



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

FUERZA Y MOVIMIENTO: UNA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA ESTUDIANTES RURALES DE NOVENO GRADO

Yeisson Andrés Giraldo Ramírez

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2017

FUERZA Y MOVIMIENTO: UNA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA ESTUDIANTES RURALES DE NOVENO GRADO

Yeisson Andrés Giraldo Ramírez

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:

Dr. Rer. Nat. José Daniel Muñoz Castaño

Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Bogotá, Colombia

2017

Dedicado a mi esposa e hijos, que con su sacrificio, apoyo y comprensión, me animaron día a día a cumplir este proyecto de vida.

A mi abuela, que desde el cielo, con su gran corazón, me dio las fuerzas para superar los obstáculos que se me presentaron.

A mi señora madre, que con su cariño y amor ha guiado mis pasos en este arduo camino de la vida.

“He notado que aun la gente que dice que todo está predestinado y que no podemos hacer nada para cambiar nuestro destino, mira antes de cruzar la calle”.

Stephen Hawking.

Agradecimientos

A la institución educativa Mortiño y a la comunidad académica por brindarme los espacios para llevar a cabo este gran trabajo y a mis estudiantes que siempre me motivan a realizar cambios en mí que hacer como docente.

A la universidad Nacional por permitir ser parte de esta gran institución y fortalecer mis conocimientos a través de sus excelentes docentes.

A mi director de trabajo de grado, Dr. Rer. Nat. José Daniel Muñoz Castaño, por brindarme sus excelentes conocimientos, por su paciencia a la hora de asesorarme en este trabajo, y por su gran personalidad. A su señora esposa Jazmín Escobar por dedicar su tiempo en asesorarme en la parte estadística.

Resumen.

Movimiento y fuerza son los conceptos centrales de la Mecánica, fundamentales en el diseño de máquinas y procesos y base de muchos otros conceptos de la física. Su enseñanza, sin embargo, presenta obstáculos conceptuales importantes que se hacen aún más difíciles de superar en un entorno rural en donde los estudiantes no pueden dedicar tiempo para hacer tareas y no cuentan en casa con ayudas didácticas para reforzar lo aprendido. Este trabajo presenta una propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de fuerza y movimiento especialmente diseñada para los estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Mortiño, ubicada en zona rural del municipio de Isnos (Huila). El diseño hace énfasis en lo cualitativo e involucra numerosas actividades del entorno rural de los estudiantes, que complementadas con otras de corte más universal ilustran aspectos fundamentales de los conceptos de posición, velocidad y fuerza. La propuesta consta de doce sesiones de una hora semanal organizadas en tres secuencias didácticas: una para posición y velocidad, otra para fuerza y leyes de Newton y una tercera para fuerza de rozamiento seca, que se implementan cada una con pretest y postest. El análisis estadístico de los resultados evidencia un incremento significativo en el desempeño de los estudiantes, que de hecho obtienen todos un puntaje combinado de los tres test superior en el postest que en el pretest. La descripción cualitativa de la aplicación muestra también un aumento notable de su participación y el interés, pues descubren los conceptos físicos en actividades propias de su entorno. La estrategia constituye, por lo tanto, un aporte valioso para la enseñanza de la mecánica en colegios rurales.

Palabras clave: fenómenos físicos, mecánica, fuerza, movimiento, cualitativa, contexto.

Abstract.

Movement and force are central concepts of Newtonian Mechanics that are fundamental for the design of mechanisms and processes, and the origin of many concepts in physics. However, teaching them faces up to huge conceptual obstacles that are even more difficult to solve in a countryside environment where students have neither time for homework nor tools like computers or Internet. The present work introduces a didactic proposal for teaching the concepts of force and movement designed for ninth grade students of the I.E. Mortiño School in Isnos (Huila, Colombia). The design emphasizes on qualitative aspects and involves many activities from the rural environment in Isnos that, together with other more universal examples, illustrate fundamental aspects of the concepts of position, velocity and force. The didactic proposal consists of twelve sessions of one hour per week, organized in three sequences: one for position and velocity, one for forces and Newton's laws of motion and one for friction, all implemented with pre- and posttest. The analysis of the results shows a statistically significant increment of the scores. Actually, the combined scores of the three tests is higher in the posttest for all students. The qualitative description of the implementation also shows a remarkable increase in the interest and motivation by the students, because they discover that the concepts of physics can be found in activities of their own daylife. The strategy constitutes, therefore, a valuable contribution to the teaching of Newtonian Mechanics in countryside environments.

Keywords: physical phenomena, mechanics, force, movement, qualitative, context

Contenido.

	Pág.
Resumen	VII
Lista de imágenes	X
Lista de gráficas	XII
Introducción	1
1. Desarrollo histórico de los conceptos de movimiento y fuerza.....	5
2. Enseñanza del concepto de fuerza	11
3. Movimiento y fuerza.....	15
4. Propuesta didáctica	19
4.1 Secuencia didáctica posición y velocidad	20
4.1.1 Primera sesión. La posición en 1D.....	20
4.1.2 Segunda sesión. Proporciones	21
4.1.3 Tercera sesión. ¿Quién es el más rápido?.....	23
4.1.4 Cuarta sesión. Concepto de velocidad.....	24
4.1.5 Quinta sesión. Representación Gráfica.....	24
4.1.6 Sexta sesión. Posición en 2D	26
4.2 Segunda Secuencia Didáctica: Fuerza (cualitativa).....	28
4.2.1 Séptima sesión. ¿Qué es fuerza? Primera y segunda leyes de Newton	28
4.2.2 Octava sesión. Tercer ley: Acción y reacción.....	33
4.2.3 Novena sesión. Fuerzas de contacto y fuerzas a distancia	36
4.3 Tercera Secuencia Didáctica: Fuerza de rozamiento	38
4.3.1 Décima sesión. Qué es la fuerza de rozamiento	39
4.3.2 Decimoprimera sesión. Fuerza de rozamiento, y la existencia de un límite....	40
4.3.3 Decimosegunda sesión. Se desliza o no se desliza	43
5. Análisis de resultados	45
5.1 Resultados cualitativos.....	46
5.2 Resultados cuantitativos.....	47
5.2.1 Pruebas de normalidad.....	48
5.2.2 Estadísticas descriptivas.....	49
5.2.3 Diagrama de cajas y bigotes.....	49
5.2.4 Comparación estadística de muestras relacionadas	51
5.2.5 Correlaciones entre los resultados de las tres secuencias didácticas	53
6. Conclusiones y recomendaciones.....	55
A. Anexo: Test posición y velocidad.....	59
B. Anexo: Test fuerza (cualitativa)	63
C. Anexo: Test fuerza de rozamiento	69
Bibliografía	75

Lista de Imágenes.

	Pág.
Imagen 1. Aristóteles	5
Imagen 2. Las capas del universo según Aristóteles.....	6
Imagen 3. Movimiento violento de Aristóteles	7
Imagen 4. Jean Buridán	7
Imagen 5. Ímpetus de Buridán	8
Imagen 6. Galileo.....	8
Imagen 7. Plano inclinado de Galileo	8
Imagen 8. Descartes	9
Imagen 11. Segunda ley de Newton	16
Imagen 12. Tercera ley de Newton	17
Imagen 13. Fuerza de rozamiento y Normal	18
Imagen 14. Estudiantes grado 9° en línea recta.....	20
Imagen 15. Estudiantes de 9° jugando baloncesto.....	21
Imagen 16. Café Huilense.....	22
Imagen 17. Estudiantes resolviendo ejercicios de proporcionalidad.....	23
Imagen 19. Estudiantes manejando la aplicación Vec-Touring	27
Imagen 20. tomada de https://spaceplace.nasa.gov/vec-touring/sp/#/review/vec-touring/preloader.sp.swf?path=/review/vec-touring/game.sp	27
Imagen 21. Estudiante en la primera actividad.....	29
Imagen 22. Si está en movimiento y nadie le hace fuerza, sigue en movimiento.	30
Imagen 23. Que si se frena, es porque alguien lo frenó	30
Imagen 24. El cambio en la velocidad de un cuerpo es proporcional a la fuerza aplicada multiplicada por el tiempo que se aplica.....	31
Imagen 25. Carrera de encostados	34
Imagen 26. Practica sobre patines (empujarse)	35
Imagen 27. Practica en patines (jalarse)	35
Imagen 28. Estudiante intentando levantarse sin empujar el suelo	36
Imagen 29. Tiros libres.....	37
Imagen 30. Imanes utilizados por los estudiantes	38
Imagen 31. Ascenso de cuerda (torrentismo).....	41
Imagen 32. Actividad en césped de la institución	41
Imagen 33. Montaje de arena	42
Imagen 34. Datos peso de la canastilla y la normal del objeto	43

Imagen 35. Solución de un estudiante del ejercicio 1	44
Imagen 36. Solución de un estudiante del ejercicio 2	44
Imagen 37. Estudiantes de 9° respondiendo un test.....	45

Lista de gráfica.

Pág.

Gráfica 1. Tipos de fuerza de Rozamiento	18
Gráfica 2. Distancia vs tiempo.....	25
Gráfica 3. Grafica obtenida a partir de los datos de la práctica	42
Gráfica 4 Diagrama de caja y bigotes del pretest y postest de <i>Posición y Velocidad</i>	50
Gráfica 5 Diagrama de caja y bigotes para el pretest y postest de <i>Fuerza Cualitativa</i>	50
Gráfica 6 Diagrama de caja y bigotes del pretest y postest de <i>Fuerza de Rozamiento</i> . .	50
Gráfica 7 Diagrama de caja y bigotes del total de los pretest y postest	51

Introducción

Movimiento y fuerza son conceptos que nos permite explicar y predecir diferentes fenómenos físicos de la naturaleza, relacionados con la mecánica. El hecho de que las cosas se muevan o no, que su movimiento sea constante o que se produzca un cambio en su movimiento nos lleva al concepto de fuerza. Este concepto apareció muy temprano en la historia de la humanidad, pero fue Newton quien definió con sus tres leyes del movimiento la idea de fuerza como la conocemos actualmente. Este es, tal vez, el concepto más importante de la física, pues todas las construcciones posteriores, como los conceptos de trabajo y energía, los campos electromagnéticos, las interacciones nucleares y la Relatividad General, se basan de alguna manera en él. El concepto de fuerza es también el componente principal en el diseño de máquinas y mecanismos, y fundamento de toda la tecnología mecánica.

A pesar de su importancia, diversas investigaciones muestran que se presentan muchas dificultades a la hora de enseñarlo, debido a las concepciones previas que tienen los estudiantes acerca de ello. Diversas investigaciones, como las realizada por Champagne et al (1980), Maarouf y Kouhlla (2001) y Twigger et al. (1994) encontraron todas las mismas dificultades, relacionadas con ideas erróneas sobre fuerza y movimiento que los estudiantes desarrollan antes de su instrucción formal. Como solución, varios investigadores (Hestenes 1992, Gonzáles 2014) sugieren que antes de abordar los conceptos cuantitativamente hay que hacerlo intuitivamente, sin ecuaciones, de manera cualitativa, pues allí es que radican las dificultades principales.

La Institución Educativa Mortiño se encuentra ubicada en una zona rural de difícil acceso del municipio de Isnos, Huila; y es capital panelera del departamento y asentamiento del patrimonio cultural del Alto Magdalena. El colegio orienta su acción pedagógica dentro del programa *Escuela Nueva* en primaria y de post primaria en básica secundaria, en jornada completa. Los estudiantes pertenecientes a la institución presentan problemas con la comprensión de los conceptos de movimiento y fuerza, y en especial, los del grado noveno, que están a punto de ingresar a la educación media sin tenerlos claros. Sus familias son de escasos recursos, pertenecientes a los estratos 1 y 2, lo que es un problema adicional, ya que los estudiantes tienen que ayudar en su tiempo libre en labores diarias como la recolección de café y la producción de panela, por lo que no pueden dedicar tiempo a realizar tareas por fuera del horario de clases. Además, no cuentan en casa con medios para reforzar sus conocimientos, como biblioteca, computador o acceso al internet. Estas dos realidades limitan los procesos de enseñanza-aprendizaje a lo que se realice en el aula de clases, que para el área de física corresponde a una hora semanal.

En Colombia existen grandes diferencias entre las zonas urbanas y rurales, especialmente en el ámbito de la educación, la infraestructura, la economía de los hogares y el desplazamiento (Barrera et al (2012) y Cortes y Vargas (2012)). Por ello se ve la necesidad de implementar modelos educativos flexibles. En cuanto a la enseñanza de los conceptos de movimiento y fuerza, la mayoría de las investigaciones y propuestas están dirigidas a instituciones urbanas y primeros semestres en las universidades, dejando a un lado las zonas rurales. Son pocos, en efecto, los trabajos diseñados para estas zonas. Entre ellos, cabe mencionar el trabajo de Jaider Enrique Arias, dirigido a la comunidad Kankuama del municipio de Atánquez, en el Departamento del Cesar, que involucra actividades tradicionales de la comunidad Kankuama para ilustrar algunos aspectos fundamentales del concepto de fuerza. Esta estrategia de incluir actividades propias del entorno se ha mostrado determinante para lograr la comprensión y despertar el interés de los estudiantes hacia los temas enseñados (Soares, 2016).

A la luz de lo anterior, surge la siguiente pregunta: ¿Cómo plantear una propuesta didáctica para la enseñanza-aprendizaje de los conceptos de movimiento y fuerza dirigida a estudiantes de grado noveno de la I.E. Rural Mortiño? Para dar respuesta a este interrogante, este trabajo diseña e implementa una propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de movimiento y fuerza especialmente diseñada para este fin. El diseño hace énfasis en lo cualitativo e involucra numerosas actividades del entorno rural de los estudiantes, que complementadas con otras actividades de corte más universal ilustran aspectos fundamentales de los conceptos de posición, velocidad y fuerza. La propuesta consta de doce sesiones de una hora organizadas en tres secuencias didácticas: una para la enseñanza de los conceptos de posición y velocidad, otra para el concepto de fuerza, desde un punto de vista cualitativo, y una tercera para la enseñanza de la fuerza de rozamiento seca. A pesar de que el énfasis está en lo cualitativo, las secuencias uno y tres también incluyen predicciones cuantitativas. La propuesta didáctica se implementa con el grupo de 18 estudiantes de grado noveno de la I.E. Rural Mortiño, en un diseño pre-experimental con pretest y postest. Para ello se construyen tres test, uno por cada secuencia didáctica, que se aplican al grupo antes y después de la secuencia correspondiente. El análisis estadístico de estos resultados y la descripción cualitativa de los procesos constituyen la evaluación de la propuesta didáctica.

Este trabajo está organizado por 6 capítulos. En el primer capítulo presenta el desarrollo histórico de los conceptos de movimiento y fuerza. Un segundo capítulo discute algunas de las investigaciones realizadas sobre la enseñanza del concepto de fuerza. Los conceptos de movimiento y fuerza descritos de manera disciplinar se presentan en el capítulo 3. El capítulo 4 describe en detalle la propuesta didáctica y su implementación. A continuación, en el capítulo 5 se analizan los resultados obtenidos de la aplicación de los pretest y postest, y, por último, un sexto capítulo resume las principales conclusiones y recomendaciones.

1. Desarrollo histórico de los conceptos de movimiento y fuerza

Desde la antigüedad, el hombre se ha interesado por entender la naturaleza del movimiento, comenzando con Aristóteles (movimiento natural, violento y el rechazo del vacío), pasando por Buridán (el ímpetu) y llegando finalmente a Galileo, Descartes y Newton (física experimental y matematizada), como lo menciona López (2009). Cada uno de ellos se interesó por hallar cuál es la causa del movimiento de los cuerpos, basándose en la divinidad, en lo cualitativo y en la idealización.

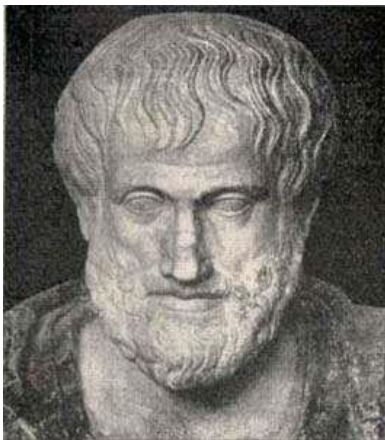


Imagen 1. Aristóteles

Tomada de
<http://www.traditoperennis.com/GRIEGA/ARISTOTELES/ARISTOTELES.htm>

Para Aristóteles (384-322 aC), el universo es jerárquicamente organizado, finito y esférico, con La Tierra, inmóvil, en el centro, y la región de las estrellas en su límite. El mundo natural lo divide en dos niveles: celeste y terrestre. Los cuerpos celestes, por una parte, se suponían perfectos y hechos de una sustancia diferente a los de La Tierra: el éter. Aristóteles los coloca en orden creciente de distancia con respecto a La Tierra, así: Luna, Mercurio, Venus, Sol, Marte, Júpiter y Saturno. Más allá de la esfera de las estrellas no hay nada. Por otra parte, para él, el mundo material (mundo terrestre) estaba compuesto de cuatro elementos fundamentales: tierra, agua, aire y fuego, cada con una posición natural en el

universo, organizadas en esferas concéntricas por densidad: en el centro, la tierra, luego el agua, luego el aire, y, por último, el fuego.



Imagen 2. Las capas del universo según Aristóteles.

Tomado de <http://recuerdosdepondora.com/ciencia/fisica/la-gravedad-segun-aristoteles/>

Aristóteles clasificaba los movimientos en naturales y violentos. Los movimientos naturales son aquellos que se dan sin necesidad de que se empuje el objeto, y son circulares para los cuerpos celestes y verticales (o mejor, radiales) para los objetos terrestres. En La Tierra, este movimiento vertical se manifiesta, por ejemplo, cuando se suelta un objeto, y este cae o se eleva, debido a que el elemento más abundante en él busca su lugar natural. Así, una piedra, hecha de tierra, cae, porque la tierra en ella busca su lugar natural, que es abajo. De manera similar, el humo, al estar hecho de fuego, se eleva en el aire hasta ocupar su lugar natural. En cambio, los movimientos violentos son aquellos que necesitan de una fuerza impulsadora que desvíe al objeto de su movimiento natural. Por ejemplo, para que una roca se deslice por el piso es necesario empujarla, y ésta deja de moverse (vuelve a su estado natural) cuando se deja de empujar (fuerza impulsora).

Las explicaciones de Aristóteles presentadas hasta ahora parecen describir muy bien lo que vemos en la cotidianidad, pero ¿qué pasa cuando se lanza un proyectil

y éste pierde contacto con la fuerza impulsora? ¿Cómo hace una flecha que abandona el arco para seguirse moviendo? La explicación de Aristóteles es: cuando se mueve, la flecha desvía el aire hacia los lados y deja un espacio vacío detrás de sí. El aire desplazado llena ese vacío, empujando la flecha hacia adelante, pues para Aristóteles el vacío no puede existir. Así, llega a la conclusión de que el medio proporciona la fuerza necesaria para mantener el proyectil en movimiento, hasta que éste se debilita (Peduzzi 1996). Esta idea predominó hasta el siglo XIII, cuando se reintrodujeron los términos de vacío e infinito (López 2009).

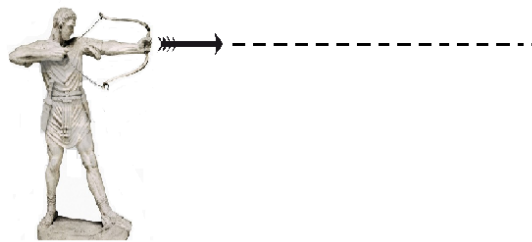


Imagen 3. Movimiento violento de Aristóteles



Imagen 4. Jean Buridán

Tomada de
<http://www.fotoseimagenes.net/jean-buridan>

Diecisiete siglos después aparece Jean Buridán (1300-1358 DC) quien critica la física aristotélica argumentando que, en el movimiento de un proyectil, el aire no es el que lo impulsa para que este siga en movimiento, sino que cuando impulsamos el proyectil, imprimimos en él una cualidad, a la cual llama el *ímpetus* (produce movimiento), concepción que aún se tiene. Para Buridán, el ímpetu de un cuerpo aumenta con su velocidad y con su cantidad de materia. Además, afirma que el aire pone resistencia al movimiento del proyectil, en vez de impulsarlo. Buridán fue el primero en intentar de unificar la física y la astronomía, aplicando la teoría del ímpetus tanto a los cuerpos celestes como a los cuerpos terrestre (López 2009).

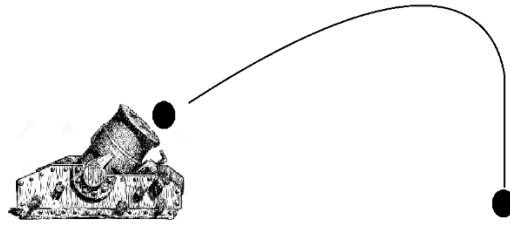


Imagen 5. Ímpetus de Buridán

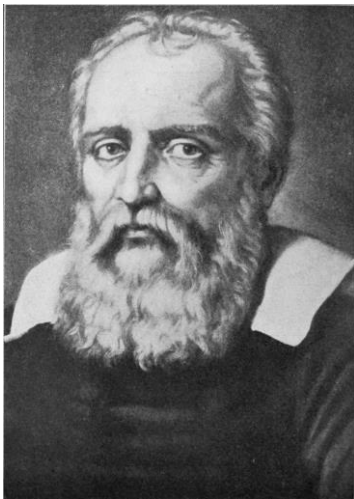


Imagen 6. Galileo

Tomada de
<http://foursainscengal.blogspot.com.co/>

Tres siglos después aparece Galileo (1564-1642), quien es uno de los primeros en realizar experimentos para verificar una teoría. Él demostró que la velocidad con que caen los cuerpos no depende de su peso, y que la causa de que unos cuerpos cayeran más rápido que otros es en realidad la resistencia del aire. Como un objeto ligero (liviano) tiene más dificultad para vencer esta resistencia, su caída será más lenta que la de un cuerpo con mayor peso.

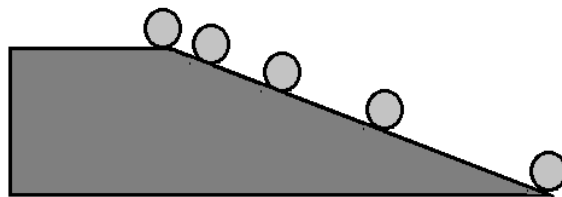


Imagen 7. Plano inclinado de Galileo

Desde la antigüedad se conocía que una piedra se mueve cada vez más deprisa a medida que cae. De hecho, Nicolás Oresme (1323-1382), discípulo de Buridán, propuso que el movimiento de la caída es uniformemente disforme, es decir que

aumenta su velocidad a ritmo constante. A partir de allí, y utilizando el teorema de la velocidad media de Merton demostrado por el mismo Oresme, Galileo dedujo que las distancias recorridas por la piedra en intervalos sucesivos deberían crecer en proporción a los números impares, y que, por lo tanto, la distancia total recorrida desde que se soltaba debía crecer como el tiempo al cuadrado. Con este resultado en la mano, Galileo construyó un experimento para verificarlo, midiendo las distancias recorridas en tiempos iguales sucesivos por una esfera que se deslizaba por un plano inclinado, y comprobó con acierto que las distancias seguían la ley que había deducido. Según López (2009) la mecánica de Galileo no es sino una fórmula madura, matemáticamente desarrollada de aquella misma ciencia de Buridán, que sólo era tratada de un modo conceptual. Aunque Galileo no fue el primero en experimentar, sus resultados en el problema de la caída de los cuerpos ayudaron a difundir la experimentación en la ciencia, fechando el 1589 como el inicio de la ciencia experimental (Asimov, 2011).



Imagen 8. Descartes

Tomada de
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PSM_V37_D740_Rene_Descartes.jpg

Un poco después, Descartes (1614–1616) formuló la ley de conservación de la cantidad del movimiento, y enunció por primera vez la ley de la inercia (Ramírez y Bernaza 2007):

“Cuando un cuerpo está en reposo tiene poder para permanecer en reposo y de resistir a todo cuanto pudiera cambiar este estado. De manera semejante cuando está en movimiento tiene el poder de continuar en movimiento con la misma velocidad y en la misma dirección”

Sin embargo, esta ley de la naturaleza debió esperar más tiempo para ser expresada correctamente en términos matemáticos.

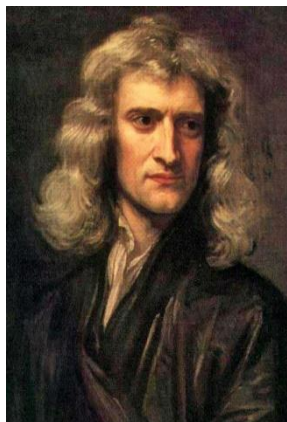


Imagen 9. Newton

Tomada de
<http://www.astronoo.com/pt/biografias/isaac-newton.html>

Por último, llegamos a Newton (1642–1727), quien es importante por el desarrollo del cálculo y por la teoría de la Gravitación Universal, pero en especial por formular las leyes del movimiento. La primera ley del movimiento (inercia) nos dice que todo cuerpo sigue en su estado de reposo o de movimiento uniforme rectilíneo, salvo que sea obligado a cambiar dicho estado por fuerzas aplicadas. La segunda ley nos dice que el cambio de movimiento es proporcional a la fuerza que actúa sobre el cuerpo y al tiempo que esa fuerza se aplica, y que tiene lugar en la dirección en que se aplica la fuerza. La tercera ley nos dice que las fuerzas se realizan entre parejas de cuerpos: si un cuerpo le hace fuerza a otro (acción), este otro le hace una fuerza al primero de igual magnitud pero de sentido contrario (reacción). Estas leyes constituyen uno de los objetos de enseñanza principales del presente trabajo.

2. Enseñanza del concepto de fuerza

Según los Estándares de Ciencias Naturales expedidos por el Ministerio de Educación Nacional (2006), los estudiantes, al finalizar la Educación Básica, deben manejar los conceptos físicos desde el punto de vista cualitativo (entorno físico) que están incluidos en el "*Manejo de conocimientos propios de la ciencia*", entre los cuales se encuentra movimiento y fuerza. Pero este concepto es poco abordado por los docentes de ciencias naturales, ya que se planea que estos conceptos se enseñen en el último periodo del año escolar, pero raramente se logra. Esto ocasiona que el estudiante llegue a la educación media con grandes falencias conceptuales. Esta es una gran dificultad, pues hace que el estudiante de décimo grado tenga que enfrentarse a los conceptos de fuerza y movimiento desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo simultáneamente.

Numerosos trabajos muestran que al enseñar fuerza se presentan muchas dificultades conceptuales, debido a las concepciones previas que tienen los estudiantes acerca de él. Investigaciones como la realizada por Champagne *et. al.* (1980) (citado por Sebastián (1984)) con estudiantes de los cursos introductorios de la Universidad, o la realizada por Maarouf y Kouhlla (2001) sobre las dificultades de aprendizaje en el concepto de fuerza en Marruecos con estudiantes entre 15 y 17 años, e incluso la de Twigger *et al.* (1994) acerca de los conceptos de fuerza y movimiento de estudiantes entre 10 y 15 años, encuentran todas las mismas dificultades, tipificadas por las siguientes concepciones erróneas: 1) Una fuerza, cuando es aplicada a un objeto produce movimiento. 2) Bajo la influencia de fuerzas constantes los objetos se mueven con velocidad constante. 3) La magnitud de la velocidad es proporcional a la magnitud de la fuerza. 4) En ausencia de fuerzas,

los objetos están en reposo o deteniéndose. Esta observación general coincide con lo afirmado por McDermott (2009), quien manifiesta que ideas erróneas sobre el mundo físico son comunes entre los estudiantes de una amplia variedad de orígenes nacionales, niveles educativos y edades, y, además, indican que existe evidencia de que los estudiantes universitarios tienen a menudo muchas de las mismas dificultades conceptuales y de razonamiento que son comunes entre estudiantes más jóvenes.

Para enfrentar estas dificultades, González (2014) propone que antes de abordar los conceptos de movimiento y fuerza cuantitativamente hay que hacerlo de manera intuitiva, ya que estos conceptos tienen un nivel de abstracción fuerte y situaciones altamente contra-intuitivas, lo que hace necesario comenzar con secuencias didácticas de orden cualitativo, incluso desde la educación básica. Una vez superada esta etapa, es necesario encarar lo cuantitativo, para brindar poder y precisión a las predicciones.

La enseñanza de un concepto mejora notoriamente si se utilizan como ejemplos situaciones de la cultura y de los entornos propios del estudiante. Esta es una de las ideas centrales de la Etnofísica, que ha surgido paulatinamente de la Etnomatemática como una propuesta que busca articular lo cultural y lo natural con el contexto de la ciencia, así como la superposición entre lo simbólico y lo real (Combariza 2014). Por eso, el docente se debe dar a la tarea de conocer el entorno sociocultural de sus estudiantes. Aunque para algunos esta nueva forma de enseñanza no es adecuada, porque no enfatiza en el uso de lenguaje científico, sus efectos positivos son significativos.

En efecto, existen diferentes investigaciones, aunque pocas, donde se evidencia que la etnofísica es una excelente alternativa para la enseñanza y aprendizaje de la Física, ya que esta, además de enseñarse, se vive. En su tesis de maestría, Soares (2016) utiliza la producción de harina de yuca para enseñar el concepto de fuerza de forma cualitativa. Esta investigación se realizó con estudiantes de

segundo año de la escuela secundaria del Instituto Federal de Maranhão (IFMA) Campus Pinheiros. Para ello, el profesor se dio cuenta de que las actividades que eran parte de los oficios en la producción de harina de yuca podrían ser conocimientos escolares, pues los trabajadores utilizaban a diario conceptos de la mecánica y de la matemática para realizar sus actividades, en especial el concepto de fuerza (normal, rozamiento, peso, tensión). Sus resultados nos motivan para enseñar el concepto de fuerza en la escuela rural utilizando, no sólo ejemplos universales, sino también elementos del entorno.

3. Movimiento y fuerza

La cinemática es la parte de la física que estudia el movimiento de los cuerpos, pero sin preocuparse de las causas que puedan provocarlo. Ésta se encarga de abordar el estudio de conceptos como posición y velocidad, y su representación como vectores: la posición como el vector que señala desde un origen dónde está el cuerpo, y la velocidad, que nos dice qué tan rápido se mueve un cuerpo y hacia dónde se dirige.

Se dice que un objeto se encuentra en movimiento con respecto a otro cuando su posición, indicada desde el primero, cambia con el tiempo. Si esta posición no cambia, el objeto se encuentra en reposo. Consideremos un cuerpo que se encuentre en reposo. Si queremos que el cuerpo se empiece a mover, tenemos que realizar sobre él alguna acción, como empujarlo o levantarlo, o dejar que otros cuerpos actúen sobre él. Nuestra idea intuitiva vincula que comience el movimiento con los actos de empujar, levantar o arrastrar, y esto es correcto. Sin embargo, para que un objeto que ya está en movimiento siga en movimiento no es necesario que se le aplique fuerza alguna. Como dicen magistralmente A. Einstein y L. Infeld (1986) *"Según la clave descubierta por Galileo, si un cuerpo no es empujado o arrastrado (en suma, si sobre él no actúan fuerzas exteriores), se mueve uniformemente, es decir con velocidad constante y en línea recta. Por lo tanto, la velocidad de un cuerpo no es indicio de que sobre él obren o no fuerzas exteriores"*, lo que nos lleva a la primera ley del movimiento: *"Un cuerpo en reposo, o en movimiento, se mantendrá en reposo, o en movimiento rectilíneo y uniforme, a menos que sobre él actúen fuerzas exteriores que lo obliguen a modificar dichos estados"* (op. cit.).



Imagen 10. Primera ley de Newton

Tomadas y editadas de <https://es.123rf.com>

Esto lo podemos ver claramente en el espacio, donde los cuerpos no necesitan una fuerza para seguirse moviendo. En La Tierra no es fácil ver el efecto de la primera ley de Newton, porque existen fuerzas externas que hace que un cuerpo que se esté deslizando se detenga.

Si ejercemos jalones o empujones, estos cambian el estado del reposo o movimiento de objeto: acelerándolo, frenándolo o desviándolo. Esto nos lleva a la segunda ley de Newton, que nos dice que el cambio en el movimiento de un cuerpo es igual a la fuerza total aplicada multiplicada por cuánto tiempo se aplica esa fuerza.

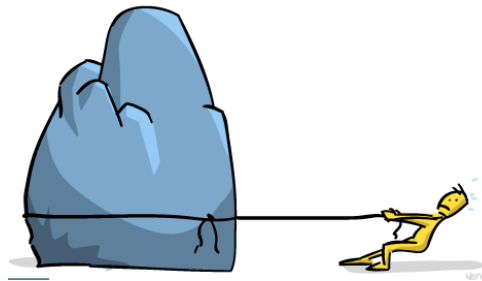


Imagen 91. Segunda ley de Newton

Tomada de <http://tecslaboratorio2014.blogspot.com.co/2015/>

Como movimiento (momentum) se entiende como el producto de masa por velocidad, si la masa es constante, esta ley se puede reinterpretar como que el

cambio en la velocidad de un cuerpo es igual a la fuerza total aplicada, multiplicada por el tiempo que se aplica esa fuerza y dividida por la masa del cuerpo.

$$\Delta \vec{v} = \vec{F} \frac{\Delta t}{m} .$$

$$\vec{F} = \Delta \vec{v} \frac{m}{\Delta t} .$$

Esta ley nos permite predecir qué le sucederá a un cuerpo si sobre él actúan fuerzas conocidas.

Ahora es pertinente mencionar que no podemos tener fuerzas aisladas, siempre son dos cuerpos los que interactúan: si uno le hace fuerza a otro, este otro también le está haciendo fuerza al primero, y así llegamos a la Tercera Ley de Newton: A toda acción corresponde una reacción, igual en magnitud y dirección, pero en sentido opuesto.



Imagen 102. Tercera ley de Newton

Tomada de <https://es.khanacademy.org/science/physics/forces-newtons-laws/newtons-laws-of-motion/a/what-is-newtons-third-law>

Las fuerzas de contacto, por facilidad, suelen dividirse en dos componentes: a la componente perpendicular a la superficie de contacto la llamamos fuerza normal (\vec{N}), y a la componente paralela, fuerza de rozamiento (\vec{f}_r). La fuerza de rozamiento es consecuencia de la adhesión y de la interpenetración de una superficie con la otra. Es este rozamiento el que nos permite caminar y el que hace que las llantas de un automóvil funcionen tanto para acelerar como para frenar, pues la fuerza de rozamiento no siempre va en dirección del movimiento del objeto. Es importante

notar que estas fuerzas no solo existen cuando ocurre un movimiento, sino que también están presentes entre objetos en reposo si, en ausencia de rozamiento, uno de los cuerpos desliza sobre el otro.

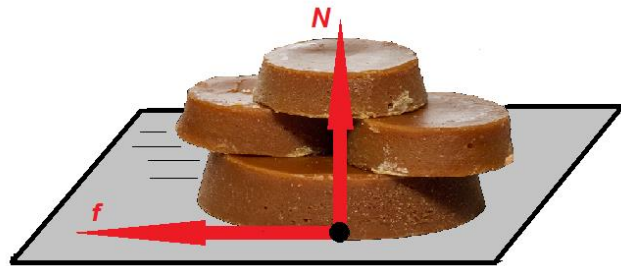
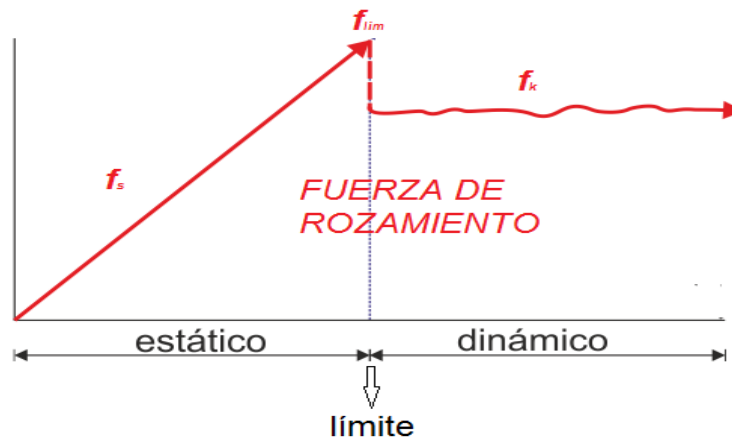


Imagen 113. Fuerza de rozamiento y Normal

A diferencia de muchos libros, la experiencia de trabajos anteriores como el de Hincapié (2011), han mostrado que es conveniente hablar de tres valores para la fuerza de rozamiento: la fuerza estática (f_s), que es la que se necesita para que las superficies no se deslicen; la limite ($f_{lim} = \mu_s N$), que es el máximo valor posible de fricción estática, y la cinética ($f_k = \mu_k N$), cuando el cuerpo está en movimiento. Si $f_s < f_{lim}$, las superficies no se deslizan, y la fuerza de fricción toma el valor f_s . Por el contrario, si $f_s > f_{lim}$, las superficies se deslizan, y la fuerza de fricción toma el valor f_k .



Gráfica 1. Tipos de fuerza de Rozamiento

4. Propuesta didáctica

Para la enseñanza de los conceptos fuerza y movimiento desde un punto de vista cualitativo se elaboró la siguiente propuesta didáctica, que consta de 12 sesiones de 1 hora agrupadas en tres secuencias didácticas, así:

1. Posición y velocidad (6 sesiones)
2. Fuerza cualitativa (3 sesiones)
3. Fuerza de rozamiento (3 sesiones)

Para la elaboración de las unidades didácticas se tuvo en cuenta que todas las actividades se deben realizar dentro las sesiones programadas, ya que los estudiantes de nuestra escuela rural ayudan en casa a los trabajos de la finca (especialmente en el cultivo y beneficio del café), y por lo tanto no cuentan con el tiempo para realizar actividades en su casa. Además no se incluyó la enseñanza de vectores, pues éste ya había sido visto en clase, el concepto de aceleración, que se verá posteriormente, siendo reemplazado por el de cambio de velocidad.

Cada unidad se evaluó aplicando un pretest y un postest diseñados para este fin. El análisis de los resultados permitirá observar si la secuencia didáctica aportó conocimiento nuevo a los estudiantes del grado noveno. Además se realizó una observación sistemática de las actividades, la participación, la cooperación y las actitudes de los alumnos.

4.1 Secuencia didáctica posición y velocidad

4.1.1 Primera sesión. La posición en 1D

Objetivo: Que el estudiante identifique la posición como una flecha (vector) desde el origen, y que sea capaz de sumar desplazamientos en una dimensión.

Esta sección se desarrolló en el polideportivo de la institución, donde los estudiantes se ubicaron en línea recta, a distancias fijas entre ellos.



Imagen 124. Estudiantes grado 9° en línea recta

Primero se pidió a dos estudiantes que den un paso al frente, y a cada uno de ellos se les preguntó a qué lado se encuentra su compañero (izquierda o derecha), ellos respondieron correctamente. Luego se pasaron de a dos hasta que todos hicieron el ejercicio, uno de ellos hizo una pregunta ¿para qué les sirve eso? Entonces se les pidió a los demás la opinión con respeto a la duda de su compañero. Uno de ellos respondió que para decir dónde está el otro, y otro dijo que para saber cuál es mi derecha y cuál es mi izquierda. Se guió la discusión, introduciendo el término “posición” y llegando a la idea de que para poder determinar una posición debo saber en qué dirección y a qué distancia está el cuerpo. Entonces, la siguiente actividad que se realizó, fue que, además de decir si está a la derecha o izquierda, deberían decir a qué distancia se encontraba su compañero. Después se les dijo que giraran 45° a la izquierda y que dijeran nuevamente dónde estaba su

compañero. Uno comentó que atrás y el otro dijo que adelante. Así surgió otra pregunta: ¿de qué depende la posición de un cuerpo?, que ayudó a llevarlos a determinar un punto de referencia.

En un segundo momento se les pidió que caminaran hasta donde estaba su compañero y se devuelvan al punto de partida, y llegaron a la conclusión de que al llegar a su punto de partida se encuentran en la misma posición inicial, por lo que su desplazamiento fue nulo, pero que sí hicieron un recorrido equivalente al doble de la distancia (ida y vuelta). Al cierre de la sesión se hizo un recuento de lo aprendido y la evaluación de la actividad como tal, que resultó ser muy positiva y del agrado de los estudiantes.

4.1.2 Segunda sesión. Proporciones

Objetivo: Que el estudiante establezca proporciones en la vida cotidiana y calcule con ellas.



Imagen 135. Estudiantes de 9° jugando baloncesto.

Esta sesión se dividió en dos momentos: uno, en la cancha de baloncesto, realizando tiros libres, y otro en el salón de clases, realizando problemas de aplicación. Para el lanzamiento de los tiros libres se formaron grupos de tres estudiantes. Cada uno tenía derecho a tres lanzamientos, y por cada dos cestas

que lograra el grupo se les daba cuatro mentas. Al final del ejercicio, cada grupo debía calcular el número de mentas que merecía recibir en proporción a sus aciertos. Luego se fue al aula de clases, donde a partir de la actividad realizada se les dio una explicación de la proporciones y se realizaron ejercicios de aplicación para reforzar lo visto.

Ejercicios:

1. El salario de un recolector de café depende de la cantidad que él recoja. Al señor Camilo (recolector) le pagaron el día lunes \$85.000 por recolectar 17 @ de café, y el martes le pagaron \$40.000 por recolectar 8@ de café.



Imagen 146. Café Huilense

- a. ¿Cuánto le pagan a Camilo por cada @ de café recolectada?
 - b. ¿Cuántas @ de café recolectó el miércoles, si recibió un salario de \$55.000?
 - c. Si Camilo fue el sábado y recolectó 13 @ de café, ¿cuánto le deben pagar?
2. Si, en nuestro colegio, por cada 5 niños hay 2 niñas, entonces
 - a. Si hay 95 niños ¿Cuántas niñas hay en el colegio?
 - b. Si hay 48 niñas ¿Cuántos niños hay en el colegio?
 3. Si un palo de café aproximadamente produce 450 gramos, ¿cuántos palos de café se necesitan para recolectar 225 kilogramos de café?



Imagen 157. Estudiantes resolviendo ejercicios de proporcionalidad

4.1.3 Tercera sesión. ¿Quién es el más rápido?

En esta sesión se pretende que los estudiantes construyan el concepto de velocidad como una proporción entre distancia recorrida y tiempo empleado.

Esta actividad se desarrolló en la zona verde de la institución, y consistía en realizar carreras entre estudiantes. En un primer momento se realizaron carreras en las que las distancias eran iguales. Luego, se corrieron carreras en las que cada participante corre un tiempo fijo diferente y posteriormente se mide la distancia que recorren. Para ello los estudiantes utilizaron una soga y una regla de madera de un metro.

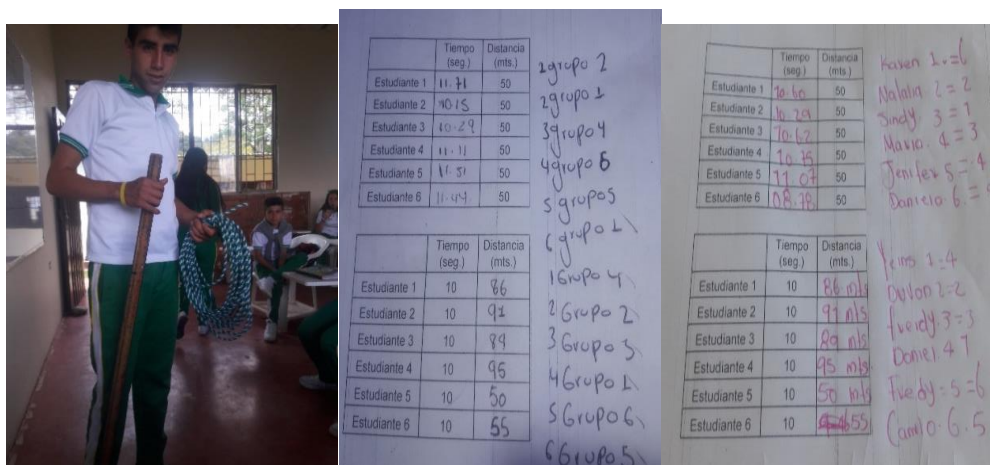


Imagen 18. Instrumentos de medidas y datos obtenidos por los estudiantes.

Los estudiantes además de divertirse, realizaron satisfactoriamente la actividad y registraron los datos obtenidos en tablas, los cuales posteriormente analizaron y utilizaron para ordenar los estudiantes del más al menos rápido. Con estos datos nos dirigimos al salón de clases, donde se usaron como ejemplo para entender el concepto de velocidad. A partir de ellos, los estudiantes llegaron a la conclusión de que el más rápido es quien obtiene el mayor cociente entre su distancia recorrida y el tiempo empleado.

4.1.4 Cuarta sesión. Concepto de velocidad

Esta sección se desarrolló dentro del aula de clases. La clase se inició con una exposición magistral del concepto de velocidad partiendo de las conclusiones obtenidas en la última sesión, que fueron expuestas por los estudiantes. Después se realizaron ejercicios para que los estudiantes calcularan las velocidades. Por último se hicieron predicciones del movimiento a velocidad constante.

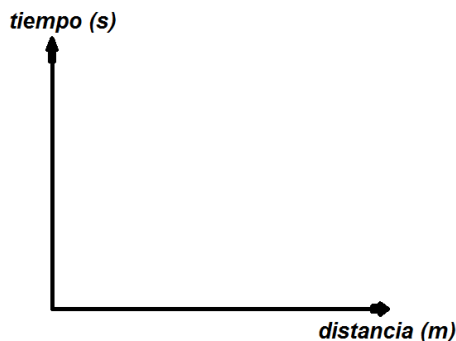
4.1.5 Quinta sesión. Representación Gráfica

El objetivo de esta sesión es que los estudiantes logren construir e interpretar gráficas de posición contra tiempo. La sesión se realizó en el patio del colegio y en salón de clases. En primera instancia se salió al patio y se conformaron grupos de tres estudiantes. Un estudiante recorrió la cancha del colegio saltando la cuerda (con velocidad constante) y ocasionalmente se quedaba saltando en el mismo sitio, o se devolvía. Mientras tanto, los otros dos estudiantes tomaban el tiempo y registraban los datos en la siguiente tabla.

Tiempo										
Distancia (m)										

Tabla 1. Distancia vs Tiempo

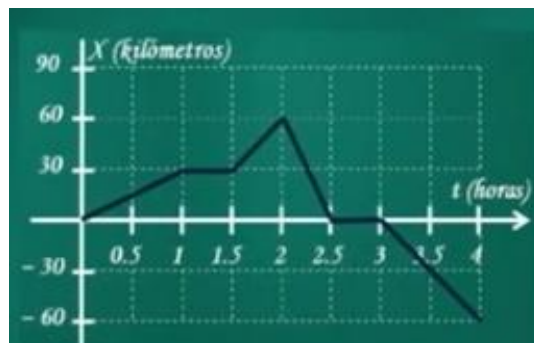
Luego, con los datos de la tabla construyeron la siguiente gráfica:



Gráfica 2. Distancia vs tiempo

En esta práctica los estudiantes tomaron y registraron bien los datos. El inconveniente se presentó a la hora de graficar, pues algunos estudiantes trataron de dibujar directamente el recorrido que realizó el estudiante saltando la cuerda, mientras que otros ubicaban mal los puntos. Para explicar cómo se graficaba, fue necesario regresar al salón de clases y organizar a los estudiantes en tres filas paralelas, con distancias de un metro entre estudiante y estudiante. Luego, el docente comenzó a desplazarse paralelo a las filas, y los estudiantes de cada columna tomaban con la ayuda del celular en tiempo en que el profesor daba un paso y quedaba frente a ellos. Al inicio, el docente intentaba caminar a velocidad constante. Luego, en algunas ocasiones el docente se quedaba quieto frente a un estudiante dando pasos en el mismo sitio, con lo que dichos estudiantes debían tomar varios valores de tiempo. Los datos tomados se graficaron en el tablero, con la ayuda del docente. Después de esta actividad los estudiantes comprendieron que la gráfica no describe el recorrido, sino el comportamiento que tiene una variable, en este caso la distancia, en función de la otra, en este caso el tiempo.

Por último, se les dio a los estudiantes una imagen de un gráfico que muestra la distancia recorrida de un vehículo en un tiempo determinado, para que la interpretaran respondiendo a las siguientes preguntas.



- ¿Cómo es el movimiento del cuerpo entre los 1 y los 1.5 horas?
- ¿En qué intervalos de tiempo el cuerpo se encuentra en movimiento?
- ¿En qué intervalos de tiempos el vehículo se mueve con mayor rapidez?

El resultado fue muy satisfactorio, pues la mayoría de los estudiantes logró responder correctamente.

4.1.6 Sexta sesión. Posición en 2D

Esta sesión se llevó a cabo en el polideportivo de la institución y en la sala de cómputo. En el polideportivo se jugó al *stop*. Se dibuja en el piso un círculo en el piso y cada estudiante adopta el nombre de un país. Si uno de ellos, digamos *Francia*, dice: “*Francia* le declara la guerra a *Alemania*”, todos los niños salen a correr lejos, mientras que *Alemania* salta al círculo y grita *Stop!* En ese momento, todos los demás niños se detienen, congelados. Luego, *Alemania* debe decir dónde se encuentra *Francia* (cuál es su posición), midiéndola con una cuerda y un metro la distancia a la que se encuentra y utilizando los puntos cardinales para indicar la dirección.

Luego, para profundizar el tema se llevó a los estudiantes a la sala de cómputo para utilizar la aplicación en línea *Vec-Touring* (<https://spaceplace.nasa.gov/vec-touring/sp/#>), un juego que consiste en trazar el vector desplazamiento que se pide para un automóvil, dando sus componentes en x y y . El docente da las instrucciones de cómo manejar la aplicación, la cual consta de tres niveles (fácil, medio y difícil).



Imagen 169. Estudiantes manejando la aplicación Vec-Touring

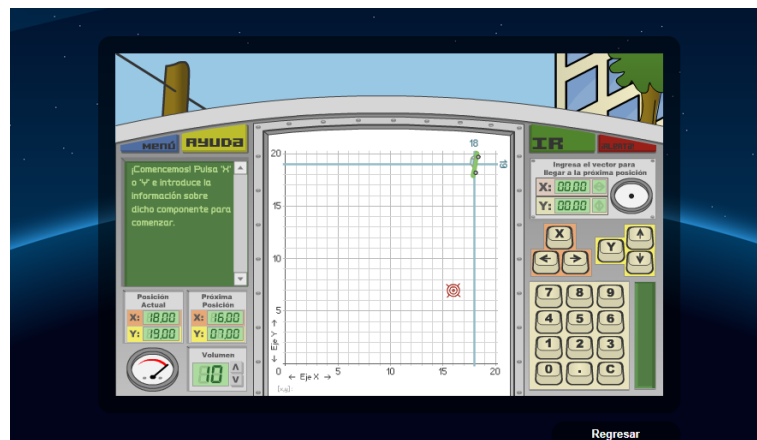


Imagen 170. tomada de <https://spaceplace.nasa.gov/vec-touring/sp/#/review/vec-touring/preloader.sp.swf?path=/review/vec-touring/game.sp>

Se espera que las dos actividades posibiliten la construcción de los conceptos de posición y desplazamiento en dos direcciones.

4.2 Segunda Secuencia Didáctica: Fuerza (cualitativa)

4.2.1 Séptima sesión. ¿Qué es fuerza? Primera y segunda leyes de Newton

Al comenzar la clase, los estudiantes se organizaron en seis grupos de trabajo que analizaron cada una de las actividades que se presentaron en esta sección.

En un primer momento se quiere que el estudiante comprenda que si las fuerzas se anulan, el cuerpo mantiene su movimiento: si estaba quieto, sigue quieto, y si se estaba moviendo, sigue moviéndose en línea recta y con velocidad constante. (Primera ley de Newton). Para ello, primero se les proyectó dos videos: PING-PONG LÍQUIDO EN EL ESPACIO y ASTRONAUTS FLOATING WEIGHTLESS, logrando captar la atención de los estudiantes. Luego se realizaron ocho actividades, que se describirán a continuación.

En la primera actividad cada grupo cuenta con una moneda y una carta de póker. El estudiante pone la moneda sobre la carta y esta última sobre el dedo índice, teniendo el cuidado de que la moneda coincida con la yema del dedo. Luego se golpea la carta en unos de sus bordes.



Imagen 181. Estudiante en la primera actividad

Antes de que los estudiantes realizaran la actividad, se les preguntó lo que pasaría con la moneda. La mayoría de ellos manifestó que la moneda se caería junto con la carta. Al realizar la actividad, observaron que la moneda efectivamente se caía, pero cuando el docente realizó la práctica se quedaron asombrados al ver que la moneda se quedó sobre la yema del dedo. Esto los motivó a hacer lo mismo, hasta que cada grupo lo logró, manifestando que al hacer la fuerza sobre la carta esta tiene un tiempo de contacto tan pequeño que no alcanza a cambiar el movimiento de la moneda, que sigue quieta. En otra actividad, sobre la parrilla de una moto se puso un atado de caña y se aceleró la moto de manera brusca, permitiendo que el atado de caña cayera aproximadamente en el mismo punto del suelo sobre el que se encontraba al inicio.

En una tercera actividad se colocó sobre una patineta un casco, se empuja la patineta y ésta choca con un obstáculo. El casco sigue con su movimiento, evidenciando que si se estaba moviendo, sigue moviéndose en línea recta y con velocidad constante.



Imagen 192. Si está en movimiento y nadie le hace fuerza, sigue en movimiento.

La cuarta actividad se realizó para que los estudiantes comprendieran que si un cuerpo se detiene es porque existe una fuerza que lo frena. Para esto se utilizó un lazo para sujetar a un estudiante que caminaba. Luego otro estudiante jaló del lazo hacia atrás para frenar al primer estudiante hasta que se detuvo. Al preguntarles el motivo por el cual el estudiante se frenó, ellos respondieron, porque el segundo estudiante lo frenó, llegando a la conclusión que si se frena es porque alguien lo frenó, haciendo una fuerza.



Imagen 203. Que si se frena, es porque alguien lo frenó

¿Qué es fuerza? Para comprender este concepto, en el patio del colegio se jugó Yermis, un juego tradicional. El grado noveno se dividió en dos grupos, uno a la ofensiva (poncha) y otro a la defensiva (arma la torre de 12 tapas), que se protegen con un bate para no ser ponchados. Luego de disfrutar el juego se discutió con los estudiantes lo que pasaba con la pelota. Ellos respondieron que con el bate desviaban la pelota, le cambiaban la dirección, la frenaban y la impulsaban, todo esto con el fin de defenderse, y que en el proceso el bate hacía una fuerza sobre la pelota. Así se llegó a la siguiente idea del concepto de fuerza: que las fuerzas lo que hacen es cambiar el movimiento. En otras palabras, fuerzas son los jalones o empujones que aceleran, frenan o desvían.

Luego se les pidió a los estudiantes que se pusieran patines para la siguiente actividad. En ella el profesor realizó una pequeña fuerza para empujar a la estudiante desde el reposo, y luego lo volvió a empujar con mayor fuerza. Al observar la situación, los estudiantes más acertados opinaron que la estudiante con patines se movía finalmente más rápido cuando el profesor hacía más fuerza.



Imagen 214. El cambio en la velocidad de un cuerpo es proporcional a la fuerza aplicada multiplicada por el tiempo que se aplica.

Luego se aplicó la misma fuerza durante tiempos diferentes. Nuevamente los estudiantes opinaron acertadamente que entre mayor tiempo se aplica una fuerza mayor va a ser su velocidad final. De esta manera se llega a una primera definición de la segunda ley de Newton, la cual nos dice que el cambio en la velocidad de un cuerpo es proporcional a la fuerza aplicada multiplicada por el tiempo que se aplica, es decir, proporcional al impulso (Segunda Ley de Newton).

Luego se salió al frente del colegio a la tienda de la señora Dora, donde hay una mesa de billar, que se utilizó para predecir algunos movimientos. Con el taco de billar aplicaban fuerza sobre las bolas en diferentes direcciones, y antes de hacerlo predecían hacia dónde iba a dirigirse la bola. Como ellos están muy familiarizados con este juego, lo hacían acertadamente, pero desconocían el motivo por lo cual esto sucedía.

Luego de estar donde la señora Dora nos dirigimos al salón de clases, donde se les hizo las siguientes preguntas: *¿Qué pasa si yo realizo una fuerza sobre Lizardo en dirección del movimiento que él lleva?* Ellos respondieron que seguiría en la misma dirección, pero aumentaría su velocidad. Después se les preguntó: *¿Qué pasa si yo aplico una fuerza a un cuerpo en dirección opuesta a su movimiento?* Su opinión fue acertada, ya que dijeron que, dependiendo de la fuerza, el cuerpo disminuía su velocidad hasta detenerse, y llegado el caso podría dirigirse en sentido contrario. *¿Qué pasa si a un balón en movimiento se le hace una fuerza perpendicular al movimiento?* El balón cambiaría la dirección de su movimiento. *¿Cómo se comporta la velocidad de una roca si se deja caer desde la parte alta del Salto del Mortiño?* En esta pregunta también fueron acertadas las opiniones, pues estuvieron de acuerdo en decir que a medida que cae la roca su velocidad va aumentando. Si Fredy le hace un pase englobado a Daniel *¿Qué ocurre con el balón durante este recorrido?* En esta pregunta la mayoría cometieron el error de creer que la fuerza que se hizo para impulsarlo se va pegada con el balón. Por último se mencionó cómo antiguamente funcionaban las moliendas con bestias, *¿Qué movimiento describe la bestia? ¿Por qué?* Uno de ellos tomó la palabra diciendo

que su papá le contaba que antiguamente se utilizaban las bestias para la molienda. Que los animales se amarraban a un listón y éste, a su vez al engranaje, y que el caballo hacía movimientos circulares. ¿Por qué circulares? No dieron su opinión, y por ello se les dio una breve explicación magistral, indicando que para que algo se desvíe constantemente y dibuje un círculo se le debe empujar constantemente hacia el centro.

Los estudiantes ya tenían más claro la Segunda ley de Newton, pero aún no habían involucrado el papel que juega la masa del objeto. Para ello se abrió un espacio en el salón de clases y se realizó la última actividad de esta sesión. Primero, dos estudiantes de masas similares caminaron a buen ritmo, hombro con hombro, y uno empujó al otro. Se observó que los dos se desviaron lo mismo. Luego, el segundo estudiante cargó en caballito a un tercero, y repitieron el ejercicio. Se observó que el primer estudiante se desvió muchísimo más que el equipo de dos estudiantes a caballito. Así los estudiantes pudieron observar que entre mayor sea la masa de un cuerpo menor va hacer el efecto de la fuerza que se esté aplicando, en otras palabras las causas (las fuerzas) son las mismas, pero los efectos (los cambios en la velocidad) son diferentes.

4.2.2 Octava sesión. Tercer ley: Acción y reacción

Los objetivos de esta sesión son:

- Reconocer que las fuerzas se hacen entre parejas de cuerpos, y que las fuerzas que cada cuerpo le hace al otro son de igual magnitud pero de sentido contrario.
- Reconocer que, aunque las fuerzas entre dos cuerpos son iguales, el efecto sobre sus velocidades es diferente, porque tienen masa diferente.

Para iniciar esta sesión se proyectaron videos en el aula de clases que ilustran la Tercera Ley de Newton desde la ISS "Física en la ISS - Misión 1 tercera ley de Newton". Al mismo tiempo que se proyectaba el video, se discutía las situaciones que el video presentaba. Para mostrar que las fuerzas entre dos objetos siempre son de igual magnitud, se les entregó a cada par de estudiantes un globo inflado y

se les pidió que empujaran al otro con el globo. Se observó que el globo se hundió lo mismo a ambos lados, evidenciando que las fuerzas entre los dos estudiantes son de igual magnitud. Posteriormente se les pidió que unieran las manos para rezar y que empujaran una mano contra la otra. Se les preguntó si sentían que una mano se presiona más que la otra, evidenciando que no importa si una mano empuja o si las dos empujan, la fuerza sobre una palma es de la misma intensidad que la fuerza sobre la otra. Durante esta práctica los estudiantes se sintieron emocionados por lo visto en el video, situaciones que ellos jamás habían visto y creían que no podrían pasar. Con el globo, comprendieron que las fuerzas son de la misma magnitud.

Terminada esta actividad se salió al patio del colegio para que los estudiantes con las actividades vivenciales comprendan el concepto de la tercera ley de Newton. Para ello se realizaron carrera de encostados, donde ellos identificaron que la tercera ley se manifestaba cuando ellos empujan el suelo para poder avanzar.



Imagen 225. Carrera de encostados

Seguidamente en los patines que se les pidió a dos estudiantes con el mismo peso corporal que se empujaran uno frente al otro. Antes de empujarse, se les hizo la pregunta: ¿Qué pasa si uno de ellos empuja al otro? La respuesta fue que el que empuja se queda quieto, o que el que está quieto sigue quieto y el que empuja se devuelve, pero después de que se realizó la actividad estas posturas cambiaron, ya que ellos observaron que los dos estudiantes se movieron, avanzando prácticamente la misma distancia.



Imagen 236. Practica sobre patines (empujarse)

Luego, sobre una de las patinadoras se subió otro estudiante en caballito. Nuevamente se les preguntó, antes de realizar la práctica, ¿qué pasa si el estudiante, que se encuentra solo sobre patines, empuja a los dos estudiantes que se encuentran en patines? Los estudiantes manifestaron que pasaba lo mismo que en lo anterior, que los dos se moverían y recorrerían la misma distancia. Pero observaron que la pareja de estudiantes a caballo recorre menos distancia. Ahora, dos estudiantes en patines se ubicaron uno frente al otro a una distancia de tres metros, unidos por una cuerda templada. Se le dijo a uno de ellos que jale la cuerda, Luego uno de ellos cargó a otro estudiantes y el que esta solo jaló nuevamente la cuerda.



Imagen 247. Practica en patines (jalarse)

Se les pidió a los estudiantes que dieran sus conclusiones de las actividades hasta el momento. La mayoría de ellos manifestaron que las fuerzas necesitan como mínimo dos cuerpos, que un cuerpo no se puede hacer fuerza sobre sí mismo, que

dos cuerpos se hacen siempre fuerzas de la misma magnitud, pero de sentido contrario y que las fuerzas no tienen el mismo efecto cuando los cuerpos son de diferente masa.



Imagen 25. Estudiante intentando levantarse sin empujar el suelo

Para finalizar, en el salón de clases se les proyectó un video de parkour (https://www.youtube.com/watch?v=7YIz_9635-M) y se les pidió que identificaran las fuerzas que actúan sobre un estudiante al saltar, al caminar, fuerzas al alzar un bulto, describiendo el mecanismo por el cual camino, salto o me desvíó.

4.2.3 Novena sesión. Fuerzas de contacto y fuerzas a distancia

Los estudiantes suelen creer que las fuerzas que sirven para acelerar un objeto siguen pegadas al objeto, aunque ya no exista contacto. Para desvirtuarlo, se fue a la cancha de la institución y se le pidió a un estudiante en patines que se dejara vendar los ojos. Después se le hizo una fuerza sobre la espalda, y luego se le dejó de hacer, pero la estudiante se siguió moviendo. Se le preguntó si siente la fuerza sobre la espalda cuando el contacto ya ha cesado. El estudiante afirmó que en un primer momento sí sentía la presión, pero que luego se siguió moviendo sin sentir ningún tipo de fuerza sobre su cuerpo. Con esto, algunos estudiantes llegaron a la conclusión que para que exista fuerza de contacto se necesita contacto, y por ello las fuerzas no se podrían ir con los cuerpos.

Como el fútbol es una de las prácticas deportivas preferida de los estudiantes, realizamos una actividad en la cual los estudiantes realizaron tiros libres donde el balón tenía que pasar por encima de la barrera.



Imagen 26. Tiros libres

Con esta actividad, además de divertirse, los estudiantes comprendieron que los objetos se desvían por acción de la gravedad, y por lo tanto existen fuerzas que no necesitan contacto.

Para reforzar el concepto de fuerzas a distancia se fue al aula de clases, donde se realizaron dos prácticas. Una de ellas consistió en poner a rodar un imán con otro. Para algunos fue un reto, porque se les pidió que lo hicieran rodar sin tocar el imán, y luego que hicieran levitar una pirinola sobre un imán. Al final los estudiantes lo lograron, y se asombraron al ver que la pirinola queda flotando sobre uno de los imanes. Con ello, los estudiantes reafirmaron que existen fuerzas que no necesitan contacto, como por ejemplo la fuerza de gravedad y la fuerza entre imanes.



Imagen 27. Imanes utilizados por los estudiantes

Después se impartió una clase teórica, en la cual se explicó que existen fuerzas de contacto y fuerzas a distancia. Entre las de contacto se mencionaron la fuerza normal, el rozamiento y la tensión, y entre las que actúan a distancia, el peso y las fuerzas magnéticas. Estas fuerzas se ilustraron con elementos que se encontraban en el salón de clases, y se dibujó la dirección de cada una de ellas en diferentes situaciones. Finalmente se hizo un recuento de las actividades que se realizaron en esta sesión identificando cada una de las fuerzas involucradas.

4.3 Tercera Secuencia Didáctica: Fuerza de rozamiento

La fuerza de rozamiento es la parte de la fuerza de contacto que va paralela a las superficies en contacto. Se distinguen tres valores para la fuerza de rozamiento:

- **Fuerza de rozamiento estática:** la que se necesita para que las superficies no se deslicen.
- **Fuerza de rozamiento límite:** máxima fuerza de fricción estática (si supera esa fuerza, el cuerpo se desliza). Depende de qué tanto se presionen las superficies (es decir, de la fuerza Normal).
- **Fuerza de rozamiento cinética:** la que se produce cuando las superficies se deslizan una sobre la otra.

Las habilidades y destrezas que se espera que los estudiantes adquieran en esta unidad son las siguientes:

- Reconocer que la fuerza de rozamiento es una fuerza de contacto (paralela a la superficie).
- Reconocer que, si hay fricción, puede pasar que las superficies se deslicen o no.
- Identificar correctamente la dirección de la fuerza de rozamiento.
- Reconocer que la fuerza de rozamiento no siempre va en contra del movimiento.
- Reconocer la existencia de tres tipos de fuerza de rozamiento, e identificar cada una de ellas.
- Identificar la diferencia entre fuerzas de rozamiento estática y límite.
- Relacionar correctamente la normal con la fuerza de rozamiento límite.
- Predecir si un cuerpo se desliza o no se desliza.

4.3.1 Décima sesión. Qué es la fuerza de rozamiento

Esta sesión comenzó en el salón de clases dándoles ejemplos de la cotidianidad, donde se evidenció que cuando las superficies entran en contacto hay fuerzas de rozamiento y fuerzas normales: al caminar, al andar en moto, al montar caballo, al deslizarse por una colina, al jalar una cuerda, al arrastrar un bulto y al entrecruzar las hojas de dos libros. Luego se les dio lija a los estudiantes, para que experimentaran en qué dirección va la fuerza de rozamiento al deslizar las manos sobre ella. Con estos ejemplos los estudiantes comprendieron que para que exista fuerza de rozamiento deben existir dos superficies en contacto, y para que podamos caminar necesitamos la fuerza de rozamiento.

Luego se les preguntó que al momento de coger café sobre una colina ¿qué es más difícil: coger café cuando el suelo esta húmedo o, cuando está seco? Como la mayoría de ellos en su tiempo libre recolectan café, manifestaron que es más difícil cuando llueve, porque el terreno se vuelve liso, y entonces tienen que andar con

precaución y les rinde menos. Al preguntárseles por qué se vuelve más liso el suelo, uno de ellos respondió “porque el rozamiento que existe entra el suelo y los pies se disminuyó”, otro estudiante dijo “lo mismo pasa cuando cogemos los granos de café. Si esta mojado, se hace más difícil cogerlo, o cuando cojo un vaso, que si tengo las manos engrasadas se me resbala”. Entonces se llega a la conclusión que la fuerza de rozamiento también la necesitamos para coger las cosas.

Por último se salió al polideportivo, donde en dos actividades los estudiantes identificaron qué fuerzas actúan. Una actividad consistió en identificar las fuerzas que actúan sobre una moto en movimiento, para lo cual se utilizó la moto del profesor manejada por él mismo. La segunda actividad consistió en identificar las fuerzas que actúan sobre una persona caminando. Con estas actividades se les explicó que el rozamiento no siempre va en contra del movimiento, sino que en ocasiones va en dirección del movimiento. Ellos aceptaron fácilmente esto, pues nunca habían tenido la oportunidad de aprender estos conceptos y no tenían ideas previas erradas.

4.3.2 Decimoprimer sesión. Fuerza de rozamiento, y la existencia de un límite

El objetivo principal de esta sesión es mostrar que existe un límite para la fuerza de rozamiento estática, que cuando se supera, las superficies comienzan a deslizarse, y que entre más presionadas una contra la otra estén, las superficies en contacto, es más difícil que se deslicen.

Aprovechando que en la vereda se encuentra una cascada en la que se practica el ascenso por cuerda, más exactamente en el estadero *El Vegón*, se les preguntó ¿qué se necesita para un buen ascenso de cuerda?. Los estudiantes respondieron que se debe sujetar con fuerza la cuerda, para evitar que las manos se deslicen, y se requiere también de un buen agarre entre la roca y el calzado. Estos ejemplos permitieron explicarle al estudiante que entre más presionadas estén las superficies en contacto, es más difícil que se deslicen. Lo mismo comentaron cuando se les

preguntó sobre el corte de caña, donde la principal herramienta es el machete. En efecto, al cortar caña se debe ejercer la suficiente presión sobre el mango del machete para que éste no se deslice.



Imagen 28. Ascenso de cuerda (torrentismo)

Luego se les pidió que tomaran su lapicero, verticalmente, con dos dedos y que poco a poco dejen de hacer presión hasta que éste se deslice de sus dedos. Luego se salió un instante al patio del colegio, donde un estudiante jaló a dos estudiantes que se encontraban sobre el césped bajo y luego sobre césped alto. Estas experiencias permitieron explicar que existe un límite en la fuerza de rozamiento estática, y que superado ese límite la fuerza de rozamiento se llama cinético.



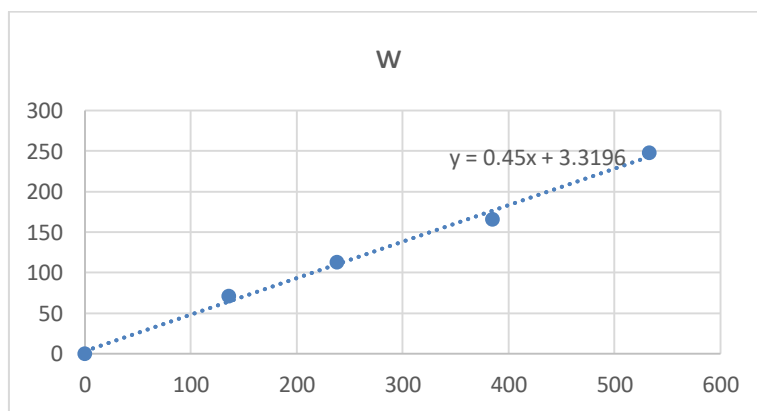
Imagen 29. Actividad en césped de la institución

Para descubrir cómo depende la fuerza límite de qué tan presionadas están las superficies, se realizó un montaje en el que un bloque es jalado por un balde

(Imagen 35). El balde se va llenando suavemente con arena, hasta que el bloque comienza a deslizarse. Pesar el bloque nos da la fuerza normal entre las superficies que se deslizan, y pesar el cubo de arena nos da el valor de la fuerza límite (Imagen 36). Con el experimento, los estudiantes comprendieron que al aumentar la normal la fuerza de rozamiento límite también aumenta. Al graficar una contra otra (Gráfica 3) se encontró una línea recta que pasa por el origen. Su pendiente es el coeficiente de rozamiento, que multiplicado por la normal nos da la fuerza de rozamiento límite.



Imagen 30. Montaje de arena



Gráfica 3. Gráfica obtenida a partir de los datos de la práctica

Luego se plantearon ejercicios con el mismo montaje, para que los estudiantes calcularan dos valores de fuerza de fricción: el límite, igual a $f_{lim} = \mu_s N$, y el estático, que es el valor de la fuerza de fricción que se necesita para que las superficies no se deslicen. Si la fuerza de rozamiento estática es menor que la

fuerza límite, las superficies no se deslizan, mientras que si la fuerza de rozamiento estática es mayor que la límite, las superficies se deslizan. Así, los estudiantes predecían si el bloque se desliza o no y luego comprobaron con el experimento si su predicción era acertada.

4.3.3 Decimosegunda sesión. Se desliza o no se desliza

Esta sesión se llevó a cabo en el salón de clases. Inició con una clase magistral, que parte de la experiencia anterior (montaje de arena), para explicar cómo se podría determinar si un cuerpo se desliza o no. Después se realizó nuevamente el montaje de arena, para que ellos en grupos de 6 estudiantes analizaran si el cuerpo se desliza o no se desliza de acuerdo a los datos arrojados en las mediciones de la normal del objeto y del peso de la canastilla. Dos de los grupos acertaron con un procedimiento correcto para determinar si el cuerpo se desliza.

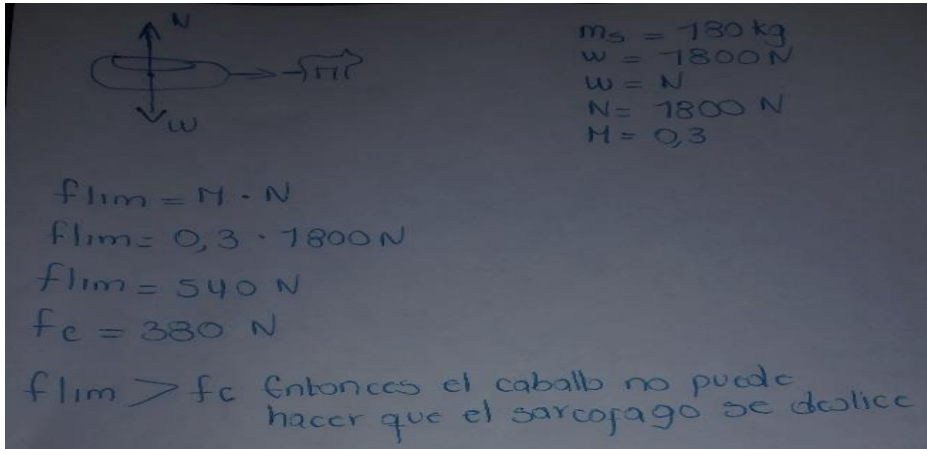


Imagen 31. Datos peso de la canastilla y la normal del objeto

Por último se plantearon dos ejercicios de situaciones cotidianas, que los estudiantes los resolvieron de manera correcta:

Ejercicio 1: Se quiere mover horizontalmente un sarcófago de piedra que se encontró en una excavación, que tiene una masa de 180 kg. El sarcófago se pone sobre un soporte para reducir su coeficiente de fricción estático a 0,3, y se amarra

con una cuerda a un caballo, que genera una tensión sobre la cuerda de 380 N en el mismo sentido del movimiento. ¿El caballo logra hacer deslizar el sarcófago?



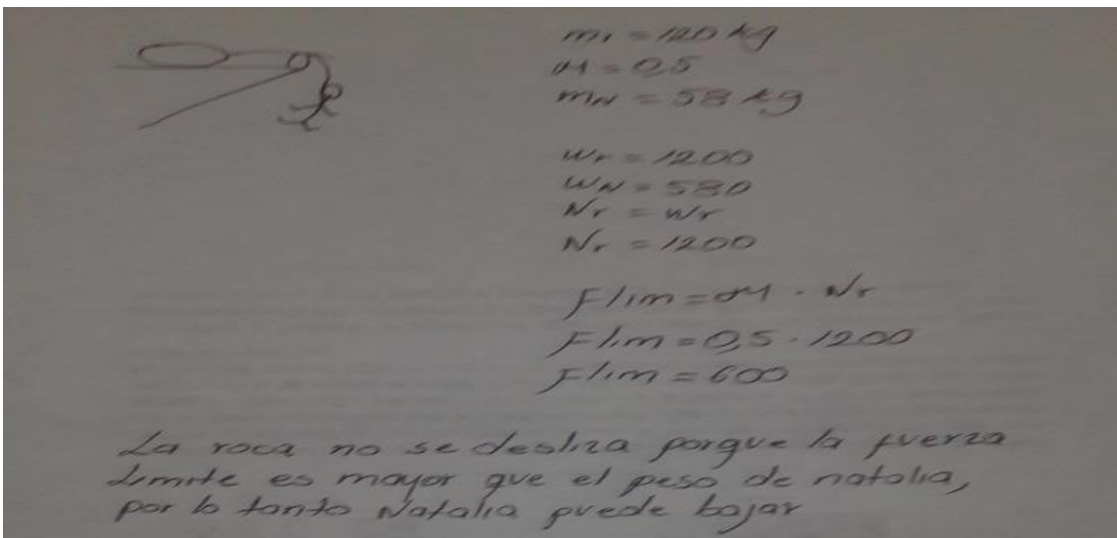
$m_s = 180 \text{ kg}$
 $w = 1800 \text{ N}$
 $w = N$
 $N = 1800 \text{ N}$
 $\mu = 0,3$

$f_{lim} = \mu \cdot N$
 $f_{lim} = 0,3 \cdot 1800 \text{ N}$
 $f_{lim} = 540 \text{ N}$
 $f_c = 380 \text{ N}$

$f_{lim} > f_c$ Entonces el caballo no puede hacer que el sarcófago se deslice

Imagen 32. Solución de un estudiante del ejercicio 1

Ejercicio 2: Natalia quiere bajar por un acantilado, utilizando una cuerda amarrada a una roca, que tiene una masa de 120 kg. El coeficiente de rozamiento estático entre la roca y la superficie donde se encuentra es de 0,5. Si la masa de Natalia es de 58 kg ¿podrá bajar Natalia suspendida en la cuerda, sin que la roca se deslice?



$m_r = 120 \text{ kg}$
 $\mu = 0,5$
 $m_N = 58 \text{ kg}$

$w_r = 1200$
 $w_N = 580$
 $N_r = w_r$
 $N_r = 1200$

$f_{lim} = \mu \cdot N_r$
 $f_{lim} = 0,5 \cdot 1200$
 $f_{lim} = 600$

La roca no se desliza porque la fuerza límite es mayor que el peso de Natalia, por lo tanto Natalia puede bajar

Imagen 33. Solución de un estudiante del ejercicio 2

5. Análisis de resultados

La propuesta se implementó con 18 estudiantes de noveno grado de la institución educativa Mortiño, ubicada en zona rural del municipio de Isnos, Huila. El colegio orienta su acción pedagógica dentro del programa escuela nueva en primaria y de post primaria en básica secundaria, en jornada completa.



Imagen 34. Estudiantes de 9° respondiendo un test.

Los estudiantes con quienes se aplicó la propuesta están entre los 12 y 17 años de edad, y pertenecen a los estratos 1 y 2 de familias de escasos recursos económicos. Ningún estudiante cuenta con computadores o internet en casa, y las personas con las cuales conviven cuentan como máximo hasta 5° de primaria en su formación académica. Además, los estudiantes tienen que ayudar en las labores de la casa y del campo después de la jornada de estudio, por lo que los procesos de enseñanza-aprendizaje se limitan a sus horas de colegio.

5.1 Resultados cualitativos

Los estudiantes se sorprendieron desde el primer momento, pues se sintieron impresionados al ver que con las actividades diarias que ellos realizaban podían adquirir conocimientos en física. Además de hacer las clases más divertidas, esto permitió que identificaran la importancia de aprender estos conceptos y su aplicabilidad. Estudiantes que nunca participaban se fueron sintiendo atraídos, sesión tras sesión, por las diferentes actividades que estas contenían, participando, opinando e intentando realizar las actividades de la mejor manera posible. Se evidenció que la aplicación del trabajo significativo logró el objetivo de captar la atención del estudiantes hacia temas que no creían relevantes, y motivarlos para que relacionaran los nuevos conocimientos (que son valiosos para sus estudios) con sus conocimientos previos (que eran valiosos para ellos).

Estudi ante	Posición y Velocidad								Fuerza Cualitativa											Fuerza de Rozamiento								TOT AL
	P 1	P 2	P3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P1 0	P1 1	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	
1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	5
2	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	8
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	5
4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	5
5	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
6	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5
7	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
8	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
9	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	8
10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	5
11	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
12	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	6
13	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	8
14	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	7
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	4
16	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	7
17	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5
18	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
TOTAL	16	6	10	4	3	0	3	2	2	1	2	1	0	7	2	0	4	1	2	2	4	7	4	1	2	6	5	

Tabla 2 Total datos pretest

En conclusión, se logró que los estudiantes construyeran nuevos conocimientos a partir de los que ya tenía, que argumentaran de una manera más eficaz, que expresaran sus ideas sin presionarlos, y que entendieran conceptos como movimiento y fuerza, y las leyes que los rigen.

5.2 Resultados cuantitativos

Para evaluar el desempeño de los estudiantes después de la aplicación de la propuesta didáctica se aplicó un test antes y después de cada secuencia didáctica, para lo cual se diseñaron tres test: uno para posición y velocidad, otro para fuerza cualitativa y un test de fuerza de rozamiento. Los resultados de los tres test se encuentran en las Tablas 2 (pretest) y 3 (postest).

Estudiante	Posición y Velocidad								Fuerza Cualitativa										Fuerza de Rozamiento								TOTAL	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7		P8
1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	15
2	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	13
3	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	11
4	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	17
5	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	20	
6	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	10	
7	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	11
8	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	11
9	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	12
10	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	14
11	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	15
12	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	11
13	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	13
14	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	18
15	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	16
16	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	12
17	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	18
18	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	16
TOTAL	16	8	14	10	12	4	8	6	13	8	16	6	8	11	9	5	11	3	10	6	8	16	13	6	8	13	5	

Tabla 3 Total datos postest

5.2.1 Pruebas de normalidad

Se realizó la prueba de normalidad para definir si se van a utilizar pruebas paramétricas o no paramétricas. Esto consiste en determinar si los puntajes obtenidos se distribuyen de manera normal (gaussiana), tanto para los pretest y los postest. Para ello se utiliza la prueba de Shapiro-Wilk, porque la muestra es menor que 50 (18 en este caso). Si el espacio muestral fuera mayor a 50, se podría utilizar Kolmogorov-Smirnov. La prueba indicó que cuatro de los seis conjuntos de datos de los pretest y postest se distribuyen normalmente, pues dio un nivel de significancia superior a 0.05, como lo muestran las Tablas 4 y 5.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TotalFCPre	,245	18	,006	,802	18	,002
TotalFCPost	,153	18	,200*	,938	18	,266
TotalFRpre	,226	18	,016	,911	18	,090
TotalFRPost	,277	18	,001	,871	18	,019
TotalPVPre	,194	18	,072	,916	18	,108
TotalPVPost	,217	18	,024	,819	18	,003

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 4 Test de normalidad para pretest y el postest de cada una de las secuencias didácticas

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TotalPre	,264	18	,002	,877	18	,023
Totalpost	,145	18	,200*	,935	18	,242

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Tabla 5 Test de normalidad para el total de los pretest y el total de los postest

5.2.2 Estadísticas descriptivas

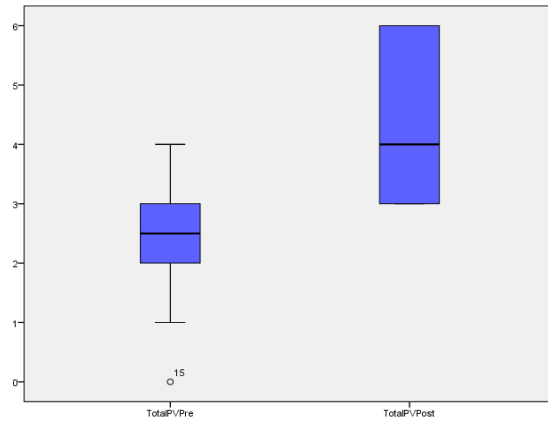
Los valores de máximo, mínimo y media mostraron incrementos del pretest al postest para las tres secuencias (Tabla 6). El incremento se sitúa entre 2 y 3 puntos para la secuencia de posición y velocidad, entre 3 y 6 puntos para la secuencia de fuerza cualitativa y entre 2 y 2.5 puntos para la secuencia de fuerza de rozamiento. Mientras tanto, las desviaciones típicas aumentan, aunque no demasiado: de 1.1 a 1.2 para posición y velocidad, de 0.73 a 1.6 para fuerza cualitativa y de 1.0 a 1.2 para la fuerza de rozamiento. Todos estos datos sugieren que hay una mejora entre los resultados del pretest y el postest en las tres secuencias.

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
TotalFCPre	18	,00	2,00	1,2222	,73208
TotalFCPost	18	3,00	8,00	5,5556	1,58011
TotalFRpre	18	,00	4,00	1,7222	1,01782
TotalFRPost	18	2,00	6,00	4,1667	1,20049
TotalPVPre	18	,00	4,00	2,4444	1,09664
TotalPVPost	18	3,00	6,00	4,3333	1,23669
N válido (según lista)	18				

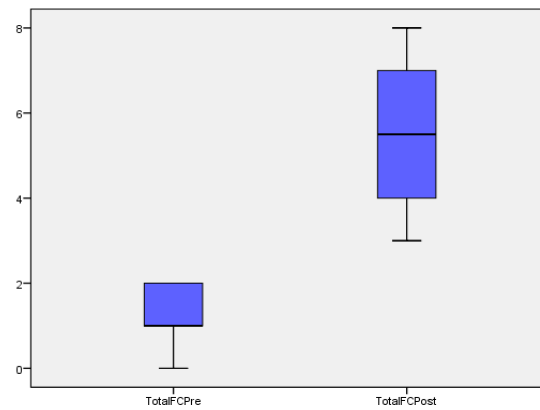
Tabla 6. Estadística descriptiva de los resultados de los pretest y postest

5.2.3 Diagrama de cajas y bigotes

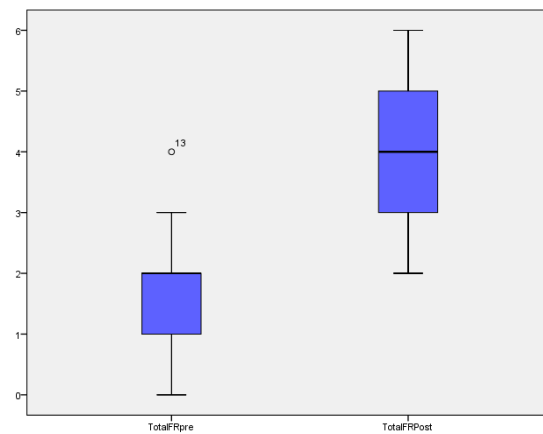
El diagrama de caja y bigotes nos permitió observar de una mejor manera los datos obtenidos en la estadística descriptiva (mínimo, máximo y cuartiles, Gráficas 4, 5 y 6).



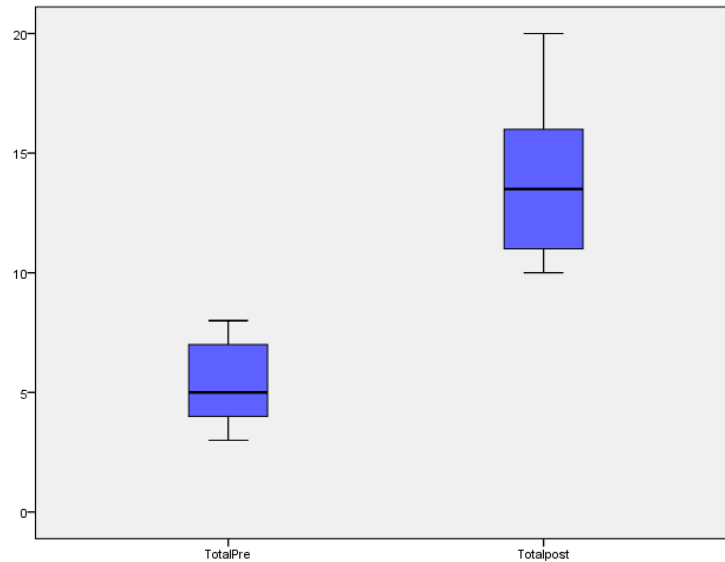
Gráfica 4 Diagrama de caja y bigotes del pretest y postest de *Posición y Velocidad*.



Gráfica 5 Diagrama de caja y bigotes para el pretest y postest de *Fuerza Cualitativa*.



Gráfica 6 Diagrama de caja y bigotes del pretest y postest de *Fuerza de Rozamiento*.



Gráfica 7 Diagrama de caja y bigotes del total de los pretest y posttest

De forma similar, la distancia entre las cajas que totalizan los pretest y lo comparan con el total de los posttest evidenciaron que los resultados incrementaron notoriamente con respecto al pretest. El 100% de los estudiantes obtiene en el posttest un resultado superior al del pretest.

5.2.4 Comparación estadística de muestras relacionadas

Para saber si esta diferencia es estadísticamente significativa, aplicamos estadísticas de comparación. Como la muestra es muy pequeña, es casi imposible asegurar que presenta una distribución normal. Por eso se realizó la prueba no-paramétrica de comparación de rangos de Wilcoxon, tanto para cada pretest y posttest por separado (Tabla 7) como para los tres puntajes sumados en un único valor de pretest y un único puntaje de posttest (Tabla 8).

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
TotalFCPost - TotalFCPre	Rangos negativos	0 ^a	,00	,00
	Rangos positivos	18 ^b	9,50	171,00
	Empates	0 ^c		
	Total	18		
TotalFRPost - TotalFRpre	Rangos negativos	2 ^d	2,50	5,00
	Rangos positivos	16 ^e	10,38	166,00
	Empates	0 ^f		
	Total	18		
TotalPVPost - TotalPVPre	Rangos negativos	1 ^g	3,00	3,00
	Rangos positivos	14 ^h	8,36	117,00
	Empates	3 ⁱ		
	Total	18		

a. TotalFCPost < TotalFCPre

b. TotalFCPost > TotalFCPre

c. TotalFCPost = TotalFCPre

d. TotalFRPost < TotalFRpre

e. TotalFRPost > TotalFRpre

f. TotalFRPost = TotalFRpre

g. TotalPVPost < TotalPVPre

h. TotalPVPost > TotalPVPre

i. TotalPVPost = TotalPVPre

Estadísticos de contraste^b

	TotalFCPost - TotalFCPre	TotalFRPost - TotalFRpre	TotalPVPost - TotalPVPre
Z	-3,740 ^a	-3,525 ^a	-3,260 ^a
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,001

a. Basado en los rangos negativos.

b. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Tabla 7. Resultados de los tres pretest y postest por separado aplicando la prueba Wilcoxon

		Rangos		
		N	Rango promedio	Suma de rangos
Totalpost - TotalPre	Rangos negativos	0 ^a	,00	,00
	Rangos positivos	18 ^b	9,50	171,00
	Empates	0 ^c		
	Total	18		

a. Totalpost < TotalPre

b. Totalpost > TotalPre

c. Totalpost = TotalPre

Estadísticos de contraste^b

	Totalpost - TotalPre
Z	-3,735 ^a
Sig. asintót. (bilateral)	,000

a. Basado en los rangos negativos.

b. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Tabla 8. Resultados de los tres pretest y postest como puntajes unificados aplicando la prueba Wilcoxon

En todos los casos se encontraron valores de Z con magnitudes mayores a 3.2, lo que indica que la probabilidad de que la diferencia entre los pretest y los postest sea producto del azar es menor a 0.1%. Por lo tanto, concluimos que sí hay diferencia estadísticamente significativa, y que en efecto la aplicación de las tres secuencias didácticas ha mejorado el desempeño de los estudiantes.

5.2.5 Correlaciones entre los resultados de las tres secuencias didácticas

Como paso final, analizamos si existen correlaciones entre los resultados de los postest de las tres secuencias. Para ello, se calculó el coeficiente rho de Spearman entre cada uno de los tres postest y los demás. Los resultados de muestran en la Tabla 9.

Correlaciones

			TotalFCPo	TotalFRPos	TotalPVPo
			st	t	st
Rho de Spearman	TotalFCPost	Coefficiente de correlación	1,000	-,021	,488*
		Sig. (bilateral)	.	,936	,040
		N	18	18	18
	TotalFRPost	Coefficiente de correlación	-,021	1,000	,426
		Sig. (bilateral)	,936	.	,078
		N	18	18	18
	TotalPVPost	Coefficiente de correlación	,488*	,426	1,000
		Sig. (bilateral)	,040	,078	.
		N	18	18	18

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Tabla 9. Correlaciones entre los postest y pretest

Se observó que sólo aparecen correlaciones grandes entre los resultados del postest en Posición y Velocidad y los otros dos postests: Fuerza Cualitativo y Fuerza de Rozamiento. No deja de ser curioso que no haya correlación significativa entre Fuerza Cualitativo y Fuerza de Rozamiento. La correlación, sin embargo, no es indicativo de causalidad. Para determinarla, habría que conducir un estudio diferente, lo que puede ser tema de investigación futura.

6. Conclusiones y recomendaciones

Este trabajo diseñó e implementó una propuesta didáctica para la enseñanza de los conceptos de movimiento y fuerza de forma cualitativa, dirigida a estudiantes de noveno grado de la institución educativo rural Mortiño. La propuesta se desarrolló aplicando el aprendizaje significativo, incluyendo ejemplos y del entorno rural en el cual se encuentra el estudiante para propiciar así su participación. Adicionalmente, se realizaron clases magistrales, partiendo de prácticas demostrativas que se realizaron en grupos, y montajes experimentales. La propuesta está dividida en tres unidades didácticas distribuidas en 12 sesiones de 60 minutos cada una. La primera secuencia se diseñó para la enseñanza de posición y velocidad, la segunda, para la enseñanza del concepto de fuerza de manera cualitativa y la tercera, para la enseñanza del concepto de fuerza de rozamiento.

La propuesta motivó a los estudiantes desde el mismo momento en que se comenzó a aplicar. Los estudiantes se interesaron por cada una de las actividades que se realizaron, pues se sintieron impresionados al ver que con las actividades diarias que ellos realizaban se adquieren conocimientos, en este caso, física. Además, los estudiantes se divirtieron y participaron activamente de las clases, lo que no hacía en las clases tradicionales, al punto de llegar a expresar que no se sentían que estuviesen en un salón de clases. Y, más importante aún, las actividades desarrolladas permitieron que los estudiantes identificaran la importancia de aprender estos conceptos, y como aplican en su vida cotidiana. De esta manera, su atención se vio redirigida hacia temas que no creían relevantes y les permitió relacionar los nuevos conocimientos en física con sus conocimientos previos.

Para evaluar cuantitativamente la aplicación de la propuesta didáctica, se diseñaron tres test, uno por cada secuencia didáctica, que se aplicaron antes (pretest) y después (postest) de la realización de la secuencia correspondiente. El análisis estadístico de los resultados evidencia un incremento notorio en el desempeño de los estudiantes. De hecho, al unir los puntajes de los tres pretest y de los tres postest, se obtiene que el 100% de los estudiantes obtiene un resultado superior en el postest que en el pretest. Para observar si la mejora fue estadísticamente significativa, se aplicó la prueba Wilcoxon tanto a las tres pruebas de manera individual como a los puntajes combinados de las tres. En todos los casos se encuentran valores de Z con magnitudes mayores a 3.2, lo que indica que la probabilidad de que la diferencia entre los pretest y los postest sea producto del azar es menor a 0.1%. Por lo tanto, se evidencia que sí hay diferencia estadísticamente significativa, y que en efecto la aplicación de las tres secuencias didácticas ha mejorado el desempeño de los estudiantes.

Las actividades basadas en vivencias propias del entorno rural de los estudiantes que se incluyeron en cada una de las secuencias didácticas fueron muy pertinentes, pues, además de captar su atención, al combinarse con actividades más generales, pero también de tipo cualitativo (como los videos de los experimentos grabados en la Estación Espacial Internacional, o los montajes para medir los coeficientes de fricción), les permitieron elaborar correctamente el concepto cualitativo de fuerza y la forma en que las tres leyes de Newton modelan las fuerzas y predicen su efecto sobre el movimiento de los cuerpos, un tema que ellos nunca habían abordado. Además este tipo de actividades fortalece directamente o indirectamente el desarrollo de los pensamientos matemáticos, abordando temas como proporcionalidad, construcción e interpretación de gráficas y funciones. El éxito logrado nos lleva a proponer que esta estrategia también podría ser útil para enseñar otros temas de la física, como ondas, campos electromagnéticos o termodinámica. Estos pueden ser temas interesantes de desarrollo futuro. La propuesta didáctica desarrollada podría ser aplicada también en otros municipios

rurales con vocación cafetera en Huila, Tolima, Nariño, Santander, Antioquia y el Viejo Caldas, es decir, en gran parte de nuestro país. En otras regiones, con actividades económicas diferentes, habría que adaptar los ejemplos para que correspondan a dichos entornos, pero de manera que sigan siendo ejemplos que ilustren los temas de posición y velocidad, fuerza y leyes de Newton y fuerza de rozamiento.

La propuesta didáctica desarrollada en este trabajo logra enseñar con éxito los conceptos de posición y velocidad, fuerza y leyes de Newton y fuerza de rozamiento desde un punto de vista cualitativo utilizando no solamente situaciones universales, sino en especial muchas experiencias y actividades sacadas del entorno rural de los estudiantes, lo que también incrementa notablemente su interés y su participación. Esta estrategia constituye, por lo tanto, un aporte valioso para la enseñanza de la mecánica en los colegios rurales que puede ser extrapolado para otros temas de la física y, en general, de las ciencias naturales que permite aprender de una manera diferente aprovechando el conocimiento empírico de los estudiantes en situaciones reales de su entorno.

A. Anexo: Test posición y velocidad

Con los datos que se muestran en figura 1, conteste las preguntas 1 y 2

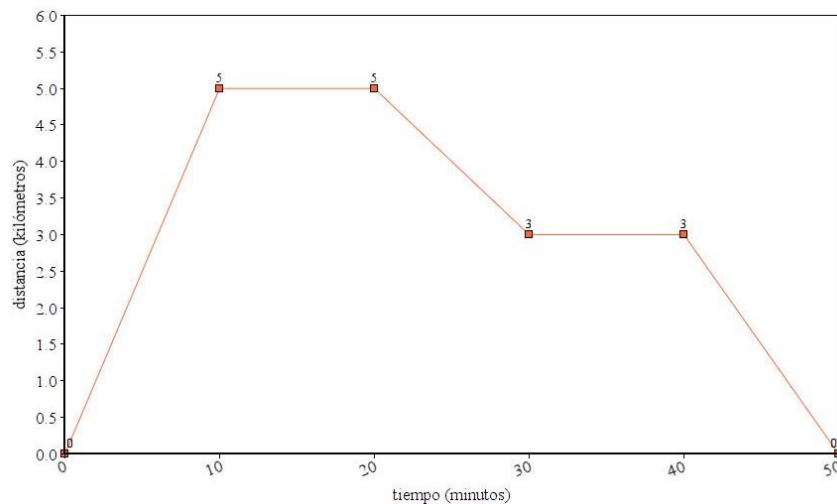


FIGURA 1

1. Si Juanito sale de su casa y se dirige hacia sus amigos y luego se va a comprar un refresco a la tienda. ¿A qué distancia se encuentra Juanito de sus amigos, si se encuentra tomando el refresco en tienda?
 - a. 100 mt
 - b. 75 mt
 - c. 175 mt
 - d. 250 mt

2. Teniendo en cuenta el movimiento que realizó Juanito ¿Cuánta distancia recorrió Juanito desde que salió de su casa hasta llegar a la tienda?
 - a. 250 mt
 - b. 100 mt
 - c. 75 mt
 - d. 175 mt

3. El profesor de matemáticas les prometió a sus alumnos que por cada 3 preguntas bien en el examen él le regala una chocolatina, el examen tiene 30 preguntas. Camilo tiene 21 preguntas bien, por lo cual el profesor le dio 3 chocolatinas. ¿El profesor fue justo con Camilo? ¿Por qué?
- Sí, porque 21 dividido 7 es 3
 - No, porque el profesor debió darle 7 chocolatinas
 - No, porque el profesor debió darle 21 chocolatinas
 - Sí, porque camilo tenía 9 preguntas incorrectas
4. Si Juan camina 5 metros en 2 segundos. ¿Cuántos metros camina en 42 segundos?
- 420 metros
 - 84 metros
 - 105 metros
 - 10 metros
5. El siguiente grafico representa el movimiento que realizó Felipe una mañana que salió de su casa

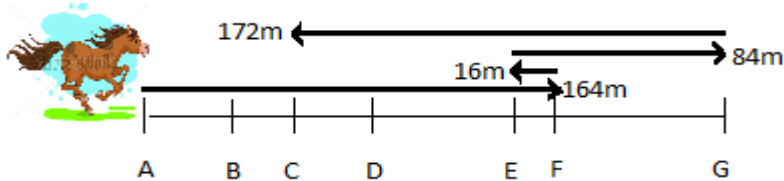


De las siguientes interpretaciones del grafico cual es la correcta:

- Felipe sube una montaña, luego camina sobre un plano, después desciende hasta llegar a una parte plana, y por ultimo desciende hasta bajar por completo la montaña.

- b. Felipe se desplaza cierta distancia, luego se detiene, después se devuelve, posteriormente se detiene y por último se devuelve hasta llegar de nuevo a su casa.
- c. Felipe fue aumentando su velocidad, hasta que llegó a un valor máximo, luego la disminuyó hasta otro valor, que mantuvo por cierto tiempo, y luego frenó hasta detenerse.
- d. Felipe sube una colina, luego avanza a velocidad constante, baja a la media colina y vuelve a andar a velocidad constante, pero menor que la primera, para luego finalmente bajar hasta la base de la colina.
6. Para llegar de la casa al colegio Santiago realiza el siguiente recorrido en su bicicleta: recorre en su bicicleta desde su casa 1 km al occidente, luego 5 km al norte, después 4 km al oriente, y por último 1 km al sur. Cuando Santiago finaliza su recorrido desde la casa hasta el colegio se habrá desplazado:
- a. 11 km
b. 7 km
c. 5 km
d. 4 km

7. La siguiente imagen muestra el recorrido que hace un caballo en línea recta



El caballo inicia en A y avanza hasta F, luego se regresa a E, después avanza hasta G y por último se regresa a C.

Al finalizar el recorrido, la distancia en la cual se encuentra el caballo con su punto de inicio es:

- a. 60 m
b. 436 m
c. 236 m
d. 76 m
8. Cuatro niñas corren por turnos una carrera. María recorre 49 metros en 7 segundos, Natalia corre 50 metros en 10 segundos, Yennifer alcanza a hacer

80 metros en 8 segundos, y Daniela hace 18 metros en 3 segundos. El orden de las cuatro niñas en velocidad, de mayor a menor, es

- a. Yennifer, Natalia, María y Daniela.
- b. María, Yennifer, Natalia y Daniela.
- c. Yennifer, María, Daniela y Natalia.
- d. Yennifer, María, Natalia y Daniela.

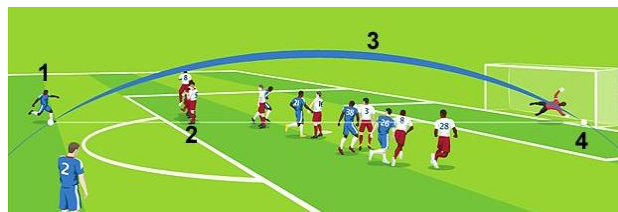
B. Anexo: Test fuerza (cualitativa)

1. El carro de la rectora de la institución se atascó en la vía. Una persona que pasaba en ese momento comenzó a empujar a el carro para desatascarlo., como lo muestra la figura.



Mientras que la persona ejerce fuerza para desatascar el carro,

- a. la intensidad de la fuerza que persona aplica sobre el carro es igual a la de la fuerza que el carro aplica sobre la persona.
 - b. la intensidad de la fuerza que la persona aplica sobre el carro es menor que la de la fuerza que el carro aplica sobre la persona.
 - c. la intensidad de la fuerza que la persona aplica sobre el carro es mayor que la de la fuerza que el carro aplica sobre persona.
 - d. ni el carro ni la persona ejercen fuerza alguna sobre el otro. El carro es empujado hacia adelante simplemente porque tiene ruedas.
2. En el momento de patear un tiro libre, se producen fuertes vientos, pero el jugador logra que la pelota pase por encima de la barrera y anota el gol. Teniendo en cuenta las siguientes fuerzas:



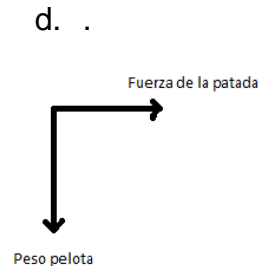
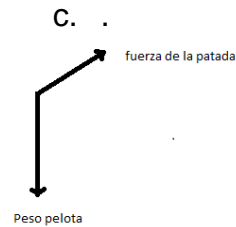
1. Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.

2. Una fuerza que hace el jugador al momento de patear el balón.
3. Una fuerza ejercida por el aire.

¿Cuáles de estas fuerzas actúan sobre la pelota después de que ésta deja de estar en contacto con la pierna del jugador y antes de que toque el suelo o la red?

- a. Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad, Una fuerza que hace el jugador al momento de patear el balón y Una fuerza ejercida por el aire.
- b. Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad y Una fuerza ejercida por el aire.
- c. Una fuerza que hace el jugador al momento de patear el balón y Una fuerza ejercida por el aire.
- d. Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad y Una fuerza que hace el jugador al momento de patear el balón.

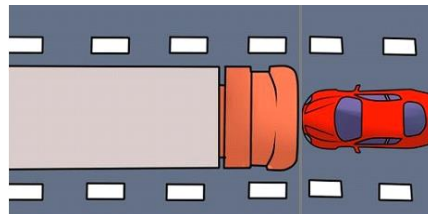
3. Si no hubiese habido vientos ni fuerza del aire, el diagrama que me representa la(s) fuerza(s) que actúan sobre la pelota cuando deja de estar en contacto con la pierna del jugador y antes de que toque el suelo o la red es



4. Una caja está en reposo sobre una superficie horizontal con fricción. Luego, se le aplica durante cierto tiempo una fuerza que hace que se deslice. De repente se deja de aplicar la fuerza y la caja se comienza a detener. La caja se detiene porque:



- El piso le va haciendo una fuerza hacia adelante.
 - No hay fuerzas empujándolo..
 - El piso le va haciendo una fuerza hacia atrás.
 - El peso la hace detenerse.
5. Un camión grande choca frontalmente con un automóvil pequeño. Durante la colisión,



- la intensidad de la fuerza que el camión ejerce sobre el automóvil es mayor que la de la fuerza que el auto ejerce sobre el camión.
 - la intensidad de la fuerza que el automóvil ejerce sobre el camión es mayor que la de la fuerza que el camión ejerce sobre el auto.
 - ninguno ejerce una fuerza sobre el otro. El auto es aplastado simplemente porque se interpone en el camino del camión.
 - el camión ejerce una fuerza de la misma intensidad sobre el auto que la que el auto ejerce sobre el camión.
6. Kick Buttowski se sube en una patineta sobre su amigo. Luego recibe un empujón por lo cual se pone en movimiento. Las principales fuerzas que actúan sobre Kick después de recibir el empujón son:



- una fuerza hacia abajo debida a la gravedad y una fuerza horizontal en la dirección del movimiento.
 - una fuerza hacia abajo debida a la gravedad, una fuerza hacia arriba ejercida por su amigo y una fuerza horizontal en la dirección del movimiento.
 - una fuerza hacia abajo debida a la gravedad y una fuerza hacia arriba ejercida por la superficie.
 - ninguna.
7. Para mover un escritorio sobre una superficie horizontal sin fricción se aplica una fuerza constante. Mientras se mueve el escritorio la magnitud de su velocidad



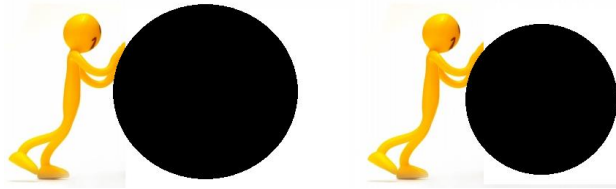
- es constante.
 - aumenta continuamente.
 - disminuye continuamente.
 - crece durante un rato y después se mantiene constante.
8. Dos bloques reposan sobre una superficie sin fricción, como se indica en la figura. Cuando se aplica una fuerza externa F sobre el bloque de mayor masa, el bloque de menor masa hará sobre el bloque de mayor masa una fuerza



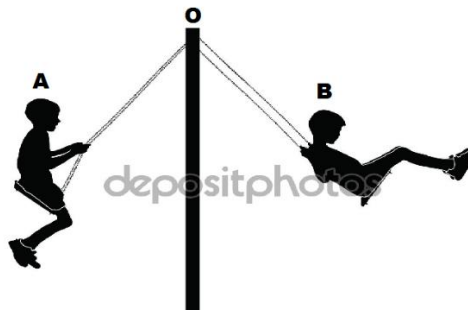
- Igual a F , pero de sentido contrario
- Menor que F , pero en la misma dirección

- c. Menor que F , y de sentido contrario
- d. Igual a F , y en la misma dirección.

9. Se tienen dos cuerpos con diferente masa. Si, para cambiar su movimiento, se hace la misma fuerza sobre los dos,



- a. Los dos aumenta la velocidad en la misma proporción
 - b. Los dos se mantienen con una velocidad constante
 - c. El cuerpo de mayor masa experimenta un mayor cambio en su velocidad
 - d. El cuerpo de menor masa experimenta un mayor cambio en su velocidad
10. La siguiente figura muestra a un chico columpiándose. ¿Qué fuerzas identifica en el punto A?

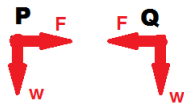


- a. Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
 - b. Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad y una fuerza ejercida por la cuerda dirigida de A hacia O.
 - c. Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad y una fuerza en la dirección del movimiento del chico.
 - d. Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad, una fuerza ejercida por la cuerda dirigida de A hacia O y una fuerza en la dirección del movimiento del chico.
11. La siguiente imagen muestra una persona caminando.

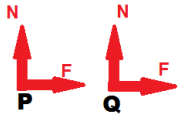


Los diagramas que me representan las fuerzas que actúan sobre el chico en los puntos P y Q son (F=fricción, N=normal, W=peso):

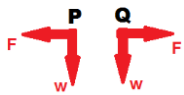
a.



b.



c.



d.

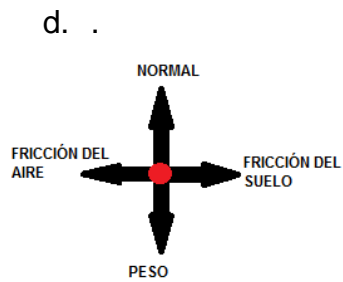
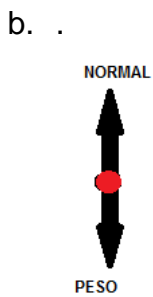
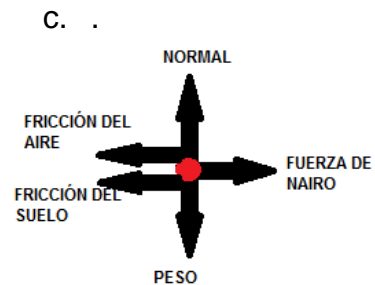
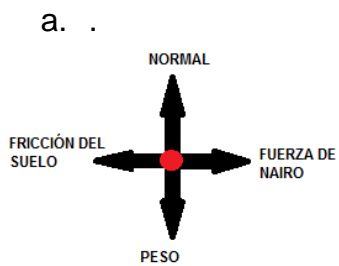


C. Anexo: Test fuerza de rozamiento

1. Nairo va pedaleando en su bicicleta a velocidad constante, como lo muestra la siguiente figura:



La fuerza de actúan sobre Nairo (con todo y bicicleta) son



2. Un niño monta a pelo sobre un burro, cogido del lazo y sentado sobre el lomo, como se muestra en la figura. Si el burro arranca a correr (acelera), las fuerzas que se hacen sobre el niño son



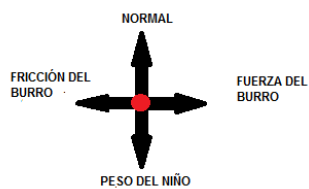
a. .



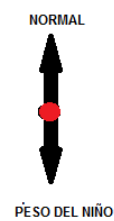
c. .



b. .



d. .



3. Una niña enlaza un ternero y lo jala para llevarlo a un corral, pero el ternero se resiste. La niña logra mover al ternero solamente si:



- a. la niña jala la cuerda con más fuerza que el ternero.
 - b. la niña empuja el piso con más fuerza que el ternero.
 - c. la cuerda jala al ternero con más fuerza que la que le hace la niña.
 - d. Si el peso del ternero es menor que la fuerza que le hace la niña.
4. Durante el recorrido del bus escalera que cubre la ruta de la vereda El Mortiño al casco urbano, se encuentra una colina. Cuando el bus escalera casi llega a la cima, se le apaga el motor. Ante esta situación, el conductor acciona los frenos bloqueando las llantas, para que este no se devuelva, pero el bus empieza a deslizarse.



Teniendo en cuenta la anterior situación, la fuerza de rozamiento de las llantas con la carretera toma su valor

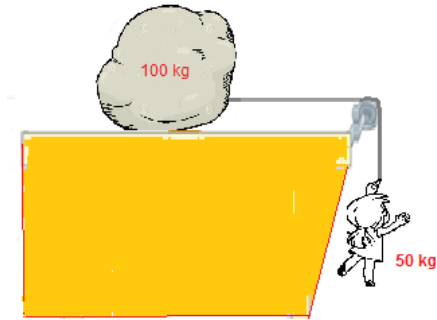
- a. Limite
- b. Cinético
- c. Estático

5. Una panela de 1kg se encuentra en quieta sobre una mesa. El coeficiente de fricción estático entre la mesa y la panela es de 0.4, y el cinético, de 0.3. Si yo jalo la panela con una fuerza de 2 Newtons, la fuerza de fricción entre la panela y la mesa vale asumiendo $g=10 \text{ m/s}^2$)

- 1 Newton.
- 2 Newtons.
- 3 Newtons.
- 4 Newtons.



6. Camilo unta el piso de su sala con mantequilla para disminuir el rozamiento, e intenta caminar en medias sobre el, pero no avanza. Esto sucede porque
- cuando él empuja el suelo con los pies, el empuje que él realiza sobre el suelo se cancela con la fuerza de rozamiento.
 - No se desliza
 - Nadie le hace una fuerza horizontal
 - La normal es cero en este caso.
7. Luisa jala un bulto de café para arrastrarlo hasta el borde del patio. El bulto pesa dos arrobas (50 kg), y el coeficiente de fricción estático entre el bulto y el piso es de 0.2, y el cinético es 0.1. Si Luisa hace una fuerza de 300 Newtons, y suponemos $g=10\text{m/s}^2$, el bulto:
- no se desliza
 - se desliza a velocidad constante.
 - se desliza acelerando.
 - se desliza frenando.
8. Una niña que pesa 50kg cuelga de una roca de 100kg de peso, como muestra la figura. El coeficiente de rozamiento estático entre la roca y el suelo es 0.4, y el coeficiente de rozamiento cinético es 0.3.



En estas condiciones, la roca

- a. se desliza, y la fuerza de fricción entre la roca y el suelo vale 500 Newtons.
- b. no se desliza, y la fuerza de fricción entre la roca y el suelo vale 400 Newtons.
- c. se desliza, y la fuerza de fricción entre la roca y el suelo vale 300 Newtons.
- d. no se desliza, y la fuerza de fricción entre la roca y el suelo vale 500 Newtons.

Bibliografía

Arias J. (2016) ¿Cómo enseñar el concepto de fuerza desde un punto de vista cualitativo a estudiantes de la comunidad Kankuama? Trabajo Final, Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

Asimov, I. (2011). Grandes ideas de la ciencia. Madrid: Alianza Editorial.

Ausubel, D. (1976). Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo. México: Ed. Trillas.

Barrera, F. Maldonado, D. and Rodríguez, C. (2012). Calidad de la Educación Básica y Media en Colombia: Diagnóstico y Propuestas Documento elaborado para la Misión de Movilidad y Equidad en Colombia, Departamento Nacional de Planeación. Bogotá.

Blakemore, S., Frith, U. and Soler, J. (2007). Cómo aprende el cerebro: las claves para la educación. Barcelona: Ariel.

Champagne, A., Klopfer, L. and Anderson, J. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48(12), pp.1074-1079.

Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50(1), pp.66-71.

Combariza, E. (2014). Etnofísica Transitoria. [Place of publication not identified]: Universidad Del Valle.

Copérnico, N., Mínguez Pérez, C. and Testal, M. (1982). Sobre las revoluciones (de los orbes celestes). Madrid: Tecnos.

Franklin, A. (1976). The principle of inertia in the Middle Ages. 44th ed. Boulder: Colorado Associated University Press, pp.529-545.

Gonzalez, F. (2014). Enseñanza Aprendizaje de los conceptos de fuerza y movimiento para estudiantes del grado décimo del IPARM. Maestría. Universidad Nacional.

Hestenes, D. y Wells, M (1992) "Force concept inventory," A Mechanics Baseline Test. *The Physics Teacher* **30**, p. 159-166.

Hincapié, H. (2011). Predicción, experimentación, y simulación en la enseñanza de la fuerza de rozamiento. Maestría. Universidad Nacional.

Kepler, J. (1621) *Mysterium cosmographicum de admirabili proportione orbium coelestium*, Eresmi Kempferi, Froncofurti.

Maarouf, A. and KOUHILA, M. (2001). La dynamique élémentaire dans l'enseignement fondamental marocain : analyse des difficultés d'apprentissage de la notion de force. *Didaskalia*, [online] (18). Available at: http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/23902/DIDASKALIA_2001_18_41.pdf?sequence=1 [Accessed 9 Aug. 2016].

McDermott, L. (2001). Oersted Medal Lecture 2001: "Physics Education Research—The Key to Student Learning". *American Journal of Physics*, 69(11), pp.1127-1137.

Ministerio de Educación Nacional. (Julio de 2004). Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Obtenido de Formar en ciencias ¡El desafío!: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles---81033_archivo_pdf.pdf

Peduzzi, L. (1996). Física aristotélica: Por que não considerá-la no ensino da mecânica?, Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC. pp. 48-63

Ramirez, R. and Bernaza, G. (2007). Evolución del conocimiento de la mecánica y su relación con la enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, (44), pp.4-10.

Redish, E. (1999). Millikan Lecture 1998: Building a Science of Teaching Physics. *American Journal of Physics*, 67(7), pp.562-573.

Rivera, J. Madrigal, J. Cabrera, E, Mercado, C. (2014) Evolución histórica del concepto fuerza. Universidad Autónoma de Zacatecas. México. Obtenido de http://www.lajpe.org/dec14/4601_Madrigal.pdf.

Soares, F. (2016). Produção de farinha de mandioca: investigando uma prática pedagógica na perspectiva da etnofísica para o ensino de física (Maestría). Universidad Centro Univates.

Twigger, D., Byard, M., Driver, R., Draper, S., Hartley, R., Hennessy, S., Mohamed, R., O'Malley, C., O'Shea, T. and Scanlon, E. (1994). The conception of force and motion of students aged between 10 and 15 years: an interview study designed to guide instruction. *International Journal of Science Education*, 16(2), pp.215-229.