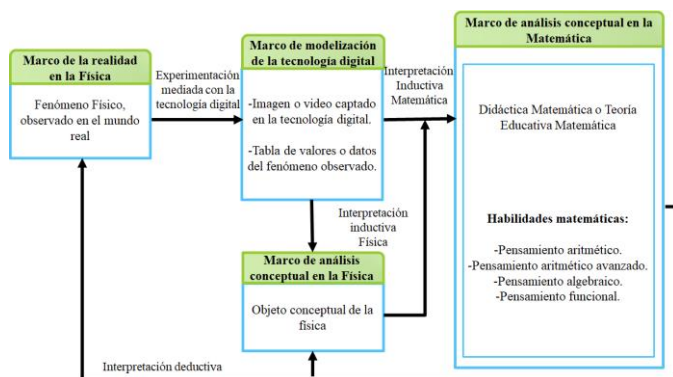


Figura 2: Modelo CUVIMA.
Fuente: Adaptado de [36].

e) Grado de instrumentación

La instrumentación es el proceso de apropiación de artefactos tecnológicos y de laboratorio para una determinada actividad. Puede incluir varias etapas como: descubrimiento, selección, personalización y transformación; que están sujetas a esquemas y procedimientos por parte del quien hace uso de los artefactos para realizar de manera exitosa un tipo de tarea. Por lo tanto, se define el grado de instrumentación como el nivel de conocimiento de un sujeto en el manejo de estos artefactos [37], [38].

f) Las ondas electromagnéticas y el concepto de onda armónica

Las ondas electromagnéticas fueron descubiertas por James Maxwell, abriendo la ventana para entender mejor el funcionamiento de la luz y la unificación de la electricidad, el magnetismo y la óptica bajo el mismo campo. Sus características particulares, que las diferencian de las ondas mecánicas, se deben principalmente al hecho que estas últimas perturban un medio físico al propagarse, mientras que las electromagnéticas pueden viajar por el vacío a la velocidad de la luz; esto se sustenta en la apreciación de varios autores al indicar que las ondas electromagnéticas se manifiestan como vibraciones captables y como energía absorbible de los campos electromagnéticos [39], [40].

En ese contexto, la onda armónica representa el caso más simple de una onda electromagnética al propagarse por un medio. Matemáticamente es una solución particular de las ecuaciones de Maxwell con la consideración que los campos eléctrico y magnético tienen la misma dirección, magnitud y fase en planos infinitos, en comparación con la longitud de onda, perpendiculares a la dirección de propagación. Pese a que la onda armónica, de manera estricta, no existe en la práctica, siempre se está lo suficientemente lejos de la fuente que genera la onda electromagnética por lo que su estudio es fundamentalmente importante tanto desde el punto de vista teórico como del práctico pues a menudo, se supone que en la práctica se presenta de esta forma [41], [42].

III. METODOLOGÍA O PROCEDIMIENTOS

Esta sección contempla el planteamiento de la hipótesis de trabajo, la descripción general del enfoque metodológico de la investigación, el diseño, la muestra que participa en el estudio y finalmente, se presentan los instrumentos utilizados para la recolección de la información, sus implementaciones en los participantes y el análisis de los datos.

a) Hipótesis de trabajo

Tiene como fundamento la importancia que han tomado las estrategias de enseñanza y aprendizaje en diversos trabajos de investigación, incluso su estudio e implementación forman parte de los criterios de evaluación para la acreditación de alta calidad de los programas universitarios en Colombia [43]. Por ello, ante la necesidad de conocer cómo la experimentación, en las actividades didácticas, influye en la comprensión de los conceptos matemáticos que modelan los fenómenos físicos, se plantea la siguiente hipótesis: el aprendizaje del concepto de onda armónica no será igual en los estudiantes para un escenario que utiliza una estrategia pedagógica basada en la experimentación y otro escenario que no utiliza esta estrategia. Esta hipótesis se prueba en los alumnos que cursan sexto, séptimo, octavo y noveno semestre del Programa Ingeniería Electrónica de la Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia.

b) Enfoque de la investigación

Esta investigación se sustenta en el enfoque cuantitativo, con un tipo de estudio descriptivo, transaccional y de campo, teniendo como finalidad especificar características importantes del fenómeno físico estudiado y describir los comportamientos de los estudiantes al analizar la relación existente entre la experimentación como componente de la enseñanza, siendo esta la variable independiente, y el aprendizaje como variable dependiente [44], [45].

c) Diseño de investigación

La investigación es preexperimental con diseño de un solo grupo con pretest y postest, diagramado así: O_1XO_2 ; donde, O_1 representa la aplicación de un pretest, X es la aplicación del tratamiento y O_2 la

aplicación de un postest. El pretest y el postest tienen como propósito medir la variable dependiente antes y después del tratamiento para analizar las implicaciones de su influencia; este tratamiento se corresponde con la variable independiente y su efecto se comprueba contrastando los resultados del postest con los del pretest [46].

d) Selección de la muestra

El muestreo que se utiliza es no probabilístico y por conveniencia [47]; así, la muestra seleccionada consta de ochenta y nueve estudiantes que son el total de los que interactúan a partir del ciclo profesional del Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Francisco de Paula Santander en las asignaturas que trabajan el concepto de onda armónica y corresponden con los semestres de sexto a noveno.

e) Instrumentos de recolección de datos

Consisten en un pretest y un postest, los cuales son cuestionarios aplicados antes y después de la aplicación del tratamiento, respectivamente, de acuerdo con el diseño de investigación propuesto. Estos cuestionarios son considerados instrumentos de medición que permiten cuantificar los cambios en el aprendizaje de los estudiantes y evaluar la metodología de enseñanza propuesta [48]. Se diseñan siguiendo el modelo cognitivo pregunta – respuesta, con los cuales se busca indagar acerca de las ideas que tienen los estudiantes sobre conceptos relacionados con un área de conocimiento en particular [49].

f) Implementación de los instrumentos en los participantes

Se plantea una estrategia pedagógica basada en dos secuencias didácticas que siguen el modelo CUVIMA para su diseño y estructura, identificando tres fases: selección del concepto asociado al fenómeno físico, selección de la herramienta tecnológica para llevar a cabo la experimentación y diseño de la experiencia didáctica.

Ahora bien, una vez aplicado el pretest para recopilar las ideas previas acerca de la onda armónica, se interviene pedagógicamente con las secuencias didácticas para construir el concepto y, finalmente, se aplica el postest para contrastar el cambio conceptual y el aprendizaje significativo. Antes de aplicar las secuencias, se realiza en el aula una exploración para conocer el grado de instrumentación de los estudiantes sobre el uso de las herramientas tecnológicas y funciones básicas de los artefactos de laboratorio necesarios para llevar a cabo la actividad.

g) Análisis de datos

Para el análisis de los resultados del pretest y postest, se hace uso de la gráfica de barras y el diagrama de torta, en donde la variable dependiente, el aprendizaje de los estudiantes, se mide en una escala de valoración de tres categorías: definición adecuada, definición aproximada y definición inadecuada. Esta valoración está determinada por el grado de correspondencia entre las definiciones aportadas por los estudiantes y las definiciones formales propias de un ingeniero. Por otra parte, la variable independiente, experimentación como componente de la enseñanza, se manipula de forma que los resultados entre el pretest y el postest reflejen la ausencia o presencia de experimentación en la enseñanza.

IV. RESULTADOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Esta sección se estructura con base en el diseño de investigación definido en la metodología, presentando los resultados del pretest, el diseño de las actividades didácticas siguiendo el modelo CUVIMA

que se corresponden con el tratamiento y finalmente, los resultados del postest.

a) Resultados del pretest

La figura 3 muestra los resultados por pregunta obtenidos en el pretest, evidenciando que las definiciones aproximadas e inadecuadas priman sobre las definiciones adecuadas.

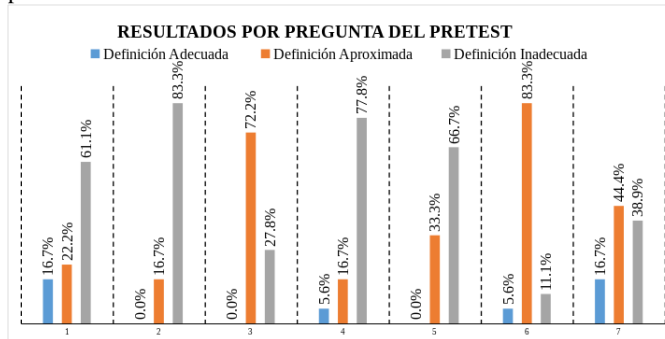


Figura 3: Resultados por pregunta del pretest de ideas previas. Fuente: Elaboración propia.

La figura 4 muestra la media de los resultados obtenidos en el pretest, evidenciando que las definiciones aproximadas e inadecuadas priman sobre las definiciones adecuadas.

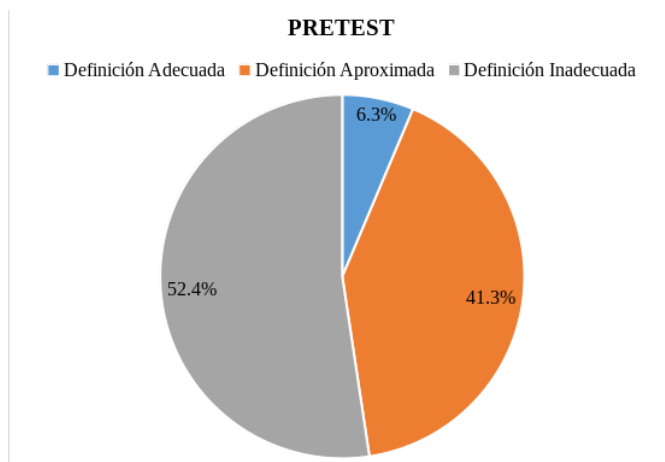


Figura 4: Media de los resultados del pretest de ideas previas. Fuente: Elaboración propia.

Analizando las respuestas cuantitativamente y de acuerdo con la media, el 6.3 % de los estudiantes definieron adecuadamente el concepto de onda armónica, mientras que, el 41.3 % lo definieron de forma aproximada y el 52.4 % de forma inadecuada.

b) Diseño de las actividades didácticas siguiendo el modelo CUVIMA

El diseño de las secuencias didácticas inicia con la identificación del concepto de la física a desarrollar, para lo cual se escoge el concepto de la onda armónica por su importancia y relevancia en la comprensión de los fenómenos físicos asociados diferentes áreas de la ingeniería electrónica. Posteriormente, se selecciona la herramienta tecnológica para llevar a cabo la experimentación, con lo cual, por tratarse de ondas electromagnéticas, fue necesario el uso de un generador de tonos de radiofrecuencia para generar las ondas, un analizador de espectros y un osciloscopio para poder observarlas en el dominio de la frecuencia y del tiempo, respectivamente. Además, se usó un generador de señales de baja frecuencia para hacer una similitud del comportamiento básico de las ondas electromagnéticas a diferentes rangos de frecuencias.

Finalmente, se diseña la experiencia didáctica para dos encuentros: el primero con la finalidad de introducir los parámetros de frecuencia, periodo, longitud de onda, amplitud y forma de la onda, describiendo su comportamiento, representación gráfica y matemática, tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia. El segundo encuentro, con la finalidad de introducir los parámetros, constante de atenuación y de fase, con sus implicaciones en la propagación de las ondas.

Es importante mencionar, que la estructura de las actividades didácticas se corresponde con el orden fijado por el modelo CUVIMA; en primer lugar, la experimentación, luego la interpretación inductiva, seguido de la interpretación deductiva y, por último, ejercicios de operación inversa. Todo lo anterior con el objetivo de reestructurar las ideas previas de los estudiantes, promoviendo un cambio conceptual en dirección a conceptos más aceptados científicamente a través del uso de diversas representaciones [31]. A manera de resumen, se presenta en las tablas 1 y 2 los marcos trabajados en cada actividad didáctica, así como el método de implementación utilizado.

Tabla 1: Secciones de la actividad didáctica 1 bajo el modelo CUVIMA.

Actividad didáctica	Marco del modelo CUVIMA	Método
Actividad didáctica #1	1 – Contexto del fenómeno físico	Observación de la frecuencia, periodo, longitud de onda, amplitud y forma de la onda, de la onda armónica en medios guiados y no guiados.
	2 – Interpretación inductiva	Preguntas basadas en la pedagogía crítica para que el estudiante identifique las características matemáticas de los conceptos frecuencia, periodo, longitud de onda, amplitud y forma de onda de la onda armónica.
	3 – Interpretación deductiva	Preguntas basadas en la pedagogía crítica para que el estudiante construya los conceptos teóricos y los relacione con las expresiones matemáticas de la frecuencia, periodo, longitud de onda, amplitud y forma de onda de la onda armónica.
	4 – Ejercicios de operación inversa	Ejercicios teóricos, basados en la experiencia de laboratorio para promover el cambio conceptual y el aprendizaje significativo de los conceptos de frecuencia, periodo, longitud de onda, amplitud y forma de onda de la onda armónica.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2: Secciones de la actividad didáctica 2 bajo el modelo CUVIMA.

Actividad didáctica	Marco del modelo CUVIMA	Método
Actividad didáctica #2	1 – Contexto del fenómeno físico	Observación de la atenuación y el desfase de la onda armónica en medios guiados y no guiados, como funciones de la distancia y la frecuencia.
	2 – Interpretación inductiva	Construcción de la relación atenuación – distancia y fase – distancia a diferentes frecuencias utilizando los datos experimentales obtenidos.
	3 – Interpretación deductiva	Preguntas basadas en la pedagogía crítica para que el estudiante construya los conceptos teóricos y los relacione con las expresiones matemáticas de la constante de atenuación y la constante de fase de la onda armónica.
	4 – Ejercicios de operación inversa	Ejercicios teóricos, basados en la experiencia de laboratorio para promover el cambio conceptual y el aprendizaje significativo de los conceptos de constante de atenuación y constante de fase de la onda armónica.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se aplican las secuencias didácticas en diferentes experiencias de aprendizaje que tienen lugar en el laboratorio especializado LE104 de la Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia. La figura 5 muestra algunas evidencias de estos encuentros.



Figura 5: Escenario de experimentación de las actividades didácticas. Fuente: Elaboración propia.

c) Resultados del postest

La figura 6 muestran los resultados por pregunta del postest que evidencian un cambio conceptual en los estudiantes respecto de las ideas previas que se evidenciaron en el pretest. El cambio conceptual se refleja en las interpretaciones inductivas y deductivas para el concepto de la onda armónica asociado a la propagación de las ondas electromagnéticas en sus parámetros de frecuencia, atenuación y fase, por mencionar algunos, implícitos en las diversas representaciones en el marco de la matemática.

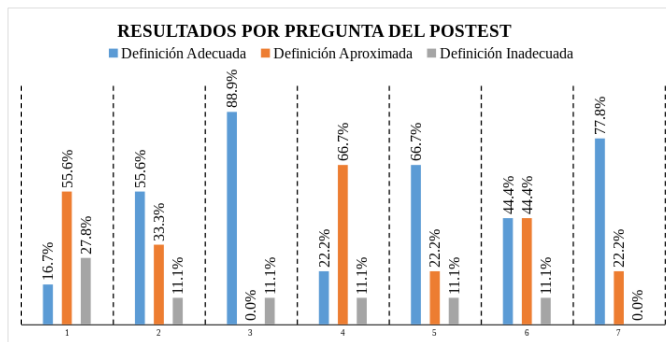


Figura 6: Resultados por pregunta del postest. Fuente: Elaboración propia.

La figura 7 muestra la media de los resultados obtenidos en el postest, evidenciando que las definiciones adecuadas priman sobre las aproximadas e inadecuadas.

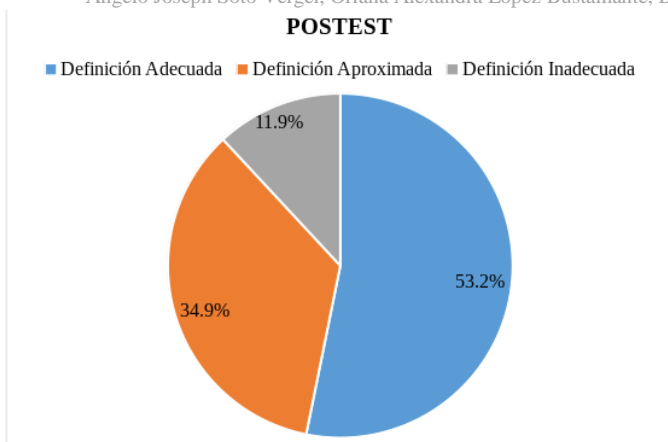


Figura 7: Media de los resultados del postest. Fuente: Elaboración propia.

Analizando las respuestas cuantitativamente y de acuerdo con la media, los estudiantes definieron adecuadamente el concepto de onda armónica en un 53.2 %, mientras que el 34.9 % lo definieron de forma aproximada y el 11.9 % lo hicieron inadecuadamente.

Es importante resaltar la disminución porcentual considerable en todas las respuestas inadecuadas y por consiguiente el aumento de las respuestas aproximadas y adecuadas; estos resultados son considerados como evidencia de un cambio conceptual sobre la modificación de representaciones de la onda armónica en el marco de la propagación de las ondas electromagnéticas. Previo a las actividades didácticas, los estudiantes presentaron respuestas erróneas y en algunos casos no respondieron, sin embargo, posteriormente las representaciones fueron modificadas presentado la onda armónica dependiente del tiempo y del espacio con afectaciones de atenuación y de fase dependientes de las características propias del medio, así como de la frecuencia y la distancia.

Pese a que no todo el progreso se dio en las proporciones esperadas, pues un gran porcentaje quedó con representaciones aproximadas al concepto, lo que realmente vale la pena resaltar es la evolución en el proceso de construcción de conceptos matemáticos y físicos a través de la interpretación inductiva y deductiva apoyados en los ejercicios de operación inversa. Se discute como posibilidad, incrementar las sesiones didácticas con el fin de lograr un aprendizaje más adecuado a la formación profesional de los estudiantes. Sin embargo, se comprueba con los resultados obtenidos que el modelo CUVIMA aporta una metodología acorde a las necesidades de experimentación en el aula de clase, permitiendo el desarrollo de actividades didácticas que promueven un cambio conceptual y un aprendizaje significativo en los estudiantes.

d) Prueba t Student para muestras relacionadas de las diferencias pretest y postest

Para analizar la existencia de diferencias estadísticamente significativas en los resultados del pretest y postest, se utilizó la prueba t Student para muestras relacionadas y así, contrastar con la hipótesis planteada para la investigación. La tabla 3 presenta los resultados obtenidos para un nivel de significación del 5 %, evidenciando la aparición de diferencias significativas entre las puntuaciones pretest y postest en las variables analizadas; esto es, en la experimentación como componente de la enseñanza y el aprendizaje del concepto de onda armónica en la propagación de ondas electromagnéticas.

Tabla 3: Prueba t Student para muestras relacionadas de las diferencias pretest y postest.

	Definición Inadecuada	Definición Aproximada	Definición Adecuada
Estadístico T	5.676	3.832	6.284
Valor P	0.003	0.354	0.003

Fuente: Elaboración propia.

El valor P por debajo del nivel de significación del 5 % indica que la hipótesis es válida, sin embargo, para la definición aproximada el resultado puede deberse al progreso que presentan los estudiantes entre una definición y otra; es decir, aquellos que definieron inadecuadamente en un principio, avanzaron mayoritariamente en su comprensión del concepto hacia una definición aproximada, dejando esta categoría como punto intermedio en el progreso de aprendizaje.

V. DISCUSIÓN

Los resultados del pretest y postest reportan cambios entre el estado inicial y final de los estudiantes respecto a la comprensión del concepto de onda armónica una vez aplicada la estrategia pedagógica basada en la experimentación. Así mismo, los resultados de la prueba t Student indican que los estudiantes generaron un cambio conceptual asociado al concepto de la onda armónica en la propagación de ondas electromagnéticas y de acuerdo con el pretest y postest este cambio fue favorable. Además, el valor P por debajo del nivel de significación (<0.05) indican que los resultados son estadísticamente significativos y por lo tanto es posible afirmar que la hipótesis planteada es verdadera; es decir, que la experimentación como componente de la enseñanza si influye en la comprensión del fenómeno físico estudiado. Lo anterior es coherente con lo expuesto por [46], quien afirma que el diseño de investigación aplicado sirve para estudiar las variaciones que se producen en determinadas variables que sólo cambiarán si se interviene directamente sobre ellas; así, la variación en la comprensión del concepto de onda armónica se debe a la intervención directa en el grado de experimentación aplicado en la metodología de enseñanza.

Según lo expuesto por [50] los estudiantes de carreras tecnológicas y de ingeniería tienden a especializarse en las ciencias de información, investigación y análisis pues gustan mucho de realizar operaciones matemáticas y de experimentar con fenómenos físicos lo cual es coherente con los hallazgos. Lo anterior indica que, según [29], para lograr aprendizajes significativos en estos estudiantes se deben llevar a cabo actividades académicas de laboratorios experimentales, proyectos y casos de estudio específicos, apoyados en simulaciones para probar modelos matemáticos; todo esto, dirigido por lecturas de artículos y textos donde se ejemplifique el tema de estudio y se puedan leer y analizar las teorías que soportan el fenómeno estudiado. Aspectos que fueron probados y verificados en esta investigación, pues se estudió la propagación de las ondas electromagnéticas desde una metodología completamente embebida en la experimentación, enmarcada en un caso particular y reforzada desde la simulación y la verificación de las teorías matemáticas expuestas por los autores más relevantes de la literatura de la teoría electromagnética como son [39]–[42] por mencionar algunos.

Fue de importancia el diagnóstico preliminar sobre el grado de instrumentación de los estudiantes, puesto que permitió observar cómo la idea de experimentar en laboratorio con el fenómeno físico a estudiar despertó motivación e interés por la experiencia de aprendizaje. Esto, colocó en evidencia lo expuesto por [36], [51] quienes afirman que la innovación en la práctica pedagógica apoyada con metodologías basadas en la experimentación propicia mejores aprendizajes que permiten, no solamente reemplazar las ideas previas, sino reestructurarlas al considerarlas como piezas de conocimiento que deben ser organizadas bajo un principio de jerarquía. Según [31] el cambio conceptual no puede verse solamente como una superposición de conocimientos sino como una reconstrucción de la realidad percibida por el estudiante, percepción que es completamente modificada al rodear al estudiante en un ambiente experimental en el

que puede interactuar de diversas formas con el fenómeno físico objeto de estudio, permitiendo que adquiera habilidades, valores y aptitudes para desarrollar pensamiento científico, despertando la curiosidad y por tanto, dando apertura a nuevas ideas de desarrollo tecnológico que pueden convertirse en un detonante motivacional que dirija los hábitos y tiempos de estudio del alumno.

Este cambio conceptual perseguido a través de la aplicación de las secuencias didácticas se logró satisfactoriamente pues los estudiantes cambiaron sus representaciones del fenómeno de la propagación de ondas electromagnéticas, permitiendo verificar el desarrollo progresivo de estructuras conceptuales complejas al describir y definir de forma coherente y completa el comportamiento de las ondas desde el concepto de la onda armónica y argumentando desde la teoría formal del fenómeno, dejando de lado las representaciones primarias concebidas mediante el estudio puramente teórico del concepto matemático; que según [31] se logran al innovar con diversas estrategias didácticas.

VI. CONCLUSIONES

Los estudiantes que participaron suelen desarrollar capacidades en investigación, y se les facilita analizar grandes cantidades de información de donde infieren postulados que posteriormente confrontan mediante experimentos de laboratorios. Este ambiente de comprobación teórico – práctica debe estar incluida en la práctica pedagógica del docente para tener éxito en los aprendizajes que desea desarrollar en este tipo de estudiantes, por lo cual, el diseño y desarrollo de las secuencias didácticas están embebidas en un marco teórico amplio y, a su vez, en una comprobación y verificación experimental mediante instrumentos de laboratorio de los conceptos y fenómenos físicos estudiados. Es decir, son estudiantes que prueban los conceptos aprendidos experimentalmente, mediante simulaciones y prácticas de laboratorio con un excelente razonamiento inductivo, lo cual les permite destacarse en el estudio y la investigación de fenómenos físicos.

El análisis de los resultados obtenidos respecto de los estudiantes permite trazar metas y objetivos de aprendizaje, según las necesidades particulares de ellos. Si bien es cierto que la teoría del aprendizaje experimental sugiere que un aprendizaje completo es aquel que aborda las cuatro etapas del modelo, una identificación de las preferencias académicas permite hacer un enfoque hacia ciertos procesos para fortalecer aquellas etapas que así lo requieran; permitiendo satisfacer las preferencias de percepción y procesamiento de información que los estudiantes tengan haciendo su proceso de aprendizaje más ameno y efectivo.

El uso de tecnología digital para la enseñanza de los conceptos físicos resulta en una potente herramienta de motivación y por tanto de generación de mejores aprendizajes; además de ser facilitadora dentro del aula de clases en la ejecución de tareas tediosas y que pueden no ser relevantes en el momento pedagógico y didáctico en escena. Es así como el análisis de Fourier fue una herramienta matemática muy oportuna que permitió demostrar que lo visualizado en el analizador de espectros, teniendo como medio de transmisión el espacio libre, es equivalente a lo visualizado en el osciloscopio, teniendo como medio de transmisión el cable coaxial. Esto permitió un aprendizaje significativo en los estudiantes al poder ver un fenómeno en distintos escenarios afianzando la comprensión del concepto de onda armónica como un modelo matemático fiel al fenómeno físico de la propagación de las ondas electromagnéticas y aplicable en la práctica.

La relación existente entre la experimentación como componente de la enseñanza y la comprensión del fenómeno físico objeto de estudio, es favorable de acuerdo con los resultados obtenidos en las puntuaciones del pretest y postest, y es significativa de acuerdo con la prueba t Student; lo anterior implica que, la experimentación impacta

en la comprensión del fenómeno. Es interesante analizar este resultado, en términos de la práctica pedagógica del docente, pues según Kolb los estudiantes de ingeniería suelen tener preferencias hacia las prácticas de laboratorio y de simulación en donde pueden poner a prueba los conceptos teóricos aprendidos, y esto, se encuentra en completa armonía con la hipótesis planteada.

Es evidente el reto que afronta la educación superior, puesto que un aula de clases es todo un universo de gran diversidad en la particularidad de las capacidades, preferencias, adopciones y adaptaciones de los actores principales del proceso educativo, estudiantes y docentes; proceso en el que, al parecer, cada cual se desarrolla en los aspectos de mayor comodidad para sí. Por tanto, existe un docente que no conoce a sus estudiantes y que puede nunca cuestionarse ni realizar un proceso de autoevaluación sobre su práctica pedagógica, para tratar de mitigar el bajo rendimiento académico latente en sus aulas. Por otra parte, existe también un estudiante, que probablemente, no se conoce a sí mismo y por lo tanto ignora por completo las herramientas que pueden hacer de su ejercicio académico un proceso más efectivo y eficiente.

El reto es por tanto, disminuir esa brecha de ignorancia y dotar, tanto el docente como al estudiante, de capacidades que les permita innovar, crear y desarrollar estrategias, metodologías, actividades y demás herramientas didácticas y pedagógicas para que exista una verdadera sinergia en el proceso de enseñanza – aprendizaje; proceso que debe verse como un todo, y no como dos aspectos individuales en el que cada uno culpa al otro, el docente culpa al estudiante que no aprende y el estudiante culpa al docente que no enseña. Esa absurda rivalidad entorpece por completo los procesos educativos y la mejora en los mismos.

VII. REFERENCIAS

- [1] L.C. Catalán, M.C. Caballero y M.A. Moreira, “Niveles de Conceptualización en el Campo Conceptual de la Inducción Electromagnética,” *Latin-American J. Phys. Educ.*, vol. 4, no. 1, p. 20, 2010.
- [2] N.C. Naizaque, “Diseño De Una Estrategia Didáctica Para La Enseñanza De La Inducción Electromagnética,” Universidad Nacional De Colombia, 2013.
- [3] C. Becerra, A. Gras y J. Martínez, “Análisis de la Resolución de Problemas de Física en Secundaria y Primer Curso Universitario en Chile,” *Rev. Enseñanza Las Ciencias*, vol. 22, no. 2, pp. 275–286, 2004.
- [4] C. Furió y J. Guisasola, “Dificultades en el Aprendizaje Significativo de algunos Conceptos de Electroestática,” *Rev. Investig. en la Esc.*, no. 23, pp. 103–114, 1994.
- [5] J. Guisasola, A. Montero y M. Fernández, “La Historia del concepto de Fuerza Electromotriz en Circuitos Eléctricos y la elección de Indicadores de Aprendizaje Comprensivo,” *Rev. Bras. Ensino Física*, vol. 30, no. 1, 2008.
- [6] D. Gil y A. Vilches, “Una Alfabetización Científica Para El Siglo XXI: Obstáculos Y Propuestas De Actuación,” *Investig. En La Esc.*, vol. 43, pp. 27–37, 2001.
- [7] E.F. Resdish, “The Implications of Cognitive Studies for Teaching Physics,” *Am. J. Phys.*, vol. 62, no. 6, pp. 796–803, 1994.
- [8] C. Becerra, A. Gras y J. Martínez, “La Física con una Estructura Problemática: Efectos sobre el Aprendizaje Conceptual, las Actitudes e Intereses de los Estudiantes,” *Rev. Bras. Ensino Física*, vol. 29, no. 1, pp. 95–103, 2007.
- [9] B.E. Osorio, J.A. Osorio, L.S. Mejía, G.E. Campillo y R. Covalada, “El Papel de la Actividad Experimental en la Enseñanza y Aprendizaje del Electromagnetismo en la Educación Superior,” *Rev. Científica*, vol. 2, no. 22, pp. 85–96, 2015, doi: 10.14483/10.14483/udistrital.jour.RC.2015.22.a7.

- [10] R.T. Solís, A. Ambrosio, E.C. Ruiz, J. Cortez y M.G. Gil, “Causas Del Alto Índice De Reprobación De Los Alumnos De Ingeniero Industrial Y De Sistemas En La Materia Electromagnetismo Y Factores Para Mejoralo. Obregón, Sonora”, México: Estrategias Universitarias Para Mejorar Los Resultados Enseñanza-Aprendizaje, 2011.
- [11] J. Guisasola, J.M. Almodí y J.L. Zubimendi, “Dificultades de Aprendizaje de los Estudiantes Universitarios en la Teoría del Campo Magnético y Elección de los Objetos de Enseñanza,” Enseñanza las ciencias Rev. Investig. y Exp. didácticas, vol. 21, pp. 79–94, 2003.
- [12] J. Guisasola, J.M. Almodí y K. Zuza, “Dificultades de los Estudiantes Universitarios en el Aprendizaje de la Inducción Electromagnética,” Rev. Brasirela Enseñanza Física, vol. 32, no. 1, 2010.
- [13] J. Guisasola, J. M. Almodí y K. Zuza, “Explicaciones de los Estudiantes de Primer Curso de Ingeniería sobre los Fenómenos de Inducción Electromagnética,” Rev. Enseñanza la Física, vol. 21, no. 2, pp. 33–47, 2008.
- [14] B.E. Osorio, L.S. Mejía, J.A. Osorio, G.E. Campillo y R. Covalada, “Análisis de la Enseñanza y el Aprendizaje del Electromagnetismo en el nivel Tecnológico y Universitario,” Entre Cienc. e Ing., no. 12, pp. 24–28, 2012.
- [15] E. Rentería, J.D. Vergara, B.E. González y Y.U. Cifuentes, “Desarrollo Del Pensamiento Crítico Mediante La Resolución De Problemas, Desde El Enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente (CTSA), En El Estudio De Las Ondas Electromagnéticas (OEM),” Universidad De Antioquia, 2016.
- [16] H.E. Maldonado, M. Vergel y C.S. Gómez, “Prácticas Pedagógicas E Índices De Creatividad En La Enseñabilidad De La Física Electromagnética,” Rev. Logos, Cienc. y Tecnol., vol. 7, no. 2, 2016, doi: <http://dx.doi.org/10.22335/rfct.v7i2.27>.
- [17] J.M. Almodí, K. Zuza y J. Guisasola, “Aprendizaje de la Teoría de Inducción Electromagnética en Cursos Universitarios de Física General. Una Enseñanza por Resolución Guiada de Problemas,” Enseñanza las Ciencias. Rev. Investig. Y Exp. Didácticas, vol. 34, no. 2, 2016, doi: 10.5565/rev/ensciencias.1612.
- [18] O. Yilmaz y E. Ince, “The Usage of Alternative Assessment Techniques in Determination of Misconceptions about Electromagnetic Field - Magnetism Contents and Effects of Video - Based Experiments on Students Achievement at Distance Learning Course,” Procedia -Social Behav. Sci., vol. 55, pp. 155–160, 2012, doi: 10.1016/j.sbspro.2012.09.489.
- [19] M.B. Ibáñez, Á. Di Serio, D. Villarán y C. Delgado, “Experimenting with Electromagnetism using Augmented Reality: Impact on flow Student Experience and Educational Effectiveness,” Comput. Educ., vol. 71, pp. 1–13, Feb. 2014, doi: 10.1016/J.COMPEDU.2013.09.004.
- [20] M.A. Teixeira, S. Da-Hora y E. Dos-Santos, “Teaching Electromagnetism by Images Simulations in the Telecommunications Technical Course,” J. Educ. Instr. Stud. World, vol. 6, no. 4, 2016.
- [21] J. Moore y J. Christopher, “Efficacy of Multimedia Learning Modules as Preparation for Lecture-Based Tutorials in Electromagnetism,” Educ. Sci., vol. 8, no. 1, p. 23, Feb. 2018, doi: 10.3390/educsci8010023.
- [22] N. Govender, “Developing Pre-service Teachers’ Subject Matter Knowledge of Electromagnetism by Integrating Concept Maps and Collaborative Learning,” African J. Res. Math. Sci. Technol. Educ., vol. 19, no. 3, pp. 306–318, Sep. 2015, doi: 10.1080/10288457.2015.1104839.
- [23] J.C. Olivares, M. Escalante, R. Escarela, E. Campero, J.L. Hernández y I. López, “Los Crucigramas en el Aprendizaje del Electromagnetismo,” Eureka sobre Enseñanza y Divulg. las Ciencias, vol. 5, no. 3, pp. 334–346, 2008.
- [24] M.E. Aguiar, H. Gutiérrez y P. Gutiérrez, “Diseño y aplicación de un cuestionario sobre la práctica docente del profesorado de matemáticas en ingeniería y ciencias,” Góndola, enseñanza y Aprendiz. las ciencias, vol. 13, no. 1, p. 33, Jan. 2018, doi: 10.14483/23464712.11732.
- [25] V.A. Villarroel y D.V. Bruna, “Competencias Pedagógicas que Caracterizan a un Docente Universitario de Excelencia: Un Estudio de Caso que Incorpora la Perspectiva de Docentes y Estudiantes,” Form. Univ., vol. 10, no. 4, pp. 75–96, 2017, doi: 10.4067/S0718-50062017000400008.
- [26] L.F.M. Gutiérrez, J.F.G. Aristizabal y L.E.P. Barrera, “Estado de la relación pedagógica en las facultades de ingeniería de la ciudad de Manizales,” Rev. Educ. en Ing., vol. 11, no. 22, pp. 63–68, 2016, doi: 10.26507/rei.v11n22.677.
- [27] I. Fondón, M.J. Madero y A. Sarmiento, “Principales Problemas de los Profesores Principiantes en la Enseñanza Universitaria,” Form. Univ., vol. 3, no. 2, 2010, doi: 10.4067/S0718-50062010000200004.
- [28] D.A. Kolb, “Experiential learning: experience as the source of learning and development,” p. 38, 1984.
- [29] A.Y. Kolb y D.A. Kolb, “Experiential Learning Theory: A Dynamic, Holistic Approach to Management Learning, Education and Development How You Learn Is How You Live View project,” Armstrong Manag. Learn. Edu. Dev., pp. 42–68, 2008, doi: 10.4135/9780857021038.n3.
- [30] J.L. Hierrezuelo y A. Montero, “La ciencia de los alumnos: Su utilización en la didáctica de la física y la química”, 1a ed. Mexico, 2006.
- [31] J.I. Pozo y F. Flores, “Cambio Conceptual y Representacional en la Enseñanza de la Ciencia”. A. Machado Libros, 2007.
- [32] A. Jaime y G. Rodríguez, “Una propuesta de fundamentación para la enseñanza de la geometría: El modelo de Van Hiele,” in Teoría y práctica en educación matemática, 1a ed., Sevilla, 1990, pp. 295–384.
- [33] J. Confrey y A. Maloney, “A Theory of Mathematical Modelling in Technological Settings,” in Modelling and Applications in Mathematics Education, Boston, MA: Springer US, 2007, pp. 57–68.
- [34] G. Touma, “Une étude sémiotique sur l’activité cognitive d’interprétation,” Ann. Didact. Sci. Cogn., vol. 14, pp. 79–101, 2009.
- [35] R. Duval, “Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée,” Ann. Didact. Sci. Cogn., vol. 5, pp. 37–65, 1993.
- [36] C.A. Cuevas, F.Y. Villamizar y A. Martínez, “Actividades Didácticas para el Tono como Cualidad del Sonido, en Cursos de Física del Nivel Básico, Mediadas por la Tecnología Digital,” Enseñanza las Ciencias. Rev. Investig. y Exp. didácticas, vol. 35, no. 3, pp. 129–150, Nov. 2017, doi: 10.5565/rev/ensciencias.2091.
- [37] J. Monaghan y L. Trouche, “Mathematics Teachers and Digital Tools,” Springer, Cham, 2016, pp. 357–384.
- [38] L. Trouche, “From Artifact to Instrument: Mathematics Teaching Mediated by Symbolic Calculators,” Interact. Comput., vol. 15, no. 6, pp. 783–800, Dec. 2003, doi: 10.1016/J.INTCOM.2003.09.004.
- [39] M.N.O. Sadiku, “Elementos De Electromagnetismo”, 3ra ed. Oxford, 2003.
- [40] F.T. Ulaby, “Fundamentos de aplicaciones en electromagnetismo”, Pearson Educación, 2007.
- [41] W.H. Hayt y J.A. Buck, “Teoría electromagnética”, McGraw-Hill/Interamerica, 2006.
- [42] D.K. Cheng, “Fundamentos De Electromagnetismo Para Ingeniería”, 1ra ed. México: Pearson Educación, 1997.

- [43] Consejo Nacional de Acreditación de Colombia - CNA, "Lineamientos para la acreditación de programas de pregrado." Bogotá, p. 52, 2013.
- [44] R. Hernández, C. Fernández y P. Baptista, Metodología de la Investigación. 2010.
- [45] S. Palella y F. Martins, Metodología de la Investigación Cuantitativa. Caracas: Editorial Pedagógica de Venezuela, 2012.
- [46] L. Buendía, M.P. Colás y F. Hernández, Métodos de Investigación en Psicopedagogía. España: McGraw - Hill, 1998.
- [47] A. Del-Cid, R. Méndez y F. Sandoval, Investigación: fundamentos y metodología, 2da ed. Pearson Educación de México, 2011.
- [48] S.L. Jackson, Research methods: A modular approach, 3ra ed. Cengage Learning, 2015.
- [49] I. Benítez, "Utilidad de los métodos de pretest cognitivo para optimizar la calidad de los cuestionarios y aportar evidencias de validez: Una aproximación de investigación mixta," Universidad de Granada, 2012.
- [50] A.Y. Kolb y D.A. Kolb, "The Kolb Learning Style Inventory-Version 3.1 2005 Technical Specifications," Exp. Based Learn. Syst., 2005.
- [51] A.Y. Kolb y D.A. Kolb, "Learning Styles and Learning Spaces: Enhancing Experiential Learning in Higher Education," Source Acad. Manag. Learn. Educ., vol. 4, no. 2, pp. 193–212, 2005.