

La evolución conceptual en el aprendizaje de conceptos físicos mediada por unidades didácticas

Francy Nelly Jiménez-García ^{a,d}, Ligia Beleño-Montagut ^b, Carolina Márquez-Narváez ^a, Jairo de Jesús Agudelo-Calle ^{a,d} & Jorge Luis Muñiz-Olite ^c

^a Departamento de Física y Matemática, Universidad Autónoma de Manizales, Manizales, Colombia. francy@autonoma.edu.co

^b Departamento de Matemáticas y Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia. lbeleno@unab.edu.co

^c Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena, Colombia. jmuniz@utb.edu.co

^d Departamento de Física y Química, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Manizales, Colombia. fjnimenezg@unal.edu.co

Resumen— Los estudiantes, en general, tienen ideas previas al iniciar el estudio de un tema en particular, se busca con el proceso educativo el cambio conceptual que los lleve al conocimiento científico. El propósito de este estudio fue determinar la evolución conceptual que logran los estudiantes de ingeniería en la adquisición de conceptos físicos a partir del análisis de ideas previas. Se partió de la identificación de los obstáculos de aprendizaje a partir de la aplicación de un test de ideas previas; se realizó la implementación de las unidades didácticas; y se analizó la evolución conceptual que logran los estudiantes al contrastar los resultados del test de ideas previas antes y después de la intervención didáctica y mediante la contrastación con un grupo control. Se encontraron diferencias significativas entre el grupo control y el experimental y se evidenció cambio conceptual en los estudiantes en relación con los conceptos abordados en los cursos.

Palabras Clave— unidades didácticas; ideas previas; estilos de aprendizaje; movimiento oscilatorio; movimiento ondulatorio.

Recibido: 1 de abril de 2018. Revisado: 23 de julio de 2018. Aceptado: 27 de julio de 2018.

The conceptual evolution in the learning of physical concepts mediated by didactic units

Abstract— Students, in general, have previous ideas when starting the study of a subject, the conceptual change is sought with the educational process that leads them to scientific knowledge. The purpose of this study was to determine the conceptual evolution that engineering students achieve in learning physics concepts from a previous ideas analysis. It started with the identification of learning obstacles from the application of a previous ideas test; the didactic units implementation was carried out and the conceptual evolution achieved by the students was analyzed by comparing the results of the previous ideas test before and after the didactic intervention and by contrasting with a control group. Significant differences were found between the control and experimental groups and conceptual change in the students in relation to the concepts addressed in the courses was evidenced.

Keywords— didactic units; previous ideas; learning styles; oscillatory movement; wave motion.

1 Introducción

En los últimos años se vienen adelantando acciones que buscan mejorar la calidad de la educación en sus distintos niveles. Estas acciones han sido tomadas tanto desde la administración de los

sistemas educativos como desde la academia, la cual está cada vez más interesada en la investigación en temas de educación, tendientes a cambiar la estructura y organización del sistema educativo y a incrementar su calidad. Los resultados de la investigación en el aula demandan de los docentes cambios en sus metodologías de enseñanza con base en la cualificación de sus conocimientos y en la didáctica específica de la disciplina [1].

Para romper con el paradigma de enseñanza tradicional se requiere repensar las estrategias de enseñanza y aprendizaje como un conjunto de decisiones que se toman en el aula de clases con el objetivo de facilitar el aprendizaje significativo. Este conjunto de acciones influye sobre los procedimientos y los recursos a utilizar en las diferentes fases de un plan de acción que, organizada y secuenciada coherentemente con los objetivos de cada momento del proceso, permitan dar respuesta a la finalidad última de la tarea educativa [2].

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) permiten la implementación de estrategias de enseñanza y aprendizaje que atiendan la diversidad de estilos de aprendizaje de los estudiantes. La organización de estas estrategias ofrece una formación más personalizada, así como la posibilidad de establecer un seguimiento continuo del estudiante y de sus progresos; de otra parte, permite también optimizar los tiempos de aprendizaje, los procesos de aprendizaje en forma presencial y no presencial, la capacidad de trabajo individual y colectivo del que aprende, y la estructuración de la información. Además, se favorecen entornos educativos desde el aprendizaje cooperativo mediado por la actuación del profesor [3]. De otra parte, los entornos virtuales son un espacio propicio para la creación, gestión y entrega de secuencias de actividades de aprendizaje propuestas por el profesor que los estudiantes pueden seleccionar y desarrollar [4]. Desde esta perspectiva, es posible la implementación y desarrollo de unidades didácticas (UD) para la enseñanza y el aprendizaje de diversos conceptos utilizando como mediación los ambientes virtuales.

Las UD son una forma de programación de la enseñanza, que trata de incluir al máximo los elementos que intervienen en el proceso educativo. En dichas UD se propicia la interrelación de

Como citar este artículo: Jiménez-García, F.N., Beleño-Montagut, L., Márquez-Narváez, C., Agudelo-Calle, J.deJ. and Muñiz-Olite, J.L., La evolución conceptual en el aprendizaje de conceptos físicos mediada por unidades didácticas. Educación en Ingeniería, 14(27), pp. 1-8, Agosto 2018 - Febrero, 2019.

todos los elementos que intervienen en el proceso de enseñanza y aprendizaje con una coherencia interna metodológica y por un período de tiempo determinado. Lo anterior permite al docente hacer seguimiento al aprendizaje permitiendo una ruptura con el paradigma de la enseñanza tradicional [5].

El diseño de UD requiere de una planeación relacionada con elementos como: los objetivos de la enseñanza, los contenidos a desarrollar, las actividades de aprendizaje a diseñar, las estrategias de enseñanza a emplear y las actividades de evaluación a realizar [6]. Un elemento relevante a la hora de desarrollar UD es la identificación de las ideas previas. Las ideas previas o ideas alternativas de los estudiantes son foco de atención en diversas investigaciones de la didáctica de la ciencia.

De acuerdo con los resultados arrojados por la investigación didáctica, las ideas previas son una especie de saber básico; su desconocimiento en la praxis educativa es propio de modelos didácticos transmisionistas que repiten contenidos curriculares sin éxito en el aprendizaje de los estudiantes [7]. Las ideas previas son construcciones personales mediadas por varios factores donde el que percibe y procesa una realidad brinda explicaciones, descripciones o predicciones de los fenómenos o conceptos científicos. Su carácter de constructo personal las hace universales y resistentes al cambio a pesar de los intentos de la instrucción. Por tanto, se constituyen en esquemas representacionales que no modelan concepciones científicas adecuadas, por lo que se convierten en un obstáculo que no favorecen el cambio conceptual [8] y se requiere por tanto conocerla para poder enfrentarlas.

Existe cierto consenso en definir el cambio conceptual como un proceso de aprendizaje donde el estudiante modifica sus concepciones previas sobre un fenómeno o principio mediante la reestructuración de su estructura cognitiva. Por tanto, para favorecer el cambio conceptual se precisa de elementos como: una enseñanza basada en la implementación y desarrollo de estrategias de enseñanza y aprendizaje que tengan como punto de partida el conocimiento previo y las experiencias del estudiante; la identificación de preconcepciones comunes que orienten la planificación de actividades adecuadas para el entendimiento de los conceptos; y la estimulación permanente para que el estudiante modifique su estructura cognitiva para alcanzar un aprendizaje significativo del nuevo conocimiento [9].

En esta investigación se plantea el uso de una metodología basada en la aplicación de UD para la enseñanza y el aprendizaje de los temas movimiento oscilatorio y ondulatorio con estudiantes de ingeniería de dos universidades del país. Estas UD fueron diseñadas partiendo de la identificación de obstáculos de aprendizaje que presentaban los estudiantes a partir de la aplicación de un test de ideas previas a 173 estudiantes de ingeniería de cinco universidades del país. Seguidamente se diseñaron actividades de aprendizaje teniendo en cuenta la teoría de estilos de aprendizaje de Honey-Munford en las cuales se buscaba favorecer los cuatro estilos (reflexivo, teórico, activo y pragmático). Posteriormente, se hizo la aplicación de las UD a 66 estudiantes de dos universidades del país y se analizó la evolución conceptual que logran los estudiantes al contrastar los resultados del test de ideas previas aplicado antes y después de la intervención didáctica.

Se empleó un grupo control al cual se le aplicó el test en dos

momentos al igual que el grupo experimental, pero con este último no se empleó la metodología de UD, sino que se siguió un proceso de instrucción tradicional. El análisis de la información se realizó en forma cualitativa y cuantitativa, se emplearon para ello algunas técnicas estadísticas como pruebas de hipótesis de proporciones, pruebas T pareadas, la técnica numérica análisis envolvente de datos (DEA), entre otras. Se encontró que hay diferencias significativas entre el grupo control y el experimental, a favor del grupo experimental.

2 Metodología

Para el estudio de ideas previas en relación con los temas movimiento oscilatorio y ondulatorio se diseñó un test sobre los diferentes conceptos basados en algunas experiencias previas en construcción de este tipo de test [10, 11].

El test diseñado contiene 19 preguntas de las cuales 4 permiten respuestas abiertas y las demás respuestas cerradas, esto con el fin de poder realizar tanto un análisis cualitativo como cuantitativo de los resultados. Se enfatizó en cuatro categorías: identificación de movimientos, fuerza y energía, relación entre cantidades físicas y nuevos conceptos.

- Categoría 1: Identificación de movimientos: En esta categoría se indaga por conceptos característicos de cada tipo de movimientos como el comportamiento de la posición, la velocidad y la aceleración, esto se hace a través de las preguntas 1, 4, 5, 11, 13, 14, 15, 17. Los conceptos de esta categoría han sido estudiados y aplicados por los estudiantes en otros tipos de movimiento estudiados en los cursos de física mecánica previos a este tema, se espera conocer como hacen la transposición de los mismos a otro tipo de movimiento.
- Categoría 2: Fuerza y energía: Mediante planteamientos particulares se busca conocer qué idea tienen los estudiantes sobre la naturaleza de las fuerzas y conceptos de energía que inciden en los movimientos oscilatorio y ondulatorio. Las preguntas 2, 8, 9 y 19 dan cuenta de esta categoría.
- Categoría 3: Relación entre cantidades físicas: En esta categoría se indaga por el tipo de relación que existe entre cantidades físicas como posición vs tiempo y período de un péndulo vs longitud o masa, lo cual se hace a través de las preguntas 3, 6, 7 y 10.
- Categoría 4: Nuevos conceptos: En esta categoría se hace relación a conceptos que, aunque pueden haber visto en otros cursos del bachillerato, no son tan comunes en su uso, tales como longitud de onda, efecto Doppler, reflexión etc. Las preguntas 16, 18 y 20 hacen parte de esta categoría.

Las preguntas cerradas presentan cuatro opciones de respuesta en las cuales cada una de ellas da información de una forma particular de pensamiento sobre el concepto.

Después de diseñar el test se recurrió a un tribunal de 5 expertos temáticos para su validación, todos profesores investigadores con experiencia en la enseñanza de la física y las matemáticas con estudiantes de programas de ingeniería que analizaron varios factores desde sus áreas de conocimiento. Este grupo de expertos valoró lo adecuado de las preguntas y los ítems aportando sugerencias y en algunos casos,

recomendando posibles modificaciones.

Este test fue aplicado inicialmente a un grupo de 173 estudiantes de ingeniería de cinco universidades del país ubicadas en los departamentos de Caldas, Santander, Cundinamarca, Ibagué y Bolívar. Al realizar los análisis de los resultados del test se logró la identificación de las ideas previas de los estudiantes y los obstáculos para enfrentar el proceso de aprendizaje. A partir de estos obstáculos se diseñaron dos unidades didácticas, una para cada tema: oscilaciones y ondas mecánicas.

2.1 Aplicación del test de ideas previas

Seguidamente, el instrumento fue revisado y validado y se aplicó en el II semestre de 2016 a dos grupos: un grupo control, que se denominará GC, conformado por 66 estudiantes de dos instituciones del país ubicadas en los Departamentos de Caldas y Santander, quienes tomaban el curso de física oscilaciones y ondas; y un grupo experimental, que se denominará GE, conformado por 57 personas que incluía estudiantes de las dos instituciones, quienes tomaban el curso con docentes diferentes a los del grupo control. La aplicación del test se realizó en línea a través de la plataforma Moodle en un aula digital implementada para los cursos Física II que se orientan en estas instituciones de la Red Mutis. Finalmente, se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo tanto para las preguntas cerradas como para las abiertas y se estableció una comparación entre ambas aplicaciones para estudiar el cambio en las ideas previas que presentan los estudiantes.

2.2 Instrucción en el aula

En el grupo control se siguió la metodología particular de cada docente que es más de corte tradicional, es decir expositiva por parte del docente; los estudiantes realizaron ejercicios para practicar los conceptos estudiados además de participar en los laboratorios presenciales programados habitualmente para el curso. En el grupo experimental se siguió una metodología que consistió en el uso de dos unidades didácticas previamente diseñadas, una para el tema de oscilaciones y otra para el tema de ondas mecánicas.

Las unidades diseñadas contienen elementos tales como: los objetivos de aprendizaje, los contenidos desarrollados en clase por el docente y fuera de clase acompañados de objetos de aprendizaje [12], las actividades de aprendizaje diseñadas teniendo en cuenta tanto los estilos de aprendizaje como los obstáculos de aprendizaje identificados a partir del estudio de las ideas previas y, finalmente, las actividades de evaluación. Todo ello enmarcado dentro de un proceso de gestión del aula claramente planificado [6].

Las actividades de aprendizaje fueron de cuatro tipos: de reflexión, de conceptualización, de experimentación y de aplicación, teniendo en cuenta la teoría de estilos de aprendizaje propuesta por Honey-Munford. En cuanto a las actividades de reflexión se realizaron foros virtuales y presenciales, así como lecturas complementarias que incluían aplicaciones de los temas las cuales se resumieron en mapas conceptuales que debían socializar con el grupo. Las actividades de

conceptualización incluían, de una parte, la solución de problemas particulares que debían sustentarse en clase y, de otra parte, la ejercitación con simuladores desarrollados por los docentes en un software libre para ayudar a la conceptualización sobre el modelamiento matemático de los conceptos físicos estudiados previamente. En relación con las actividades de experimentación se realizaron: laboratorios virtuales enlazados en el aula digital del curso adaptados de unos existentes en la red para los cuales se elaboró la guía respectiva; y laboratorios presenciales apoyados en los manuales de cada institución participante. Las actividades de aplicación constaron del desarrollo de un proyecto integrador sobre la aplicación de un Yugo Escocés que debían diseñar e implementar y finalmente presentar en forma oral y escrita.

2.3 Técnicas empleadas para los análisis de los resultados

Para el análisis de la información se emplearon algunas técnicas estadísticas como pruebas de hipótesis de proporciones, pruebas pareadas no paramétricas, la técnica numérica análisis envolvente de datos (DEA), las cuales se describen brevemente a continuación.

La prueba de hipótesis de proporciones permite probar hipótesis nula de igualdad de dos proporciones o parámetros binomiales; el estadístico en el que se basa la decisión es la diferencia entre las proporciones poblacionales la cual se distribuye de forma aproximadamente normal para muestras suficientemente grandes.

El análisis envolvente de datos (DEA) permite medir las eficiencias de un conjunto de unidades de decisión y ubicar con mayor eficiencia a aquellas que consumen menos recursos en las entradas para obtener mayores salidas.

La prueba de hipótesis para las medias permite comparar las medias de dos grupos de casos. Lo ideal es que para esta prueba los sujetos se asignen aleatoriamente a dos grupos, de forma que cualquier diferencia en la respuesta sea debida al tratamiento (o falta de tratamiento) y no a otros factores. La prueba t para dos muestras es bastante robusta a las desviaciones de la normalidad. La hipótesis experimental consiste en que las medias de determinado evento medido en muestras independientes son diferentes.

La prueba de hipótesis para la diferencia de proporciones se emplea cuando queremos comparar una respuesta que se mide como una proporción entre dos o más niveles y necesitamos pruebas que nos indiquen si hay diferencias entre estas proporciones, es decir, si se distribuyen homogéneamente entre los niveles de la variable o, por el contrario, existen diferencias.

En las pruebas pareadas se calcula la diferencia dentro de cada par de mediciones antes y después, se determina la media de estos cambios de peso y se informa si la media de las diferencias es estadísticamente significativa. Puede ser más potente que una prueba t de 2 muestras, porque esta última incluye la variación adicional que es causada por la independencia de las observaciones. Una prueba t pareada no está sujeta a esta variación, porque las observaciones pareadas son dependientes. La hipótesis experimental es que las medias de las mediciones antes y después son diferentes.

3 Resultados y discusión

3.1 Identificación de ideas previas

Del análisis del test de ideas previas aplicado en el primer momento se determinaron los obstáculos de aprendizaje más sobresalientes que presentaron los estudiantes participantes en este estudio para enfrentarse al aprendizaje de los temas movimiento oscilatorio y movimiento ondulatorio. A partir de estos obstáculos se realizó todo el diseño de las unidades didácticas. De acuerdo con los resultados del test de entrada se encontró que a los estudiantes se les dificulta:

- Comprender la posición, velocidad y aceleración como cantidades cinemáticas que pueden variar simultáneamente.
- Establecer diferencias entre el movimiento oscilatorio y el movimiento ondulatorio.
- Diferenciar las representaciones gráficas de posición-tiempo de la trayectoria de la partícula.
- Considerar que la dirección de una fuerza que actúa sobre un cuerpo no necesariamente coincide con la dirección de movimiento del cuerpo.
- Separarse de la simple intuición a la hora de establecer relaciones entre cantidades físicas.
- Diferenciar entre las fuerzas que actúan sobre un cuerpo y otras cantidades físicas escalares.
- Establecer relaciones entre cantidades físicas ya sea en un enunciado verbal o empleando ecuaciones.
- Asociar el movimiento ondulatorio con el transporte de energía más no de masa.
- Considerar que la masa no influye en el período de un péndulo simple.

Después de identificar estos obstáculos se realizó la intervención didáctica en la cual se realizaron actividades de aprendizaje diseñadas para ayudar a la conceptualización y a superar los obstáculos encontrados. A continuación, se presentan los análisis estadísticos realizados a los resultados de las pruebas que evidencian las diferencias entre ambos procesos de enseñanza.

3.2 Análisis General

En las Figs. 1 y 2 se muestran los valores medios de las respuestas correctas a cada una de las preguntas del test de entrada y salida tanto para el grupo control como para el experimental. Se ha empleado la siguiente codificación: Grupo Control Entrada (GCE), Grupo Control Salida (GCS), Grupo Experimental Entrada (GEE) y Grupo Experimental Salida (GES).

Para el GC, de acuerdo con los resultados mostrados en la Fig. 1, se evidencia una evolución en el 63 % de las preguntas. Además, es importante anotar que sólo en el 42 % de las respuestas dadas en la segunda aplicación del test se encuentran porcentajes de acierto que sobrepasan el 50 %. Sería deseable que este porcentaje fuera superior después de un proceso de enseñanza aprendizaje.

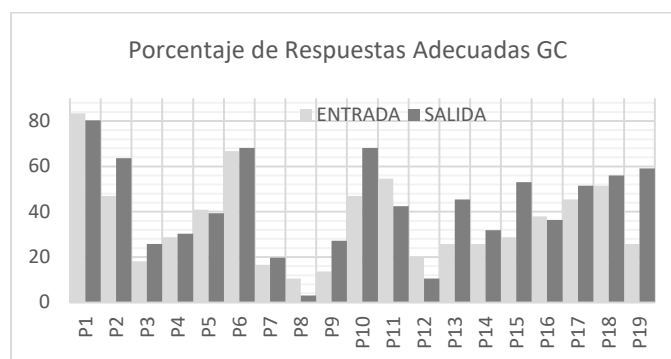


Figura 1. Resultados generales para el grupo control GC
Fuente: Los autores

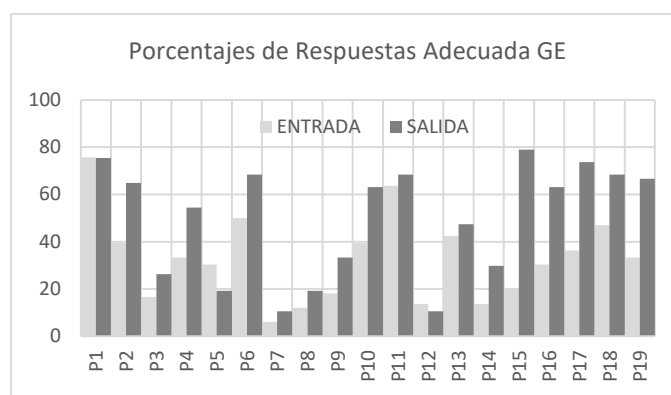


Figura 2. Resultados generales para el grupo experimental GE
Fuente: Los autores

Para el GE, de acuerdo con los resultados que se muestran en la Fig. 2, se observa una evolución en el 90% de las preguntas y en el 63% de las mismas se logran porcentajes de acierto superiores al 50%, lo cual es deseable que suceda cuando se ha realizado un proceso de enseñanza aprendizaje.

El GCE tuvo mejor porcentaje de acierto en el 63% de las preguntas del test de entrada que el grupo experimental, pero en el de salida este porcentaje se invirtió, es decir un 63% de las preguntas tuvieron mejor acierto para el grupo experimental. Lo anterior indica que los resultados alcanzados por el grupo experimental son significativos.

Se realizó una prueba de hipótesis para las medias de cada una de las preguntas, los resultados se muestran en la Tabla 1. En este análisis se obtuvo que: a la entrada solo para la P14 hay diferencias significativas entre ambos grupos; esto indica que ambos grupos están iniciando en condiciones similares, lo cual es buen punto de partida para este estudio. A la salida para 7 de las 19 preguntas se tiene diferencias significativas, siendo más favorable para el grupo experimental. Este resultado es un indicador de la eficiencia de la estrategia implementada.

Como en este análisis de medias no se tiene en cuenta a la salida el nivel de la entrada, se propone un análisis de pruebas de hipótesis para las diferencias de proporciones en el cual si se tenga en cuenta el nivel en el cual inicia cada grupo; dicho análisis se presenta a continuación.

Tabla 1.
Resultados prueba de hipótesis para las medias de ambos grupos

P#	Medias Salida		Prueba de hipótesis		Medias entrada		Prueba de hipótesis	
	GCS	GES	p-val	Rech Ho	GCE	GEE	p-val	Rech Ho
1	0,80	0,75	0,52	No	0,83	0,75	0,28	No
2	0,64	0,65	0,88	No	0,46	0,39	0,38	No
3	0,26	0,26	0,90	No	0,18	0,16	0,82	No
4	0,30	0,54	0,01	SI	0,28	0,33	0,58	No
5	0,39	0,19	0,02	SI	0,40	0,30	0,21	No
6	0,68	0,68	0,98	No	0,66	0,50	0,05	No
7	0,20	0,11	0,16	No	0,16	0,06	0,06	No
8	0,03	0,19	0,003	SI	0,10	0,12	0,79	No
9	0,27	0,33	0,47	No	0,13	0,18	0,48	No
10	0,68	0,63	0,56	No	0,46	0,39	0,38	No
11	0,42	0,68	0,003	SI	0,54	0,63	0,29	No
12	0,11	0,11	0,99	No	0,19	0,13	0,35	No
13	0,45	0,47	0,83	No	0,25	0,42	0,04	Si
14	0,32	0,30	0,81	No	0,25	0,13	0,08	No
15	0,53	0,79	0,002	SI	0,28	0,19	0,23	No
16	0,36	0,63	0,002	SI	0,37	0,30	0,36	No
17	0,52	0,74	0,01	SI	0,45	0,36	0,29	No
19	0,56	0,68	0,16	No	0,51	0,46	0,60	No
19	0,59	0,67	0,39	No	0,25	0,33	0,34	No

Fuente: Los autores.

3.3 Prueba de hipótesis para la diferencia de proporciones

Se realizó una prueba de hipótesis para la diferencia de proporciones en las respuestas correctas del GC y del GE tanto en el test de entrada como en el de salida. En la Tabla 2 se presentan los p-valores obtenidos y las proporciones de acierto respecto al total de preguntas contestadas que se obtuvieron en el análisis estadístico para ambos grupos.

Los resultados que se observan en la Tabla 2 permiten evidenciar varios hechos: primero, se puede afirmar que la proporción de respuestas correctas en el test de entrada es estadísticamente diferente a dicha proporción en el test de salida para ambos grupos, de acuerdo a los p-valores; segundo, la proporción de aciertos en la aplicación final es mayor que en la inicial en ambos grupos; tercero, al analizar la diferencia entre ambas proporciones para cada grupo se encuentra un aumento en un 0,066 en el GC y en un 0,169 en el GE. Estos resultados son evidencia de que la instrucción influyó en el proceso de aprendizaje en ambos grupos, pero fue más significativa en el GE. De otra parte, se encuentra que ambos grupos a la entrada son similares lo cual se esperaba porque los estudiantes no fueron seleccionados intencionalmente; además, se encontraron diferencias significativas de ambos grupos a la salida lo cual establece que el grupo experimental mostró mejor desempeño en términos generales.

Tabla 2.
Resultados de la prueba de hipótesis para la diferencia de proporciones

	GCE	GCS	GEE	GES
Total respuestas	1250	1250	1250	1080
Total aciertos	454	536	410	537
Proporción	0,363	0,429	0,328	0,497
p-valor	3,7e-4		5,6e-17	

Fuente: Los autores.

3.4 Pruebas pareadas por categorías para el grupo experimental

Con el fin de realizar una comparación entre grupos homogéneos (en este caso el mismo grupo experimental a la entrada y a la salida) se realizó una prueba pareada.

Ya que la diferencia entre los porcentajes de acierto por categorías no cumple el supuesto de normalidad, pero si el de homogeneidad de varianzas (homocedasticidad), entonces se realizó una prueba pareada no paramétrica mediante el test no paramétrico o prueba de los rangos con signo de Wilcoxon (Wilcoxon Signed-rank test), también conocida como test de Wilcoxon, en el cual se comparan las medianas en lugar de medias. El resultado del test se basa en comparar los rangos medios de valores por encima y por debajo de la mediana hipotética (M) y se asigna una categoría de la diferencia absoluta más pequeña, es decir, sin signo, una categoría de 2 a la siguiente más pequeña, y así sucesivamente. Cuando el valor absoluto de dos o más diferencias es el mismo, se asigna a cada uno el promedio de los rangos que se asignarían si las diferencias fueran distinguibles. Si la hipótesis nula es verdadera, el total de los rangos que corresponden a las diferencias positivas debería ser casi igual al total de los rangos que corresponden a las diferencias negativas. La hipótesis nula se puede rechazar a favor de la hipótesis alternativa si el total de los rangos que corresponden a diferencias positivas y negativas son diferentes.

En cada uno de los casos las hipótesis de trabajo fueron:

Ho: No existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de las dos muestras.

H1: Existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de las dos muestras. Nivel de confianza del 95 %. Nivel de significancia: 0,05. Los resultados de esta prueba se presentan en la Tabla 3.

Puesto que el valor de p para esta prueba es menor que 0,05 en todas las categorías, se puede rechazar la hipótesis nula en el nivel de confianza de 95,0%. Estos resultados son favorables para el grupo experimental a la salida por ser mayores los rangos medios de valores por debajo de la mediana hipotética. Se observa, además, que los resultados son más concluyentes para las categorías 2 y 4 siendo la 4 la que más diferencias significativas presenta al tener un p-valor tan pequeño.

Tabla 3.
Resultados prueba pareada no paramétrica para la diferencia de medianas

	Valores por debajo de M	Valores por encima de M	p-valor	Estadístico de prueba
Categoría 1	23,69	20,20	0,023	2,26
Categoría 2	21,34	14,81	9,2 e-5	3,91
Categoría 3	21,46	16,27	2,6 e-3	3,01
Categoría 4	26,99	14,58	6,3 e-8	5,41

Fuente: Los autores

3.5 Análisis de eficiencia de los procesos de instrucción (DEA)

Se realizó los análisis de eficiencia de los procesos de enseñanza seguidos en cada grupo mediante un modelo DEA,

para lo cual se definieron dos variables de entrada y una de salida, así:

VE1: La variable de entrada 1 se definió como el inverso del porcentaje de aciertos para cada grupo en la prueba de entrada. Se tomaron los inversos ya que son estos los que representan la dificultad que se encuentra para mejorar el aprendizaje, es decir, entre mayor es la entrada se está más arriba en la curva de aprendizaje y conseguir pequeños aumentos en la misma será más difícil que cuando se está más abajo. Para el modelo DEA esto indica que si con menores entradas se logran buenas salidas, es porque el proceso es más eficiente.

VE2: La otra variable de entrada es la suma de los porcentajes de respuestas incorrectos en la prueba de entrada para cada grupo. Un valor alto de esta variable se convierte en desfavorable para la eficiencia ya es más difícil lograr cambios en la forma de pensar de un mayor número de personas.

VS: La variable de salida se denomina la Ganancia, entendida como la diferencia entre los porcentajes de acierto a la salida y a la entrada para cada grupo.

El modelo DEA usado fue un CCR- I (CCR input oriented) con retorno a escala constante. Los valores de las diferentes variables y las eficiencias calculadas para cada categoría y para cada grupo se presentan en la Tabla 4.

Los promedios de eficiencia para el proceso de instrucción realizado en cada grupo son: para el GE de 0,64 y para el GC de 0,30. Estos resultados permiten concluir que fue más exitoso el proceso de instrucción seguido en el grupo experimental que en el grupo control, de acuerdo con los resultados del test aplicado a la entrada y a la salida.

De los resultados que se muestran en la Tabla 4, es claro que el grupo experimental tiene eficiencias más altas que el grupo control en cada categoría. Se debe destacar un buen resultado del grupo experimental en las preguntas de categoría 4, lo cual corrobora el resultado presentado en el análisis de la prueba pareada para esta misma categoría. Se observa además que en el grupo experimental se ha logrado una eficiencia importante en la categoría 1 comparado con su respectivo valor en el grupo control. Cabe mencionar que en la categoría 4 las eficiencias para ambos grupos son similares, aunque es un tanto mayor para el grupo experimental. En general se encontraron mayores ganancias en eficiencia en el grupo experimental en todas las categorías al comparar con el grupo control.

Tabla 4. Resultados prueba DEA para análisis de eficiencia de los procesos de instrucción

	Categoría 1		Categoría 2		Categoría 3		Categoría 4	
	GC	GE	GC	GE	GC	GE	GC	GE
VE1	2,53	2,64	3,26	3,43	2,69	3,57	2,39	3,36
VE2	483,3	496,9	277,3	283,3	251,5	287,9	174,2	210,6
VS1	0,0	65,39	27,27	69,30	33,33	56,30	60,61	129,9
Eficiencia	0,0	0,64	0,22	0,52	0,32	0,41	0,66	1,0

Fuente: Los autores.

3.6 Análisis por pregunta

En los apartados anteriores se tuvieron en cuenta solo las respuestas correctas, pero es importante anotar que, en las opciones de respuestas consideradas no correctas, se presentan ciertos grados de acierto que pueden denotar evolución conceptual, además es importante analizar a la luz de esas otras opciones cuales son los obstáculos de aprendizaje que se identifican. A continuación, se presenta un análisis puntual de cada pregunta el cual permite identificar los obstáculos de aprendizaje que se superan o aún persisten.

3.6.1. Categoría 1: identificación de los movimientos

La P1 establece que el movimiento de un cuerpo se considera periódico cuando sus características cinemáticas posición, velocidad y aceleración: aumentan, disminuyen o se repiten en tiempo. A esta pregunta la mayoría de los estudiantes (porcentajes alrededor del 80%) respondió acertadamente que se repiten en el tiempo.

En la P4 que indicaba que en ausencia de fricción una partícula que realiza oscilaciones alrededor de cierta posición de equilibrio mantiene constante su velocidad o aceleración o período o las tres, los porcentajes de acierto disminuyeron, lo cual indica que, aunque saben que en el movimiento oscilatorio algo se repite, como lo manifestaron en la P1, no tienen claro que es lo que se repite. El GC pasa de un porcentaje de acierto en esta pregunta del 28,8 al 30% mientras en el GE pasa del 33,3 al 54,4%, esto evidencia lo difícil que es cambiar la confusión entre las cantidades cinemáticas velocidad y aceleración que ya se habían determinado en trabajos anteriores [10], además los estudiantes vienen habituados a trabajar las cantidades cinemática en las cuales alguna de ellas permanece constante y no interioricen fácilmente que las tres puedan cambiar simultáneamente.

De otra parte, en las P11, P15 y P17 se nota confusión entre el movimiento oscilatorio y ondulatorio, por ejemplo, consideran que la oscilación de un péndulo es un movimiento ondulatorio y que la perturbación generada en una cuerda genera un movimiento oscilatorio a lo cual llaman onda. Ideas similares han sido identificadas por otros autores con estudiantes de otros contextos [13].

3.6.2. Categoría 2: fuerza y energía

La P2 pregunta directamente por la fuerza elástica recuperadora, en el GCE el 47% aciertan mientras en el GEE lo hacen el 39,4%, el resto decide la dirección contraria de la fuerza lo que indica que no tienen claro el carácter restaurador de la fuerza. Se logran avances en esta pregunta así: GCS 63,6% y GES 64,9%.

La P9 indaga por las fuerzas presentes cuando un cuerpo que se suspende de un resorte colgado en forma vertical se alarga un poco verticalmente hacia abajo y se libera. Se encuentra que hay confusión entre algunas fuerzas y parámetros que no son fuerza, así por ejemplo consideran el coeficiente de rozamiento o la constante elástica del resorte como fuerzas e incluyen algunas que no están presentes como la fuerza normal.

La P8 indaga por la explicación más adecuada, en términos de fuerza, para que un péndulo inicie su movimiento y lo continúe. En el test de entrada muchos estudiantes no se arriesgaron a responder, pero en el de salida si lo hicieron, se observa que consideran que es necesaria la existencia de una fuerza para que haya movimiento lo que se ocasiona por una mala interpretación de la segunda ley de Newton. Por otro lado, consideran que la fuerza gravitacional se opone al movimiento del péndulo cuando es esta fuerza la que permite que se dé el movimiento.

La P19 buscaba conocer que consideran más posible que transporte una onda: materia, velocidad, fuerza o energía. Se encuentra que hay cierta confusión entre los conceptos de fuerza y energía, en menor proporción creen que transporta materia. Otros autores han encontrado que los estudiantes consideran que las ondas toman rasgos de la categoría materia y que su velocidad aumenta o disminuye al aplicarle una fuerza [14], lo cual reafirma la confusión identificada entre estas cantidades. Este error pueda darse por el no entendimiento del principio de conservación de la energía y los conceptos de trabajo mecánico y cantidad de movimiento lineal. Además, se evidencian problemas de entendimiento del sentido físico de la variación de magnitudes físicas como la cantidad de movimiento lineal e identificar la energía como algo material que se transfiere de un sistema a otro.

3.6.3 Categoría 3: relación entre cantidades físicas

En la P7 se buscaba identificar como varía el período de un péndulo simple con la longitud y con la masa de este. En un test inicial que se hizo se detectó que era obvio para los estudiantes expresar la relación de la longitud con el período, pero no tan fácil la relación de la masa con el período. Al fusionar ambas preguntas en una sola se observa la importancia que los estudiantes dan a la masa la cual consideran que es un factor incidente en la oscilación, estos hallazgos están de acuerdo con los encontrados por otros autores en los cuales identificaron la creencia de que la amplitud y la velocidad del movimiento y el período del péndulo dependen de su peso [15]. La mayoría de los estudiantes selecciona la opción que incluye ambas variables a la vez en lugar de aquellas que las toman por separado, lo cual hizo que el porcentaje de acierto en esta pregunta fuera tan bajo para ambos grupos.

Otra relación estudiada fue la variación de la posición con el tiempo en un movimiento armónico simple, esta relación se estudió en la P3 y la P10. Se encontró una fuerte tendencia a confundir el gráfico posición-tiempo con la trayectoria de la partícula. Esta idea previa ya se había detectado en un trabajo anterior [10] en el estudio de movimiento rectilíneo y, como era de esperarse, se mantiene al trabajar con otros tipos de movimiento.

En la P6 se buscaba que identificarán la relación posición-tiempo en forma gráfica para un movimiento oscilatorio, en el GC el acierto pasó de un 66,7 a 68,2% y en el GE de 50% a 68,4%. De otra parte, en la P10 se buscaba conocer cual relación matemática se ajustaba más a la existente entre las variables posición-tiempo en un movimiento oscilatorio; dentro de las opciones se tenían las relaciones: directamente proporcional,

forma cuadrática, lineal y relación sinusoidal. Se encontró que el porcentaje de acierto del GC pasó de 47% a 68,2% y en el GE de 39,4% a 63,2%. Lo anterior permite ver que el análisis gráfico se les hace más sencillo de realizar, aunque en la parte matemática hay más dificultad a pesar de ser relaciones matemáticas bastante conocidas, lo cual concuerda con resultados de otros trabajos [15]. Se encontró que hay una movilización importante de la relación lineal, que inicialmente consideran con más fuerza, a la sinusoidal que es característica de este tipo de movimientos.

3.6.4 Categoría 4: nuevos conceptos

En esta categoría se pretendía conocer lo que los estudiantes saben o intuyen sobre nuevos conceptos o al menos conceptos no tan comúnmente empleados como son, longitud de onda, Efecto Doppler y reflexión en cuerdas.

Se encuentra que en las preguntas relacionadas con estos conceptos, P12, P16, P18 y P10, los aciertos a la salida fueron significativamente mayores a los de la entrada. Lo anterior indica que se requiere mayor esfuerzo para lograr pequeños cambios conceptuales en ideas ya establecidas que en la apropiación de nuevos conceptos que no se enlazan fuertemente con otros.

4 Conclusiones

En el resultado del test aplicado se evidencia una relación de acierto con respecto a respuesta de 0,36 y 0,427 a la entrada y a la salida en el grupo control y de 0,328 y 0,486 en el grupo experimental. Lo anterior muestra una mejora significativa en el grupo experimental respecto al grupo control en los conceptos trabajado en las Unidades Didácticas.

Esta metodología de enseñanza permitió alcanzar mejores resultados que el proceso tradicional, aunque es claro que algunas de las ideas previas identificadas persisten aun después de la enseñanza, aunque en menores proporciones que cuando se empleó la metodología tradicional

Se observa un cambio conceptual en los estudiantes del grupo experimental en algunos de los conceptos abordados en los cursos, aunque aún es necesario seguir trabajando en la interiorización de esta metodología para que dicha evolución se haga cada vez más fuerte.

A pesar de la intervención adelantada aún persisten dificultades en un porcentaje de estudiantes en cuanto a la comprensión de ciertas magnitudes físicas y su variación, entender a profundidad las características y propiedades de movimientos diferentes al movimiento de traslación, entender la representación de magnitudes físicas en un plano como algo independiente a la trayectoria de la partícula, y comprender el significado físico e implicaciones en los modelos matemáticos de las fuerzas restauradoras.

Se infiere de los resultados obtenidos la persistencia de tratar de explicar la realidad a partir de la intuición y la experiencia cotidiana. Esto genera problemas en el establecimiento de diferencias entre magnitudes físicas y la identificación de las fuerzas actuantes sobre los objetos bajo estudio en el entorno que los rodea.

Dentro de los preconceptos encontrados en los estudiantes se pudo percibir que para ellos era fácil expresar la relación de la longitud con el periodo, pero no tanto la relación de la masa con el periodo. Cuando se les pide analizar la relación existente entre el periodo, la masa y la longitud, dan más importancia a la masa, la cual la consideran como un factor incidente de la oscilación independiente de las características de la longitud. Esto evidencia, la existencia de preconcepciones Aristotélicas al atribuir a la masa implicaciones sobre las oscilaciones armónicas de un sistema en condiciones ideales y considerar que sólo objetos físicos son los que se pueden transportar entre sistemas.

En general se puede concluir que hay una mayor dificultad para dar respuesta a las preguntas abiertas frente a las cerradas, lo cual da muestra de la falencia de los estudiantes en cuanto a expresar sus ideas o argumentos ante una situación, por lo tanto, es importante emplear estrategias que conduzcan al estudiante a hacer planteamientos y socializar sus opiniones.

De otra parte, al analizar aquello que los estudiantes saben o intuyen acerca de nuevos conceptos o al menos conceptos no tan comúnmente empleados, se concluye que es más fácil que se apropien de estos nuevos conceptos a que se modifiquen aquellos que están indebidamente arraigados. Se intuye que se requiere mayor esfuerzo para lograr pequeños cambios conceptuales a crear nuevos conceptos que no requieren fuertemente de otros.

Finalmente, con los resultados de este trabajo se evidencia que las ideas previas de los estudiantes se constituyen en obstáculos para el cambio conceptual que lleva al aprendizaje; por tanto, conocer estas ideas se constituye en una oportunidad para que los docentes mediante un trabajo juicioso y propositivo favorezcan el aprendizaje significativo de sus estudiantes.

Referencias

- [1] Domingo, G. M., Urionabarrenetxea, S., & Bañales, M. A., Cambios en metodologías docentes y de evaluación: ¿mejoran el rendimiento del alumnado universitario? *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 18(3), pp. 1-18, 2016.
- [2] Pérez, J. C., Las estrategias de enseñanza como factor de cambio en los Estilos de Aprendizaje, *Un Estudio Longitudinal. Journal of Learning Styles*, 9(18), pp. 135 -164, 2016.
- [3] García, O. B., La incorporación de plataformas virtuales a la enseñanza: una experiencia de formación on-line basada en competencias. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 41(1), pp. 77 -98, 2005.
- [4] Bustos, A. S., Los entornos virtuales como espacio de enseñanza aprendizaje. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 14(44), pp. 163-184, 2010.
- [5] Díaz, J. M., Unidades didácticas: por una enseñanza asistida de la matemática. *Revista caribe*, 5(18), pp. 7-12, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5377/farem.v0i18.2766>
- [6] SanMarti, N., El Diseño de Unidades Didáctica. En P. C. Leon, *Didáctica* pp. 239-266, 2002.
- [7] Badillo, R. G., Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(3), pp. 301 -319, 2004.
- [8] Bello, S., Ideas previas y cambio conceptual. *Educación química*, 15(3), pp. 210-217, 2004.
- [9] Mirna, C. M., Estrategia de enseñanza basada en el cambio conceptual para la transformación de ideas previas en el aprendizaje de las ciencias, *Formación Universitaria*, 3(1), pp. 11 - 20, 2010. DOI: 10.4067/S0718-50062010000100003
- [10] Jimenez, G. F.N, Calle, A. C., & Sánchez, V. J., Incidencia de la intervención didáctica en el aprendizaje de conceptos cinemáticos en estudiantes de ingeniería de la UAM analizada desde sus ideas previas, *Revista Educación en Ingeniería*, 10(19), pp. 26-38, 2015.
- [11] Martínez, J. E., & Jiménez, F. N. Estudio ideas previas sobre el tema de electroquímica en estudiantes de 10 grado de la institución educativa cañaveral

- basada en la evolución histórica de la ciencia. *Memorias: Segundo Encuentro Internacional sobre la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales*, Universidad Católica de Pereira, pp. 109 – 117, 2013.
- [12] Jiménez, G. F.N, Márquez, N. C., Agudelo, C. J., Beleño, M. L., Leyton, V. H., & Muñoz, J. L., Una experiencia didáctica en el diseño e implementación de objetos de aprendizaje para la enseñanza de la física, *Revista Educación en Ingeniería*, 11(22), pp.13-20, 2016.
 - [13] Welti, R., Concepciones de estudiantes y profesores acerca de la energía de las ondas, *Enseñanza de las ciencias*, 20(2), pp. 61 -
 - [14] Pérez, M. D., Algunos problemas en la conceptualización de ondas mecánicas, *Enseñanza de las Ciencias*, VII Congreso (Número extra), pp. 1 - 6, 2005.
 - [15] Trigueros, M. G., Ideas acerca del movimiento del péndulo, *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11(31), pp. 1207 - 1240, 2006.

F.N Jiménez-García, es Ing. Química, MSc. en Ciencias Física y Dra. en Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales y Esp. en Computación para la Docencia de la Universidad Antonio Nariño. Actualmente es docente titular en dedicación de catedra de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales y docente titular de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Manizales (UAM). Cuenta con 23 años de experiencia docente y trabaja en investigación en temas de didáctica de la física y la matemática, así como en el estudio de materiales de ingeniería. Recibió el título de mejor docente en la facultad de ingenierías en el 2008 y mención por sus logros académicos e investigativos en el 2015 en la UAM. Es actualmente coordinadora del Departamento de Física y Matemáticas y líder del grupo de investigación en física y matemática con énfasis en la formación de ingenieros de la UAM.
ORCID: 0000-0003-1546-8426

L. Beleño-Montagut, es Física, MSc en Física y MSc en Ingeniería Ambiental de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Docente desde 1992 en la Universidad Autónoma de Bucaramanga en la línea de física en los cursos teóricos y de laboratorio correspondientes a mecánica, electromagnetismo y ondas y partículas. Profesora vinculada al grupo de investigación en ciencias aplicadas (GINCAP) de la UNAB, el cual actualmente lidera.
ORCID: 0000-0002-6958-6367

C. Márquez-Narváez, es Tecnólogo en Desarrollo de Software en el año 2010 y de Esp. en Desarrollo de Aplicaciones Móviles en el año 2013 ambas en el SENA Regional Caldas. Es Ingeniera de Sistemas en el 2014 de la Universidad Autónoma de Manizales -UAM, Colombia. Actualmente es docente de la UAM y estudiante de la Maestría en ingeniería misma institución. Perteneció al grupo de investigación de Física y Matemáticas en el cual se desempeñó como Joven investigadora en el período 2015-2016.
ORCID: 0000-0002-2716-844X

J.J. Agudelo-Calle, es Ing. Químico en 1994 de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, Esp. en Computación para la Docencia en 1998 de la Universidad Antonio Nariño y MSc. en Ciencias Físicas en 2006 de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Actualmente es docente en la Universidad Nacional de Colombia y docente de tiempo completo de la Universidad Autónoma de Manizales. También orienta un curso en la maestría en enseñanza de las ciencias en la Universidad Nacional de Colombia. Autor del libro de Matemáticas básicas con Mathcad publicado por la Universidad Autónoma de Manizales y coautor de los textos de laboratorios de Física de la UAM y de Física Mecánica de la Universidad Nacional de Colombia. Es miembro activo del grupo de Investigación en Física y Matemáticas con énfasis en la formación de ingenieros de la UAM.
ORCID: 0000-0003-2189-2143

J.L. Muñoz-Olite, es MSc. en Educación con énfasis en Cognición de la Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. Esp. en Estadística Aplicada de la Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena, Colombia. Esp. en Física de la Universidad de la Habana, La Habana, Cuba. Diplomado en Gestión y Calidad del Aire, del Banco Mundial Internacional. Lic. en Educación, especialidad Física y Astronomía del Instituto Superior Pedagógico Félix Varela, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. Investigador del grupo de Educación e Innovación Educativa en el área de Didáctica de las Ciencias Naturales. Experiencia de más de 30 años en la enseñanza de la Física, en la Educación Superior en las Repúblicas de Cuba y Colombia. Elegido Docente Meritorio de la UTB en el año 2004. Actualmente se desempeña como Decano de la Facultad de Ciencias Básicas de la UTB.
ORCID: 0000-0001-6160-1916