

Enseñanza de las leyes de Newton en grado décimo bajo la Metodología de Aprendizaje Activo

Teaching Newton's laws Active Learning Methodology in tenth grade

Jholman Andres Moreno¹
Nasly Yanira Martínez Velásquez²

Resumo

Este documento presenta los resultados de la implementación de la unidad didáctica para la enseñanza de las leyes de Newton bajo la Metodología de Aprendizaje Activo en el grado 10-6 en la Institución Educativa Colegio Departamental La Esperanza de Villavicencio. La metodología empleada fue la Investigación Acción, basada en cuatro pilares fundamentales: planear, actuar, observar y reflexionar, proceso cíclico que busca desde la interpretación de un aspecto social producir un cambio positivo de orden social. Para evaluar la efectividad de la unidad didáctica, se utilizó el factor de Hake, para ello se analizan los resultados del pre test y el post-test, encontrándose que ésta tuvo una ganancia de aprendizaje conceptual o ganancia relativa media.

Palabras clave: enseñanza de física; leyes de Newton.

Abstract

This paper shows the results of the implementation of a didactic unit to teach Newton's laws through Active Learning Methodology in tenth grade group sixth at Departamental La Esperanza School in Villavicencio. It followed the Action Research methodology based on its four fundamental pillars: planning, action, observation, and reflecting; cyclic process that seeks from the interpretation of a social aspect to produce a positive change of social order. Furthermore, it was used the normalized gain statistic of Hake to evaluate the effectivity of this didactic unit. In order to do this the results of the pretest and posttest were analyzed, and they showed that there was a conceptual learning gain or an average conceptual gain.

Keywords: physics teaching; Newton laws.

Introducción

En el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias, son múltiples las dificultades y obstáculos que encuentran los docentes del nivel de básica y media para lograr aprendizajes significativos, varias son las causas, entre ellas se pueden señalar la falta de interés hacia la ciencia (Vásquez y Manassero, 2008), ver la física como aburrida y muy

¹ Universidad de los Llanos | jholdres@hotmail.com

² Universidad de los Llanos | nmartinez@unillanos.edu.co

difícil, lejana de su contexto cotidiano, con una alta orientación matemática (Solbes, Montserrat, Furió, 2007).

Elizondo (2013) señala también como dificultades en el proceso de enseñanza de la física: la comprensión de los problemas, la selección de los datos que se presentan en él, así como la interpretación de su significado, realizar la transcripción de los datos proporcionados al lenguaje matemático y escribir en términos físicos los resultados del mismo. También se encuentran conflictos relacionados con la falta de motivación de los estudiantes, el poco trabajo de experiencias de laboratorio activo que permitan a los estudiantes confrontar sus ideas previas y poner a prueba sus predicciones. Además de lo anterior está la marcada tendencia tradicional que aún prevalece en las aulas de clase para la enseñanza de la física; tendencia que presenta la enseñanza de dicha disciplina en un enfoque de aprendizaje pasivo, al respecto Sokoloff y Thornton (2004) señalan que bajo este aprendizaje el docente y el libro son las autoridades del conocimiento; las ideas intuitivas que poseen los estudiantes no se ponen a prueba; los estudiantes no se dan cuenta de las diferencias entre sus creencias y lo que dice el profesor en clase; el rol del docente es de autoridad; no se estimula la colaboración entre los estudiantes; se presentan hechos de la física con poca referencia experimental; el laboratorio se usa para confirmar lo aprendido, no para validar hipótesis y predicciones. En contraposición a ella se encuentra en Aprendizaje Activo, en donde los estudiantes construyen su conocimiento realizando actividades que parten de la observación del mundo real, convirtiéndose en fuente de conocimiento; se utiliza un ciclo de aprendizaje que desafía a los estudiantes a comprobar sus predicciones (basadas en sus creencias) con el resultado de los experimentos; el profesor es un guía del proceso de aprendizaje; se estimula la colaboración entre estudiantes; se observan en forma comprensible los resultados de experimentos reales y el laboratorio se usa para aprender conceptos.

En el presente documento se relacionan los resultados de la implementación de una Unidad Didáctica – UD – en grado décimo, para la enseñanza de las leyes de Newton. Se presenta en primer lugar la descripción de la MAA, posteriormente la metodología de trabajo, las actividades y resultados, así como las conclusiones que se derivaron de dicho trabajo.

Referentes teóricos

La Unidad Didáctica - UD - diseñada para la enseñanza de las leyes de Newton en grado décimo, se planteó bajo la Metodología de Aprendizaje Activo –MAA- que utiliza una secuencia de aprendizaje comparable con el ciclo PODS: Predecir, Observar, Discutir y Sintetizar; en la que se busca con el diseño de las diferentes actividades previstas que las concepciones de los estudiantes sean desafiadas, y que estos puedan cambiar sus creencias cuando vean las diferencias entre ellas y sus propias observaciones. Sokoloff y Thornton (2004) proponen 8 pasos para el desarrollo de clases interactivas, descritos en la figura 1.



Figura 1. Pasos de la MAA

La secuencia de la MAA, inicia con la descripción por parte del docente de la situación problema o demostración, sin presentar los resultados; se solicita a los estudiantes que realicen sus predicciones de forma individual y las registren en una hoja de predicciones; posteriormente discuten con sus compañeros en pequeños grupos sus hipótesis y se ponen de acuerdo en aquello que van a validar o comprobar; el docente toma las predicciones más comunes del grupo y las socializa; los alumnos registran sus predicciones grupales; se procede luego a realizar la demostración en una experiencia de Laboratorio de Aprendizaje Activo LAL o en las Clases Interactivas con Demostración CID (Thornton y Sokoloff, 2004); se describen y contrastan los resultados con las predicciones y finalmente se discuten situaciones relacionadas con el fenómeno observado.

Dentro de las ventajas del aprendizaje activo se resalta que esta metodología fomenta la participación de los estudiantes en la clase, les permite interactuar con sus compañeros, poner a prueba sus concepciones, aprender de ellos; al ser conscientes de su aprendizaje se fomenta la autonomía, se estimula el pensamiento crítico, se fortalecen los procesos de autoevaluación y las acciones colaborativas, las clases son dinámicas, se estimulan las discusiones en grupo y se fortalece la capacidad de argumentación, el aprendizaje se hace con conciencia y autonomía (Sokoloff, 2006).

De otra parte, es importante señalar que el diseño de una unidad didáctica UD es esencial a la hora de realizar una clase, Gloria Ibañez (1992) afirma que los elementos básicos que se deben tener en cuenta al plantear una UD son los siguientes:

- El tema principal y los contenidos.
- Los objetivos didácticos referenciales.
- Las estrategias metodológicas y las actividades que hay que desarrollar.
- El establecimiento de la dinámica del grupo-clase y condiciones especiales de organización de la clase.
- La temporalización.
- Los recursos necesarios y disponibles (o accesibles).
- Los criterios y momentos de evaluación.

Metodología

Para el desarrollo del trabajo se empleó la Investigación acción en el aula – IA-, entendida esta como una forma de estudiar, de explorar, una situación social, en nuestro caso educativa, con la finalidad de mejorarla (Suarez, 2002, p 42). La Investigación en el aula es un proceso cíclico de Planeación, Acción, Observación y reflexión. En el primer proceso se hizo la planeación de la Unidad Didáctica – UD -, la cual se implementó en la Institución Educativa Colegio Departamental La Esperanza de la ciudad de Villavicencio, en el grado 10-6, jornada de la tarde; el colegio es de carácter oficial, mixto; el grupo cuenta con 36 estudiantes, de los cuales 21 son de género femenino, entre ellas 5 pertenecen a la población sorda; los restantes estudiantes son de género masculino. Las edades de los alumnos oscilan entre 15 y 16 años, pertenecen en su mayoría al estrato 3. Los estudiantes no tienen un puesto asignado en el aula de clase, sin embargo es importante resaltar que las 5 estudiantes sordas se ubican en una sola fila, lo cual facilita al intérprete hacer el acompañamiento en la traducción del lenguaje verbal a la lengua de señas. De las diferentes actuaciones se hace observación directa y se registran estas en diarios de campo, que posteriormente permiten hacer análisis y reflexión de la práctica pedagógica, para tomar decisiones en relación con las intervenciones posteriores y de esta manera volver a iniciar el proceso cíclico descrito.

La situación educativa a analizar está centrada en la enseñanza de las leyes de Newton en la educación media, bajo una metodología de aprendizaje activo – MAA. Como se señaló en párrafos anteriores, la importancia de la MAA está en que se parte de las ideas o concepciones previas que tienen los estudiantes; es muy importante en primer lugar conocer que sabe el estudiante y en segundo lugar posibilitar a los estudiantes el planteamiento de predicciones frente a una situación o experimento propuesto, para que luego pongan a prueba sus concepciones.

La UD se planeó en 8 secuencias, que se trabajaron en 10 intervenciones en el aula de clase; las situaciones o demostraciones propuestas que permitieron abordar las leyes de Newton se detallan en la tabla 1, para cada una de ellas se siguieron los pasos propuestos en la figura 1.

Tabla 1. Consolidado situaciones propuestas en la UD para el desarrollo de la temática

Secuencia	Temas	Situación experimental
Primera	Prueba pre-test Fuerza, fuerzas cotidianas	Se realizó la prueba para indagar ideas previas asociadas con la temática. Se proponen 5 situaciones: 1. Se tiene una cuerda que pasa por una polea ideal, en cada extremo de la cuerda cuelga una masa, ¿qué sucede si tienen la misma masa?, ¿qué sucede si una tiene más masa que la otra? 2. Un cuerpo se deja deslizar por un plano inclinado, ¿qué sucede si la cara de este está cubierta de lija?, ¿De cartón?, ¿De madera?, ¿Qué sucede si se aumenta el ángulo de inclinación? 3. Sistema masa- resorte, analizar ¿qué sucede con un resorte de fácil deformación si de él se suspende una masa?, ¿qué sucede si se suspende un cuerpo de mayor masa? 4. ¿Qué sucede si un globo inflado con aire, que se frota con

		<p>un paño de seda, es acercado al cabello de una persona, sin llegar al contacto?</p> <p>5. Se suspenden objetos del mismo tamaño pero de diferente peso de una banda de caucho, analizar ¿qué sucede en cada caso?</p>
Segunda	Ley de Inercia	<p>La situación propuesta es la siguiente: Juan pone un palo sobre las hojas de una puerta abierta, sujeta al palo una cuerda de cuya parte media pende un libro pesado, ata al extremo inferior de ésta una regla. Si Juan tira de manera súbita de la cuerda desde el extremo en que está la regla, ¿por dónde se romperá la cuerda, por encima del libro o por debajo de él? (Barros y Bravo, 2001).</p>
Tercera		<p>Las dos situaciones que se plantean para el inicio de esta secuencia son:</p> <p>1. Se coloca una tarjeta plana en el borde de un vaso, sobre la tarjeta se coloca una moneda, una persona hala la tarjeta del vaso de manera rápida, ¿Qué puede decir al respecto de la situación planteada? ¿Qué sucede si se hala la tarjeta lentamente?</p> <p>2. Ponga una moneda encima del libro. Coloque la mano detrás del libro. Mueva el libro hacia la mano que está delante hasta que choquen ¿Qué sucede con la moneda? ¿Por qué?</p>
Cuarta	Ley de movimiento	<p>Para indagar por las ideas previas de los estudiantes frente a la ley de movimiento, se propone la siguiente situación: Se conectan dos masas m_1 y m_2 mediante una cuerda, m_1 está sobre una superficie horizontal, m_2 está suspendida de la cuerda que pasa por la polea. ¿Qué sucede si la masa m_2 aumenta, dejando la masa m_1 constante? Luego de que las masas estén en movimiento, ¿Qué sucede si la masa m_1 aumenta, dejando la masa m_2 constante?</p>
Quinta	Ley de acción y reacción	<p>La situación propuesta para el análisis es la siguiente: ¿Qué ocurre si una persona en patines empuja otra que tiene patines y se encuentra en reposo? ¿Ocurre lo mismo si se realiza el empujón sobre una persona que no tenga los patines puestos? ¿Qué sucede si 2 personas en patines se empujan la una a la otra?</p>
Sexta		<p>La situación que se propone consiste en analizar que sucede a un globo inflado, que previamente se pegó a un pitillo, el pitillo se puede mover libremente en una cuerda sujeta por los extremos. ¿Qué sucede si se suelta el globo? ¿Por qué?</p>
Séptima	Ejercicios de aplicación sobre las 3 leyes de Newton	<p>Se proponen 7 preguntas conceptuales sobre el tema, las cuales se deben trabajar en grupos, discutir y luego sustentar los resultados.</p>
Octava	Prueba pos test	<p>Se aplica la prueba con el fin de analizar el avance o ganancia conceptual sobre la temática trabajada.</p>

Análisis de datos

El proceso de trabajo propuesto inicio con la aplicación de una prueba pre-test (Anexo 1), la cual permitió analizar conceptos previos que tienen los estudiantes frente al tema a tratar, tal como señalan Nardi y Teodora (2005), es muy importante tener en cuenta los conocimientos previos para el proceso de aprendizaje de nuevos conceptos. Los resultados se presentan en la tabla N° 1, la respuesta correcta está en negrilla; se relacionan cada una de las opciones de respuesta escogida por los estudiantes para las 7 preguntas del test.

Tabla 2. Resultados del Pre-test

PREGUNTA/ITEM	1	2	3	4	5	6	7
A	11	16	11	6	1	0	14
B	8	5	5	6	7	18	0
C	2	2	5	10	5	6	0
D	3	9	3	4	9	7	0
E	1	3	0	10	9	5	14
PUNTOS NULOS	11	1	12	0	5	0	8

El primer punto hace referencia a la unidad de fuerza, “un Newton es”, en este aspecto se pretendió ver si los estudiantes tienen conocimiento sobre la unidad de medida de fuerza según el sistema internacional, como se observa en la tabla anterior, de 36 estudiantes 8 no contestaron acertadamente, lo que quiere decir que una gran mayoría de los jóvenes aún no conocen cuales son las unidades fundamentales de fuerza.

El segundo punto hace referencia al movimiento de un ascensor con velocidad constante, en este aspecto se quiere resaltar el uso del diagrama de cuerpo libre, se pretende que el estudiante identifique las fuerzas que actúan sobre el sistema (ascensor), teniendo en cuenta que no tiene aceleración; 5 estudiantes de los encuestados logra hacer la relación de las fuerzas que actúan en el sistema de manera adecuada, la mayoría hacen una interpretación errónea de la descripción del problema, ya que como el ascensor se mueve hacia arriba consideran que la fuerza de tensión es mayor que la del mismo peso.

En el tercer punto, se pregunta sobre la ley de movimiento en el que se pretende ver la relación entre Fuerza (F), masa (m) y aceleración (a). En este ítem se logra identificar que algunos estudiantes ya tenían una idea previa sobre lo que son las leyes de Newton.

El cuarto punto está relacionado con el segundo, ya que deben identificar las fuerzas que actúan en el sistema, el punto trata sobre una persona que se está columpiando y se pide identificar cuáles son las fuerzas que actúan sobre ella, de los resultados obtenidos se ve que los estudiantes no hacen una buena relación entre los esquemas y lo descrito en el problema, hecho que no les permite identificar con claridad las fuerzas actuantes, teniendo en cuenta fuerzas que no influyen directamente sobre el cuerpo que se considera para el análisis.

El quinto punto hace referencia a una mujer que ejerce una fuerza horizontal constante sobre una caja, en este apartado se ve que solo 5 estudiantes tuvieron la respuesta correcta. En la mayoría de los casos los argumentos expuestos por los estudiantes permiten concluir que para ellos el hecho de mover la caja lo toman como que la fuerza es mayor a la

resistencia que pone el cuerpo para ser movido, esto no les permite identificar o relacionar la fuerza ejercida con la velocidad constante que tiene el movimiento de la caja.

El punto seis trata sobre la fuerza que le aplica un estudiante a otro estando sentados cada uno en una silla de oficina con rodachines, se pregunta sobre qué pasa cuando los 2 aún están en contacto, solo 5 estudiantes acertaron en la respuesta, la opción que más se escogió fue la B con un total de 18 estudiantes, esto muestra que aún no tienen claro que la fuerza es una interacción entre 2 cuerpos y que el hecho de que un cuerpo no se mueva al recibir esa interacción no quiere decir que no se esté ejerciendo fuerza alguna sobre él.

El séptimo punto trata sobre las fuerzas que actúan sobre una silla de oficina que está en reposo, ningún estudiante escogió la respuesta correcta, esto indica que los estudiantes aun no tienen claro como relacionar las fuerzas que actúan sobre un cuerpo en determinado momento, en este caso se debe tener en cuenta que no solo los cuerpos que están en movimiento tienen fuerzas actuando sobre ellos, sino que también actúan sobre aquellos cuerpos que están en reposo.

Luego de la aplicación de la prueba diagnóstica se procedió con el desarrollo de la primera secuencia, la cual inició con el planteamiento de las situaciones previstas, teniendo como objetivo abordar el concepto de fuerza, las fuerzas cotidianas y su relación con las fuerzas en la naturaleza.

Secuencia 1

Para el desarrollo de esta secuencia se plantean cuatro situaciones diferentes: la máquina de Atwood, plano inclinado, globo frotado con seda y analizar la deformación que sufre una banda de caucho, cuando de ella se suspenden 3 objetos de diferente masa (pelota de tenis, bola de lana y bolsa con canicas); los estudiantes hicieron las siguientes predicciones respecto a cada situación:

Tabla 3. Predicciones de los estudiantes, secuencia 1

Caso	Predicciones
Máquina de Atwood	<ul style="list-style-type: none"> • La fuerza en la polea se reparte en cantidades iguales lo que hace que este en equilibrio (figura N°1). • A igual masa quedan en equilibrio • Una queda equilibrada, la otra queda desigual • Se desnivela al lado que tiene más peso
Plano inclinado	<ul style="list-style-type: none"> • Depende de la superficie, el material del borrador y la inclinación • En todas las situaciones el borrador cae, pero en diferentes velocidades • Las 3 clases de borradores no caen
Globo	<ul style="list-style-type: none"> • El cabello es atraído por el globo, los trozos de papel también son atraídos por el globo. • La energía se guarda en el globo y atrae el cabello • La fricción provoca la carga magnética lo que atrae el cabello • Carga el globo con energía cinética por fricción, el cabello se levanta
Objetos de diferente masa	<ul style="list-style-type: none"> • Pelota de tenis: • Se estira lentamente, gira, se cae la pelota • Bola de lana: • No se estira, se queda quieta, no se cae • Bolsa con bolinches: • Se estira totalmente (se revienta la liga), se estira, cae

En la figura N°1 se presenta la hoja de predicciones de uno de los estudiantes del grupo, trabajadas en las diferentes sesiones de clase, en ella se evidencian las predicciones individuales, grupales, el resultado luego de la experimentación, así como las conclusiones.

<u>Predicción Individual:</u>	<u>Predicción grupal:</u>	<u>Resultado:</u>
<p>Caso 1: Se colocan los dos iguales la cuerda se empala y se repartió misma fuerza, ninguno se va abajo; si alguno de diferente peso el que baja y el peso mayor sube, debido a que las cantidades son diferentes.</p>	<p>Caso 1 → Al aplicar la fuerza en la polea esta se reparte en cantidades iguales lo que hace que este equilibrada debido a que los objetos tienen la misma masa y peso</p>	<p>Caso 1 * El experimento las masas iguales se equilibran y en las masas desiguales el peso liviano sube mientras que el mayor baja</p>
<p><u>Conclusión:</u> Caso 1 = (Polea) Como vemos actúa una fuerza gravitacional, donde podemos observar claramente como las pesas por medio de la polea son atraídas a la tierra.</p>		

Figura 1. Hoja de predicciones primera secuencia

En la tabla N° 3 se describen las predicciones tanto individuales como grupales a las cuales llegaron los estudiantes para determinar qué ocurriría en las situaciones descritas frente al planteamiento del problema inicial. Posteriormente, se procedió al desarrollo experimental de cada situación, luego los estudiantes según sus grupos de trabajo, emitieron las conclusiones respectivas, para ello realizaron la comparación entre las predicciones y los resultados.

Los resultados obtenidos por los estudiantes luego del desarrollo experimental fueron los siguientes:

- Para el experimento de la máquina de Atwood, determinaron que cuando se ubican 2 masas iguales, independiente de la posición en donde estén el sistema cuerda-masas no se moverá debido a que las fuerzas que actúan sobre el cuerpo son distribuidas proporcionalmente en el sistema, caso contrario cuando las masas son diferentes, esto hace que el sistema cuerda-masas se mueva en sentido del cuerpo que ejerza mayor fuerza.
- En la siguiente situación, donde se trabajó el plano inclinado, se llegó al resultado de que la velocidad de deslizamiento de los cuerpos depende del material de la superficie con la que esté en contacto, entre más lisa la superficie más rápida es su caída, pero cuando se coloca un objeto sobre una superficie áspera esta ejerce más resistencia reduciendo la velocidad de caída; si se desea que el cuerpo ruede con más velocidad se debe variar el ángulo de inclinación.
- Para el desarrollo del tercer experimento que fue el de cargar eléctricamente un globo por frotamiento, no se pudo realizar debido a las condiciones climáticas, lo que se pretendía con el desarrollo experimental era ver que cuando se frotaba el globo y se acercaba al cabello de una persona (sin llegar al contacto) este sería atraído.

atraído por el globo, debido a que el globo al ser frotado es cargado eléctricamente logrando el fenómeno observado, de este problema planteado solo se obtuvieron las predicciones realizadas por los estudiantes.

- El último experimento fue el de los objetos de diferente masa que se suspenden de una banda de caucho, los estudiantes determinaron que el objeto que tenía mayor peso iba a estirar la banda de caucho una mayor distancia, se generalizó que no siempre los cuerpos más grandes son los más pesados, en este caso el cuerpo que logro estirar más la liga fue la bolsa que contenía bolinchas o canicas.

Secuencia 2

De acuerdo a las predicciones realizadas por los estudiantes se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 4. Predicciones de los estudiantes secuencia 2

Caso	Predicciones
Tirón lento del hilo	<ul style="list-style-type: none"> • En el tirón lento, el hilo se rompe al igual que si se hace el tirón rápido.
Tirón rápido del hilo	<ul style="list-style-type: none"> • En las 2 condiciones el hilo se rompe, debido a la fuerza que se aplica en él, haciendo que todo se vaya al piso. • El palo que sostiene el libro se rompe y se cae todo al suelo.

Siguiendo la secuencia de la MAA, los estudiantes procedieron al desarrollo experimental que permitió validar las predicciones propuestas por los alumnos (Figura 2), quienes pudieron confrontar las predicciones iniciales con los resultados que se obtuvieron, en los estudiantes se evidenció admiración y asombro al realizar el diseño experimental, porque los resultados muestran algo contrario a lo que habían planteado, de esto lograron determinar que, cuando se realiza un tirón lento, el hilo se rompe por la parte de arriba y cuando se hace el tirón rápido el hilo se rompe por la parte de abajo. Posteriormente se procedió a hacer la formalización y a dar respuesta al por qué ocurre lo observado en el experimento, ya que los estudiantes no pudieron dar una explicación clara y completa.

Las conclusiones finales a las que se llegó luego del desarrollo experimental es que cuando se realizó el **tirón lento** el hilo se rompía arriba del libro debido a que sobre ella además de la fuerza de la mano, también está el peso del libro, en tanto que en la parte de debajo de la cuerda, solo actúa la fuerza de la mano. Cuando se hizo el **tirón rápido** el hilo se rompía en la parte de abajo debido a que en el corto intervalo de tiempo que dura el tirón, el libro no tiene tiempo de recibir un movimiento apreciable; y toda la fuerza recae sobre su parte inferior, que se rompe.

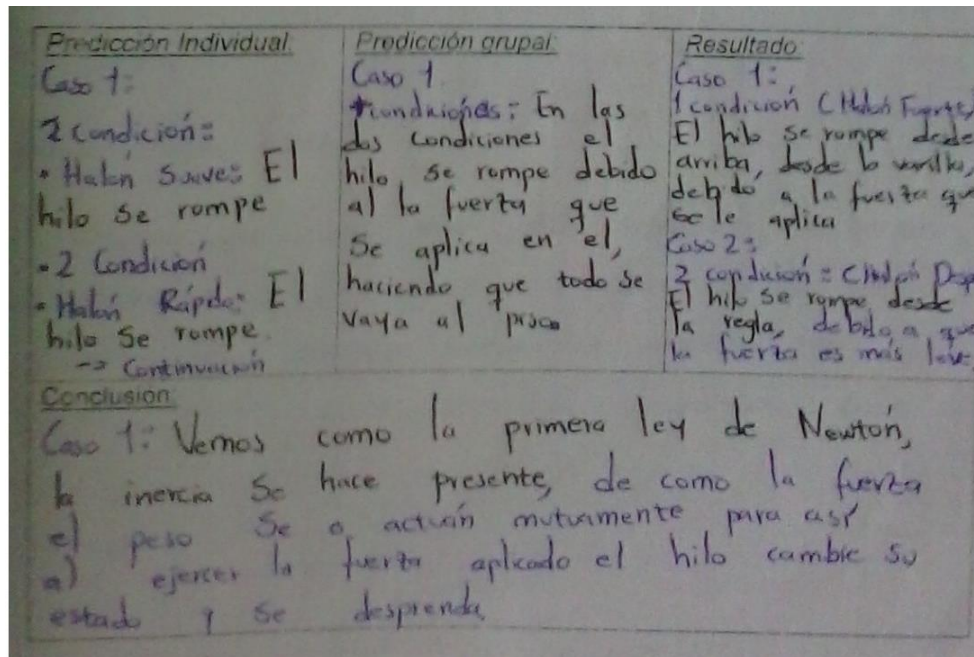


Figura 2. Predicciones segunda secuencia

Secuencia 3:

La primera actividad consistía en poner una tarjeta plana en el borde de un vaso (Figura N° 3), sobre la tarjeta se coloca una moneda, se debe hacer un tirón primero de manera rápida y luego de manera lenta, se debe describir que sucede en ambos casos con la moneda, en la siguiente tabla se presentan las predicciones más comunes formuladas por los estudiantes:

Tabla 5. Predicciones de los estudiantes secuencia 3 (caso 1)

Caso	Predicciones
Tirón lento de la tarjeta	• Tirón lento: la moneda se cae al vaso ya que es menor la velocidad del tirón.
Tirón rápido de la tarjeta	• Tirón rápido: la moneda en esa situación quedará en la orilla del vaso debido a la fuerza y velocidad con que se quita la tarjeta.

La segunda actividad consiste en hacer el movimiento horizontal de un libro hasta que choque contra un obstáculo o barrera aclarando que sobre el libro hay una moneda (Figura 3), entre las predicciones planteadas por los estudiantes se resaltan las siguientes:

Tabla 6. Predicciones de los estudiantes secuencia 3 (caso 2).

Caso	Predicciones
Movimiento rápido del libro	<ul style="list-style-type: none"> • La moneda sale a volar debido al impacto del libro con el obstáculo. • La moneda se cae afuera del libro debido a la velocidad que lleva el libro, hace que el impacto sea mayor.
Movimiento lento del libro	• La moneda debido a la fuerza y la velocidad que se le aplica, en este caso lento, quedará en la orilla del libro.

Las tablas 5 y 6 presentan las predicciones realizadas por los estudiantes en relación con las situaciones planteadas al inicio de la clase, luego del desarrollo experimental de los 2 eventos descritos, los estudiantes hacen el análisis de sus predicciones, a partir de esos resultados finalmente se hace la validación y formalización de la primera ley de Newton o ley de la inercia, se concluyó que un cuerpo permanece en su estado natural (reposo o movimiento) a menos que sobre él haya una fuerza que cambie ese estado.

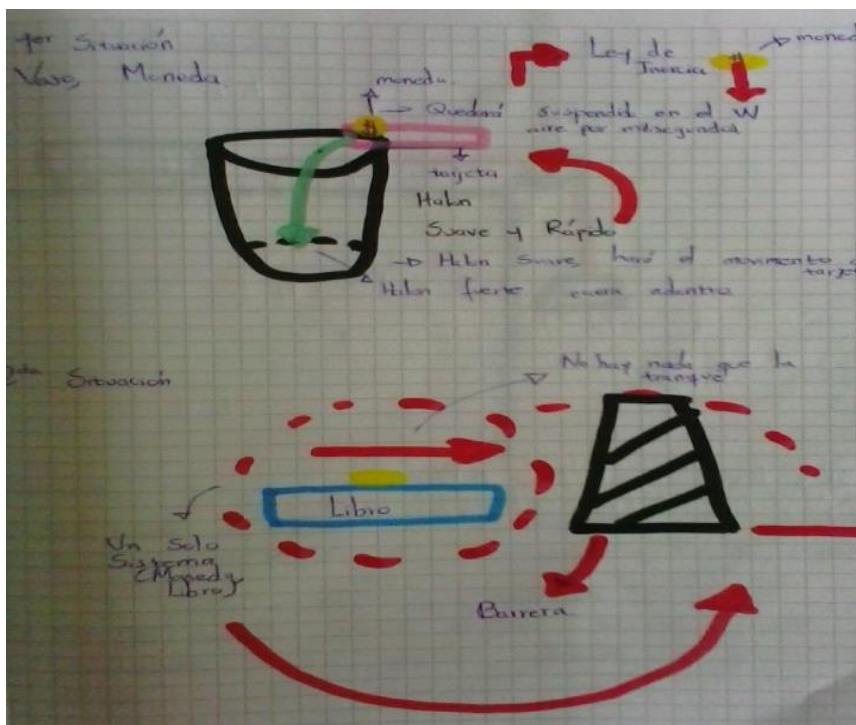


Figura 3. Montaje secuencia 3

Luego del desarrollo experimental, se obtienen las siguientes conclusiones de parte de los estudiantes:

- En la primera situación cuando se hace el tirón rápido, efectivamente la moneda cae dentro del vaso, a diferencia cuando se hace el tirón lento, la moneda se mueve en el sentido en que se quita la tarjeta quedando sobre ella.
- En el desarrollo de la segunda actividad, se comprueba que cuando se realiza el movimiento lento del libro la moneda sigue en su lugar sin variar significativamente su posición inicial, pero cuando se realiza de manera rápida la moneda toma la dirección del movimiento saliéndose del libro.

Secuencia 4

Para el inicio de la clase, se realizó la primera evaluación, se hizo de manera escrita e individual, allí se describieron situaciones en las que el estudiante debía manejar los conceptos de Fuerza y primera ley de Newton. La evaluación fue de tipo conceptual, se indagó por los temas abordados en las 3 primeras secuencias, esto con el fin de ver el avance conceptual por parte de los estudiantes, la prueba estaba conformada por 3 preguntas, cada una describía una situación problema que contenía temas como:

rozamiento, ley de inercia, diagrama de cuerpo libre, entre otras. Los resultados obtenidos en la prueba fueron relativamente buenos ya que una minoría de estudiantes fueron los que perdieron la evaluación.

Para dar continuidad a la clase, el desarrollo de esta secuencia se trabajó en el laboratorio de física, primero se procedió a hacer la descripción del problema que consistió en colocar sobre una mesa un carrito dinámico que a su vez está amarrado a un hilo que pasa por una polea y en la parte de abajo se procede a poner unas masas de acuerdo como lo indica el ejercicio, ya que se trabajaron dos situaciones. Las predicciones planteadas por los estudiantes se presentan a continuación:

Tabla 7. Predicciones de los Estudiantes secuencia 4 (caso 1)

Caso	Predicciones
Cuando m_1 tiene una masa constante y la de m_2 empieza a variar	<ul style="list-style-type: none"> m_1 (el carro) queda en su mismo estado, no es arrastrado ni se desplaza debido a que su masa es mayor que la de m_2. m_1 (el carro) se mueve

Tabla 8. Predicciones de los estudiantes secuencia 4 (caso 2)

Caso	Predicciones
Cuando m_1 varía y m_2 es constante	<ul style="list-style-type: none"> Si m_1 se aumenta dejando m_2 constante, la cuerda se tensiona pero no hay ningún movimiento Si m_2 se aumenta dejando m_1 constante, la cuerda seguirá tensionada a menos que el peso m_2 sea mayor que m_1 habría movimiento

Con el desarrollo de los 2 casos trabajados (Figura N°4), los estudiantes llegan a los siguientes resultados:

- Cuando m_1 es constante y m_2 varía (primera situación) se llega a un punto en el que m_1 (carrito dinámico) cambia su posición desde donde se encuentra hasta el borde de la mesa, de allí se puede ver que su movimiento es cada vez más rápido debido a la variación de m_2 .
- Luego de que el carrito está en movimiento y se deja m_2 constante, a medida que se aumenta la masa en el carrito, es decir a medida que aumenta m_1 , el carrito realiza un movimiento pero a diferencia de la situación anterior va a ser de manera lenta, esto a medida de que se vaya variando el peso de m_1 .

Secuencia 5:

Para el estudio de la tercera ley de Newton se planteó la siguiente situación:

- ¿Qué sucede si dos personas que están en patines y en movimiento, se empujan una a la otra?
- ¿Qué sucede si se empujan dos personas, una estando en patines y otra no?
- ¿Qué sucede si una persona en movimiento, estando en patines, empuja a otra en reposo, que también está en patines?

De las actividades planteadas, se escribieron las predicciones en la hoja prevista para ello, para que los estudiantes lleven el registro de los conceptos trabajados en la clase, tal como lo muestra la tabla 9, de los puntos de vista planteados por los estudiantes se resaltan las siguientes afirmaciones:

Tabla 9. Predicciones de los estudiantes secuencia 5

Caso	Predicciones
2 personas en patines	<ul style="list-style-type: none"> • Como juntas personas vienen con una velocidad, al chocarse van a hacer que cada una retroceda en sentido contrario al que venían.
1 en patines y la otra no	<ul style="list-style-type: none"> • Si la persona que empuja es la que tiene los patines, esta no ejercerá un cambio representativo sobre la que no tiene los patines, haciéndolo mover pero muy poco.
2 personas en patines, pero solo una ejerce la fuerza sobre la otra	<ul style="list-style-type: none"> • Las 2 personas saldrán impulsadas por los patines, haciendo que la que empuja pierda velocidad y la otra gane velocidad, debido a la fuerza aplicada.



Figura 4. Trabajo experimental secuencia 4

A partir de los tres casos planteados, teniendo en cuenta los resultados a la cuales llegaron los diferentes grupos en el desarrollo experimental se formalizó la explicación del principio de acción y reacción, de allí se pudo observar que en el primer caso cuando las dos personas con patines se empujaban lo que ocurría es que al impactar, como están en patines se mueven en direcciones contrarias a las que traían, en la segunda situación cuando una persona está en patines y la otra no, la persona que estaba sin patines resultó ser más difícil de ser movida debido a que sobre ella influía más la fuerza de rozamiento, haciendo que esta se opusiera al movimiento y para el tercer y último caso cuando juntas estaban en patines pero solo una ejercía la fuerza, se observó que en el momento de contacto juntas se movían en sentido contrario.

De las tres situaciones descritas al inicio para realizar la formalización de la tercera ley de Newton se analizó el movimiento en el momento en que permanecía la interacción de

los dos cuerpos (antes de separarse) en la que se determinó que la magnitud de la fuerza que un cuerpo ejerce sobre otro es la misma, pero actúa en sentido contrario.

Secuencia 6:

Esta secuencia estuvo planeada para el estudio de la tercera ley de Newton al igual que la clase anterior, para esto se partió de la descripción de la siguiente situación: se quiere ver el movimiento de un globo cohete, de este montaje se pretende determinar a qué se debió el movimiento y por qué ocurre, seguido de esto se procede a plantear las hipótesis individuales y grupales, y posteriormente realizar la experimentación. En la siguiente tabla se resaltan los siguientes aspectos que tuvieron en cuenta los estudiantes para deducir lo que ocurriría:

Tabla 10. Predicciones de los estudiantes secuencia 6

Caso	Predicciones
Globo-cohete	<ul style="list-style-type: none"> • El pitillo al estar adherido a la bomba se impulsa en sentido contrario a donde sale el aire, debido a la fuerza que se le aplica (Figura 5) • El pitillo gana impulso debido a la bomba, hacia el lado contrario debido a la fuerza ejercida por el globo a medida que sale el aire.

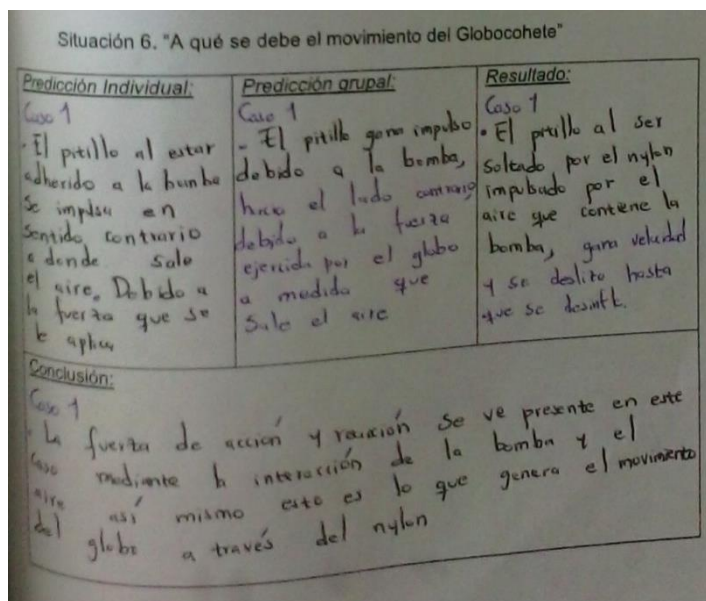


Figura 5. Hoja de predicciones sexta secuencia

Luego del desarrollo experimental, los estudiantes escribieron como resultado que el globo es empujado por el aire que sale de él para hacerlo mover a lo largo del hilo puesto de lado a lado del salón de clase.

En la siguiente hora de clase, se realizó la segunda evaluación, esta se trabajó de manera individual, contenía 4 puntos de tipo conceptual donde se preguntó sobre la segunda y tercera ley de Newton, para dar respuesta a las preguntas planteadas se debió tener en cuenta los conceptos trabajados en las sesiones anteriores.

Secuencia 7:

Para el desarrollo de esta secuencia, se realizó un taller de tipo conceptual, en el que se describieron situaciones cotidianas con el fin de que esto permitiera retomar todos los conceptos trabajados en el desarrollo de las clases (leyes de Newton), esto se realizó de manera grupal. Haciendo un análisis general de los resultados obtenidos en el desarrollo de todas las secuencias, y de las predicciones hechas por los estudiantes y confrontándolo con los resultados obtenidos luego del desarrollo experimental, se logra ver que las ideas de los estudiantes no son muy distantes a la conclusión final de las actividades, ya que ellos hacen un planteamiento en sus propios términos que en algunos aspectos se puede ver un poco débil ya que no tienen un soporte teórico fuerte que respalde sus ideas, aunque realizan una buena interpretación de los hechos descritos en las situaciones iniciales.

Resultados

Prueba post-test

Como actividad final a la planeación de la UD, se realizó la prueba pos test, esta se aplicó de manera individual. En la tabla 11 se presentan los resultados de la prueba (Anexo 1), la respuesta correcta está en negrilla, se relacionan cada una de las opciones para las 7 preguntas del test.

Tabla 11. Resultados Post-test

PREGUNTA/ITEM	1	2	3	4	5	6	7
A	2	12	32	2	5	1	0
B	34	17	4	2	4	7	30
C	0	1	0	18	3	0	0
D	0	4	0	9	3	22	1
E	0	2	0	5	21	5	5
PUNTOS NULOS	0	0	0	0	0	1	0

Fuente: prueba aplicada en grado 10-6 JT - CDE

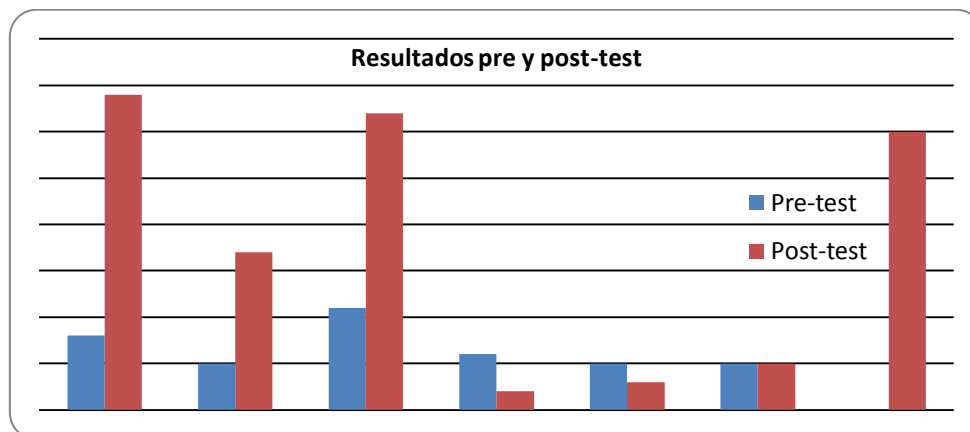
La prueba realizada al final de la U.D es la misma que se aplicó al inicio del desarrollo de las clases. A continuación se presenta un análisis de los resultados:

- En el primer punto de los 36 estudiantes, 34 tuvieron la respuesta correcta, lo que puede significar que el trabajo realizado con el desarrollo de la U.D logró que el estudiante tuviera claro uno de los conceptos básicos como lo es la unidad de medida de la fuerza, 2 estudiantes contestaron erróneamente lo cual conlleva a hacer una reflexión del cómo se llevó a cabo la sesión y si se deben hacer mejoras para que el tema sea claro para todos los estudiantes.
- El segundo punto trató sobre el movimiento de un ascensor con velocidad constante, un total de 17 estudiantes contestó acertadamente, en general se logró que la mitad del curso pudiera tener en cuenta cómo identificar las fuerzas que actúan sobre un sistema determinado y ver que las fuerzas que actúan en el ascensor son exactamente iguales, esto debido a que la velocidad es constante, en comparación de los demás estudiantes que contestaron erróneamente, el otro valor significativo fueron 12 estudiantes que escogieron la opción A como respuesta, no

tuvieron en cuenta el hecho de que el ascensor se moviera con una velocidad constante.

- En el tercer punto, se pretendió realizar el reconocimiento conceptual de las leyes de Newton, en el desarrollo de la UD se trabajó cada una de estas leyes en la que los estudiantes pudieron reconocer su uso en la vida cotidiana y tener clara la explicación, esto se estudió desde lo experimental para luego ser llevado a lo formal en donde se pudo identificar la segunda ley de Newton y de igual manera relacionarla con la expresión matemática $F=m.a$
- En el cuarto punto, el resultado obtenido fue bajo en comparación con el obtenido en la prueba inicial, ya que solo 2 de 36 estudiantes contestaron acertadamente, lo que se puede ver es que los estudiantes logran identificar las fuerzas que actúan en el sistema, pero aún no tienen claro como relacionar esas fuerzas según las condiciones del problema, en comparación con los resultados obtenidos en la prueba pre test (Tabla 2) se ve que los resultados de quienes contestaron bien disminuyeron, de esto se puede decir que tal vez la pregunta planteada no fue la mejor causando confusión en los estudiantes para llevarlos a contestar erróneamente, y que se hace necesario plantear más preguntas y situaciones donde los estudiantes puedan analizar situaciones como la propuesta en el test.
- El quinto punto que se refiere a la fuerza horizontal constante que una mujer ejerce sobre una caja, los estudiantes que contestaron acertadamente fueron 3, en comparación con los resultados a la prueba pre test en donde 5 estudiantes contestaron adecuadamente, esto también indica un nivel muy bajo de respuesta ya que se ve que hay una disminución de respuestas correctas; pueden ser varios los factores que influyeron para que se diera una tasa de respuestas correctas tan bajas, entre ellas como se dijo anteriormente, se puede decir que la pregunta no fue muy clara para que los estudiantes entendieran el suceso descrito, otro factor sería que los estudiantes no realizaron una buena lectura del enunciado para poder darle la interpretación adecuada.
- El sexto punto, comparado con el resultado obtenido en la prueba pre test no tuvo un cambio significativo en cuanto a la selección de la respuesta correcta, ya que solo 5 estudiantes contestaron acertadamente. Para dar respuesta a este resultado se puede ver que no hubo una ganancia conceptual significativa, es necesario hacer un replanteamiento en el diseño de la pregunta ya que puede significar que no fue la más clara e indicada para que el estudiante pudiera dar una respuesta acertada.
- El séptimo punto, hace referencia a las fuerzas que actúan sobre una silla de oficina en estado de reposo, se puede ver una ganancia conceptual, ya que 30 estudiantes contestaron adecuadamente, de esto puede identificar que los estudiantes tuvieron claro que aunque un cuerpo este en reposo, no indica que no haya fuerzas actuando sobre él.

Comparación prueba de entrada y prueba post-test



Gráfica 1. Comparativo de resultados en la aplicación de la prueba pre test y post test

La grafica 1 muestra la comparación de los resultados obtenidos en la aplicación de la prueba pre-test y pos-test a la muestra seleccionada, de los resultados obtenidos se puede ver que la mayoría de las respuestas mejoraron en la segunda prueba, se pasó de un porcentaje de respuestas correctas de 15,87% a un 48,80% .

De lo descrito anteriormente, haciendo el comparativo de las pruebas en el diagnóstico inicial se puede ver que los resultados tuvieron un índice muy bajo de respuestas correctas debido a que los estudiantes presentaban poco conocimiento de las leyes de Newton, no reconocían ninguno de sus postulados, no sabían y/o identificaban cual es la unidad de medida de fuerza, entre otros, teniendo en cuenta el punto de vista de algunos estudiantes a quienes se les entrevistó de manera directa pero informal, y se les preguntó **¿Conocía o había escuchado sobre las leyes de Newton?** se obtuvo como resultado que la gran mayoría de los estudiantes no tenían conocimiento del tema.

En los puntos 4, 5 y 6 se puede ver como antes de iniciar con el desarrollo de la U.D en el momento de la aplicación de la prueba diagnóstica los estudiantes presentaron muchos inconvenientes en aquellos puntos en donde se relacionaba la aplicación de las fuerzas con el movimiento de un cuerpo a velocidad constante, las fuerzas que actuaban en el sistema y la falta de interpretación de lectura, a pesar de la planeación de las actividades y la explicación en clase que fue pensada para el abordaje de estos vacíos por parte de los estudiantes no logró un buen resultado viéndose reflejado en la prueba post test, sin embargo lo que si se logró determinar en la selección de las respuestas es que la mayoría de los estudiantes logaron identificar las fuerzas que actuaron en el sistema, el error fue el no ubicarlas adecuadamente según la situación planteada, esto con el fin de realizar un proceso de reflexión en el que se puedan tomar los aspectos positivos para así mismo realizar una nueva planeación de actividades que permitan aclarar las dudas encontradas.

Haciendo el análisis de los resultados de la prueba post-test en el punto 4, la respuesta más escogida fue la C con un 50% de los estudiantes, en el punto 5 solo el 8.3% de los estudiantes contestaron correctamente, en este aspecto se comete el error de no asociar el contenido del problema con lo que se está preguntando y finalmente en el punto 6 un 13.8% de los estudiantes contestaron acertadamente, en este aspecto se puede decir que los estudiantes no se concentran adecuadamente para leer los enunciados y al querer contestar rápidamente los hace seleccionar la respuesta incorrecta de allí que un total de

61.1% escogieron el punto D **“ambos estudiantes ejercen una fuerza sobre el otro, pero “a” ejerce una fuerza mayor”**, el error está en no tener en cuenta que al final del enunciado dice: **“mientras los estudiantes están aún en contacto”** lo que los lleva a tomar una decisión apresurada e incorrecta.

Para evaluar la efectividad de la estrategia, se trabajó con el factor de Hake o ganancia relativa de aprendizaje conceptual “g”. De acuerdo con los resultados, se tendrá una ganancia alta para $g \geq 0,7$, media para $0,7 > g \geq 0,3$ y baja para $g < 0,3$ (Hake, 1998).

En la tabla No 1 se presentan los resultados correctos tanto de la prueba pre-test como la de post-test, así como la ganancia relativa g, calculada mediante la ecuación 1.

$$g = \frac{\%postest - \%pretest}{100\% - \%pretest} \quad (1)$$

Tabla 112. Factor de Hake prueba pre y post-test

	1	2	3	4	5	6	7
Pre-test	22,22	13,89	30,56	16,67	13,89	13,89	0,00
Post-test	94,44	47,22	88,89	5,56	8,33	13,89	83,33
Factor de Hake	0,93	0,39	0,84	-0,13	-0,06	0,00	0,83

Mediante el uso del factor de Hake se determinó la ganancia relativa conceptual de cada ítem de la prueba pre test y post test, resultados que se pueden ver representados en la tabla anterior. En los puntos 1, 3, y 7 hubo una ganancia relativa alta, en el punto 2 la ganancia relativa fue media con un valor de 0,39 y en los puntos 4, 5 y 6 se ve que no hubo ganancia conceptual, no se logró el impacto significativo. De los puntos 4, 5 y 6 que fueron los puntos donde no hubo ganancia relativa, se evidencia que aun cometen errores en cuanto a la lectura y/o interpretación que le dan a los ejercicios lo cual los lleva a hacer un planteamiento incorrecto para dar la respectiva solución.

De manera global la UD obtuvo una ganancia media, como se muestra en la tabla N° 14.

Tabla 113. Resultados globales

Pre test	15,87
post-test	48,81
Factor de Hake	0,39

Los resultados encontrados pueden deberse a las diferentes estrategias empleadas en las intervenciones, las cuales estuvieron basadas en la puesta a prueba de las ideas previas de los estudiantes, así como en la validación y confrontación de predicciones frente a resultados, también en el uso de las experiencias de laboratorio activo como punto esencial del desarrollo de la temática.

Conclusiones

La estrategia diseñada bajo la metodología de aprendizaje activo contribuye con el mejoramiento de los procesos de enseñanza–aprendizaje de la física, dado que los estudiantes abordaron los conceptos propuestos desde sus ideas previas, de igual forma se fortalecen los espacios de discusión y contrastación de hipótesis a partir de la experimentación.

Teniendo en cuenta el factor de Hake, se obtuvo una ganancia relativa de aprendizaje conceptual de 0,39, resultado que ubica a los estudiantes en una ganancia media, los resultados entre otros aspectos se deben a que:

- Identifican las fuerzas en la máquina de Atwood y describen hacia donde se mueve el sistema según las fuerzas que intervienen en él, sin embargo, presentan dificultades al momento de formalizar diagramas de cuerpo libre. Para cuerpos que se deslizan en un plano inclinado, relacionan el ángulo de inclinación y las superficies en contacto. Lograron determinar para objetos de diferente masa, que no siempre los cuerpos más grandes son los más pesados.
- Cuando sobre un cuerpo se hace una acción rápida, por ejemplo halar una ficha que esta sobre un vaso, y en ella hay una moneda puesta en el borde del vaso, la moneda no alcanza a percibir el movimiento que se le está comunicando a la ficha, es decir no se puede vencer su inercia, por ello tiende a quedarse en el lugar en que está, de otra parte, si se hala lentamente la tarjeta, la moneda “percibe este movimiento” y se mueve con la ficha, venciendo así su inercia.
- Establecieron la relación entre fuerza y aceleración para una masa constante, así como la relación entre masa y aceleración para una fuerza constante, pero la dificultad en procesos de formalización se hace presente en algunos estudiantes.

El apoyo de parte del intérprete para el trabajo con los estudiantes sordos fue fundamental para lograr vincularlos en las diferentes actividades propuestas, se tuvo dificultad en los procesos de argumentación escrita que debían hacer dichos estudiantes.

La implementación de las prácticas de laboratorio les permite a los estudiantes validar sus predicciones y poner a prueba sus concepciones, de tal forma que se vaya logrando a partir de discusiones y trabajo en equipo una formación en ciencias-física articulada con procesos de indagación y explicación de fenómenos.

El diseño e implementación de la UD hace que los estudiantes tomen una actitud activa frente a la clase, el papel del docente es el de guía y orientador de las diferentes acciones de la misma encaminadas a la consecución de los objetivos propuestos. La enseñanza con una marcada tendencia tradicional es superada, dado que en esta no se le motiva ni exige al estudiante una postura diferente a la de escuchar al docente y tomar apuntes, y se espera que “aprenda” a través de la exposición magistral que hace el profesor de la temática propuesta.

Agradecimientos

A la Universidad de los Llanos por el apoyo financiero en la ejecución del Proyecto Diseño e implementación de la Metodología de Aprendizaje Activo para la Enseñanza de Física de grado 10, C03-F03-38-2015.

A la Institución Educativa Colegio Departamental La Esperanza de Villavicencio.

Referencias

- BARROS, P y BRAVO, A. **Libros maravillosos**. Perelman Yakov, Problemas y experimentos recreativos. 2001. Recuperado de <http://www.librosmaravillosos.com/problemasyexperimentos/capitulo04.html>
- ELIZONDO TREVIÑO, María del Socorro. Dificultades en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física. **Presencia Universitaria**, v. 3, n. 5, p. 70-77, 2013.
- HAKE, Richard R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American journal of Physics**, v. 66, n. 1, p. 64-74, 1998.
- IBAÑEZ, Gloria. Planificación de unidades didácticas: una propuesta de formalización. **Aula de innovación educativa**, v. 1, p. 13-15, 1992.
- NARDI, Roberto; GATTI, Sandra Teodoro. Concepções Espontâneas, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: Uma revisão sobre as investigações construtivistas nas últimas três décadas. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 1, p. 27-39, 2005.
- SOKOLOFF, D. **ALOP manual**. Francia: UNESCO, 2006.
- SOKOLOFF, David R.; THORNTON, Ronald K. **Interactive lecture demonstrations**. Wiley-VCH, 2004.
- SOLBES MATARREDONA, Jordi; MONTSERRAT, Rosa; FURIÓ MÁS, Carlos. Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. **Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales**. n. 21, p.91-117, 2007.
- PAZOS, Mercedes Suárez. Algunas reflexiones sobre la investigación-acción colaboradora en la educación. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 1, n. 1, p. 40-56, 2002.
- VÁZQUEZ, Ángel; MANASSERO, María Antonia. El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias**, v. 5, n. 3, 2008.