UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Diseño e implementación de un módulo didáctico para la formación de docentes en Máquinas Simples, en el municipio de San Antonio del Tequendama

Jhon David Espinel Rodríguez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de ciencias
Bogotá D.C. Colombia
2020

Diseño e implementación de un módulo didáctico para la formación de docentes en Máquinas Simples, en el municipio de San Antonio del Tequendama

Jhon David Espinel Rodríguez

Trabajo final presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director
M. Sc. Carlos Joel Perilla Perilla

Línea de Investigación
Enseñanza de las Exactas y Naturales

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de ciencias
Bogotá D.C. Colombia
2020

Al profesor Carlos Perilla, por su compromiso con el proceso de investigación.
A mis padres por el acompañamiento incondicional.
A Christian Castañeda por nunca perder la fe en las casusas pedagógicas.

Agradecimientos

A mi director de trabajo de grado, el profesor Carlos Joel Perilla Perilla, por sus valiosos aportes y orientación en la construcción del trabajo. A mi familia por el apoyo incondicional que siempre me ofrecieron. A las docentes de primaria de la Institución Educativa Departamental Mariano Santamaría por su buena disposición en los procesos de formación científica. A los niños y niñas de las escuelas rurales del municipio San Antonio del Tequendama, quienes con sus aportes ayudarán en la solución a problemas socialmente relevantes en su entorno. A David González por su apoyo incondicional.
A mi hermano Kebin Espinel por brindarme soporte en los momentos coyunturales del proceso de formación académica. A mis compañeros de maestría Julio Cesar Acuña, Camilo Andrés Peñuela, Cristian Castañeda y David González por su colaboración, compromiso y apoyo incondicional en mi proceso de formación.

Resumen

La formación en ciencias tiene retos importantes, entre los que se encuentra, cautivar a los estudiantes más jóvenes para que se vinculen con los procesos de formación científica y los llamados a asumirlo son los docentes que orienten las asignaturas de ciencias, en el caso del presente trabajo, docentes licenciadas en pedagogía, que atienden población rural en escuelas multigrado, en la Institución Educativa Departamental Mariano Santamaría. En el contexto de esta institución, se dificulta el acceso a internet y a laboratorios dadas las condiciones de distancia del casco urbano. Un primer paso en el objetivo de vincular esta población a las ciencias es dar soluciones prácticas y efectivas a preguntas como: ¿una estrategia didáctica basada en Aprendizaje activo y Aprendizaje Basado en Problemas permite mejorar los procesos de enseñanza en ciencias naturales?

Y es en este sentido que se plantea cómo, por medio de investigación cualitativa, se pueda implementar una estrategia didáctica para la formación de docentes de básica primaria en temas selectos de física, usando metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y Aprendizaje Activo (AA).

Para el desarrollo de la propuesta, se diseñaron tres kits que contienen diferentes materiales de bajo costo y fácil consecución con el fin de que puedan ser replicadas en los diferentes espacios de formación académica. Este material, permite la implementación de prácticas experimentales que abordan los conceptos de fuerza y torque, que relacionados, permiten la consolidación del concepto de máquina simple. La estrategia se desarrolló en cinco sesiones con las docentes de primaria. Cada sesión se desarrolló en tres momentos, uno de indagación, donde se reconocieron las ideas previas de los docentes, otro de construcción de hipótesis, en el que los docentes plantearon posibles soluciones a los fenómenos propuestos y otro de socialización, en el cual los docentes podrían validad o invalidar a partir de la experiencia sus hipótesis. Las experiencias vinculadas a estas sesiones implicaron la reflexión en torno a los conceptos que subyacen el concepto de máquina simple.

Palabras clave: Investigación cualitativa; fuerza, palanca, máquina simple, módulo didáctico, caja viajera.

Tabla de contenido

Agradecimientos vi
Resumen vii
Listado de figuras 1
Introducción 3
1. Descripción del contexto problemático 5
1.1 Antecedentes 5
1.2 Problemática 7
1.3 Justificación 8
1.4 Objetivo general 9
1.5 Objetivos específicos 9
2. Marco teórico 10
2.1 Desarrollo Histórico Epistemológico del concepto de máquina 11
2.2 Fuerza 14
2.3 Torque 18
2.4 Máquina simple 21
2.5 Marco pedagógico 24
2.5.1 Aprendizaje significativo 25
3 Marco metodológico 28
3.1 Investigación cualitativa 29
3.2 Población. 29
3.2.1 Educación rural 30
3.2.2 Escuela Nueva 30
3.3 Instrumentos de seguimiento 31
4. Propuesta cajas viajeras 33
4.1 Objetivos de las cajas viajeras 45

4.2 Desarrollo de las sesiones..... 46
4.2.1 Sesión 1. La fuerza..... 46
4.2.2 Sesión 2. El Torque 49
4.2.3 Sesión 3. Las Máquinas Simples..... 55
5. Resultados y análisis de resultados..... 57
5.1 Diagnóstico docente 57
5.2 Implementación con docentes 61
6. Conclusiones 70
7. Anexos 71
7.1 Anexo 1. Encuesta aplicada a docentes de secundaria 71
7.2 Anexo 2. Resultados pruebas saber grado quinto..... 73
..... 73
7.3 Anexo 3. Encuesta docentes de primaria..... 74
7.4 Anexo 4. Prueba diagnóstico docentes, (las respuestas esperadas se remarcan con color rojo..... 76
7.5 Anexo 5. Cuento sobre fuerza y torque..... 85
7.7 Anexo 7. Guía para estudiantes, concepto fuerza..... 87
7.8 Anexo 8. Guía para estudiantes, concepto torque..... 91
7.9 Anexo 9. Guía para estudiantes, Concepto de máquina simple. 97
7.10 Anexo 10. Cuento sobre máquina simple 100
7.11 Anexo 11. Guías para el docente. 101
Bibliografía..... 120

Listado de figuras

Figura 1. Balanza romana. (Rossi, Russo, & Russo, 2009) 12
Figura 2. Diseños de engranajes hechos por Leonardo Da Vinci (Schvab, 2011). 13
Figura 3. Conservación del momentum lineal. Las flechas verdes oscuro representan el momentum. Las flechas claras representan las fuerzas en el choque. 16
Figura 4. Arriba izquierda: fuerza de rozamiento, fuerza normal y el peso actuando sobre un bloque en un plano inclinado. Arriba derecha, diagrama de cuerpo libre sobre el centro de masa del bloque. Abajo se representa la fuerza de tensión para un péndulo. 17
Figura 5. Relación vectorial en trayectoria circular. Rescatado de: https://www.fisic.ch/contenidos/cinem%C3%A1tica-rotacional/mcu/. El 05-07-20 18
Figura 6. Representación de L, perpendicular al plano x, y. Con origen en O y magnitud $L = mvl$. 19
Figura 7. Corte de un cuerpo que gira alrededor del eje z, Li, es perpendicular al plano del movimiento. 20
Figura 8. . Torque de una fuerza. Rescatado de https://www.demaquinasyherramientas.com/, el 18-06-20 21
Figura 9. Tijera, ejemplo de palanca de primer género. 22
Figura 10. Carretilla, ejemplo de palanca de segundo género. 22
Figura 11. Depilador, ejemplo de palanca de tercer género. 22
Figura 12. Polea fija. 23
Figura 13. Plano inclinado. 23
Figura 14. Tornillo. Ejemplo de plano inclinado enrollado sobre un cilindro. 24
Figura 15. La cuña. Ejemplo de plano inclinado doble. 24
Figura 16. Caja de ciencia viajera llamada “sorpresa enlatada”. Utilizada para trabajar el concepto de fuerza. 35
Figura 17. Perforación de la tapa. 36
Figura 18. Alambres doblados. 36
Figura 19. Perforación de la base. 37
Figura 20. Pila y caucho pegados con cinta. 37
Figura 21. El caucho pasa por el orificio de la tapa. 37
Figura 22. Se sujetan los alambres con el caucho. 38
Figura 23. Alambres fijos con cinta de mascarar. 38
Figura 24. Lata rodando sobre superficie horizontal. 38
Figura 25. Caja de ciencia viajera denominada “Equilíbrate con el torque”. Utilizada para trabajar el torque. 39
Figura 26. Izquierda, ensamble de tubos con escoba. En medio, ensamble de tubos. Derecha, balanza ensamblada con tubos verdes. 40
Figura 27. Maleta viajera llamada “Máquina de Goldberg”. Utilizada para trabajar el concepto de máquina simple. 41

Figura 28. Lata de hierro anclada a la tabla de madera por medio de dos ángulos. 42
Figura 29. Izquierda y derecha, dimensiones del cartón. 42
Figura 30. Izquierda, doblado de cartón para conseguir la caja. Derecha, caja armada sin pegar. 43
Figura 31. Izquierda, pegado de bordes con silicona. Derecha, caja pegada con la silicona. 43
Figura 32. Izquierda, perforación con tijeras. Derecha, caja perforada. 44
Figura 33. Recorte de un costado de la caja. 44
Figura 34. Izquierda, máquina de Goldberg antes de ser activas. Derecha, Máquina de Goldberg luego de ser activada. 44
Figura 35. Ciencia viajera “sorpresa enlatada” para trabajar el concepto de fuerza. 47
Figura 36. Latas que se van a utilizar en el proceso de predicción. 47
Figura 37. Docentes observando el comportamiento de las latas. 48
Figura 38 Caja de ciencia viajera para trabajar el concepto de torque. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 39. Ensamble del montaje "Equilíbrate con el torque". 50
Figura 40. Verificación del equilibrio de masas. 51
Figura 41. Experimento demostrativo de equilibrio entre masas distintas. 54
Figura 42. Docentes primaria Escuelas rurales y urbanas IED Mariano Santamaría. 57
Figura 43. Docentes en socialización frente al grupo general en etapas. 63
Figura 44. Presentación caja viajera concepto de torque. 65
Figura 45. Balanza con masa conocida y masa desconocida. 67
Figura 46. Porcentaje de estudiantes por nivel de desempeño. Ciencias naturales - grado quinto. Tomado el 24-11-19 de http://www2.icfesinteractivo.gov.co/ReportesSaber359/historico/reporteHistoricoComparativo.jspx. 73

Introducción

Desde mi experiencia a lo largo de cinco años como profesor de física en el ámbito rural, he reflexionado sobre dos temas; el primero es la necesidad de vincular el entorno de los estudiantes con los contenidos del plan de estudios de ciencias naturales; el segundo se refiere a la importancia de la aproximación a los conceptos de ciencias en primaria. Es usual que los docentes que atienden población estudiantil en primaria aborden las ciencias naturales principalmente desde la biología, quiere decir, que los conceptos en física pueden ser desarrollados de manera bastante superficial. De ahí que, surja la posibilidad de trabajar con docentes de primaria alrededor de dos aspectos: primero encontrar un tema que los aproxime conceptualmente a los temas propios de la física; segundo, hallar situaciones cotidianas que puedan vincular los conceptos con la realidad del entorno rural.

Un tema viable a trabajar son las máquinas simples, debido a que estas hacen parte de la cotidianidad de muchas personas, pues son dispositivos que brindan la posibilidad de hacer más eficiente la acción de una fuerza, o, simplemente cambian su dirección (Hewitt, 2004). Entre las máquinas simples más comúnmente usadas están: la rueda, la polea, las tijeras, el plano inclinado y la cuña, que se vinculan con las labores diarias en la ruralidad.

Sumado a lo anterior, el funcionamiento de las máquinas simples está estrechamente relacionado a conceptos como la fuerza y el torque, que hacen parte de los estándares básicos de educación en ciencias propuestos por el Ministerio de educación Nacional MEN; conceptos que tradicionalmente suelen ser estudiados de forma teórica por los estudiantes de primaria, o, en el mejor de los casos por medio de la implementación de cartillas en las que los estudiantes interactúan con recursos visuales que apoyan los procesos de aprendizaje, pero que no permiten reflexiones más profundas sobre estos temas. Una de las razones por las cuales los estudiantes se ven limitados a usar solamente estos recursos didácticos, es debido a que, por lo general, la formación de docentes de primaria se encuentra orientada principalmente a modelos pedagógicos, dejando vacíos en la formación de conceptos básicos en ciencias.

Para el caso de Cundinamarca, se han realizado esfuerzos gubernamentales encaminados a mejorar la formación docente de manera permanente, en donde el Programa Todos a Aprender (PTA) es un ejemplo fehaciente de estas políticas. Sin embargo, el programa se encuentra orientado a las asignaturas de lenguaje y matemáticas, dejando de lado el contexto de las ciencias, que es fundamental en el desarrollo de la sociedad.

Como consecuencia, a partir de una encuesta dirigida a docentes de secundaria que orientan el área de ciencias naturales (Ver anexo 1), se puede evidenciar el caso de los estudiantes de secundaria de la IED Mariano Santamaría, quienes presentan dificultades en los procesos de argumentación al utilizar conceptos científicos para explicar los fenómenos que los rodean. Por otra parte, los resultados de la Institución en las pruebas Saber en ciclos de primaria, muestran que, en el área de ciencias naturales, los estudiantes presentan grandes deficiencias en la comprensión de temas fundamentales (Ver anexo 2). En este sentido, los docentes que atienden la población rural de primaria manifiestan (Ver anexo 3), la necesidad de laboratorios; además de socializar experiencias que puedan contribuir a mejorar la práctica docente, la consolidación de conceptos y el fortalecimiento de las habilidades y competencias del entorno físico propios de las ciencias naturales. A partir de lo anterior se plantea la pregunta problema, ¿una estrategia didáctica basada en Aprendizaje Activo (AA) y Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) permite mejorar los procesos de enseñanza en ciencias naturales? Se basa en el AA y ABP porque son, a diferencia de la educación tradicional, metodologías que permiten la interacción de los estudiantes con el conocimiento de una manera dinámica.

Como contribución a la mejora de los procesos anteriormente mencionados se construye el presente trabajo, donde se describe el diseño, implementación y análisis de una estrategia didáctica con Experimentos Discrepantes ExD denominada “La ciencia viajera”, que aborda los conceptos de fuerza, torque y máquina simple, fundamentada en la adaptación del Aprendizaje Basado en Problemas ABP y el Aprendizaje Activo AA en el contexto de aulas multigrado. Dicha estrategia está diseñada para trabajar con docentes de primaria de la IED Mariano Santamaría, y que pueda ser implementada en las escuelas rurales del municipio de San Antonio del Tequendama. Gracias a la simplicidad en el manejo de los temas y la fácil consecución de los materiales empleados, puede ser igualmente aplicada en diferentes espacios de formación escolar.

Para la construcción de esta propuesta, inicialmente se realiza un diagnóstico con los docentes en el que se identifican algunos errores conceptuales en torno a temáticas asociadas al concepto de máquina, para luego diseñar e implementar una estrategia de formación docente en la que se socializa el objetivo de tres cajas que conforman la ciencia viajera y se trabaja alrededor de los conceptos de fuerza, torque y máquina simple.

Dadas las condiciones de las aulas multigrado, la propuesta procura atender estudiantes de distintas edades, de manera que posterior a la implementación con los docentes, ellos puedan replicarla en sus escuelas. Por otro lado, permite que los docentes desarrollen habilidades que les permiten explorar temas pertinentes al plan de estudio que se trabaja en la Escuela Nueva EN y aporta en su cotidianidad; además de promover actitudes científicas como la curiosidad, la flexibilidad y la disposición para el trabajo en equipo,

(Prieto & Andrea, 2019), habilidades y actitudes importantes dadas las condiciones del aula multigrado.

Para lograr estos propósitos, se plantea desarrollar el trabajo en seis capítulos: el primero es la descripción del contexto problemático donde se enmarca el problema en el escenario local de la Institución Educativa Mariano Santamaría. El segundo capítulo es el marco teórico, allí se realiza una aproximación histórico epistemológica del concepto de máquina en general y palanca en particular, hay una construcción de los conceptos de fuerza y torque; se describen a grandes rasgos las máquinas simples comunes; para finalmente abordar las bases pedagógicas de la propuesta que son la teoría del Aprendizaje Significativo AS y las estrategias, Aprendizaje Activo AA y el Aprendizaje Basado en Problemas ABP. El tercer capítulo muestra el marco metodológico con el que se desarrolló la presente investigación. El cuarto capítulo presenta la propuesta de la ciencia viajera como un aporte en la formación docente y material didáctico de bajo costo y fácil consecución, susceptible de ser replicado en escuelas rurales. El quinto capítulo expone los resultados y su análisis interpretativo alrededor de los discursos explicativos de los docentes frente a cada fenómeno. El último capítulo muestra las conclusiones del trabajo con docentes en torno a la estrategia propuesta denominada ciencia viajera.

1. Descripción del contexto problemático

1.1 Antecedentes

Actualmente el Ministerio de Educación Nacional implementa en varios municipios del país una estrategia llamada Proyecto Todos a Aprender, PTA, cuyo objetivo es la formación permanente de docentes de primaria en las áreas de matemáticas y español. Lo anterior, en respuesta a los bajos desempeños de las pruebas estandarizadas. (Ministerio de Educación Nacional, 2019).

A continuación se realiza una revisión de trabajos que buscan aportar en la mejora de los desempeños de los estudiantes en el contexto rural.

(Adurrumám, Wiliam; Aldana, Ligia; Sánchez, Liliana, 2015), publican una serie de libros de ciencias que la Gobernación de Cundinamarca brinda como dotación a las escuelas rurales de los municipios. Estos libros, abarcan los grados de segundo a quinto, en ellos se presentan de manera gráfica los conceptos, implementando el modelo Escuela Nueva (EN). Sin embargo, el libro de texto por sí solo es limitante, se requieren elementos físicos

para interactuar, de manera que los estudiantes se involucren de manera significativa con los conceptos.

El trabajo de (Gaviria, 2010), constituye una serie de guías de ciencias naturales orientadas a estudiantes Colombianos de primaria bajo la modalidad de EN, en respuesta a la búsqueda de calidad en las aulas multigrado. En las guías se plantean situaciones de la vida real, para luego formular preguntas a los estudiantes sobre la explicación de cada una de dichas situaciones. Contiene cuentos, que contextualizan al estudiante con respecto al tema que se quiere abordar.

Por su parte, (Rodríguez, Fabio, & Armando, 2010), se refieren a la manera en que el trabajo enfocado en las escuelas rurales de Colombia disminuye las brechas sociales y económicas. Por medio de Proyectos de Educación Rural, PER, implementados desde el 2005, en los que se reconocen las realidades de los habitantes de dichos sectores, se logra el diseño e implementación de estrategias en las que los procesos de los estudiantes, permiten la flexibilización del currículo para que se adapte al contexto, es decir, aplicando metodologías pertinentes con las necesidades de los estudiantes, de manera que se consigue una mejora en el desempeño académico y esto se ve reflejado en los resultados de las pruebas estandarizadas.

Por otra parte, existen investigaciones que vinculan al docente como un eje transformador en los procesos de enseñanza aprendizaje, y la importancia de su papel como mediador entre el conocimiento y los estudiantes, algunos de estos trabajos son:

(Camargo, y otros, 2004), plantea la necesidad de formación permanente de los docentes, quienes juegan un rol protagónico en la sociedad y tienen dos grandes retos en su profesión, el primero vinculado a los saberes científicos y el segundo a la reflexión pedagógica constante. Lo anterior, en el marco de políticas públicas que dan respuesta a demandas contemporáneas globales. A pesar de implementar formación a maestros, esta se encuentra descontextualizada de las prácticas pedagógicas en contextos específicos.

Por otro lado, en la provincia de León España (Cantón, Ruth, & Arias, 2013), investigan sobre la percepción de los maestros en ejercicio a cerca de su formación universitaria, y encuentran que existe la necesidad de formación en ciencias, dado que la universidad brinda muchas herramientas en torno a la pedagogía, pero la parte científica no es profundizada como se requiere en las aulas.

1.2 Problemática

La Institución Educativa Departamental Mariano Santamaría es una institución de carácter oficial ubicada en el departamento de Cundinamarca, municipio San Antonio del Tequendama que atiende alrededor de 900 estudiantes, entre preescolar y grado once. El Proyecto Educativo Institucional P.E.I. es “El valor de los valores” y el modelo pedagógico está fundamentado en la educación tradicional, sin embargo, la Institución cuenta con seis escuelas que operan en veredas bajo el esquema de aulas multigrado.

En el esquema de aulas multigrado, las docentes interactúan con estudiantes de estratos uno y dos, de familias que son por lo general campesinas cuya actividad económica se centra principalmente en la avicultura, cunicultura y porcicultura, además del cultivo y comercialización de plantas; lo que caracteriza a la comunidad académica como principalmente de contexto rural.

Los estudiantes de secundaria tienen dificultades en los procesos de argumentación al utilizar conceptos científicos para explicar los fenómenos que los rodean. Por otra parte, los resultados de la institución en las pruebas saber en ciclos de primaria muestran (Ver anexo 2), que en el área de ciencias naturales los estudiantes presentan grandes deficiencias en la comprensión de temas fundamentales, pues el 61% de los estudiantes se ubican en nivel de desempeño mínimo, la prueba saber es un instrumento de diagnóstico útil para proporcionar información sobre las habilidades y competencias del estudiante aplicada por el Ministerio de Educación Nacional MEN. En este sentido, se diseñó una encuesta con preguntas cerradas para indagar la percepción de las docentes que atienden la población de primaria (Ver anexo 3), una vez realizada la encuesta, se identifica la necesidad de socializar experiencias que contribuyan en la mejora de la práctica docente, la consolidación de conceptos y el fortalecimiento de las habilidades y competencias del entorno físico propios de las ciencias naturales.

En consecuencia, se plantea como pregunta de investigación: ¿una estrategia didáctica basada en Aprendizaje Activo (AA) y Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) permite mejorar los procesos de enseñanza en ciencias naturales?

1.3 Justificación

La pregunta problema planteada en este trabajo requiere una reflexión sobre tres aspectos relevantes; el primero se refiere a la formación docente, es decir, la población objetivo de la presente propuesta; el segundo, el papel de la experimentación en el proceso de aprendizaje; el tercero, la pertinencia de un tema que haga parte del plan de estudios desarrollado en las aulas multigrado del contexto rural.

Con respecto a la formación de profesores, *"Se hace relevante el trabajo con docentes en la medida en que su formación permanente repercute en la población con la que trabajan"* (Camargo, Vergara, Calvo, & Franco, 2007) y esa población cambia año tras año, de tal manera que un docente con actualización permanente, va a trascender las generaciones con las cuales interactúe en la construcción de conocimiento.

En general la escuela intenta enseñar acerca del mundo, pero aislado de él. Es decir, los docentes presentan un cuerpo teórico de conceptos que adquieren poco o ningún significado para los estudiantes en la medida en que no se evidencia una relación entre los conceptos y las percepciones sensoriales de los estudiantes, la profesora Marisol Roncancio se refiere al respecto:

> "*La escuela primaria, en algunos casos, se centra en una gran cantidad de conceptos construidos en cada ciencia; los niños, entonces, se convierten en unos "bancos" de información abstracta (en muchos casos y sobre todo en ciencias naturales) que no tiene utilidad en su cotidianidad, que no puede experimentarse o comprenderse a partir de lo que les interesa"* (Roncancio, 2017).

En ese sentido, se proyecta la construcción de una estrategia didáctica orientada a docentes, en la que se estructure de manera secuencial el cuerpo de conceptos y de esta manera aportar en el desarrollo de la labor docente, a este respecto Muñoz reflexiona:

> *"Se hace necesario problematizar desde la didáctica de las ciencias el rol que desempeña el docente, el estudiante en el proceso de enseñanza- aprendizaje y el material didáctico que se utiliza para integrar a estos actores en un trabajo que converge en el aprendizaje del educando y desarrollo de competencias científicas sobre una temática específica".* (Muñoz & Alvaro, 2014)

La experimentación es central en el AA porque por medio de la interacción entre el estudiante y el fenómeno, se logra una integración de los actores presentes en el proceso de aprendizaje. El experimento cobra un papel fundamental, ya que:

> *"Permite promover en los estudiantes el interés por la física mediante la observación de fenómenos y motivar la búsqueda de explicaciones a través de la discusión de lo observado".* (Marulanda & Gómez, 2006)

La motivación en la búsqueda de explicaciones frente al experimento puede ser estimulada por el docente a través de la formulación de preguntas orientadoras que propicien el análisis y el debate al interior de cada grupo. Es así como cobra importancia la formulación de estrategias de aprendizaje en las que los montajes experimentales se encuentren presentes en la construcción de conocimiento.

Por otra parte, dadas las condiciones del contexto rural, se necesita identificar un tema pertinente con el plan de estudios de grado primaria que logre vincularse a la realidad de los estudiantes. En ese sentido, se realizó la revisión de los estándares básicos en ciencias propuestos por el Ministerio de educación Nacional MEN, así se logró la identificación de tres temas relacionados con la física, que son, la fuerza, el torque y las máquinas simples. Una vez identificados los temas, se exploraron algunas guías de ciencias naturales implementadas por docentes de la IED Mariano Santamaría que fueron mencionadas en los antecedentes, allí se puede evidenciar que hay una limitación a la explicación teórica de los tipos de máquinas simples, dejando de lado la experimentación en la construcción de los conceptos. En el caso particular de la IED Mariano Santamaría, es una realidad que su topografía caracterizada con marcadas pendientes, demanda la utilización de máquinas simples para mejorar la eficiencia en las labores diarias de muchos hogares campesinos. Es por eso que se trabajará con los docentes el concepto de máquinas simples, porque es pertinente su abordaje en los grados de primaria y posibilita hacer un vínculo con la realidad de los estudiantes en la solución de problemas cotidianos del campo. Sin embargo, para abordar máquinas simples se ha hecho una revisión de dos conceptos que subyacen a este tema que son, fuerza y torque.

1.4 Objetivo general

Implementar una estrategia didáctica para la formación de docentes de básica primaria en temas selectos de física, usando metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y Aprendizaje Activo (AA).

1.5 Objetivos específicos

1. Realizar una actividad de diagnóstico para identificar habilidades y competencias en torno a máquinas simples por parte de los docentes.

2. Reconocer las dificultades por parte de los docentes en torno al desarrollo de competencias en ciencias naturales con los estudiantes.
3. Identificar la metodología que vincule los conceptos que se abordarán con la realidad del contexto de los estudiantes.
4. Construir la ruta didáctica que vincule a los docentes y puedan replicarla con sus estudiantes.
5. Evaluar el proceso de los docentes, a partir de la interpretación, explicación y argumentación de los fenómenos físicos abordados.

2. Marco teórico

Para precisar el concepto de máquina simple es necesario primero aclarar el concepto mismo de máquina y, por lo tanto, su evolución a través de la historia. Para empezar, como en cualquier temática se pueden encontrar múltiples enunciados que la definen; es así que partiremos de la definición de maquina dada por: “conjunto de piezas o elementos, móviles o no móviles que por efecto de su enlace es capaz de transformar la energía que se le suministra” (Schvab, 2011). La idea fundamental de una máquina es entonces, la transformación de la energía con el fin de realizar una labor o trabajo de forma más eficiente.

Las máquinas han hecho parte fundamental tanto en diversos procesos históricos, como en las labores cotidianas del hombre a lo largo de su desarrollo, de manera que permiten una interacción con la naturaleza en la que se logra mayor beneficio de la fuerza usada para determinada labor. También, han sido instrumentos útiles para la exploración de nuevos territorios, como por ejemplo el uso de los remos en las embarcaciones; o en la expansión de fronteras por medio del desarrollo de máquinas bélicas, entre otras utilidades. A continuación, se realiza un pequeño recorrido por la evolución y uso de las máquinas y máquinas simples, para luego centrarlas en el contexto en el que desarrolla el presente trabajo, y finalmente definir los principios físicos y conceptuales involucrados.

2.1 Desarrollo Histórico Epistemológico del concepto de máquina

La máquina es un dispositivo capaz de transformar la energía que se le suministra en otro tipo de energía que puede ayudar en las labores del ser humano, en contraste con las herramientas, la máquina es independiente de la fuerza humana. El concepto de máquina se rastrea como tal hasta el siglo XVII con Galileo. Sin embargo, la idea de transformar energía y aprovecharla de una mejor manera nace con las herramientas usadas por los ancestros del homo sapiens. Los primeros homínidos usaban elementos naturales sin modificarlos, como: ramas y troncos de los árboles, huesos de animales y piedras para sus labores diarias. Pero, según los registros fósiles, el homo australopitecos hace 2,5 millones de años aproximadamente, en el periodo paleolítico de la edad de piedra, fue el primer homínido en fabricar herramientas de piedra (Heinzelin, 1999). A partir de ello, las técnicas y la variedad de herramientas de piedra proliferaron hasta el descubrimiento de los metales, alrededor del 6000 a.C. Pasando por la evolución de los homínidos hasta el homo sapiens, el cual apareció hace 315 mil años aproximadamente en Marruecos, de acuerdo con los registros arqueológicos (Hublin, 2017). Durante este periodo se diseñaron armas, flechas, martillos y demás utensilios que permitieron facilitar las labores diarias de ese momento como cazar, cortar y defenderse de animales y otras tribus o pueblos; lo cual constituyó un cambio fundamental en las relaciones entre los homínidos y su entorno. Además, se pueden diferenciar dos grandes técnicas en la elaboración de las herramientas: la piedra tallada, que corresponde al periodo paleolítico (3.3 millones de años – 10.000 a.C) y la piedra pulida al neolítico (10000 a.C-4500 a.C). (Toth, 2007)

Posteriormente, en los comienzos del periodo neolítico, la fabricación de la hoz marca un punto de quiebre para el desarrollo de la agricultura y junto con los cambios climáticos de la última glaciación hace unos 9000 años, con llevan al paso de la vida nómada a la vida sedentaria. Esto se conoce como la revolución neolítica que incluye el establecimiento de una economía basada en la agricultura y ganadería (Bahn, 2007). Con ello, se evidencia como el uso de herramientas facilitó muchas labores que contribuyeron con un cambio de paradigma en la forma como las tribus y pueblos concebían el mundo y sentaron las bases de las primeras civilizaciones en el viejo mundo.

Una vez se descubre como manipular los metales para fabricar herramientas, se da paso a lo que se conoce como la edad de los metales, que comprende desde el 6000 a.C y el primer milenio a.C. En este periodo con la fundición del cobre y del hierro se lograron realizar herramientas más baratas y resistentes, las cuales permitieron un avance tecnológico más rápido que en los periodos anteriores. Cabe destacar la introducción del arado en la agricultura, el desarrollo de armaduras y la invención de la rueda en el 4000

a.C en Mesopotamia (Moorey, 1994). Durante este periodo, alrededor del 3500 a.C, se da la invención de la escritura en Mesopotamia y Egipto; es decir, en lo referente a estas dos civilizaciones la metalurgia constituye parte de la historia. (Fullola, 2005). Por otro lado, la escritura tomo varios siglos para alcanzar a la mayoría de los pueblos de Eurasia, por lo cual la edad de los metales se prolonga hasta el primer milenio a.C. Además, en el caso de otras civilizaciones, como las americanas, no es sino hasta la llegada de los europeos al nuevo mundo que finaliza el periodo neolítico americano, excepto para algunos pueblos de Mesoamérica que descubren la escritura en el 600 a.C (Diamond, 2016)

En la edad antigua, en el imperio persa entre los siglos VI al V a.C se diseñaron estructuras circulares para hacer girar una pieza para trabajar. (Schvab, 2011). En el siglo IV, en el imperio romano, se diseñó un instrumento que sirve para medir masas (ver figura 1), basado en el torque y un siglo después, en China se desarrolla un artefacto de características similares. (Rossi, Russo, & Russo, 2009).

Figura 1. Balanza romana. (Rossi, Russo, & Russo, 2009)

Posteriormente, Arquímedes comprendió el principio de la palanca cerca al siglo II a.C. “Dijo que podría mover el mundo si tuviera una palanca de longitud suficiente y un lugar donde poner el punto de apoyo” (Hewitt, 2004). Aparte, en su publicación titulada *sobre el equilibrio de los planos* hace la descripción matemática sobre el comportamiento de las fuerzas en las palancas con relación a las distancias del eje de rotación (Parra, 2009). Por estos trabajos se le atribuyó a Arquímedes el desarrollo de la idea de máquina simple (Chiu, 2010).

En el renacimiento Leonardo Da Vinci (1452-1519) contribuye a través de sus diseños (ver figura 2) con el desarrollo de engranajes, tornos, máquinas para acuñar monedas, laminadoras, planos de tanques y helicópteros (Schvab, 2011). Por su parte, Simón

Stevin fabricó un yate terrestre en el S XVI. Impulsado por el viento (Chisholm, 1911), es decir, transformó energía eólica en energía cinética y además, trabajó en conceptos relacionados con fuerza y aceleración aplicados al plano inclinado, antes que Galileo y Newton (Dijksterhuis, 1955).

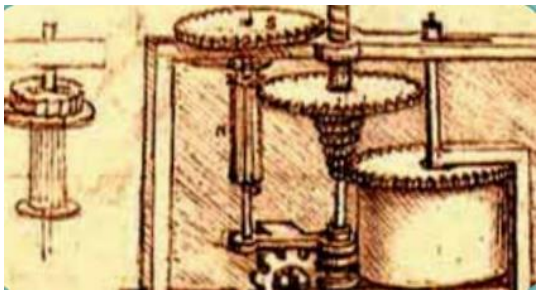


Figura 2. Diseños de engranajes hechos por Leonardo Da Vinci (Schvab, 2011).

Con el paso del tiempo en el S XVII, el matemático Giovanni Borelli, un contemporáneo de Galileo, en su obra titulada *sobre el movimiento de los animales,* analizó geométricamente el modo en que actúan los músculos del cuerpo humano para andar y correr , considera el cuerpo como un conjunto de palancas (Gribbin & Gribbin, 2003).

Posteriormente el físico italiano, Galileo Galilei en el S XVII, utilizó el plano inclinado como un artefacto experimental para concluir en su publicación titulada: *Discurso y demostración matemática en torno a dos nuevas ciencias*, que todos los cuerpos caen con la misma velocidad en ausencia de aire, sin importar su masa (Damerow, Freudenthal, McLaughlin, & Renn, 2004). Además, contribuyó en la descripción matemática del comportamiento de las poleas:

> *"Galileo vivió sus momentos más brillantes en Padua en varios aspectos prácticos: primero, con un tratado sobre fortificaciones militares (un tema de importancia considerable para la República de Venecia) y luego con un libro de mecánica, basado en las clases que estaba impartiendo en la universidad. Entre otras cosas, Galileo explicó claramente cómo funcionan los sistemas de poleas, de tal manera que, aunque a primera vista pudiera parecer milagroso —como conseguir algo a cambio de nada—que, por ejemplo, un peso de 1 kilogramo se utilice para levantar otro de 10 kilogramos, para lograr esto el peso de 1 kilogramo ha de moverse diez veces más que el de 10 kilogramos, como si hiciera diez viajes para levantar diez pesos de 1 kilogramo".* (Gribbin & Gribbin, 2003)

Lo anterior sugiere que Galileo Galilei desde sus investigaciones aborda el concepto de máquinas simples, pues aparte de planos inclinados, también trabajó con poleas, para aprovechar mejor la fuerza aplicada.

Poco tiempo después, en 1687, en la publicación de Isaac Newton titulada *los principios matemáticos de la filosofía natural*, se brindan las herramientas matemáticas y conceptuales para describir el movimiento de los cuerpos desde la dinámica, y de esta manera sentar las bases que permiten realizar cálculos en torno a cualquier tipo de máquina simple. Es decir, se plantean las bases de la mecánica clásica.

Alrededor del año 1714, el herrero e inventor Thomas Newcomen elaboró la primera máquina de vapor, con el objetivo de sacar agua de las minas de carbón en Inglaterra. Máquina que más adelante, en 1786 el ingeniero mecánico inglés James Watt mejoró al reconocer el calor específico del hierro y variar sus temperaturas. De esta manera, empieza la primera revolución industrial, con inventos como: el telar mecánico, calefacción a gas y ferrocarriles, basados en los estudios de mecánica y termodinámica. Ya en el siglo XIX, con los desarrollos en electromagnetismo y termodinámica, se da la segunda revolución industrial en la cual se llevaron a cabo invenciones como: electrodomésticos, alumbrado eléctrico, el teléfono. Por otra parte, se potenció el uso de combustibles fósiles y su implementación en los automóviles. Y para 1920 se ubica la tercera revolución industrial enmarcada en el uso de energía atómica, electrónica y cibernética, junto con la implementación de medios de comunicación como televisión, informática y radio (Banco de la República de Colombia, 2019).

En la actualidad, las máquinas han trascendido las escalas perceptibles por los sentidos del ser humano, muestra de ello es la nanotecnología, tecnología a nivel nanométrico que tiene diversas aplicaciones entre ellas los materiales y el campo de la salud (Invernizzi & Foladori, 2005), se tienen entonces nanomáquinas capaces de modificar superficies de materiales por medio de motores a escala molecular que por medio de rotación reorganizan las partículas de los materiales trabajados (Eelkema, Pollard, & Vicario, 2006).

2.2 Fuerza

El concepto de partícula o masa puntual, enunciada inicialmente por Newton al considerar el tamaño de los planetas del sistema solar en comparación con las distancias que estos recorren (Kleppner & Kolenkow, 1973); es así que, a pesar del gran tamaño que para nosotros tienen estos cuerpos, pueden simultáneamente ser considerados partículas con masa si lo que se desea es entender su movimiento de traslación. Esta

aproximación permitió abordar problemas mucho más complejos y contribuyó al desarrollo de la mecánica clásica ya que facilita la comprensión de conceptos como momentum lineal, fuerza, momentum angular y torque, entre otros.

Así pues, si sobre una partícula puntual se aplica una fuerza neta diferente de cero, se puede evidenciar un cambio en su velocidad, lo que implica una variación de su momentum en un determinado intervalo de tiempo, como describe (Alonso & Finn, 1970) quienes consideran la fuerza como un concepto matemático. Dicho concepto es construido con base en los trabajos de Galileo quién estudia el movimiento de los cuerpos, y brinda la noción de momentum lineal; el cual se define como el producto de la masa por la velocidad:

$\vec{p} = m\,\vec{v}$ (Ecuación 1)

A partir de lo anterior, se observa que al tener dos cuerpos con la misma velocidad, el de mayor masa tendrá mayor momentum. Como la fuerza es la variación de la cantidad de movimiento se puede escribir:

$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ (Ecuación 2)

$\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$ (Ecuación 3)

$\vec{F} = \frac{dm}{dt}\vec{v} + m\,\frac{d\vec{v}}{dt}$

Suponiendo consideraciones no relativistas, la masa no varía en el tiempo y así el primer término del lado derecho de la ecuación se anula.

$\vec{F} = m\,\frac{d\vec{v}}{dt}$ (Ecuación 4)

Si la fuerza aplicada es nula, entonces se deduce que el segundo término de la ecuación 4 es también cero. Como suponemos que la masa no es nula entonces

$\frac{d\vec{v}}{dt} = 0 \Longrightarrow \vec{v} = constante$

Esta última expresión no es otra cosa que la primera ley de Newton, en la que se evidencia que, si la fuerza es cero, la partícula no cambiará su estado de movimiento.

De otro lado, entendiendo la aceleración instantánea como la variación infinitesimal de la velocidad con respecto al tiempo, la ecuación 4 puede escribirse:

$\vec{F} = m\,\vec{a}$ (Ecuación 5)

dónde $\vec{F}$ es la Fuerza, m la masa y $\vec{a}$ la aceleración, cuyas unidades de medida son los Newtons (N), Kilogramos (Kg) y $m/_{s^2}$ respectivamente. Esta expresión se interpreta de forma que, si un objeto acelera de manera directamente proporcional a la fuerza neta ejercida sobre él, e inversamente proporcional a su masa (Serway, 1997).

La segunda ley de Newton, nos indica que para que exista un cambio en la velocidad de un cuerpo, es necesaria una fuerza neta distinta de cero. La fuerza produce un cambio en el estado de reposo o movimiento y es proporcional a la aceleración, para tal efecto se tiene la masa como constante de proporcionalidad.

Finalmente, teniendo en cuenta que, para un sistema aislado la interacción entre partículas obedece al principio de conservación del momentum, se puede finalmente deducir que en dos partículas que interactúan (ver figura 3) el cambio del momentum con respecto al tiempo debido a la interacción de la partícula 1, con respecto a la partícula 2, es el mismo cambio de momentum con respecto al tiempo, de la particular 2 con respecto a la partícula 1. Lo anterior se puede resumir como: “cuando dos partículas interactúan, la fuerza sobre una partícula es igual y opuesta a la fuerza sobre la otra” (Alonso & Finn, 1970), conocido enunciado de la tercera ley de Newton.

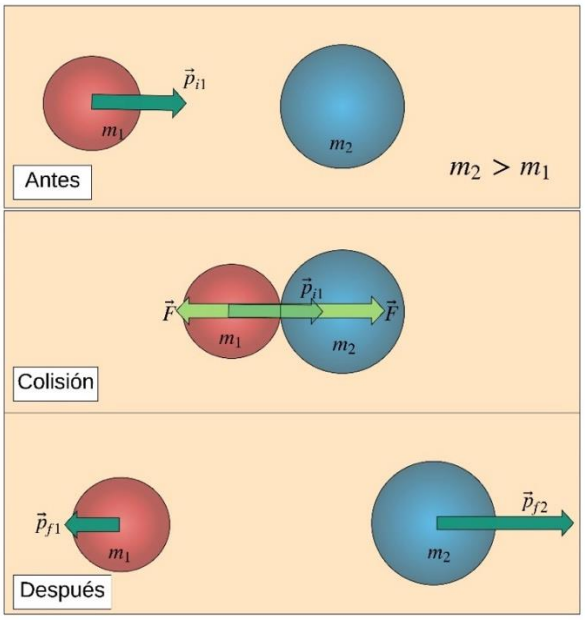


Figura 3. Conservación del momentum lineal. Las flechas verdes oscuro representan el momentum. Las flechas claras representan las fuerzas en el choque.

Ahora bien, la fuerza es la causa de cambio de estado de movimiento o de reposo o de forma de los cuerpos. Una fuerza, de manera intuitiva se puede describir como empujar o halar (Hewitt, 2004).

Las fuerzas se pueden clasificar de acuerdo con su mecanismo de interacción, es así que se puede hablar de fuerzas a distancia cuando dicha acción se manifiesta sin que exista un contacto físico entre los cuerpos o sistemas involucrados, ejemplos de estos tipos de fuerzas son las que llamamos interacciones fundamentales (tabla 1).

Fuerzas de la naturaleza	***Fenómeno al que corresponden***
Gravitacional	Interacción entre masas
Electromagnética	Interacción entre cargas
Fuerte	Interacción subatómica
Débil	Interacción atómica

Tabla 1. Interacciones fundamentales.

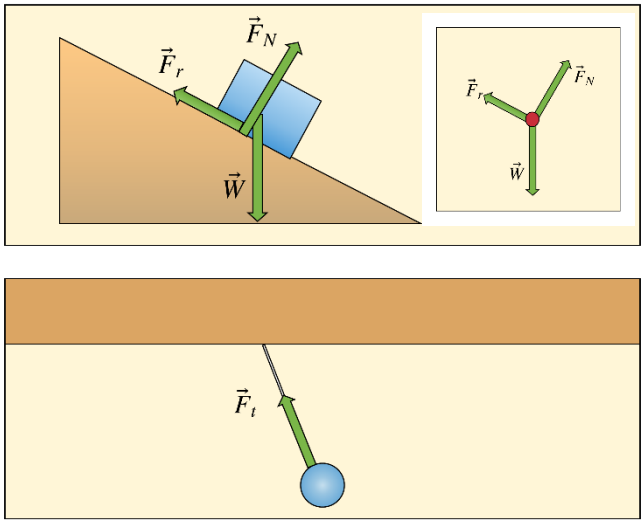


Figura 4. Arriba izquierda: fuerza de rozamiento, fuerza normal y el peso actuando sobre un bloque en un plano inclinado. Arriba derecha, diagrama de cuerpo libre sobre el centro de masa del bloque. Abajo se representa la fuerza de tensión para un péndulo.

La idea intuitiva de fuerza está relacionada con un “contacto físico” entre quien ejerce la interacción y quien la recibe; es así que a este tipo de fuerzas se les conoce como fuerzas de contacto, a pesar que en el sentido estricto lo que ocurre es una interacción electromagnética que impide el contacto en sí. También es claro que esta interacción ocurre a muy corta distancia, por lo que se seguirán considerando como fuerzas de contacto sin perder rigurosidad.

Para facilitar el estudio de este tipo de sistemas, las fuerzas involucradas se pueden representar gráficamente a través de un diagrama de cuerpo libre, en donde los objetos se representan por medio de masas puntuales y sobre estas se asume que actúan todas las fuerzas (Figura 4).

2.3 Torque

Cómo se vio en la sección anterior, es posible deducir el concepto de fuerza a partir de la cantidad de movimiento (lineal), se puede hacer un razonamiento similar cuando un objeto experimenta un cambio de posición angular como consecuencia de la acción de una fuerza.

Si una partícula gira alrededor de un eje describiendo una trayectoria circular, su movimiento se puede describir en términos de la posición angular θ, la velocidad angular ω y la aceleración angular α, cuya representación vectorial se ve en la figura 5:

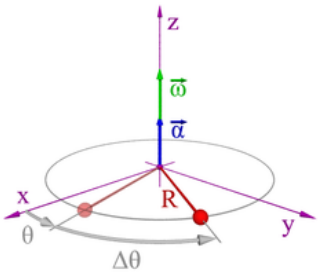


Figura 5. Relación vectorial en trayectoria circular. Rescatado de: https://www.fisic.ch/contenidos/cinem%C3%A1tica-rotacional/mcu/. El 05-07-20

Ahora bien, si una partícula se encuentra a una distancia $\vec{r}$ del origen, y tiene una cantidad de movimiento $\vec{p}$ asociada a su velocidad lineal $\vec{v}$, se puede definir una cantidad llamada *momento angular*, **L** definida por:

$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = \vec{r} \times m\vec{v}$ (Ecuación 6)

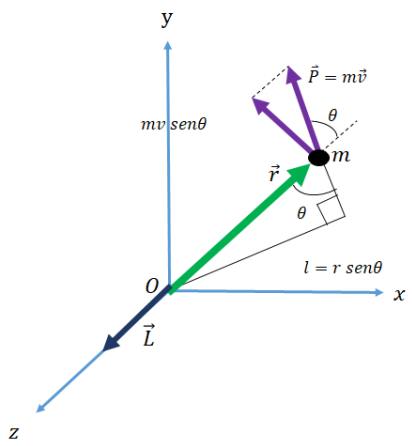


Figura 6. Representación de $\vec{\boldsymbol{L}}$, perpendicular al plano $\boldsymbol{x,y}$. Con origen en $\boldsymbol{O}$ y magnitud $\boldsymbol{L = mvl}$.

$\vec{L}$ "es una propiedad inherente a la partícula, derivada simultáneamente de su estado de movimiento y de su posición en el espacio respecto a un punto de referencia particular" (López, 1998).

Esta cantidad tiene unidades de $kg \cdot m^2/_s$, y que tiene una dirección perpendicular al plano de los vectores $\vec{r}\ y\ \vec{p}$.

Ahora bien, siguiendo la línea del análisis del apartado anterior, la variación del momento angular con respecto al tiempo puede entonces describirse por:

$\frac{d\vec{L}}{dt} = \left(\frac{d\vec{r}}{dt} \times m\vec{v}\right) + \left(\vec{r} \times m\frac{d\vec{v}}{dt}\right) = (\vec{v} \times m\vec{v}) + (\vec{r} \times m\vec{a})$ (Ecuación 7)

Es claro que el primer término es idénticamente igual a cero, y así se puede definir finalmente:

$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{r} \times \vec{F} = \vec{\tau}$ (Ecuación 8)

Esta cantidad llamada *torca*, es una medida cuantitativa de la tendencia de una fuerza a provocar o modificar la rotación de un cuerpo alrededor de un eje; y es un vector que claramente tiene la misma dirección que el momento angular y cuya magnitud es:

$\tau = rF \sin\theta$ (Ecuación 9)

Dónde el ángulo es el establecido entre la dirección de $\vec{r}$ y la de $\vec{F}$ (ver figura 6); a la cantidad $r \sin\theta$ se le suele llamar *brazo de palanca.* Para un sistema de partículas se tiene entonces:

$\sum \vec{\tau}_i = \frac{d\vec{L}}{dt}$ (Ecuación 10)

que es conocida como la segunda ley de Newton rotacional, por su equivalencia en el caso lineal.

Se puede extender este concepto cuando se trata de un objeto en extensión o cuerpo rígido que gira alrededor de un eje. Inicialmente se considerará un objeto delgado que gira en el plano x-y al rededor del eje z de manera que cada partícula de masa m_i describe una trayectoria circular de radio r_i de manera que el ángulo θ es de 90º y su velocidad lineal es entonces $r_i\omega$. (ver figura 7).

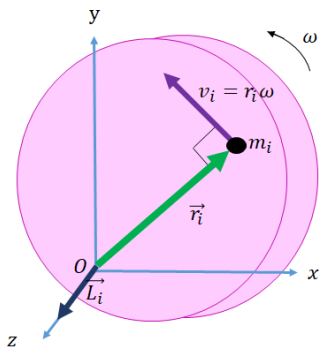


Figura 7. Corte de un cuerpo que gira alrededor del eje $\boldsymbol{z}$, $\vec{\boldsymbol{L}}_{\boldsymbol{i}}$, es perpendicular al plano del movimiento.

De esta manera, se puede describir el momento angular como:

$L_i = m_i r_i^2 \omega$ (Ecuación 11)

El momento angular total es la suma de los momentos angulares individuales, así pues

$L = \sum L_i = (\sum m_i\, r_i^2)\omega = I\omega$ (Ecuación 12)

En donde *I* se conoce como el *momento de inercia* del objeto, que es una cantidad que tiene relación directa con la *distribución espacial de masa* del cuerpo en rotación alrededor de un eje, y desempeña un papel análogo al de la masa inercial en el caso del movimiento rectilíneo. En el caso de que la partícula no se encuentre en el mismo plano del vector de posición, el momento angular tendrá una dirección diferente al eje de giro, y por tanto de la velocidad angular; solamente si el eje de rotación es un eje de simetría del objeto $\vec{L}$ y $\vec{\omega}$ tendrán la misma dirección, y solo en este caso se puede establecer la relación: $\vec{L} = I\vec{\omega}$.

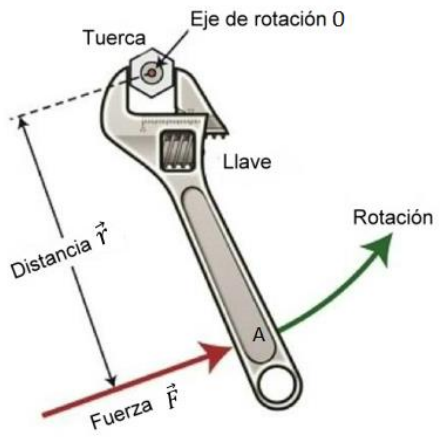


Figura 8. . Torque de una fuerza. Rescatado de https://www.demaquinasyherramientas.com/, el 18-06-20

La efectividad en la rotación de la fuerza $\vec{F}$ incrementa al aumentar la distancia perpendicular, denominada brazo de palanca (Alonso & Finn, 1970). La fuerza aplicada sobre el cuerpo rígido que genera el torque es la que actúa de manera perpendicular al brazo de palanca. En el caso en que la fuerza aplicada sobre el brazo de palanca no sea totalmente perpendicular, es necesario calcular la componente (ver figura 8).

2.4 Máquina simple

La máquina simple se define como un dispositivo útil para multiplicar fuerzas, o simplemente para cambiar la dirección de estas (Hewitt, 2004). Las máquinas simples son las siguientes:

- Palancas.
- Poleas.
- Plano inclinado.
- Tornillo
- Cuña

Las palancas se caracterizan por tener tres partes, el punto de apoyo, la resistencia y la fuerza. Dependiendo del orden en que se encuentren estos tres puntos se definen como palancas de primer, segundo o tercer género.

Las palancas de primer género son aquellas en las que el punto de apoyo se encuentra entre la fuerza y la resistencia, por ejemplo, las tijeras (ver figura 9). Las palancas de

segundo género son aquellas en las que la resistencia se encuentra entre el punto de apoyo y la fuerza, por ejemplo, la carretilla (ver figura 10). Finalmente, las palancas de tercer género son aquellas en las que la fuerza se encuentra ubicada entre el punto de apoyo y la resistencia, por ejemplo, los depiladores (ver figura 11). El principio físico para explicar el funcionamiento de las palancas es el torque.

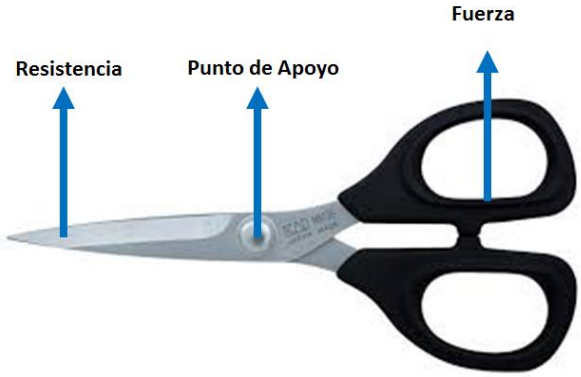


Figura 9. Tijera, ejemplo de palanca de primer género.

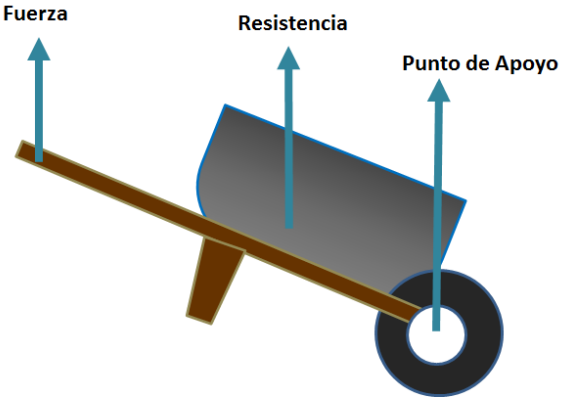


Figura 10. Carretilla, ejemplo de palanca de segundo género.

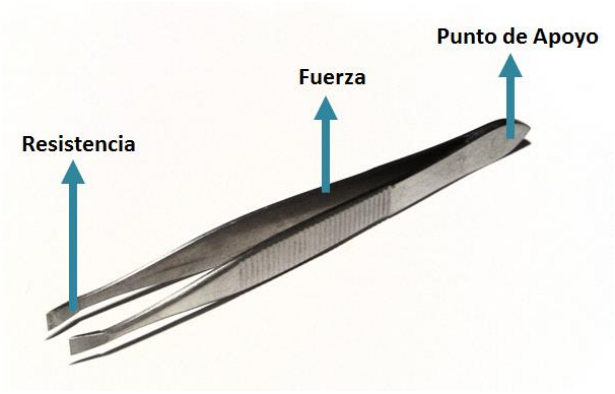


Figura 11. Depilador, ejemplo de palanca de tercer género.

Las poleas (ver figura 12) son ruedas con movimiento alrededor de un punto central llamado eje, que permiten el deslizamiento de cuerdas, cadenas o correas a lo largo de su perímetro. Son útiles para modificar las direcciones de las fuerzas y cuando se combinan se puede modificar la magnitud de la fuerza implementada. Un principio físico en la explicación del funcionamiento de las poleas es la fuerza.

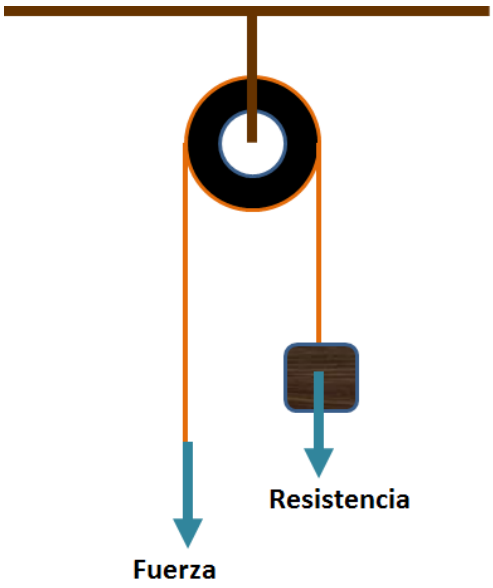


Figura 12. Polea fija.

El plano inclinado (ver figura 13) se trata de una superficie plana que forma un ángulo con respecto a la horizontal determinada por el suelo. Con esta máquina simple se logra el ascenso de grandes masas, aumentando la distancia recorrida. Físicamente se describe a partir del cambio de la magnitud y dirección en la descomposición de las fuerzas normal, peso y de rozamiento.

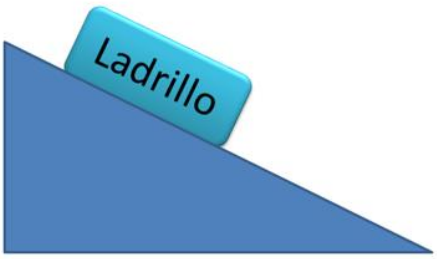


Figura 13. Plano inclinado.

El tornillo es un plano inclinado enrollado alrededor de un cilindro, es utilizado para sujetar partes de distintas estructuras, el principio de funcionamiento es el mismo que en el plano inclinado (ver figura 14).

Figura 14. Tornillo. Ejemplo de plano inclinado enrollado sobre un cilindro.

La cuña, es una pieza de material sólido con forma de prisma triangular, entre sus usos se encuentran, dividir un material, ajustar o inmovilizar cuerpos y llenar grietas (ver figura 15). Es un plano inclinado doble, por lo tanto, su funcionamiento se basa en el principio del plano inclinado.

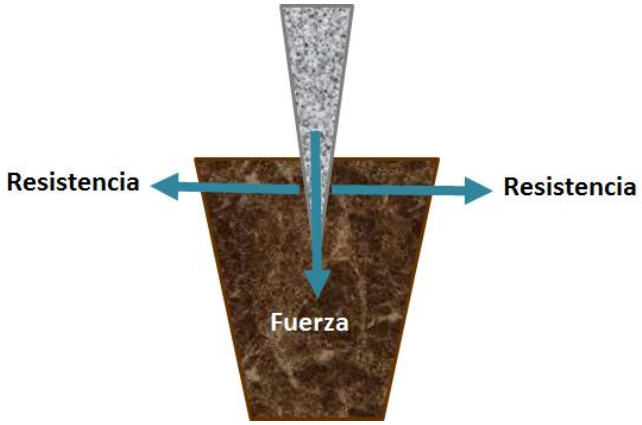


Figura 15. La cuña. Ejemplo de plano inclinado doble.

2.5 Marco pedagógico

Para el presente trabajo se tienen en cuenta la teoría pedagógica del Aprendizaje Significativo AS, y dentro de ella dos estrategias pedagógicas como lo son: el Aprendizaje Activo AA y el Aprendizaje Basado en Problemas ABP. El AS aporta en la propuesta de ciencia viajera la posibilidad de reconocer las ideas previas de los docentes, para tomarlas como base en la construcción de nuevos conocimientos. Por su parte el AA, se encuentra presente, ya que, toma el experimento, en nuestro caso Experimentos

Discrepantes ExD, como eje central de la reflexión en torno a los fenómenos abordados. Finalmente, el ABP, es vinculado en el trabajo con las docentes en una de las sesiones, en la que se plantea un problema que requiere del análisis y la formulación de hipótesis, luego se deben identificar las necesidades de aprendizaje, se realiza un aprendizaje individual, para posteriormente ser socializado. Es así como, las estrategias del AA y el ABP, se vinculan para lograr dos de los propósitos de la teoría de AS, primero, reconocer las ideas previas de los estudiantes; segundo, construir los conceptos a partir de dichas ideas. A continuación, se definen la teoría en mención y las dos estrategias que fueron vinculadas a la propuesta de ciencia viajera:

2.5.1 Aprendizaje significativo

El aprendizaje significativo es una teoría creada por David Ausubel a partir de 1976 sobre la construcción de conocimiento. El proceso de aprendizaje vincula tres elementos, el estudiante, el conocimiento y el docente. En el aprendizaje significativo se debe reconocer en el estudiante su estructura cognoscitiva (el estudiante posee saberes previos), de tal manera que su relación con el nuevo conocimiento está determinada con el significado que adquiera. (Rodríguez, Moreira, Caballero, & Ileana, 2008).

Lo anterior muestra la importancia que se le brinda al estudiante, pues en lugar de ser un agente pasivo en el proceso de aprendizaje, se convierte en el protagonista de dicho proceso. El acto de aprender no debe ser arbitrario con las estructuras cognitivas del estudiante.

La construcción del significado de los conceptos aprendidos se encuentra determinada por la relación que se establezca entre el conocimiento nuevo y la experiencia del estudiante, si esa relación es coherente se tiene como resultado un subsumidor o idea de anclaje, que es el elemento cognitivo que le brinda un significado real a lo aprendido.

Para que exista el aprendizaje significativo deben estar presentes dos condiciones. La primera es una predisposición por parte del estudiante frente al conocimiento. La segunda es que el material de trabajo sea potencialmente significativo para el estudiante, esto es, que se pueda relacionar con la estructura cognitiva del estudiante, donde se reconozcan su contexto y sus ideas previas. (Ausubel, 1976)

Dentro del proceso del aprendizaje significativo se pretende llegar a la construcción de los nuevos conceptos por parte del estudiante, partiendo de sus saberes previos, posteriormente el conocimiento debe adquirir significado dentro de la estructura cognitiva del estudiante.

2.5.1.1 Aprendizaje Activo.

El aprendizaje activo (AA) se describe como una manera de relación entre el estudiante y el conocimiento, su participación es activa en la construcción de conocimiento de tal manera que interactúa con los elementos disponibles para la descripción de fenómenos.

El modelo de AA se encuentra basado en las ideas centrales del constructivismo (Benegas, J, & Otero, 2013), en las que se reconoce el conocimiento previo del estudiante como la plataforma sobre la que se elaboran los nuevos conceptos, el docente desempeña un rol de facilitador en la interacción entre el estudiante y el conocimiento. Lo anterior permite vincular el AA con el AS, dada la condición de soportar los nuevos saberes con los que ya posee el estudiante.

Una definición de AA, es la participación de los estudiantes en actividades como: lecturas, solución de problemas, debates y prácticas de laboratorio, en las que se promueve que los estudiantes logren sintetizar, analizar y evaluar los aspectos referentes al fenómeno observado (Prince, 2004)

Para (Prince, 2004) existen dos elementos básicos en el desarrollo de una clase desarrollada a partir del AA, uno de ellos es la participación constante del docente, con intervenciones regulares y fomentando la discusión entre los estudiantes. El segundo elemento es la actividad propuesta, esta debe ser diseñada de tal manera que promueva la reflexión dinámica e incluyente de los estudiantes.

Según (Huber, 2008) el eje fundamental en el AA es la reflexión, pero hecha por el estudiante con respecto al objeto de aprendizaje. Esta tiene tres dimensiones, que son: descriptiva, comparativa y crítica.

La dimensión descriptiva se vincula con el objeto de aprendizaje en un ejercicio de cuestionamiento sobre el aporte del objeto a las necesidades propias del estudiante, con una visión utilitarista del conocimiento. La dimensión comparativa es el reconocimiento que hace el estudiante de otras formas de explicar el objeto de estudio. Por su parte la dimensión crítica se basa en poner el punto de vista individual en diálogo con las explicaciones de los otros estudiantes, de tal manera que se reelabora o se reafirma la explicación con respecto al objeto de estudio, de esta manera el estudiante llega a la comprensión. Para el caso del presente trabajo, en la propuesta de ciencia viajera, el objeto de estudio se presenta como Experimento Discrepante, dado que "*este tipo de experimentos retan el sentido común de los observadores y promueven el AA de la física"* (Barbosa, 2008). El hecho de que rete el sentido común, genera una crisis entre el pensamiento intuitivo del observador y el resultado de la observación.

2.5.1.2 Aprendizaje Basado en Problemas.

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), es inicialmente planteado desde un contexto en medicina (Barrows & Tamblyn, 1980), en el que se promueve el aprendizaje de los estudiantes de medicina, a partir de situaciones reales del contexto laboral. Es decir, deben estar presentes en situaciones reales y observar la manera de solucionarlas. Lo anterior sugiere una integración de todo el cuerpo de conocimientos, y no una forma segmentada del saber.

En el ABP, los roles de los participantes en el proceso de enseñanza aprendizaje son distintos con respecto a la educación tradicional. El docente entra a ser un facilitador de la información, acompaña el proceso de aprendizaje validando fuentes de información. Por su parte, el estudiante a diferencia de la educación tradicional es un actor activo en el aprendizaje, es el protagonista de su proceso de formación, la cual es autónoma y determinada por su propio ritmo de aprendizaje.

El docente dentro del ABP, participa como mediador entre la información y el estudiante, pero, además, debe diseñar situaciones problema, en las que se encuentre involucrado el contexto del estudiante, situaciones que sean retadoras y que tengan claros los objetivos de aprendizaje, promueve el debate constante entre los estudiantes, y realiza seguimiento cualitativo en torno a su evolución.

Con respecto los intereses de los docentes en torno al ABP, “les interesa más que sus alumnos demuestren la profundidad y la calidad de su comprensión de las ideas, los conceptos, las habilidades y las disposiciones significativas, que la memorización por parte del alumno de hechos desconectados que no podrán ser recordados poco tiempo después del examen” (Barrel, 1999) , así que, se brinda mayor relevancia a la manera en que los estudiantes aplican el conocimiento, lo construyen a partir de las situaciones problema, y van más allá de la simple memorización de conceptos y definiciones que en la educación tradicional no adquieren mayor sentido.

Lo anterior promueve a su vez en los estudiantes la habilidad de saber hacer, esto es, utilizar el conocimiento que se ha elaborado a partir de las situaciones problema propuestas por el docente, con el objetivo de dar respuesta a dichos problemas.

En general son siete pasos que componen el ABP (Huber, 2008):

- Presentación del problema: el docente propone un problema a los estudiantes, que haga parte de su contexto.
- Análisis del problema: el grupo de estudiantes analiza el problema y los problemas que se puedan derivar de él.

- Generación de hipótesis: los estudiantes plantean diversas hipótesis frente al problema propuesto.
- Identificación de necesidades de conocimiento: los estudiantes registran lo que conocen e identifican lo que deben conocer para poder dar solución al problema.
- Reconocimiento de las metas de aprendizaje: cada estudiante o grupo de estudiantes, reconoce lo que quiere aprender para poder dar solución al problema.
- Aprendizaje individual: el docente brinda fuentes de información, de tal manera que el estudiante realice una búsqueda de acuerdo con sus necesidades.
- Socialización de resultados: los estudiantes realizan una socialización de los alcances alrededor del problema y construyen las conclusiones de manera colectiva.

Los siete pasos descritos no son un esquema riguroso, que se siga al pie de la letra, por el contrario, se puede navegar entre ellos en la medida en que se requiera. Eso lo define el ritmo de aprendizaje de cada estudiante o cada grupo de estudiantes.

Finalmente, la evaluación del proceso de aprendizaje no se reduce a una prueba escrita en la que se mide por medio de una calificación el progreso del estudiante, para el ABP es fundamental la reflexión a lo largo del proceso de formación, con un diálogo constante, en el que se reconozcan las debilidades y fortalezas de cada estudiante, es así como se evalúa (Rios, 2007).

3 Marco metodológico

La investigación es “un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014), y el tipo de investigación realizada en el presente trabajo es de corte cualitativo, de ahí que se definirán tres aspectos relevantes para estructurar la forma de abordar nuestro problema. Primero se realizará la descripción del método de investigación cualitativa, enmarcado en la investigación acción; segundo, se definirá la población con la que se trabajó y el contexto de educación rural y escuela nueva en el que esa población se desempeña; por último, se describirán los instrumentos utilizados para el seguimiento y análisis del proceso investigativo.

3.1 Investigación cualitativa

Dada la condición de la presente investigación, en la que el investigador actúa inmerso en el contexto y participa durante el proceso de investigación por medio de la observación, y a través de la interpretación de los discursos explicativos de los docentes, se considera pertinente abordar este trabajo desde una perspectiva cualitativa, en la que se identifiquen elementos conceptuales útiles para analizar las formas de razonar de las docentes en las explicaciones de los fenómenos abordados.

El tipo de estudio se considera como grupo de enfoque, debido a que se focaliza en un escenario pedagógico en el contexto rural. La metodología se enmarca en la investigación acción, que tiene como objetivo entender y buscar soluciones a problemas de un colectivo de personas que comparten un mismo entorno (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014), esta metodología es creada por Kurt Lewin, quien en 1946 describe las fases secuenciales que hacen parte de la metodología, que son, planificación, identificación de hechos, análisis, implementación y evaluación.

3.2 Población.

El trabajo se desarrolló con 17 docentes de escuelas rurales que atienden aulas multigrado, es decir, que en un mismo espacio físico tienen estudiantes de distintas edades y estilos de aprendizaje. Son 16 docentes profesionales en pedagogía, y 1 licenciada en química, 2 de los docentes son magister en pedagogía. Se tiene entonces una población homogénea que tiene como formación la pedagogía orientada en educación primaria. Las edades de los docentes oscilan entre los 30 y 60 años, siendo la mayoría mayores de 50 años. 10 docentes tienen más de 15 años de experiencia, 7 docentes tienen más de cinco años de experiencia en educación rural con aulas multigrado.

Las docentes atienden un total de 10 sedes, 9 de ellas son rurales y de difícil acceso, que adicionalmente no cuentan con conectividad a internet, los recursos en cuanto a planta física y laboratorios son bastante limitados, todas las escuelas cuentan con dotación de computadores, sin embargo, por falta de acceso a internet, los equipos no son utilizados regularmente en clase.

Las escuelas rurales son: Piedra Azul, El Arracachal, Pueblo Nuevo, La Rápida, Santivar Alto, Simón Bolívar, Cubsio, La Rambla, La maría. Las escuelas atienden población campesina del territorio, con nivel socioeconómico 1 y 2.

3.2.1 Educación rural

El contexto rural se concibe como un espacio en el que el campo es el escenario social y cultural de la población, y la economía es basada en la relación del campesino con la tierra (Lozano, 2012).

Económicamente el sector rural tiene unas condiciones particulares que radican en la explotación de la tierra propia, familiar o alquilada, dicha explotación no genera ganancias más allá de las necesidades básicas de los campesinos. Estas dinámicas económicas determinan otro tipo de racionalidad distinto al urbano debido a que: “Los objetivos determinados por el consumo, los métodos de producción tradicionales, el uso de la mano de obra familiar. La escasa capacidad de venta del producto y la falta de verificación y control mediante la contabilidad sistemática en términos monetarios hacían de la familia campesina una unidad de producción muy diferente de la empresa capitalista ‘racional’” (Shanin, 1979), a partir de lo anterior se logra realizar una distinción entre el contexto rural y el contexto urbano, debido a que el contexto rural tiene una forma de producción basada en la mano de obra familiar, mientras que el contexto urbano obedece a otras lógicas del mercado.

Además de la diferencia de las dinámicas económicas entre el sector rural y el urbano, existen diferencias en torno al acceso a la educación, debido a las condiciones de distancia que puedan existir entre los habitantes del campo y las escuelas rurales y la forma de contextualizar los contenidos académicos con la realidad del campesino.

Por lo anterior, la educación busca que el campesino desarrolle dos tipos de habilidades, una de ellas estructural y otra funcional. La estructural se refiere a la comprensión de lo que ocurre en el territorio, para que sea consiente en la toma de decisiones políticas. Por su parte, la funcional implica el reconocimiento de los cambios económicos en el contexto de la globalización (Lozano, 2012).

3.2.2 Escuela Nueva

La Escuela Nueva (EN) es “un modelo pedagógico que fue diseñado en Colombia a mediados de los años setenta por Vicky Colbert, Beryl Levinger y Óscar Mogollón para ofrecer la primaria completa y mejorar la calidad y efectividad de las escuelas del país” (Fundación Escuela Nueva, 2019), el modelo es caracterizado por involucrar a los estudiantes en procesos escolares que reconocen los ritmos de aprendizaje particulares, en los que el rol del estudiante es activo. Este modelo se implementa con el fin de mejorar el acceso, permanencia y calidad de la educación en el contexto rural, dadas las

condiciones de aulas multigrado, en las que el docente debe atender a estudiantes de distintas edades y distintos grados en el mismo espacio físico (Villar, 2010).

La metodología EN es implementada en Colombia como Programa EN en 1975, como respuesta para afrontar las dificultades presentes en el programa Escuela Unitaria propuesto por La UNESCO en 1961 que atiende población rural (Villar, 2010). La metodología se desarrolla a partir de guías de trabajo orientadas a los estudiantes, se requiere de un aprendizaje autorregulado, en el que el estudiante avanza a su propio ritmo. Además del trabajo individual, la metodología EN permite que los estudiantes realicen trabajos de socialización grupales, en los que exista una constante retroalimentación de los temas abordados. A continuación, se presenta un cuadro propuesto por el MEN, que sintetiza las principales características del modelo EN:

Escuela Nueva	
Población	Niños y niñas
Edad	7 a 12 años
Nivel Educativo	Educación Básica Primaria
Información Básica	Modelo escolarizado de educación formal, con respuestas al multigrado rural y a la heterogeneidad de edades y orígenes culturales de los alumnos de las escuelas urbano - marginales.
Descripción	El modelo busca ofrecer primaria completa a niños y niñas de las zonas rurales del país. Integra estrategias curriculares, de capacitación docente, gestión administrativa y participación comunitaria.

Tabla 2. Escuela Nueva. Recuperado de MEN Colombia https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-340089.html?_noredirect=1 el 05-08-19.

3.3 Instrumentos de seguimiento

Los instrumentos de seguimiento del presente trabajo son las guías implementadas a los docentes, audios de las intervenciones, encuestas cerradas y un diario de campo, en el que se realizaron las reflexiones sobre las hipótesis, y los discursos explicativos de las docentes con respecto a cada fenómeno abordado.

Con el objetivo de identificar los errores conceptuales de las docentes, se les aplicó una encuesta de manera dinámica haciendo uso de diapositivas, acompañada de explicaciones hechas por el docente facilitador para aclarar eventuales dudas que pudieran surgir a la hora de resolver los puntos propuestos. Se trata de 20 preguntas (ver Anexo 4), de las cuales 18 son preguntas cerradas y 2 abiertas. 4 de las preguntas se refieren a máquinas simples, 5 al concepto de fuerza, 4 se refieren al torque, 3 preguntas son sobre el movimiento circular y finalmente 4 preguntas cuestionan a cerca de la energía mecánica. La pregunta número 4 se presenta con una animación en la que las llantas del tractor se encuentran en movimiento.

Las preguntas tienen el propósito de indagar acerca de los conceptos sobre los cuales se puede mejorar con los docentes, fueron diseñadas a partir de las temáticas que los docentes abordan en los grados cuarto y quinto, además contienen gráficas y situaciones que hacen parte de la vida cotidiana. El objetivo de cada pregunta está descrito en la siguiente tabla:

	Objetivo	**Tipo**
Preguntas 1, 11.	Identificar el concepto que se tiene de máquina	Selección múltiple
Preguntas 12 y 13.	Reconocer los conceptos y funciones que los docentes asocian al concepto de máquina simple	Abiertas
Preguntas 2, 8, 9, 10 y 14.	Verificar la conceptualización que se tiene de la fuerza	Selección múltiple
Preguntas 3, 5, 6, 7.	Analizar la asociación que se realiza entre fuerza y distancia en el fenómeno del torque	Selección múltiple
Preguntas 4, 16 y 15	Identificar el vínculo que se tiene entre velocidad lineal y angular en el movimiento circular	Selección múltiple
Preguntas 17, 18, 19 y 20	Evaluar la conceptualización con respecto a la energía mecánica potencial y cinética.	Selección múltiple

Tabla 3. Objetivos y tipos de preguntas de la prueba diagnóstico de los docentes.

Por otra parte, se tiene un audio en el que se desarrolla un debate entre los docentes alrededor de un fenómeno abordado, se rescatan del audio fragmentos en los que la argumentación deja ver las construcciones conceptuales de las participantes. Además, se cuenta con guías en las que los docentes realizan diagramas, predicciones individuales y predicciones grupales de los fenómenos propuestos.

4. Propuesta cajas viajeras

Para fortalecer conceptualmente a los docentes en torno a máquinas simples, se plantea en esta estrategia didáctica abordar inicialmente el concepto de fuerza, debido a que las máquinas simples hacen más eficiente las fuerzas o las cambian de dirección. En seguida se trabaja el concepto de torque, dado que las palancas como máquinas simples tienen asociado el torque. Finalmente, se vincula el concepto de máquina simple, a partir de la experiencia de los conceptos anteriormente tratados. Es importante aclarar, que no se abordarán los tipos de máquinas simples, sino más bien, se construye la idea de máquina simple, basada en la fuerza y el torque.

Los tres conceptos, fuerza, torque y máquina simple; son trabajados con las docentes por medio de tres kits denominados ciencia viajera, cada kit se encuentra en una caja plástica que contiene seis elementos:

1. **Guía para el maestro:** esta guía contiene la ruta para el desarrollo de la caja de ciencia viajera, está complementada con preguntas de apoyo para el direccionamiento de las discusiones.
2. **Guía para el estudiante:** este recurso está diseñado para recabar dos tipos de información, en primer lugar, solicita descripciones y argumentos explicativos de los fenómenos abordados, en segundo lugar, requiere de dibujos realizados por el estudiante, útiles a la hora de analizar lo que puede estar pensando el estudiante respecto al experimento.
3. **Cuento infantil:** se trata de un cuento de autoría propia, en el que se vincula la cotidianidad de los niños al concepto que se pretende trabajar. Este cuento juega un papel importante en la caja de ciencia viajera, debido a que integra la lectura y la imaginación, y puede captar la atención de los estudiantes del aula multigrado. De esta manera se interviene con la metodología del AA, definida en el marco pedagógico.
4. **Montaje experimental:** el montaje es diseñado de manera amable para que pueda ser manipulado por cualquier persona, puede ser armado y desarmado de modo sencillo. Sus partes son de bajo costo y fácil consecución, lo que le brinda un valor agregado a la caja. Este montaje es discrepante porque logra retar el sentido común de los participantes, es valioso en tanto se desarrolle aplicando la metodología del AA.
5. **CD con archivos digitales:** este CD contiene un archivo de video en el que se explica la forma de realizar el montaje experimental. También se encuentran digitalizados: el cuento, las guías para el maestro y para el estudiante y la hoja de contenido de la caja.

6. **Hoja de contenido:** que no es menos importante, ya que, con ella cada docente podrá realizar un inventario para verificar que el contenido de la caja de ciencia viajera esté completo, y pueda ser enviada a otra escuela rural. Otro beneficio de la hoja de contenido es que permite al docente saber con qué elementos puede conformar su propio kit.

La estrategia didáctica es dirigida por un docente facilitador, cuyo papel se centra en propiciar el debate a través de preguntas. Se desarrolla en tres sesiones, la primera destinada a trabajar el concepto de fuerza; la segunda tiene como objetivo abordar el concepto de torque, y la última sesión tiene como propósito socializar la idea de maquina simple a través de un reto. Cada sesión contiene tres actividades que se describen a continuación:

- **Actividad 1:** esta actividad está compuesta por seis etapas:

1. El docente facilitador propone un fenómeno o experimento discrepante (salvo en la sesión de máquina simple), que hace parte de la ciencia viajera, en el que se reta el sentido común de los participantes.
2. A partir del fenómeno propuesto, los participantes realizan predicciones individuales que son registradas en una guía destinada para ello.
3. Las predicciones individuales son socializadas posteriormente en grupos de tres personas, quienes deben llegar a un consenso. Si el consenso no se efectúa, los participantes tendrán la posibilidad de exponer sus argumentos en la siguiente etapa.
4. Se realiza una socialización general de las predicciones fruto del consenso de la etapa anterior. En este momento, los grupos que no llegaron a algún acuerdo pueden argumentar sus predicciones.
5. Es realizada la demostración del fenómeno de manera que, los participantes contrastan lo observado con las predicciones realizadas.
6. El docente facilitador propicia un debate, en el que los participantes ponen de manifiesto sus explicaciones con respecto a las predicciones y su coherencia con la demostración del fenómeno.

- **Actividad 2:** en esta actividad se encuentran dos momentos:

1. Se socializa con los participantes un recurso audiovisual, en el que se explica la forma de realizar el montaje del experimento discrepante que contiene la caja, el recurso además plantea preguntas o retos para promover la reflexión sobre el fenómeno.

2. Se realiza la lectura de un cuento infantil, que busca la contextualización del concepto objeto de estudio en el entorno de la población, a partir del cuento se

plantean preguntas a los participantes para que expliquen con argumentos lo que sucede en él.

- **Actividad 3:** el docente facilitador propicia el debate sobre el tema abordado, basado en los elementos conceptuales adquiridos en las dos actividades anteriores, de manera que se fortalezca la parte disciplinar con la socialización de ecuaciones sencillas.

Las tres actividades son implementadas por medio de tres kits de ciencia viajera que se describen a continuación:

Ciencia viajera "Sorpresa enlatada": con ella se trabaja de manera intuitiva el concepto de fuerza como la causa del cambio de estado de movimiento o de reposo de los cuerpos, (ver figura 16). Esta caja contiene además un experimento discrepante, frente al que los participantes construyen explicaciones. La implementación se realiza utilizando la guía para el estudiante (Ver anexo 7).

Figura 16. Caja de ciencia viajera llamada "sorpresa enlatada". Utilizada para trabajar el concepto de fuerza.

La descripción de la construcción del montaje experimental titulado "sorpresa enlatada" se muestra a continuación:

MATERIALES:

- Pinzas.
- 20 cm de alambre.
- Puntilla de ½"
- Una banda de caucho.

- Una batería de 12 V (no importa si está descargada).
- Cinta de mascarar.
- 2 latas de leche vacías de 12 cm de altura, con sus respectivas tapas.
- 1 Cautín.
- 1 Marcador rojo.
- 1 Marcador Verde.

DESCRIPCIÓN DEL MONTAJE:

Paso 1: pegar cinta alrededor de la lata, colorear la cinta con el marcador rojo. Con la puntilla realizar un orificio en el centro de la base de la lata. Usar el cautín y hacer otro orificio en el centro de la tapa de la lata.

Figura 17. Perforación de la tapa.

Paso 2: cortar el alambre de 20cm en dos partes iguales y se doblan en forma de S.

Figura 18. Alambres doblados.

Paso 3: pegar con cinta de mascarar la batería al caucho, de tal manera que queden libres los extremos de la banda de caucho.

Figura 19. Perforación de la base.

Paso 4: introducir los extremos libres de la banda de caucho a través de los orificios de la base de la lata y de la tapa.

Figura 20. Pila y caucho pegados con cinta.

Paso 5: sujetar los extremos de la banda de caucho con los alambres elaborados en el paso 2.

Figura 21. El caucho pasa por el orificio de la tapa.

Paso 6: fijar los alambres con cinta de mascarar.

Figura 22. Se sujetan los alambres con el caucho.

Paso 7: empuje la lata sobre una superficie horizontal sin obstáculos.

Figura 23. Alambres fijos con cinta de mascarar.

Paso 8: pegar cinta alrededor de la otra lata, y colorearla con el marcador rojo.

Figura 24. Lata rodando sobre superficie horizontal.

Una descripción detallada del procedimiento la puede observar en: https://www.youtube.com/watch?v=XEtRtSk1ZQA.

El cuento diseñado para esta sesión se titula “el más fuerte” (ver anexo 5). Y trata de un juego entre dos hermanos, en el que ocurre algo que le suscita una duda sobre la fuerza a uno de ellos. Se resalta el contexto del juego, debido a que la cotidianidad de muchos niños está marcada por la interacción lúdica con sus pares.

Ciencia viajera “Equilíbrate con el torque”: con esta caja se aborda el concepto de torque, relacionando la distancia y la fuerza que actúa sobre un cuerpo que se encuentra en equilibrio. Se implementa la caja viajera (ver figura 25), con los docentes haciendo uso de la guía para el estudiante (Ver anexo 8). Aquí es importante resaltar que el montaje es construido con base en tubos de PVC, que tienen medidas estándar de 30 cm cada uno, haciendo uso de codos y uniones. Se propone un experimento discrepante que va a ser explicado en la sección de implementación con docentes.

Figura 25. Caja de ciencia viajera denominada “Equilíbrate con el torque”. Utilizada para trabajar el torque.

La descripción de la construcción del montaje experimental titulado “equilíbrate con el torque” se muestra a continuación:

MATERIALES:

- 14 Tubos PVC blancos de media pulgada de diámetro y 30 cm de longitud.
- 7 Tubos PVC verdes de media pulgada de diámetro y 30 cm de longitud.
- Codos PVC de media pulgada de diámetro.
- 7 uniones PVC hembra - hembra.
- 2 tubos de PVC verdes de media pulgada de diámetro y 13 cm de longitud.
- 1 tornillo de 4mm de diámetro y 8 cm de longitud.

- 2 T de PVC de media pulgada de diámetro.
- 1 escoba.
- 3 Tarros de tempera vacíos.
- 1 Cinta de enmascarar.
- 100 g de plastilina.
- 1 Regla hecha con palo de balso y un esfero.

Paso 1: ensamblar con uniones 4 tubos blancos PVC, uno de ellos debe tener la rosca para ajustar la escoba.
Paso 2: ensamblar con uniones 4 tubos blancos PVC, (ver figura 26).
Paso 3: Ensamblar con codos y T´s, los 7 tubos PVC de color verde hasta armar una balanza cómo se muestra en la figura 26 parte derecha.
Paso 4: se deposita en uno de los tarros de tempera los 100 g de plastilina.

Figura 26. Izquierda, ensamble de tubos con escoba. En medio, ensamble de tubos. Derecha, balanza ensamblada con tubos verdes.

El cuento vinculado a esta sesión se titula “La más pesada del parque” (ver anexo 6), trata de una situación en la que dos niñas que juegan en el sube y baja del parque se encuentran frente a una situación de desequilibrio que quieren solucionar. La situación de desequilibrio demanda de los estudiantes el análisis de la solución planteada por los personajes de la narración.

Ciencia viajera "La máquina de Goldberg": con ella se propicia la reflexión en torno al concepto de máquina y máquina simple, recurriendo al ABP, además se vincula con los conceptos vistos anteriormente. Se implementa la maleta (ver figura 27), con los docentes haciendo uso de la guía para el estudiante (Ver anexo 9).

Figura 27. Maleta viajera llamada "Máquina de Goldberg".
Utilizada para trabajar el concepto de máquina simple.

La descripción de la construcción del montaje experimental titulado "La máquina de Goldberg" se muestra a continuación (ver figura 28):

Materiales

- 9 imanes de grafito.
- 1 Tijeras.
- 1 barra de plastilina.
- 1 Regla.
- 1 Esfero.
- 1 Pistola de silicona.
- 3 cajas de cartón de cereal.
- 10 fichas de dominó, una pelota de ping pon.
- Canicas.
- 1 Circuito simple (LED, protoboard, fuente de poder e interruptor).
- 1 lata metálica con dimensiones 0,40m x 0,5m, fijada a un rectángulo de madera de 0,60m x 0,30m.

Figura 28. Lata de hierro anclada a la tabla de madera por medio de dos ángulos.

Construcción del montaje

Se toman las cajas de cartón y se desarman de tal manera que se puedan dibujar las siguientes dimensiones:

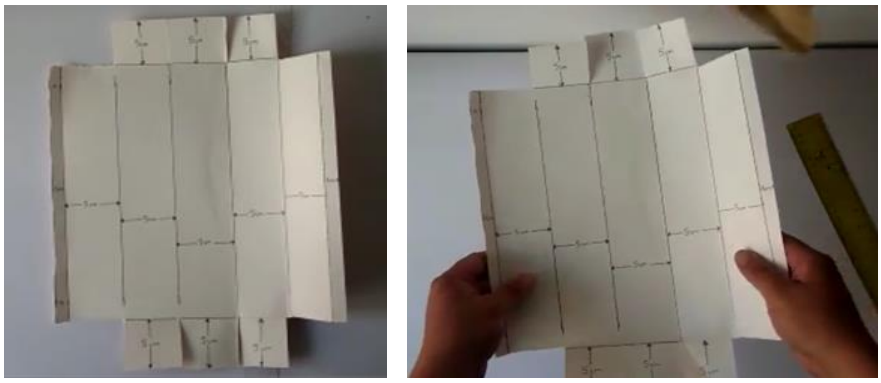


Figura 29. Izquierda y derecha, dimensiones del cartón.

Posteriormente, se dobla el cartón en las líneas demarcadas de tal manera que se obtiene una caja así:

Figura 30. Izquierda, doblado de cartón para conseguir la caja. Derecha, caja armada sin pegar.

A continuación, se le aplica silicona en las pestañas de 1cm de tal manera que la caja quede firme:

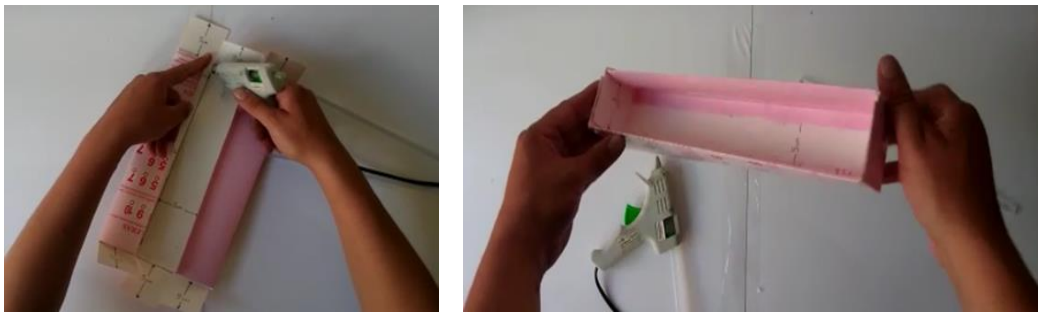


Figura 31. Izquierda, pegado de bordes con silicona. Derecha, caja pegada con la silicona.

En seguida, se realiza una perforación en uno de los extremos de la base de la caja de 4cm x 2cm a la caja:

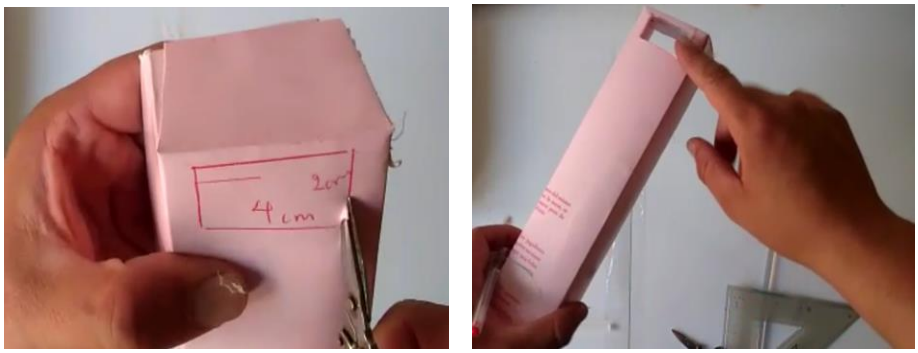


Figura 32. Izquierda, perforación con tijeras. Derecha, caja perforada.

Luego se recorta uno de los lados de cada una de las cajas.

Figura 33. Recorte de un costado de la caja.

Finalmente se utilizan los imanes para sostener las cajas contra la lata de hierro. Debajo de la ventana de la última caja se ubica el circuito simple de tal manera que cuando un objeto caiga por dicha ventana, el circuito se cierre y el bombillo se encienda (ver figura 34).

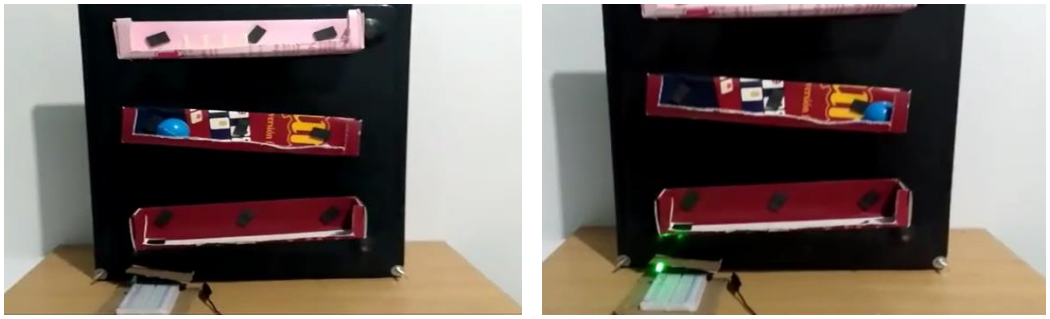


Figura 34. Izquierda, máquina de Goldberg antes de ser activas. Derecha, Máquina de Goldberg luego de ser activada.

El cuento vinculado a esta sesión se titula “La dificultad” (ver anexo 10), trata de una situación en la que un niño debe idearse la manera de ayudar a su padre en una labor común del campo. Aquí se pone de presente el plano inclinado, y con este la excusa de socializar las otras máquinas simples que hacen parte de la vida laboral en el sector rural.

La forma de evaluación de cada caja de ciencia viajera es de carácter formativo, pues se encuentra presente en todo el proceso de implementación de la propuesta, dicha evaluación es un análisis de las explicaciones y argumentos elaborados por los docentes de manera grupal a lo largo del desarrollo de cada sesión de trabajo.

Luego de la formación docente con respecto a los conceptos trabajados en cada kit de ciencia viajera, se tiene la posibilidad de aplicar la estrategia de las cajas en las distintas escuelas rurales, por medio de la rotación del material.

4.1 Objetivos de las cajas viajeras

- Fortalecer el concepto de máquina simple asociándolo a los conceptos de fuerza y torque.
- Brindar herramientas conceptuales a los docentes que les permita la construcción de conocimiento científico con los estudiantes a través del diálogo colectivo.
- Ofrecer recursos didácticos de bajo costo y fácil consecución, que puedan ser implementados en las aulas rurales.
- Integrar la lectura y la ciencia en una estrategia que permita vincular los estudiantes del aula multigrado.

4.2 Desarrollo de las sesiones

A continuación, se mostrará el propósito de cada una de las partes de las sesiones. Las guías desarrolladas pueden observarse en el anexo 11.

4.2.1 Sesión 1. La fuerza

Título: Sorpresa Enlatada.

Manual de la Práctica para docentes.

OBJETIVO: Aproximar de manera intuitiva los docentes de primaria al concepto de fuerza.

DIRIGIDO A: Docentes de primaria.

ESTÁNDAR: Relaciono el estado de reposo o de movimiento de un objeto con las fuerzas aplicadas sobre éste.

CONTEXTUALIZACIÓN:

El sentido común hace que se asocie el movimiento de un objeto con las fuerzas que se aplican sobre éste haciendo contacto. Así mismo, los docentes en el momento de transmitir la información en torno al concepto de fuerza imparten de manera equivocada el concepto de fuerza. Por lo anterior, es importante aclarar que puede existir un movimiento sin que existan fuerzas observables que actúen directamente sobre el cuerpo. En la naturaleza, las fuerzas causan el cambio de estado de movimiento rectilíneo o de reposo de los cuerpos, pero dicha fuerza no necesariamente es la acción de halar o empujar un cuerpo.

En consecuencia, se trabajará el concepto de fuerza con los docentes por medio de un experimento, en el que, dos cilindros son empujados de tal manera que ruedan a lo largo del piso plano, sin obstáculos ni pendiente. Sin embargo, uno de ellos, luego de un desplazamiento aproximado de 40cm, cambia la dirección del movimiento sin una fuerza aparente. Lo anterior sugiere una discrepancia con el sentido común. Apoyado sobre la discrepancia, se pretende trabajar sobre el error de percibir que las fuerzas no solo solamente causan el movimiento, sino que más bien causan el cambio de estado de movimiento.

Figura 35. Ciencia viajera “sorpresa enlatada” para trabajar el concepto de fuerza.

ACTIVIDAD 1: Observación del fenómeno, construcción y validación de hipótesis.

Se inicia con la lectura del planteamiento de la práctica al grupo de docentes, de tal manera que ellos respondan con base en lo que consideran que podría suceder.

PLANTEAMIENTO DE LA PRÁCTICA

Se realiza la lectura grupal del planteamiento de la práctica con el objetivo de brindar claridad con respecto al fenómeno que se va a observar, para este caso se hace referencia a dos latas de distinto color (ver figura 36) que van a rodar sobre una superficie horizontal, que no debe tener obstáculos de tal manera que los docentes observan el comportamiento de las latas. El facilitador empuja las latas en el suelo (ver figura 37), se observa que la lata azul continúa su trayectoria rectilínea hasta detenerse, sin embargo, la lata roja se detiene luego de recorrer 50 cm aproximadamente para luego regresar al punto de partida.

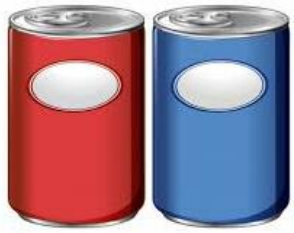


Figura 36. Latas que se van a utilizar en el proceso de predicción.

Figura 37. Docentes observando el comportamiento de las latas.

PREDICCIONES INDIVIDUALES

Posteriormente se solicita a los docentes, que brinden una explicación sobre lo que observaron. Esto se hace con el objetivo de explorar a cerca de las razones que los docentes le brindan al cambio de sentido de la lata. Un pretexto para incluir el concepto de fuerza.

Se realiza el registro de predicciones en la hoja destinada para ello, esto permitirá tener el insumo para analizar los argumentos de los docentes.

DISCUSIÓN EN GRUPO, REGISTRO Y SOCIALIZACIÓN DE PREDICCIONES GRUPALES

En este punto se reúnen en grupos de cuatro personas, discuten y registran sus predicciones grupales. Esto ayudará a la socialización de argumentos explicativos a cerca del fenómeno.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este momento de la sesión, el facilitador muestra el contenido de la lata roja, que es la que se regresa, esta tiene un caucho que se fijó a la tapa y la base de la lata, y el caucho tiene fijada con cinta una batería. El cambio en la dirección movimiento es explicado con base en la energía elástica almacenada por el caucho. La discusión se fundamenta en que la fuerza es la razón del cambio de estado de movimiento o de reposo de los objetos, en este caso la energía elástica almacenada en el caucho causa el cambio de dirección del movimiento, además, el caucho posee una fuerza de restitución.

ACTIVIDAD 2: Visualización de video de apoyo y lectura de cuento titulado “el más fuerte”.

Posterior a la observación, construcción y validación de hipótesis, se proyecta a los docentes el video del siguiente enlace:

https://www.youtube.com/watch?v=XEtRtSk1ZQA

El video fue elaborado en la construcción de la propuesta y muestra el paso a paso de la construcción del montaje, de tal manera que los docentes lo puedan replicar en el aula multigrado.

Posteriormente se realiza la lectura del cuento titulado: “El más fuerte”, en el que se involucra el concepto de fuerza a partir de la cotidianidad de los estudiantes (ver anexo 5), al final del cuento se proponen una actividad que involucra a los estudiantes en el análisis del cuento y lo que sucede en él.

ACTIVIDAD 3: Discusión en torno al concepto de fuerza.

El docente facilitador propicia en el grupo de participantes una discusión basada en las dos actividades anteriores, brindándoles herramientas conceptuales para fortalecer el concepto de fuerza, y de esta manera estimular el aprovechamiento de la caja de ciencia viajera, en el momento de interactuar con sus propios estudiantes. Se realiza una socialización de las tres leyes de Newton, los vectores como representación de las fuerzas y los tipos de interacciones fundamentales.

4.2.2 Sesión 2. El Torque

Título: Equilíbrate con el torque

Este es el manual de la práctica para docentes laboratorio de AA – torque. La relación entre esta práctica y el AA, se encuentra en que aquí es utilizado un experimento cómo eje para el desarrollo del concepto a partir de predicciones enunciadas por los participantes, su socialización y contraste con la observación.

OBJETIVO: Construir intuitivamente los conceptos de torque, equilibrio y peso.

DIRIGIDO A: Docentes de primaria.

ESTÁNDAR: Describo las fuerzas y torques en máquinas simples.

ACTIVIDAD 1: Desarrollo de la metodología de AA con el concepto de torque.

Esta actividad implementada con los docentes es el manual de la práctica. Se encuentran indicaciones dirigidas a los estudiantes, sin embargo, son los docentes quienes las desarrollaron.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: Una escoba con un tubo de 1,20 m de longitud ensamblado con uniones, se ubica horizontalmente en equilibrio sobre el dedo de una persona. Un tubo de 1m de longitud ensamblado con uniones (ver figura 39) se ubica horizontalmente en equilibrio sobre el dedo de otra persona.

Este planteamiento de problema tiene como propósito evidenciar en los participantes la idea que tienen de equilibrio.

Figura 38. Ensamble del montaje "Equilíbrate con el torque".

PREDICCIONES INDIVIDUALES: Pídale a los estudiantes que realicen las predicciones individuales y luego las discutan con sus compañeros, siempre teniendo en cuenta que las deben anotar en las hojas de predicciones. Recuérdeles que las predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación.

En las predicciones solicitadas a los docentes se busca una interacción entre las ideas propias y las ideas de los compañeros, de tal manera que se defiendan argumentos en torno al fenómeno observado.

En 10 minutos realice las siguientes predicciones.

- Se divide el tubo de 1.20 m de longitud en el punto de equilibrio. Se ubican las dos partes en una balanza ¿cuál de las dos partes pesa más?
- Se divide el tubo de la escoba en el punto de equilibrio. Se ubican las dos partes en una balanza ¿cuál de las dos partes pesa más?

Las dos preguntas que se plantean en las predicciones ponen en juego el sentido común de los participantes, debido a que en ambas situaciones existe el equilibrio, pero se cuestiona en torno al peso.

Figura 39. Verificación del equilibrio de masas.

Discusión en grupo, registro y socialización de predicciones grupales: pídales a los estudiantes que realicen las predicciones grupales y luego las expongan a todo el curso de forma ordenada. En ocasiones es bueno que haga un registro en el tablero de lo que predicen sus estudiantes para que lo recuerden al momento de corroborar las predicciones. Para esto cuentan con 20 minutos aproximadamente.

Esta parte propuesta busca identificar las ideas previas y argumentos con los que sostienen sus hipótesis.

Realización de la práctica: Coménteles a los estudiantes que dividirá y ubicarán las partes en la balanza con el fin de corroborar sus predicciones. Para esto cuenta con 10 minutos aproximadamente.

Realice ahora las mediciones que permitan corroborar (o desechar) sus predicciones.

- ¿Qué pasó con la balanza al ubicar las dos partes del tubo?
- ¿Qué pasó con la balanza al ubicar las dos partes de la escoba?
- Plantee una explicación de lo observado en la que diferencie el equilibrio del peso e introduzca el concepto de torque.

Las docentes evidencian en la balanza (ver figura 40), que las dos partes del tubo pesan igual, mientras que, por su parte, las dos partes de la escoba pesan distinto a pesar de estar en equilibrio, esto brinda una apertura al debate que permite la introducción del concepto de torque.

Descripción y registro de los resultados: pida a sus estudiantes que presenten sus resultados al curso de forma ordenada. Discuta con ellos estos resultados teniendo en cuenta las predicciones que habían hecho anteriormente. Pida a los estudiantes que comparen estos resultados con las predicciones previas que fueron anotadas en el tablero y que consignen esto en la hoja de resultados. Para esto dispone 10 minutos.

Síntesis y discusión: los estudiantes o el docente realizan una síntesis de los conceptos involucrados en los resultados anteriormente estudiados. Extrapolación de resultados. Para esto dispone 10 minutos.

Segunda Parte:

- **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:** Usted va a comprar unos gramos de arroz (menos de 100 g) en el mercado de la vereda, sin embargo, la pesa (báscula) se dañó. Cuenta con los siguientes elementos: un tubo de 60 cm, colgado de manera horizontal de un cáñamo, un tarro plástico lleno de plastilina con aproximadamente 100 gramos de masa y un tarro plástico con una cantidad de arroz desconocida.

Este planteamiento de problema es diseñado a partir de las realidades de los estudiantes, debido a que en las veredas se comercializa café y cárnicos, entre otros productos, por lo tanto, los estudiantes tienen interacción con básculas y balanzas romanas.

- **PREDICCIONES INDIVIDUALES:** Pídales a los estudiantes que realicen las predicciones individuales y luego las discutan con sus compañeros, siempre teniendo en cuenta que las deben anotar en las hojas de predicciones. Recuérdeles que las predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación.

En 10 minutos realice las siguientes predicciones.

- ¿Cómo utilizaría los materiales para averiguar el peso de arroz que va a comprar?
- ¿Qué sucede con la balanza si, a un lado se coloca el tarro con plastilina y al otro un tarro con arroz, pero el arroz tiene menos masa que la plastilina, ambos elementos se colocan a la misma distancia del centro del tubo?
- ¿Cuánto pesa el arroz?

Las preguntas propuestas para realizar las predicciones tienen como fin que los docentes construyan propuestas a partir de sus experiencias previas, que van a ser insumo para las posteriores discusiones. En la cotidianidad las personas utilizan el concepto de peso sin diferenciarlo del concepto de masa. Para el presente montaje no se precisa la diferencia, pues no es el objetivo de la práctica, por lo tanto se usan distinguidamente como es usual en la cotidianidad.

Discusión en grupo, registro y socialización de predicciones grupales: pídales a los estudiantes que realicen las predicciones grupales y luego las expongan a todo el curso de forma ordenada. En ocasiones es bueno que haga un registro en el tablero de lo que predicen sus estudiantes para que lo recuerden al momento de corroborar las predicciones. Para esto cuentan con 20 minutos aproximadamente.

Realización de la práctica: Coménteles a los estudiantes que averiguará el peso poniendo en equilibrio los dos tarros plásticos con el fin de corroborar sus predicciones (ver figura 41). Para esto cuenta con 10 minutos aproximadamente.

Realice ahora las mediciones que permitan corroborar (o desechar) sus predicciones.

- ¿Qué paso al ubicar los dos tarros, uno con plastilina y otro con arroz a la misma distancia del centro de equilibrio del tubo?
- ¿Cómo son las distancias a las que deben estar los tarros para que el tubo se mantenga en equilibrio?

Las respuestas surgen a partir de la observación de las docentes, la respuesta de la segunda pregunta brinda la posibilidad de introducir el concepto de torque.

Figura 40. Experimento demostrativo de equilibrio entre distintos pesos.

Descripción y registro de los resultados: pida a sus estudiantes que presenten sus resultados al curso de forma ordenada. Discuta con ellos estos resultados teniendo en cuenta las predicciones que habían hecho anteriormente. Pida a los estudiantes que comparen estos resultados con las predicciones previas que fueron anotadas en el tablero y que consignen esto en la hoja de resultados. Para esto dispone 10 minutos.

Síntesis y discusión: los estudiantes o el docente realizan una síntesis de los conceptos involucrados en los resultados anteriormente estudiados. Extrapolación de resultados. Para esto dispone de 10 minutos.

El tiempo de cada una de las pautas es sugerido en la implementación con los estudiantes. Sin embargo, en la implementación con los docentes no se controló el tiempo, dado que se procuró el desarrollo del debate y este se extendió más de lo planteado.

ACTIVIDAD 2: Visualización de video de apoyo y lectura de cuento.

Posterior a la observación, construcción y validación de hipótesis, se proyecta a los docentes el video contenido en el CD.

El video fue elaborado en la construcción de la propuesta y muestra el paso a paso de la construcción del montaje, y del desarrollo de las situaciones propuestas, de tal manera que los docentes lo puedan replicar en el aula multigrado.

Posteriormente se realiza la lectura del cuento titulado: “La más pesada del parque”, en el que se involucra el concepto de torque a partir de la cotidianidad de los estudiantes (ver anexo 6), luego de la lectura, se propone una actividad compuesta por tres puntos,

en los dos primeros se solicita la realización de dibujos, y el tercer punto pide la explicación por parte del estudiante sobre la situación problema vinculada a la lectura.

ACTIVIDAD 3: discusión en torno al concepto de torque.

Se discute con el grupo de docentes y basados en las dos actividades anteriores, el concepto formal de torque, brindándoles herramientas conceptuales alrededor del concepto, que les va a permitir una mejor implementación de la caja de ciencia viajera en el momento de interactuar con sus propios estudiantes. Se realiza una exposición de la relación entre la fuerza y distancia en el fenómeno de rotación.

4.2.3 Sesión 3. Las Máquinas Simples.

Título: Máquina de Goldberg.

Manual de la práctica docentes Máquinas Simples a partir del ABP

En este manual es aplicado el ABP, porque existe el planteamiento de un problema, en este caso la tarea de encender el bombillo LED; el participante debe analizar la situación, para luego formular hipótesis de cómo puede organizar ciertos materiales para cumplir con esa tarea; en seguida se necesita identificar qué se sabe y qué se debe saber para resolver el problema propuesto; posteriormente se realiza una construcción de bosquejo de solución individual, que al final será socializada y consensuada con sus pares.

Dirigido a: Docentes de primaria.

Estándar en ciencias: Describo las fuerzas en máquinas simples.

Contextualización: La presente práctica interactiva tiene como fin socializar con los participantes el concepto de máquina y sus características fundamentales.

ACTIVIDAD 1: Observación del fenómeno, construcción y validación de hipótesis.

A continuación, se presenta a las docentes la práctica, en el manual de la práctica se refiere a estudiantes, sin embargo, esta sesión fue trabajada con los docentes.

Planteamiento de la práctica: Para la presente práctica, se propone que utilizando la mayor cantidad de elementos mencionados en los materiales de la guía para los estudiantes (ver anexo 9), se organicen de tal forma que al final de su interacción enciendan un bombillo LED. Estos elementos deben ser organizados creativamente de tal manera que se obtenga una reacción en cadena.

Predicciones individuales y grupales: Pida a los estudiantes que conformen grupos de trabajo de máximo cuatro integrantes. Indique a los participantes que dibujen individualmente una propuesta de cómo pueden organizar los elementos para cumplir el objetivo para esto utilice la hoja de predicciones individuales incluida en la guía para estudiantes. Luego pida que las predicciones para que posteriormente sean discutidas con sus compañeros al interior de los grupos de trabajo deben llegar a una conclusión, dibujarla y explicarla en la hoja de predicciones grupales que previamente se ha entregada. Debe informar a los participantes que el acierto de las predicciones no será evaluado con una nota.

Utilice las siguientes preguntas para interactuar con los estudiantes de tal manera que se promueva un diálogo al interior de cada grupo de trabajo:

a) En la construcción propuesta. ¿Cómo cree que van a interactuar los objetos utilizados? Describa paso a paso cómo funcionaría su propuesta.
   Ejemplo:

   Primer paso: las fichas caen... hasta llegar a...

   Segundo paso: las canicas ruedan por... hasta golpear a...

b) En la construcción propuesta. ¿Cuáles dificultades podrían llegar a aparecer?

Las anteriores preguntas tienen la intención de cuestionar las hipótesis de los participantes e identificar las estrategias que diseñan para cumplir el objetivo que es encender el bombillo LED.

Realización de la práctica: Cada grupo tendrá la oportunidad de realizar el montaje acordado, para esto contará con un tiempo de cinco minutos.

Se conformaron seis grupos que, pasaron uno por uno a realizar el montaje planeado en la guía dispuesta para ello.

Resultados y discusión: A partir de la de la observación de la práctica, se solicita a los participantes que respondan de manera individual las siguientes preguntas:

- ¿Qué es una máquina?
- ¿Qué características tienen las máquinas?
- ¿Para qué son útiles las máquinas?
- ¿Cuáles son las máquinas más utilizadas en su cotidianidad?

El docente se encarga de moderar la socialización de las respuestas de los participantes, de tal manera que se pueda realizar la construcción colectiva del concepto de máquina.

La sesión de trabajo en torno a la idea de máquinas simples fue la última del proceso, y en el cierre se le hace entrega al grupo de docentes las cajas de ciencia viajera (ver figura 42).

Figura 41. Docentes primaria Escuelas rurales y urbanas IED Mariano Santamaría.

5. Resultados y análisis de resultados

Se realizan dos análisis, uno en el diagnóstico tomando los resultados de la prueba implementada (ver anexo 4). Por otra parte, se realiza el análisis interpretativo de los argumentos explicativos en la implementación de la estrategia didáctica con los docentes.

5.1 Diagnóstico docente

La intencionalidad de cada una de las preguntas se puede revisar en el apartado 3.5 donde se describen los instrumentos de seguimiento. Luego de recabar los datos de la prueba diagnóstica aplicada a 17 docentes, se obtienen los siguientes resultados:

Resultados pregunta 1: el 55% de las respuestas son incorrectas.

Análisis de resultados pregunta 1: posiblemente porque se asocie la palabra máquina con artefacto tecnológico, alejándose así del concepto formal de máquina simple. Luego de revisar las respuestas de las docentes, se realiza una autocrítica con respecto a la formulación de la pregunta, debido a que la presencia de la palabra máquina en varios de los elementos propuestos puede generar ambigüedad.

Resultados pregunta 2: El 94 % de las respuestas no son correctas.

Análisis de resultados pregunta 2: el resultado puede asociarse con la falta el reconocimiento de la dirección de la tensión como una fuerza. Los docentes atribuyen una fuerza en dirección del movimiento, cuando en realidad la fuerza va dirigida hacia abajo además de la componente del peso.

Resultado pregunta 3: El 12 % de las respuestas no son correctas.

Análisis de resultados pregunta 3: se esperaba que escogieran la opción 3. Las respuestas se pueden asociar con la falta nociones del concepto de torque. Sin embargo, en la formulación de la pregunta pudo existir una confusión debido al uso dela palabra eficiencia.

Resultados pregunta 4: el 88 % de las respuestas no fueron acertadas.

Análisis de resultados pregunta 4: es posible que las docentes no tengan claridad sobre el concepto de velocidad lineal en el movimiento circular. Así mismo, hacen falta nociones sobre la velocidad angular. Esta pregunta fue presentada con una animación en la que las llantas tenían rotación.

Resultados pregunta 5: el 24 % de las respuestas no son acertadas,

Análisis de resultados pregunta 5: esta pregunta es coherente con la pregunta número 3 en la que no acertó el 12 % de las personas. Esto sugiere una falta la elaboración del concepto de torque.

Resultados pregunta 6: el 41 % de las respuestas no son acertadas.

Análisis de resultados pregunta 6: en consonancia con las preguntas 3 y 5, se plantea la posibilidad de trabajar el concepto de torque desde una construcción cotidiana.

Resultados pregunta 7: el 29 % de las respuestas no son correctas.

Análisis de resultados pregunta 7: a pesar de que las crucetas hacen parte de la cotidianidad de las personas encuestadas. Aparentemente existe un error conceptual en con respecto al torque.

Resultados pregunta 8: el 94 % de las preguntas no son acertadas.

Análisis de resultados pregunta 8: se observa una falencia en el significado del concepto de fuerza y su relación con el estado de movimiento o de reposo de los cuerpos, pues la fuerza inicial es asociada en todo el recorrido de la caja y en las respuestas se ausenta la presencia de la fuerza de rozamiento, que es la que causa que la caja se detenga.

Resultados pregunta 9: el 35 % de las respuestas fueron resueltas de manera incorrecta.

Análisis de resultados pregunta 9: se soporta en el análisis de resultados de la pregunta 8, es probable que no se tenga la noción de la relación entre fuerza y masa.

Resultados pregunta 10: el 100 % de las respuestas están erradas.

Análisis de resultados pregunta 10: las docentes asocian la dirección del movimiento con la fuerza, pero en este caso, la fuerza va hacia abajo, y es el resultado de la interacción entre el balón y la tierra. Una autocrítica en la formulación de esta pregunta está vinculada con que se debe precisar que no se tiene en cuenta la fricción del balón con el aire.

Resultados pregunta 11: el 65 % de las respuestas no son correctas.

Análisis de resultados pregunta 11: el 65% de las docentes no identifican las partes de la palanca. Esta información no es concluyente para afirmar que no sepan cuál es la función de cada parte.

Resultados pregunta 12: es una pregunta abierta, que busca identificar los conceptos que más aparecen en las respuestas de las docentes, obteniendo de esta manera que el concepto fuerza aparece 11 veces, el concepto de trabajo aparece 6 veces, mientras que el concepto de esfuerzo aparece 2 veces.

Análisis de resultados pregunta 12: más de la mitad del grupo de docentes reconoce la fuerza como un concepto fundamental en el funcionamiento de las máquinas simples. Este resultado contribuyó en la formulación de la propuesta ciencia viajera.

Resultados pregunta 13: Se observa en la tabla 4. Que diez de docentes vinculan la enseñanza del concepto de máquinas simples con el concepto de fuerza.

Palabra	Veces que aparece
Trabajo	2
Fuerza	10
Resistencia	2
Punto de Apoyo	3
Movimiento	1
Polea	3
Palanca	3
Herramienta	2

Tabla 4. Conceptos vinculados a la enseñanza de máquinas simples según las docentes.

Análisis de resultados pregunta 13: está relacionado con el análisis de la pregunta 12, en el que se puede identificar una marcada relación que hacen las docentes entre los conceptos de fuerza y máquina simple.

Resultados pregunta 14: El 41 % de las respuestas no son correctas.

Análisis de resultados pregunta 14: los resultados sugieren que existen vacíos en el concepto de fuerza.

Resultados pregunta 15: El 53% de las respuestas son incorrectas.

Análisis de resultados pregunta 15: los resultados proyectan una falta elaboración en el concepto de velocidad lineal en el movimiento circular.

Resultados pregunta 16: el 70, 6% tiene la respuesta errada.

Análisis de resultados pregunta 16: se puede observar que falta el fortalecimiento del concepto de peso en relación con la atracción gravitacional.

Resultados pregunta 17: el 76% de las respuestas se encuentran equivocadas.

Análisis de resultados pregunta 17: este resultado brinda información sobre la falta de conceptualización del concepto de energía mecánica.

Resultados pregunta 18: el 35% de las respuestas están incorrectas.

Análisis de resultados pregunta 18: se soporta en el análisis de la pregunta 17, pues no se relacionan las energías cinética y potencial. Esta pregunta es necesario precisarla diciendo que no se considera la fricción con el aire.

Resultados pregunta 19: el 41 % de las respuestas están equivocadas.

Análisis de resultados pregunta 19: hace falta trabajar el concepto de energía potencial.

Resultados pregunta 20: El 100% de las respuestas carece de relacionar las energías cinética y potencial en el fenómeno.

Análisis de resultados pregunta 20: Un cuerpo que se desliza hacia abajo en el plano inclinado posee energía potencial y cinética a medida que aumenta la energía cinética, disminuye la energía potencial. Esta relación no es evidenciada en las respuestas de las docentes.

5.2 Implementación con docentes

En las sesiones en las que se trabajaron los conceptos de fuerza y máquina los argumentos brindados por el grupo de docentes de manera escrita fueron el insumo de análisis en la fase de implementación, mientras que, para la sesión del concepto de torque el análisis fue realizado con base en los audios recopilados.

Sesión 1: Concepto de fuerza.

1. Adivina adivinador: Se tienen dos latas del mismo tamaño cada una de un color diferente, una de color rojo y otra de color azul. Se hace rodar la lata roja sobre una superficie horizontal y se observa su comportamiento y luego se hace rodar la lata de color azul y observa el comportamiento.

Los 17 docentes describen lo observado, es decir, que la lata azul continúa su trayectoria, mientras que la lata roja luego de desplazarse 70 cm aproximadamente regresa al punto de partida.

2. Predicciones individuales: ¿Por qué crees que la lata roja se mueve de esa manera? ¿Por qué crees que la lata verde se mueve de esa manera?

En la tabla 5, se pueden apreciar las respuestas de los docentes, donde se identifica una marcada tendencia a atribuir un peso adicional en la lata roja, en principio se le atribuye una masa adicional, los docentes se refieren a la presencia de un peso que hace que la lata roja cambie la dirección del movimiento. Mientras que ocho de los diecisiete docentes tienen como hipótesis que la lata azul se encuentra vacía.

Docente	Respuesta	Interpretación
Docente 1	La roja tiene un mecanismo en su tapa que hace que se devuelva.	Es asociado algo adicional a la tapa, y esto generaría el movimiento.
Docente 2	Roja tiene peso y un mecanismo diferente azul esa vacía.	Se asocia un peso adicional que condiciona el movimiento de la lata roja.
Docente 3	La lata roja tiene algo dentro, que hace que no avance y la lata azul está vacía y facilita desplazarse.	Se asocia un peso adicional que condiciona el movimiento de la lata roja.
Docente 4	Roja: Tiene un contrapeso Azul: está vacía.	Se asocia un peso adicional en la lata roja que condiciona su movimiento. Sin embargo, ese peso lo describe como contrario al movimiento.
Docente 5	Porque la azul está demasiado liviana y la roja devuelve la masa con más facilidad.	Relaciona los pesos de las latas, asociando el mayor peso a la lata roja.
Docente 6	La lata roja está llena de algo, en la azul suena un vacío.	Se asocia un peso adicional en la lata roja que condiciona su movimiento.
Docente 7	La roja tiene algo dentro, la azul está vacía.	Se asocia un peso adicional que condiciona el movimiento de la lata roja.
Docente 8	Roja y azul se movieron así porque la roja está llena en su interior, la azul está desocupada.	Se asocia un peso adicional que condiciona el movimiento de la lata roja. Pero en este caso, describe que la lata roja se encuentra llena de algún material.
Docente 9	Porque de las dos latas tiene masa adicional.	Se asocia un peso adicional que condiciona el movimiento de la lata roja.
Docente 10	Que la lata roja está bien sellada, y la azul no, en la roja hay peso.	Se asocia un peso adicional que condiciona el movimiento de la lata roja.
Docente 11	Creo que la lata azul es más liviana.	El movimiento de la lata azul es asociado a que tiene menor peso que la lata roja.

Docente 12	La roja contiene algo dentro, el grosor es diferente, la azul está vacía.	Se vincula el grosor de la lata roja con su movimiento.
Docente 13	La lata roja tiene mayor peso que la lata azul, la roja está llena, la azul está vacía.	Se asocia un peso adicional que condiciona el movimiento de la lata roja.
Docente 14	La roja tiene peso dentro y la azul se encuentra vacía.	Se asocia un peso adicional que condiciona el movimiento de la lata roja.
Docente15	Una de la latas (la roja) tiene en el interior un elemento unido por un alambre o cordón es su interior.	La explicación de la docente, se refiere a algún mecanismo interno que logra que la lata roja cambie su trayectoria.
Docente 16	Más peso en la roja	Se asocia un peso adicional que condiciona el movimiento de la lata roja.
Docente 17	No responde	

Tabla 5. Respuestas docentes frente al experimento discrepante “sorpresa enlatada”.

Análisis de resultados de las predicciones individuales: se observa una marcada asociación un peso extra o de algún tipo de contenido a la lata roja que es la que cambia su trayectoria. Esta asociación puede es causa del sentido común de las docentes.

En las etapas 3, 4 y 5 de la actividad los docentes socializan al interior de grupos de tres personas, así llegan a acuerdos que posteriormente socializan con el grupo general.

Figura 42. Docentes en socialización frente al grupo general en etapas.

6. Vamos a conversar con todo el curso a ver qué fue lo que pasó:

i. ¿Qué sucedió con la lata roja?
ii. ¿Qué sucedió con la lata azul?

Resultado: en estos dos puntos la totalidad de los docentes hacen una descripción de lo sucedido, es decir, que la lata roja se desplaza y luego de determinada distancia regresa al punto de partida, mientas que la lata azul continúa la trayectoria rectilínea. Ese era resultado esperado.

iii. ¿Por qué se mueven de manera distinta las dos latas?

Resultado: Se puede evidenciar en la tabla 5. Que los docentes le atribuyen un peso extra a la lata roja, lo cual hace que cambie de dirección en el movimiento.

iv. ¿Qué pasa con la fuerza en los distintos movimientos de las latas?

Los docentes se refieren a la fuerza como el resultado de la interacción entre las latas y lo que estas contienen, sostienen en sus argumentos que el contenido de la lata, es lo que determina su comportamiento en el movimiento. Mientras que la lata se encuentre vacía, continuará si trayectoria. Por el contrario, si la lata contiene peso, esto causará un cambio en la dirección del movimiento.

v. ¿Qué sucede con la fuerza en la lata roja?

En el diálogo entre docentes, surgen diversas hipótesis frente al contenido de la lata roja. Si bien es cierto, que la mayoría le atribuye un peso adicional, surgen distintas posiciones frente a la naturaleza de dicho peso adicional. Una de las propuestas se basa en la presencia de un imán, que se encuentra fijado en la lata, y que, en el momento de hacer girar la lata, esta tiende a devolverse. Otra de las propuestas, es que en el interior de la lata hay piedras las cuales hacen que la lata regrese al punto de partida debido al peso.

Luego de socializar las hipótesis que propuestas por el grupo de docentes, se procede a mostrarles el contenido de las latas, evidenciando de esta manera que la lata azul se encuentra sin nada en su interior, mientras que la lata roja tiene un sistema en el que una banda de caucho pegada a una pila hace que durante el movimiento se reserve energía potencial elástica que brinde como resultado el regreso de la lata roja.

Los argumentos del grupo de docentes son un excelente insumo para que mediante la mayéutica (metodología de llegar a la verdad por medio de cuestionamientos), fortalezcan sus habilidades comunicativas, toda vez que tienen la intención de comunicar al otro sus ideas y defenderlas justificándolas a partir de su propia experiencia.

Si bien es cierto, a lo largo de la implementación de la primera sesión no se llega a una verdad objetiva, se logra la interacción entre las ideas de los docentes, de tal manera que orientada por el facilitador por medio de más preguntas se pueden perfilar ideas, que hacen parte de la base conceptual con la que cuentan los docentes, a partir de las cuales se logra formalizar el concepto de fuerza.

En el desarrollo de la sesión, se realiza la lectura del cuento titulado “El más fuerte” este tiene buena aceptación en el grupo de docentes, debido a que recurre a experiencias cotidianas de los estudiantes y logra una excusa para que a través de preguntas pueda ser aprovechado en la contextualización del concepto.

Finalmente se realiza una discusión en torno al concepto de fuerza, los tipos de fuerza y la definición de fuerza, se hace más comprensible por parte de los docentes, toda vez que se construye el concepto luego de la observación del experimento.

Sesión 2: Concepto de Torque.

Para la sesión del concepto de torque, en la actividad 1, se hace un análisis sobre las respuestas y las explicaciones a dichas respuestas planteadas por el grupo de docentes. En la actividad 2. Se realiza un análisis sobre un audio, que recopila el debate dado al interior del grupo con respecto al fenómeno propuesto.

Figura 43. Presentación caja viajera concepto de torque.

Inicialmente se solicita que cada docente realice un dibujo que represente la situación, en seguida se realizaron dos preguntas para que los docentes formulen las predicciones.

Pregunta 1: se divide el tubo de 1.20 m de longitud en el punto de equilibrio. Se ubican las dos partes en una balanza ¿cuál de las dos partes pesa más?

Resultados pregunta 1: en esta pregunta 17 de los 17 docentes predice que el peso de ambas partes del tubo va a pesar lo mismo, situación que es verificada en la demostración del fenómeno.

Análisis de resultados pregunta 1: Los resultados fueron los esperados debido a que al observar las partes del mismo tamaño y material, se asocia con el mismo peso de ahí que se evidencie un equilibrio.

Pregunta 2: Se divide el tubo de la escoba en el punto de equilibrio. Se ubican las dos partes en una balanza ¿cuál de las dos partes pesa más?

Resultados pregunta 2: frente a esta pregunta 8 de las 17 docentes predicen que ambas partes pesarán igual, argumentan que el peso es el mismo ya que se encuentra en equilibrio, y que equilibrio significa para ellas que el peso es el mismo. Mientras que 9 docentes predicen que pesará más la parte de la escoba, lo argumentan con base en el peso, explican que el peso es mayor, porque la escoba tiene mayor volumen.

Análisis de resultados pregunta 2: Es supremamente interesante el resultado de este experimento discrepante, debido a que casi la mitad de las docentes vinculan el equilibrio con pesos iguales; mientras que la otra parte de las docentes atribuyen mayor peso a la parte que tiene mayor volumen.

En la actividad 2. Se graba un audio en el que se recogen las explicaciones que brindan los docentes frente al fenómeno propuesto, y con base en ese audio se realiza una transcripción de las ideas más relevantes para su análisis. La situación propuesta es la siguiente:

- Usted va a comprar unos gramos de arroz (menos de 100 g) en el mercado de la vereda, sin embargo, la pesa (báscula) se dañó. Cuenta con los siguientes elementos: un tubo de 60 cm, colgado de manera horizontal de un cáñamo, un tarro plástico con aproximadamente 100 gramos de plastilina y un tarro plástico con una cantidad de arroz desconocida.

El desarrollo del debate se enmarca en la explicación de las distintas formas en las que se puede averiguar el peso de arroz desconocido. El grupo de docentes se divide en 7 grupos de dos personas cada uno y un grupo de tres, de tal manera que al interior de cada grupo se construyen explicaciones colectivas de la situación propuesta, uno de los grupos, el grupo 8, plantea la siguiente manera de averiguar el peso del arroz, es importante resaltar que se habla de peso aun cuando se utilizan unidades de masa, esto no es precisado en esta sesión, debido a que se considerará el peso del arroz de la manera coloquialmente concebida:

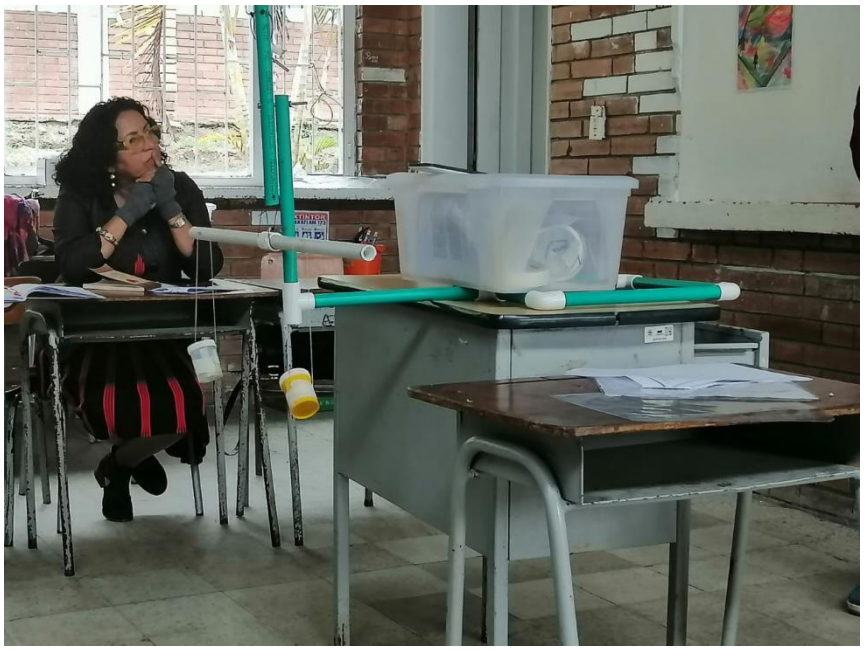


Figura 44. Balanza con masa conocida y masa desconocida.

Grupo 8: *"Bueno coloco los cien gramos de plastilina y coloco el arroz al otro lado y que quede en equilibrio. Y entonces, cojo una cuchara, la cuchara más o menos en liquido saca treinta mililitros en masa saca aproximadamente veinte gramos, entonces saco una cucharada de arroz y va a quedar inclinado hacia la balanza por eso me atreví a decir que cuantos gramos de arroz, que, cuánto que pesa el arroz aproximadamente ochenta gramos"* es la explicación realizada por un docente que tomó la vocería de su grupo.

Análisis de la intervención del grupo 8: lo anterior muestra que a pesar de que brindarle unas condiciones iniciales, existe una necesidad por introducir otro elemento, en este caso una cuchara, para lograr una aproximación al peso del arroz. Se evidencia una falta de conceptualización con respecto a la densidad, ya que el arroz tiene una densidad distinta a la del agua, y el docente se refiere a que una cucharada implica veinte gramos, asociando esos veinte gramos a cualquier elemento que contenga la cuchara.

Grupo 2: *"eh, yo sacaría la plastilina y partiría a la medida del arroz entonces, Yo no conozco el del arroz, pero sí que la plastilina que mide cien entonces yo haría una barra de plastilina que me mida diez centímetros, y partiría la plastilina en esos en esas partes en esas diez partes iguales y entonces cada parte lo mediría aproximadamente diez gramos y entonces yo la iría metiendo de a diez gramos de plastilina hasta aproximadamente saberlo ósea yo no sabría si es arroz mide diez, aproximadamente veinte aproximadamente treinta cuando llegue a un grado casi parejo cojo uno de mis de*

mis cubos o pedazos que miden diez y lo parto a la mitad y puedo llegar a aproximadamente a saber cuánto mide o pesa el arroz".

Análisis de la intervención del grupo 2: La anterior explicación es plausible dado que considera dividir la plastilina en diez partes iguales teniendo en cuenta que la plastilina tiene un peso de cien gramos y pretende ubicar los dos tarros, el de arroz y el de plastilina a la misma distancia del eje, y va a ir introduciendo en uno de los tarros plastilina y en el otro tarro arroz, aproximándose de esta manera al peso que pueda tener el arroz. Esta explicación recurre al concepto de equilibrio, teniendo en cuenta las mismas distancias de los pesos en la balanza.

No se realiza el análisis de las otras intervenciones, dado que luego de la socialización de las posibles soluciones de los grupos 2 y 8, el resto de docentes tomó partido por alguna de esas dos explicaciones, apoyando la intervención de los docentes que estaban argumentando.

Sesión 3. Las máquinas.

Se reta a los participantes para solucionar el problema de encender el bombillo LED recurriendo a los elementos propuestos en la guía titulada La máquina de Goldberg, (ver anexo 9).

Resultados del reto: cada grupo realizó gráficamente el montaje con los recursos propuestos, pero ningún grupo logra encender el LED.

Docente 1: *"Lo más difícil es encontrar la manera de que exista una reacción en cadena y se siga".*
Docente 2: *"Se dificulta el equilibrio de las piezas de dominó".*
Docente 3: *"El plano inclinado no deja ubicar bien los objetos porque la gravedad hace que se rueden".*
Docente 4: *"Es difícil hacer que se encienda el LED, porque el objeto que golpee el interruptor debe tener suficiente peso".*

Análisis de resultados del reto: En las dificultades encontradas por los docentes se logra evidenciar la presencia de palabras clave en el fenómeno, tales como, gravedad, peso, equilibrio y reacción en cadena. Los primeros tres conceptos fueron trabajados en las dos primeras sesiones, sin embargo, el cuarto concepto reacción en cadena lo conciben de manera similar a la conservación de la energía.

Práctica interactiva: los docentes pasan en grupos, ocho en total, e interactúan con los elementos en la construcción de sus propios montajes.

Resultados de práctica interactiva: ningún grupo logra encender el LED con la activación de su montaje en la máquina de Goldberg. Aun así, aparecen algunas expresiones que considero relevantes:

Grupo 1: *"es un montaje muy complicado solo para encender un LED".*

Grupo 2: *"las máquinas sirven para hacer más fácil las tareas, y en esta actividad se hace cómo más difícil".*

Grupo 3: *"la máquina de Goldberg incentiva la creatividad y obliga a buscar la manera en hacer más eficiente la fuerza".*

Grupo 4: *"los planos inclinados son máquinas, entonces la máquina de Golberg es una máquina compuesta".*

Grupo 5: *"el reto de encender el LED nos obliga a aplicar las ideas de fuerza, pero en la realidad, por ejemplo, la fuerza con que la canica o la pelota de ping pong pueden empujar las fichas de dominó".*

Grupo 6: *"las máquinas están compuestas por muchas piezas, bueno las máquinas compuestas, entonces esta máquina sería compuesta".*

Grupo 7: *"la máquina de Goldberg entra dentro del conjunto de máquinas compuestas, porque en este caso se compone de varios planos inclinados".*

Grupo 8: *"en este caso no podemos aplicar el torque, porque no hay nada que se mueva con movimiento circular".*

Análisis de resultados de la práctica interactiva: Cada una de las intervenciones citadas contiene la idea de máquina y algunas vinculan la fuerza con el concepto de máquina. Se puede apreciar que a partir de la socialización al interior de cada grupo se va perfilando el concepto de máquina. En la socialización grupal, las premisas de cada docente tienen inmersos los conceptos vistos previamente y la conclusión del grupo fortalece el concepto de máquina. Los argumentos utilizados por los docentes son explicativos y en todos los casos son soportados en las experiencias cotidianas del docente.
En este experimento se esperaba que los docentes utilizaran en su discurso explicativo los conceptos de fuerza y torque asociados a la máquina de Goldberg, además de

socializar sobre otros tipos de máquinas que son comunes en el contexto rural. Si se evidenció el uso de los conceptos anteriormente abordados. Pero no se logró vincular el contexto de la ruralidad y las máquinas que participan en las labores diarias del campo.

6. Conclusiones

La prueba diagnóstica implementada a las diecisiete docentes que atienden población rural en aulas multigrado, permite evidenciar algunos errores en el manejo de conceptos básicos en ciencias, tales como: fuerza, torque y los principios del funcionamiento de las máquinas. Sin embargo, algunas de las preguntas del instrumento fueron ambiguas lo cual genera falencias en el análisis de resultados.

Fue diseñada e implementada la estrategia didáctica conformada por tres sesiones con tres actividades cada una, en las que se trabajaron los conceptos de fuerza, torque y máquina simple. En la propuesta se desarrollaron actividades que procuraron la interacción de los participantes con los montajes experimentales por medio del AA y ABP para que la experiencia pedagógica fuera más significativa. Se complementan los montajes experimentales con cuentos infantiles que vinculan el contexto de los participantes con los conceptos abordados, además se realizaron videos de apoyo para que los docentes tengan mayor facilidad a la hora de la implementación en el aula.

La implementación de las cajas didácticas a partir del AA, vinculada con los cuentos de contexto y las socializaciones de las diversas explicaciones a los fenómenos, generó motivación en el grupo de docentes quienes, por medio de la construcción de hipótesis, la observación y la argumentación, elaboraron una construcción colectiva de conocimiento científico de manera cualitativa en torno a los conceptos abordados. Los docentes se vinculan a la estrategia, utilizando las cajas. Las docentes manifiestan que la implementación de la ciencia viajera en las escuelas rurales tiene un impacto positivo, debido a que los estudiantes del aula multigrado participan de manera activa en las sesiones.

El alcance de la estrategia didáctica se logra en dos aspectos. Primero se entrega material didáctico a los docentes conformado por tres cajas viajeras para abordar los conceptos de fuerza, torque y máquina simple, las cajas contienen guías para los docentes y guías para los estudiantes, además de cuentos de contexto y videos de apoyo. Este material didáctico fue bien recibido por las docentes quienes expresan la gran utilidad en el desarrollo de las clases de ciencias. El segundo aspecto es el fortalecimiento

de los conceptos que es el resultado de las reflexiones propias de cada docente a lo largo del desarrollo de las sesiones, ese fortalecimiento de conceptos es fundamental en el momento de la implementación del material en las escuelas rurales.

7. Anexos

7.1 Anexo 1. Encuesta aplicada a docentes de secundaria

Docente: Jhon David Espinel Rodríguez

Asignatura: física

IED Mariano Santamaría

Encuesta: docentes área de ciencias - secundaria.

Tema: Dificultades conceptuales en ciencias naturales

Respetables docentes, la siguiente es una encuesta anónima con el fin de identificar necesidades fortalecimiento de conceptos, habilidades y competencias científicas en la labor diaria como docente. Por favor responder a partir de su propia experiencia en el aula:

Situación	Marque con una X la frecuencia que le atribuye a cada situación			
	Siempre	Casi siempre	Casi nunca	Nunca
Se presentan vacíos conceptuales por parte de los estudiantes que ingresan a secundaria en el área de ciencias				
Los estudiantes que ingresan a secundaria tienen dificultades en la explicación y argumentación de fenómenos naturales.				
Los estudiantes que ingresan a secundaria presentan dificultades en el uso de conceptos científicos para la explicación de fenómenos naturales.				

Los estudiantes que ingresan a secundaria carecen de la habilidad de trabajo en eq4uipo orientado en la solución de problemas correspondientes a las ciencias				
Situación	Marque con una X el grado de acuerdo que usted tiene con cada situación			
	Completamente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
Falta el fortalecimiento en torno a la interpretación de fenómenos naturales en la formación de los estudiantes de primaria de primaria.				
Es necesario incentivar la capacidad de indagación en los estudiantes de primaria				
Se requiere afianzar en primaria conceptos básicos en ciencias que son fundamentales para vincular con los temas abordados en secundaria.				
Entre las competencias de los estudiantes se necesita mejorar en torno a la capacidad de explicación y argumentación de fenómenos naturales.				

La encuesta fue aplicada a los 4 docentes del área de ciencias de secundaria de la IED Mariano Santamaría

En las 4 preguntas iniciales las respuestas el 100% de las respondió siempre, de igual manera las 4 últimas preguntas el 100% respondió estar de acuerdo.

7.2 Anexo 2. Resultados pruebas saber grado quinto.

Porcentaje de estudiantes por nivel de desempeño. ciencias naturales - grado quinto. Reportado por el ICFES. Se cuenta únicamente con el resultado del año 2014, Sin embargo, se observa que el 61% de los estudiantes están ubicados en nivel de desempeño mínimo. Con un total de 71 estudiantes evaluados.

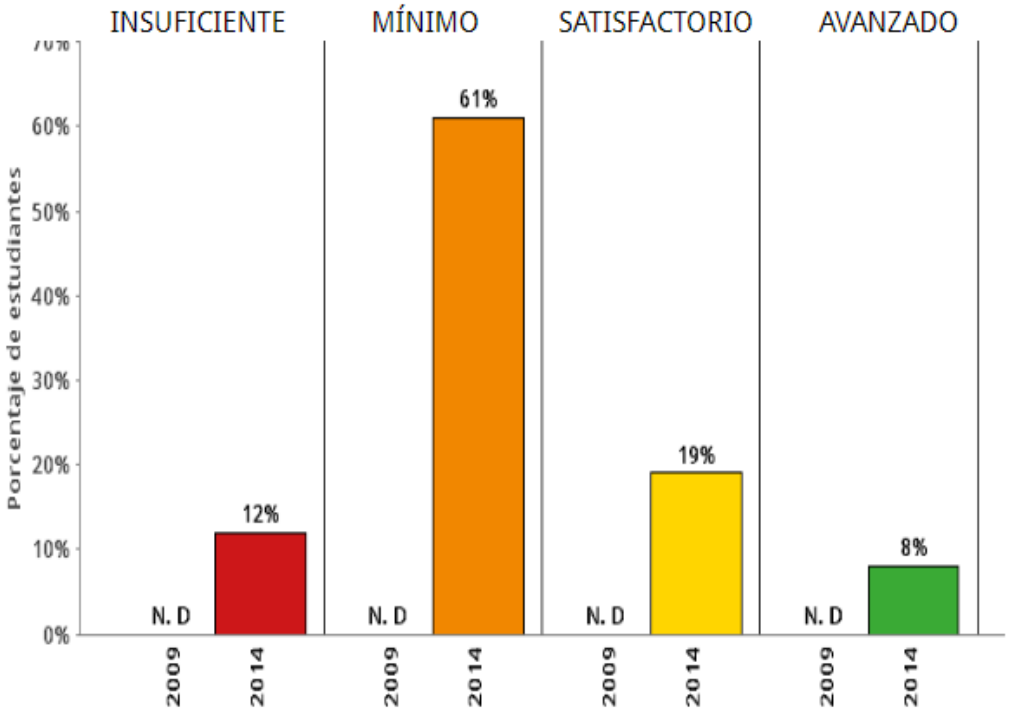


Figura 45. Porcentaje de estudiantes por nivel de desempeño. Ciencias naturales - grado quinto. Tomado el 24-11-19 de http://www2.icfesinteractivo.gov.co/ReportesSaber359/historico/reporteHistoricoComparativo.jspx.

7.3 Anexo 3. Encuesta docentes de primaria.

Docente: Jhon David Espinel Rodríguez
Asignatura: física
IED Mariano Santamaría
Encuesta Docentes Primaria
Tema: Laboratorios y conceptos científicos

Respetables docentes, la siguiente es una encuesta anónima con el fin de identificar necesidades de infraestructura y de fortalecimiento de conceptos científicos en la labor diaria como docente. Por favor responder a partir de su propia experiencia en el aula:

Situación	Marque con una X la frecuencia que le atribuye a cada situación			
	Siempre	Casi siempre	Casi nunca	Nunca
Tiene acceso a Internet, en el aula de clase para complementar las explicaciones en ciencias con laboratorios virtuales.				
Tiene acceso a computadores en el aula de clase				
Tiene acceso en el aula a laboratorios virtuales que le permiten complementar las explicaciones en ciencias.				
Tiene acceso a laboratorios físicos que le permitan complementar las explicaciones en ciencias.				

Situación	Marque con una X el grado de acuerdo que usted tiene con cada situación			
	Completamente de acuerdo	Parcialmente de acuerdo	Parcialmente en desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
La socialización de experiencias significativas aporta a la mejora de la práctica pedagógica en el aula.				
La socialización de conceptos científicos contribuye con el mejoramiento del desempeño de los estudiantes en el área de ciencias.				
Los experimentos activos fortalecen las habilidades y competencias en los estudiantes.				
Se necesita mayor acceso a laboratorios para que los estudiantes puedan experimentar y complementar las explicaciones abordadas en clase.				

Se encuestaron 17 docentes de escuelas rurales del municipio San Antonio del Tequendama.
Las primeras cuatro preguntas el 76% se ubica en nunca, mientras que el 24% se ubica en casi nunca.
En las últimas cuatro preguntas el 11% se encuentran parcialmente de acuerdo, mientras que el 89%se encuentran de acuerdo.

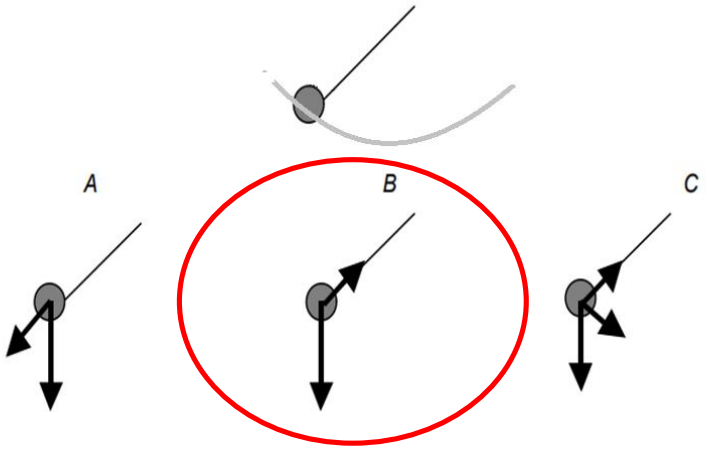
7.4 Anexo 4. Prueba diagnóstico docentes, (las respuestas esperadas se remarcan con color rojo.

1. ¿Cuáles de los siguientes elementos son máquinas y cuáles no?

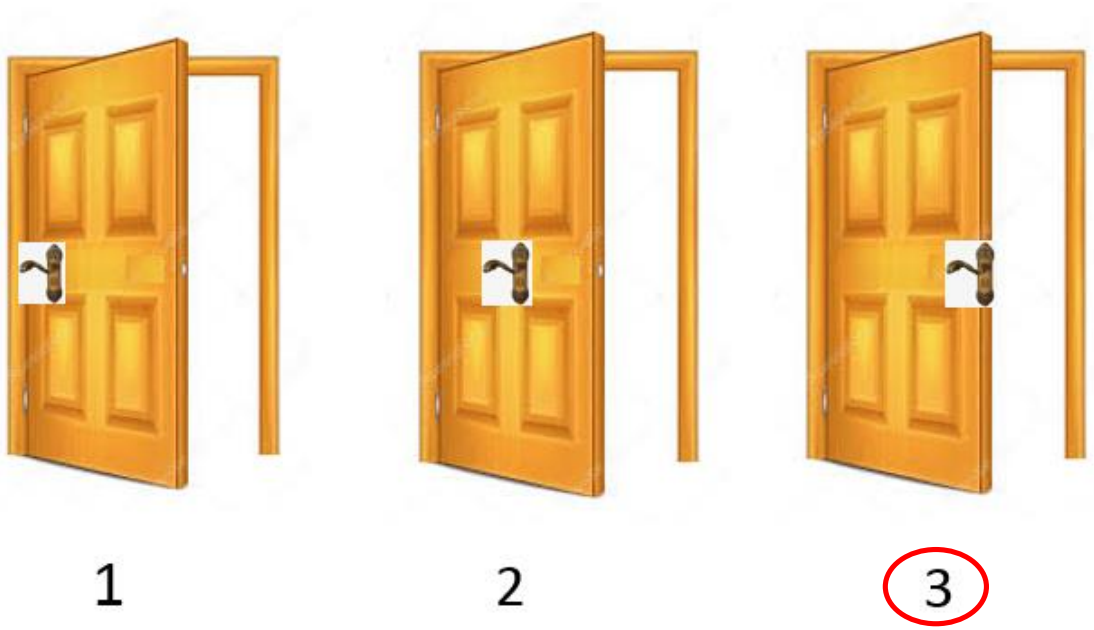
- Labial enroscado.
- Depilador.
- Corta uñas.
- Máquina de afeitar.
- Encrespador.
- Cámara del celular.
- Máquina de corte de cabello.

2. Leyes del movimiento

1- a) Un péndulo oscila de izquierda a derecha. Cuando se encuentra en el punto mostrado, ¿cuál de los diagramas que aparecen debajo representa mejor las fuerzas que actúan sobre el péndulo? JUSTIFICAR. Se desprecia la fricción.



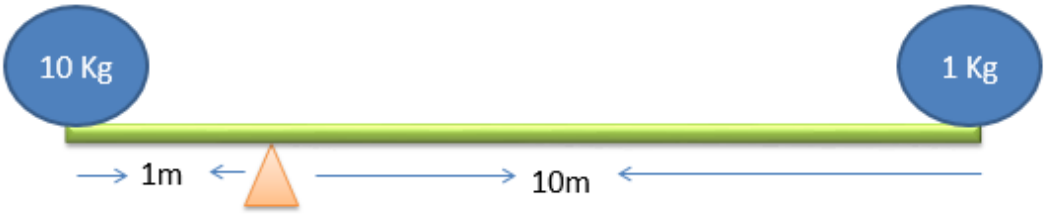
3. ¿En qué punto es más eficiente aplicar la fuerza?



4. Hay un chicle pegado a cada una de las llantas de un tractor. ¿Qué chicle se mueve más rápido? (En esta pregunta se tiene una animación en formato Gif del tractor en el cual las llantas se encuentran rodando)

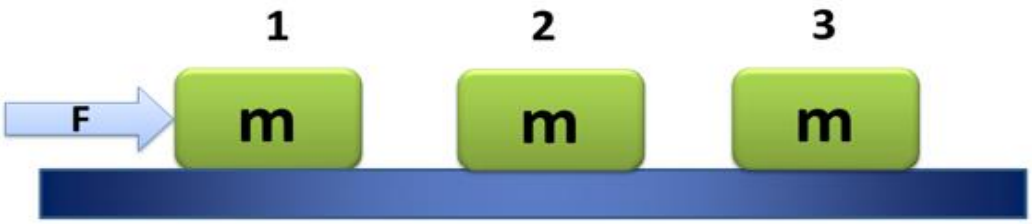
5 Una varilla de masa despreciable está sobre un punto de apoyo, y en los extremos de la varilla hay dos masas como aparece en la figura. ¿el sistema se encuentra en equilibrio?

6. Se aplica la misma fuerza, pero con distinto ángulo. Quién realiza mayor palanca.

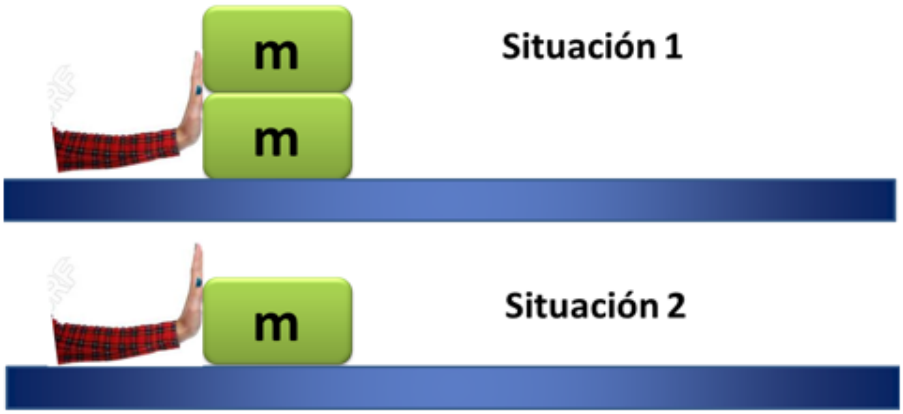


7. Se pincha la llanta de su carro, las dos crucetas tienen la copa que le funciona a las tuercas de la llanta, pero una es más larga que la otra ¿cuál usaría?

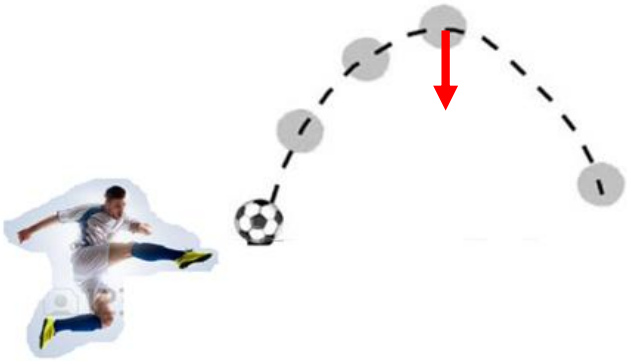
8. Se aplica al cajón una fuerza F, de tal manera que desliza sobre una superficie con fricción desde el punto 1, pasando por el punto 2, hasta detenerse en el punto 3. Realice el dibujo y grafique con una flecha las fuerzas que actúan sobre el cuerpo en los puntos 2 y 3.



9. Se tienen dos situaciones en las que se empujan ladrillos con la misma fuerza. ¿cómo es la aceleración de la situación 1 con respecto a la situación 2?
   a) La mitad.
   b) Igual.
   c) El doble.
   d) La cuarta parte



10. Dibuje el balón en el punto más alto y las fuerzas que actúan sobre él en ese punto, sin tener en cuenta la fricción con el aire.



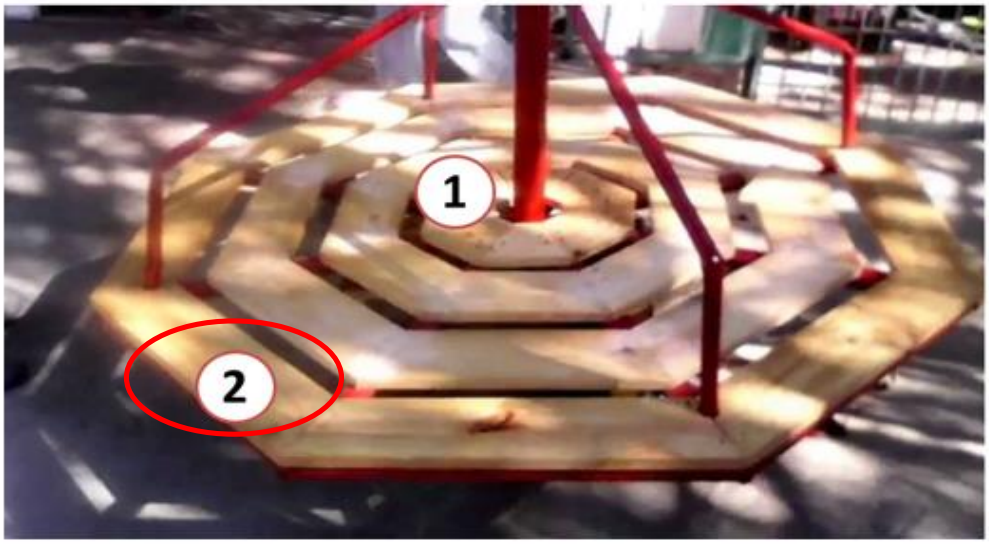
11. Considere el remo como una Máquina Simple. Asigne el nombre de cada una de las tres partes

¿Cuál es la principal función de las Máquinas Simples?

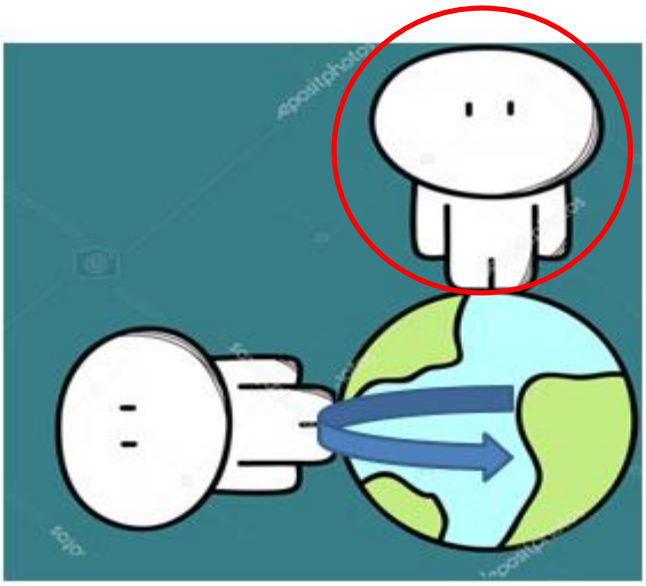
12. ¿Qué conceptos utiliza para explicar el tema de Máquinas Simples?

14. Un balde con agua se hace girar de manera circular, de tal manera que el agua no se sale del balde. ¿Cómo se llama la fuerza que mantiene el agua en el fondo del balde?

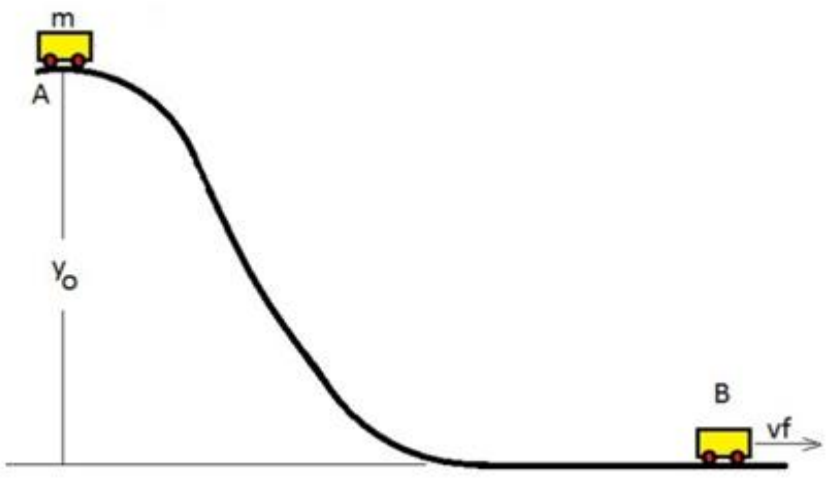
15. En una rueda giratoria de un parque, un niño se ubica en el punto 1 y una niña en el punto 2, si se pone a girar la rueda. ¿Cuál de los dos niños tendrá mayor velocidad? O ¿será la misma?



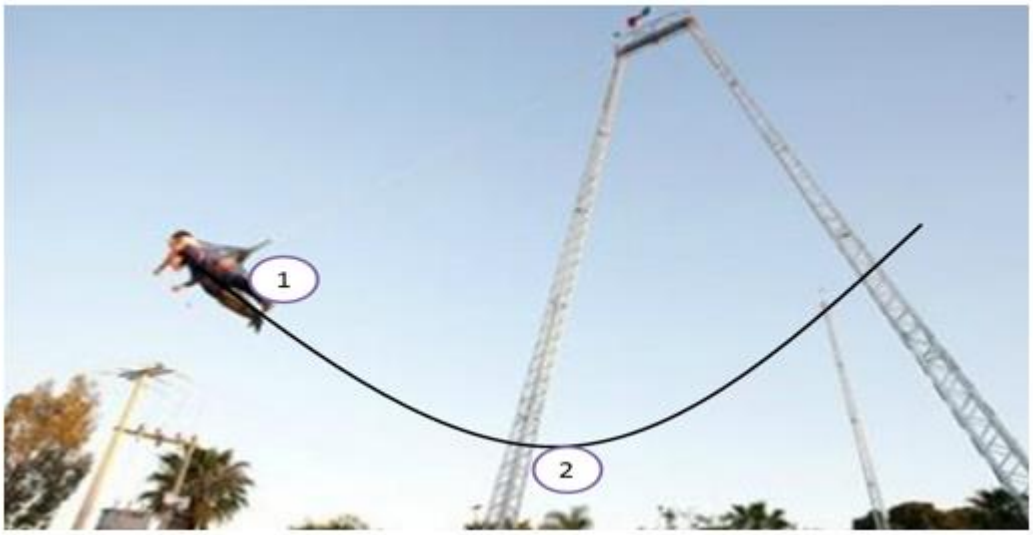
16. Una persona está sobre la línea ecuatorial y otra cerca de un polo de la tierra, ¿Cuál de las dos pesa más?



17. Un carrito se deja bajar por una pendiente, si no se considera la fricción con el aire ni con la superficie, ¿Cómo es la cantidad de energía del carrito en los puntos A y B?
a) En el punto A es mayor que en el punto B.
b) En el punto B es mayor que en el punto A.
c) En los puntos A y B existe la misma cantidad de energía



18) Dos personas se lanzan como péndulo en Mundo Aventura, si no se considera la fricción del aire, ¿Cómo es la cantidad de energía en el punto 1 con respecto al punto 2?
a) En el punto 1 es mayor que en el punto 2.
b) En el punto 2 es mayor que en el punto 1.
c) es la misma en los puntos 1 y 2



Sky Coaster, rescatado el 28 de octubre de 2018 tomado de:
https://www.google.com/search?q=sky+coaster+mundo+aventura&rlz=1C1AVFB

20. Un ladrillo se desliza por un plano inclinado sin fricción, ¿Qué tipo de energía tiene el ladrillo?

7.5 Anexo 5. Cuento sobre fuerza y torque.

IED Mariano Santamaría
Sorpresa Enlatada
Cuento sobre fuerza

El más fuerte

Una tarde, luego de salir del colegio, iba por la vereda hacia su casa. Juan tenía que llevar la maleta de su hermano menor Felipe.

Felipe llevaba más cuadernos que Juan, por lo que intercambiaron maletas. Felipe estaba seguro de que su hermano mayor era mucho más fuerte que él, por eso no le preocupaba que su hermano mayor llevara la maleta más pesada.

Un fin de semana, los hermanos estaban ayudando a hacer oficio en la casa. Barrieron el piso, lo trapearon y enceraron, y como era normal en ellos, comenzaron a jugar. Se estaban empujando, pero Juan que era el más fuerte, tenía medias, mientras que Felipe, que era el hermano menor, tenía puestos unos zapatos de zuela de caucho.

Mientras se empujaban, Juan retrocedía y Felipe avanzaba, - Que raro pensaba Felipe – si su hermano era más fuerte. ¿Por qué razón él le ganaba? Así que, Felipe, quien era el hermano menor, se convenció de que era el más fuerte de los dos.

Actividad

1) Realiza un dibujo de los hermanos empujándose, y Felipe aunque menor y más pequeño le gana a Juan.
2) Explica por qué crees que Felipe le gana a juan mientras se empujan.

7.6 Anexo 6. Cuento sobre torque.

IED Mariano Santamaría
Cuento sobre Torque
La más pesada del parque

Había dos amigas que les gustaba encontrarse en un parque, sus nombres eran Lina y Luna ella fueron amigas desde pequeñas, lo que más les divertía era el sube y baja, pero al cabo del tiempo, ellas crecieron, Luna se descuidó en su alimentación comiendo mucha comida chatarra, mientras que Lina si mantenía una correcta dieta.

Cuando ellas se encontraban en el parque, era más difícil jugar en el sube y baja ya que Luna era más pesada y dejaba siempre arriba a Lina. El padre de Lina era profesor de física, y le explicó la razón por la que se desequilibraba el sube y baja.

Cuando se encontraron de nuevo, Lina ya sabía qué hacer. Luna la escucho atentamente, la idea era simple "el cuerpo más pesado se tiene que acercar al punto de equilibrio". Lina, quien era la más delgada de las dos, tenía que quedarse en el extremo del sube y baja, mientras que Luna que estaba gordita, se acercaba hasta la mitad del sube y baja hasta encontrar el balance correcto. Fue de esta manera que pudieron seguir jugando en el lugar que más les gustaba a pesar de la diferencia de peso.

Autor. Simón Espinel Rivera

Actividad

1) Dibuja a Lina y a Luna en el sube y baja cuando pesaban lo mismo.
2) Dibuja a Lina y a Luna cuando luna subió mucho de peso.
3) Explica por qué se complicó el juego en el sube y baja cuando Luna estaba más pesada.

7.7 Anexo 7. Guía para estudiantes, concepto fuerza.

IED Mariano Santamaría

Sorpresa Enlatada

Guía para estudiantes

OBJETIVO: Aproximarnos al concepto de fuerza.

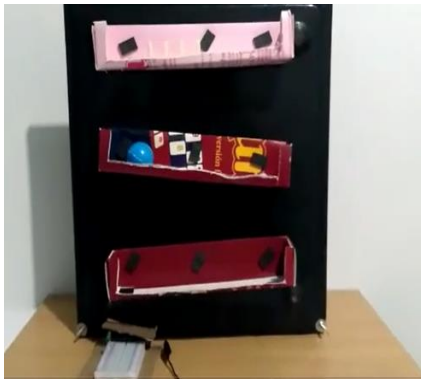
DIRIGIDO A: Estudiantes segundo ciclo

ESTÁNDAR:

"Relaciono el estado de reposo o de movimiento de un objeto con las fuerzas aplicadas sobre éste".

1. Adivina adivinador.

Se tienen dos latas del mismo tamaño cada una de un color diferente, una de color rojo y otra de color azul. Se hace rodar la lata roja sobre una superficie horizontal y se observa su comportamiento y luego se hace rodar la lata de color azul y observa el comportamiento.



Escribe que pasó con cada una de las latas:

_____

_____

_____

2. PREDICCIONES INDIVIDUALES

Vas a responder las siguientes preguntas en la hoja que la profesora o el profesor te entregó, recuerda que te puedes equivocar.

¿Por qué crees que la lata roja se mueve de esa manera?

¿Por qué crees que la lata verde se mueve de esa manera?

Yo creo que se movieron así porque: _____

_____

Ahora vas a leer tus respuestas en voz alta, para compartirlas con tus compañeros.

3.4.5 Vamos a charlar entre todos

Te vas a reunir con tres compañeros más y vas a compartir con ellos lo que crees que pasa con esas latas. Tiempo (5 min)

Ahora el grupo seleccionará un representante que cuente que fue lo que se charló en el grupo. Tiempo (5min).

Ese representante escribirá en el tablero las conclusiones del grupo. (Tiempo 5 min)

6. ¿Quién tendrá la razón?

Vamos a conversar con todo el curso a ver qué fue lo que pasó:

1) ¿Qué sucedió con la lata roja?
2) ¿Qué sucedió con la lata azul?
3) ¿Por qué se mueven de manera distinta las dos latas?
4) ¿Qué pasa con la fuerza en los distintos movimientos de las latas?
5) ¿Qué sucede con la fuerza con la lata roja?

7.8 Anexo 8. Guía para estudiantes, concepto torque.

INSTITUCIÓN EDUCATIVA DEPARTAMENTAL

MARIANO SANTAMARÍA

Equilíbrate con el torque Actividad 1.

Nombre:_____ Grado:_____ Fecha:_____

Hola !!!

Por favor diligencia tus datos. Esta hoja la recogerá la profe al finalizar la actividad. Y Relájate que esta actividad es para divertirte, no tiene nota.

Lee cuidadosamente y dibuja la situación

Una escoba de 1,20 m ensamblada con uniones se ubica horizontalmente en equilibrio sobre los dedos índices juntos de una persona. Un tubo de 1m de longitud ensamblado con uniones se ubica horizontalmente en equilibrio sobre los dedos índices juntos de otra persona.

Realiza un dibujo de la situación.

¿Qué crees que pase?

Te reto a que en cinco minutos escribas que sucede:

Pregunta	Respuesta en palabras	Respuesta en dibujo
1. Se divide el tubo de 1,20 m de longitud en dos partes iguales, aproximadamente en el punto donde ocurría el equilibrio. Se ubican las dos partes en una balanza ¿cuál de las dos partes pesará más? Será que ¿pesan igual?		
2. Se divide el tubo de la escoba en el punto de equilibrio. Se ubican las dos partes en una balanza ¿cuál de las dos partes pesará más? Será que ¿Pesan lo mismo?		

INSTITUCIÓN EDUCATIVA DEPARTAMENTAL

MARIANO SANTAMARÍA

Equilíbrate con el torque Parte 2.

Nombre:_____ Grado:_____
Fecha:_____

Hola !!!

Por favor diligencia tus datos. Esta hoja la recogerá la profe al finalizar el la actividad. Y Relájate que esta actividad es para divertirte, no tiene nota.

Lee cuidadosamente y dibuja la situación

Vas a comprar unos gramos de arroz (menos de 100 g) en el mercado de la vereda, sin embargo, la pesa (báscula) se dañó. Cuenta con los siguientes elementos: una regla, un tubo de 60 cm colgado de manera horizontal de un cáñamo, un tarro plástico lleno de plastilina con 100 gramos de masa y un tarro plástico con una cantidad de arroz desconocida.

1) **Realiza un dibujo de la situación.**

2) **¿Cómo utilizarías los materiales para averiguar la masa aproximada del arroz que vas a comprar? Elabora un plan:**_____
_____
_____
_____

3) **¿Qué sucede con la balanza si, a un lado se coloca el tarro con plastilina y al otro un tarro con arroz, pero el arroz tiene menos masa que la plastilina y ambos elementos se colocan a la misma distancia del centro del tubo? Explica tu respuesta:**_____
_____
_____
_____

4) **¿Cuánto pesa el arroz?**
_____

5) **Reúnete con dos compañeros más y discutan el plan de cada uno y lo que creen que suceda en los puntos tres y cuatro. Las conclusiones a las que llegaron son:**_____
_____
_____
_____
_____
_____

6) **Escojan un compañero que escriba en el tablero sus conclusiones.**
7) **Ahora tu docente va a averiguar con el experimento el peso del arroz utilizando la magia de las matemáticas. Escribe lo que observaste:**_____
_____
_____
_____
_____
_____

8) Dibuja lo que observaste:

7.9 Anexo 9. Guía para estudiantes, Concepto de máquina simple.

Institución Educativa Departamental Mariano Santamaría
Guía 1: Máquinas Simples (ABP). Estudiantes.

MÁQUINA DE GOLDBERG

Objetivo: Trabajar el concepto de Máquina.

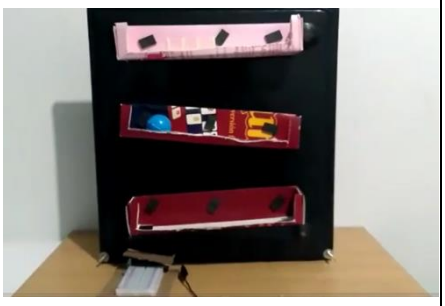
JUGUEMOS RETO

A continuación encontrarás las instrucciones para que puedas divertirte tratando de superar un reto muy entretenido, deberás trabajar en equipo y hacer uso de toda tu creatividad.

1) **Formemos grupos de trabajo de máximo cuatro estudiantes.**

2) **La profe colocará frente al salón los siguientes materiales:**

- **Tres cajitas de cartón.**
- **Fichas de dominó**
- **Una pelota de ping pon.**
- **Canicas.**
- **Un circuito con bombillo LED.**
- **Nueve imanes.**
- **Una lata fijada a un rectángulo de madera.**



1) **El RETO:** **Tu grupo tendrá que hacer uso de los materiales propuestos por la profesora. De tal manera que al organizarlos y hacerlos reaccionar en cadena logren encender el bombillo LED.**

2) **PARA LOGRARLO:** **Cada uno de los integrantes dibujará en una hoja la hoja que la profe les entregó, la manera como creen que se logrará encender el bombillo utilizando los materiales propuestos.**

   Van a contarle al resto del curso su idea y le explicarán: por qué creen que funcionará y qué dificultades se pueden presentar. Todos deben proponer ideas.

3) **INTENTALO CON TU GRUPO:** **Ahora cada grupo pasará a organizar los materiales para cumplir el reto. Tu grupo contará con tres minutos para lograrlo. Respondan las siguientes preguntas**

- **¿Logramos cumplir el reto?____**
- **¿Qué dificultades se presentaron?**

  _____

  _____

- **¿Por qué algunos no funcionaron?**

  _____

  _____

- **¿Qué podrían hace para mejorar la propuesta del grupo?**

  _____

  _____

4) Discutamos lo que pasó

A continuación se discutirán las respuestas a las anteriores preguntas y la profe nos brindará la palabra para que participemos ordenadamente.

Escribe tus conclusiones sobre lo que observaste:

_____

_____

_____

7.10 Anexo 10. Cuento sobre máquina simple

IED Mariano Santamaría

Cuento sobre Máquinas

La dificultad

Carlitos era un niño de diez años que le ayudaba en el trabajo de la finca a su papá, un día el papá estaba subiendo bultos de abono al platón de la camioneta, cuando de repente pegó un gran grito de dolor.

Carlitos salió corriendo a ver que le sucedió a su papá, quien le dijo que se había lastimado la cintura por hacer una mala fuerza, pero que a pesar del dolor, debía terminar de subir los bultos de abono a la camioneta para llevarlos al pueblo.

La situación estaba complicada, Carlitos quería ayudarle a su padre, sin embargo, no tenía la fuerza suficiente para subir los bultos. ¿Qué debo hacer? Se preguntó.

¡Ya sé! Con un planchón largo de madera, ubicado entre el platón de la camioneta y el piso, será una rampa, o bueno como dijo la profe, un plano inclinado. Así entre mi papá y yo, subiremos los bultos haciendo menos esfuerzo. ¡Genial!, Carlitos le propuso la idea a su papá, y juntos se pusieron manos a la obra.

Actividad

1) Dibuja al papá de Carlitos subiendo los bultos de abono a la camioneta.
2) Dibuja a Carlitos ayudando a su papá a subir los bultos de abono aplicando la idea del planchón.
3) Explica por qué Carlitos si le pudo ayudar con la rampa o plano inclinado.

7.11 Anexo 11. Guías para el docente.

Sesión 1. La fuerza

Título: Sorpresa Enlatada

Manual de la Práctica para docentes

OBJETIVO: Socializar con docentes de primaria el concepto de fuerza.

DIRIGIDO A: Docentes de primaria.

ESTÁNDAR: Relaciono el estado de reposo o de movimiento de un objeto con las fuerzas aplicadas sobre éste.

CONTEXTUALIZACIÓN:

El sentido común hace que se asocie el movimiento de un objeto con las fuerzas que se aplican sobre éste haciendo contacto. Así mismo, los docentes en el momento de transmitir la información en torno al concepto de fuerza imparten de manera equivocada el concepto de fuerza. Por lo anterior, es importante aclarar que puede existir un movimiento sin que existan fuerzas observables que actúen directamente sobre el cuerpo. En la naturaleza, las fuerzas causan el cambio de estado de movimiento rectilíneo o de reposo de los cuerpos, pero dicha fuerza no necesariamente es la acción de halar o empujar un cuerpo.

En consecuencia, se trabajará el concepto de fuerza con los docentes por medio de un experimento, en el que, dos cilindros son empujados de tal manera que ruedan a lo largo del piso plano, sin obstáculos ni pendiente. Sin embargo, uno de ellos, luego de un desplazamiento aproximado de 40cm, cambia la dirección del movimiento sin una fuerza aparente. Lo anterior sugiere una discrepancia con el sentido común. Apoyado sobre la discrepancia, se pretende trabajar sobre el error de percibir que las fuerzas no solo solamente causan el movimiento, sino que más bien causan el cambio de estado de movimiento.

MATERIALES:

- Pinzas.
- 20 cm de alambre.
- Puntilla de ½”
- Una banda de caucho.
- Una batería de 12 V (no importa si está descargada).
- Cinta de mascarar.
- 2 latas de leche vacías de 12 cm de altura, con sus respectivas tapas.
- 1 Cautín.
- 1 Marcador rojo.
- 1 Marcador Verde.

Ilustración 1. Caja de ciencia viajera con tema de fuerza.

DESCRIPCIÓN DEL MONTAJE:

Paso 1: pegar cinta alrededor de la lata, colorear la cinta con el marcador rojo. Con la puntilla realizar un orificio en el centro de la base de la lata. Usar el cautín y hacer otro orificio en el centro de la tapa de la lata.

Ilustración 2. Perforación de la tapa

Paso 2: cortar el alambre de 20cm en dos partes iguales y se doblan en forma de S.

Ilustración 3. Alambres doblados.

Paso 3: pegar con cinta de mascarar la batería al caucho, de tal manera que queden libres los extremos de la banda de caucho.

Ilustración 4. Perforación de la base.

Paso 4: introducir los extremos libres de la banda de caucho a través de los orificios de la base de la lata y de la tapa.

Ilustración 5.Pila y caucho pegados con cinta.

Paso 5: sujetar los extremos de la banda de caucho con los alambres elaborados en el paso 2.

Ilustración 6. El caucho pasa por el orificio de la tapa.

Paso 6: fijar los alambres con cinta de mascarar.

Ilustración 7. Se sujetan los alambres con el caucho.

Paso 7: empuje la lata sobre una superficie horizontal sin obstáculos.

Ilustración 8. Alambres fijos con cinta de mascarar.

Paso 8: pegar cinta alrededor de la otra lata, y colorearla con el marcador rojo.

Ilustración 9. Lara rodando sobre superficie horizontal.

Una descripción detallada del procedimiento la puede observar en: https://www.youtube.com/watch?v=XEtRtSk1ZQA

ACTIVIDAD 1: observación del fenómeno, construcción y validación de hipótesis.

PLANTEAMIENTO DE LA PRÁCTICA

Se tienen dos latas del mismo tamaño cada una de un color diferente, una de color rojo y otra de color azul. Se hace rodar la lata roja sobre una superficie horizontal y se observa su comportamiento y posteriormente se hace rodar la lata azul y observa el comportamiento.

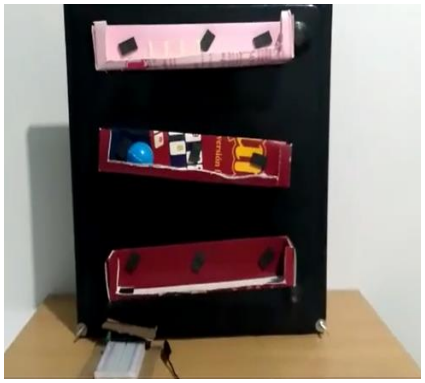


Ilustración 10. Latas que se van a utilizar en el proceso de predicción.

Describa brevemente el comportamiento de cada una de las latas:

_____
_____
_____

La anterior descripción solicitada a los docentes se hace sin brindarles información del contenido de las latas, siendo la lata roja el montaje anteriormente descrito, y la lata azul, una lata vacía.

PREDICCIONES INDIVIDUALES

Luego de observar el comportamiento de las latas, es decir, que la lata azul continua una trayectoria recta en la dirección en que fue empujada, mientras que la lata roja avanza aproximadamente cuarenta centímetros y luego regresa al punto de partida, se solicita a los participantes que escriban en la hoja de predicciones la razón de los distintos comportamientos de las latas:

Conteste las siguientes predicciones en la hoja marcada como hoja de predicciones individuales, recuerde que las predicciones no se tendrán en cuenta como nota en el proceso de evaluación.

¿Por qué cree que la lata roja tiene ese comportamiento?

¿Por qué cree que la lata azul tiene ese comportamiento?

Registran las predicciones:

_____
_____
_____
_____.

Realiza la lectura de las predicciones.

DISCUSIÓN EN GRUPO, REGISTRO Y SOCIALIZACIÓN DE PREDICCIONES GRUPALES

Se reúnen en grupos de cuatro personas, discuten y registran sus predicciones grupales. Tiempo (5 min)

Cada grupo de personas escoge un representante para que registre en el tablero las predicciones que acordaron en cada una de las situaciones. Tiempo (5min).

Se solicita a cada grupo de docentes que argumenten las predicciones escritas en el tablero. (Tiempo 5 min)

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El facilitador dirige la discusión con los participantes de tal manera que se analiza detalladamente el resultado del fenómeno, teniendo en cuenta las siguientes preguntas orientadoras:

1) ¿Qué sucedió con la lata roja?
2) ¿Qué sucedió con la lata azul?
3) ¿Por qué considera que ocurre una diferencia en el movimiento de las dos latas?
4) ¿Qué papel juega la fuerza en los distintos movimientos de las latas?
5) ¿Qué características tiene la fuerza que permite el fenómeno observado?

En este momento de la sesión, el facilitador muestra el contenido de la lata roja, que es la que cambia la dirección de su trayectoria, y a partir de la observación por parte de los participantes, se continúa con la discusión grupal.

Para brindar la explicación concreta del fenómeno es importante que el debate sea dirigido por el docente facilitador, de tal manera, que la reflexión se centre en torno a las fuerzas que causan el estado de movimiento, analizando los tipos de fuerza que actúan sobre la lata. En la lata azul se analizan las condiciones del movimiento. Por su parte en la lata roja se hace mención de la fuerza de fricción entre la lata y el suelo, se tiene en cuenta además la energía elástica almacenada, que permite que regrese al punto de partida.

Cuando las personas encuentren las diferencias entre las latas roja y azul, se pueden utilizar las siguientes preguntas de contexto:

1) ¿Qué tipo de fuerza ejerce la banda de caucho?
2) ¿Cuál es causa el cambio de movimiento en la lata?
3) ¿Cómo definiría el concepto de fuerza a sus estudiantes?
4) ¿Qué relación encuentra entre el concepto de fuerza y el concepto de energía?

Tiempo (30 min)

ACTIVIDAD 2: visualización de video de apoyo y lectura de cuento sobre fuerza titulado "El más fuerte".

Posterior a la observación, construcción y validación de hipótesis, se proyecta a los docentes el video del siguiente enlace: https://www.youtube.com/watch?v=XEtRtSk1ZQA

Se realiza la lectura del cuento titulado: "El más fuerte", en el que se involucra el concepto de fuerza a partir de la cotidianidad de los estudiantes (ver anexo 5), al final del cuento se proponen una actividad que involucra a los participantes en el análisis del cuento y lo que sucede en él.

ACTIVIDAD 3: exposición formal del concepto de fuerza.

Se discute con los participantes, con base en las dos actividades anteriores, el concepto formal de fuerza, brindándoles herramientas conceptuales alrededor del concepto.

Sesión 2. El Torque

Título: Equilíbrate con el torque

Manual de la Práctica para docentes laboratorio de AA – torque

OBJETIVO: Construir intuitivamente los conceptos de torque, equilibrio y peso.

DIRIGIDO A: Docentes de primaria.

ESTÁNDAR: Describo las fuerzas y torques en máquinas simples.

CONTEXTUALIZACIÓN: la presente práctica tiene como fin confrontar el sentido común de los participantes para que ellos mismos construyan el concepto de torque a partir de experiencias cotidianas.

MATERIALES:

- 14 Tubos PVC blancos de media pulgada de diámetro y 30 cm de longitud.
- Codos PVC de media pulgada de diámetro.
- uniones PVC hembra - hembra.

- 2 tubos de PVC verdes de media pulgada de diámetro y 13 cm de longitud.
- 1 tornillo de 4mm de diámetro y 8 cm de longitud.
- 2 T de PVC de media pulgada de diámetro.
- 1 escoba.
- 4 Tarros de tempera vacíos.
- 1 Cinta de enmascarar.
- 1 Barra de plastilina.
- 1 Regla hecha con palo de balso y un esfero.

La caja de ciencia viajera implementada para trabajar el concepto de torque se presenta en la figura 12:

Ilustración 11. Caja de ciencia viajera para trabajar el concepto de torque.

ACTIVIDAD 1: observación del fenómeno, construcción y validación de hipótesis.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: Una escoba con un tubo de 1,20 m de longitud ensamblado con uniones (ver figura 13), se ubica horizontalmente en equilibrio sobre el dedo de una persona. Un tubo de 1m de longitud ensamblado con uniones (ver figura 13) se ubica horizontalmente en equilibrio sobre el dedo de otra persona.

Este planteamiento de problema tiene como propósito evidenciar en los participantes la idea que tienen de equilibrio.

Ilustración 12. Tubo ensamblado con uniones y escoba con tubo ensamblado con uniones.

PREDICCIONES INDIVIDUALES: Pídale a los participantes que realicen las predicciones individuales y luego las discutan con sus compañeros, siempre teniendo en cuenta que las deben anotar en las hojas de predicciones. Recuérdeles que las predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación.
En 10 minutos realice las siguientes predicciones.

- Se divide el tubo de 1.20 m de longitud en el punto de equilibrio. Se ubican las dos partes en una balanza ¿cuál de las dos partes pesa más?
- Se divide el tubo de la escoba en el punto de equilibrio. Se ubican las dos partes en una balanza ¿cuál de las dos partes pesa más?

Las dos preguntas que se plantean en las predicciones ponen en juego el sentido común de los participantes, debido a que en ambas situaciones existe el equilibrio, pero se cuestiona en torno al peso.

Discusión en grupo, registro y socialización de predicciones grupales: pídales a los participantes que realicen las predicciones grupales y luego las expongan a todo el curso de forma ordenada. En ocasiones es bueno que haga un registro en el tablero de lo que predicen sus estudiantes para que lo recuerden al momento de corroborar las predicciones. Para esto cuentan con 20 minutos aproximadamente.

Esta parte propuesta busca identificar las ideas previas y argumentos con los que sostienen sus hipótesis.

Realización de la práctica: Coménteles a los participantes que dividirá y ubicarán las partes en la balanza con el fin de corroborar sus predicciones. Para esto cuenta con 10 minutos aproximadamente.

Realice ahora las mediciones que permitan corroborar (o desechar) sus predicciones.

- ¿Qué pasó con la balanza al ubicar las dos partes del tubo?
- ¿Qué pasó con la balanza al ubicar las dos partes de la escoba?
- Plantee una explicación de lo observado en la que diferencie el equilibrio del peso e introduzca el concepto de torque.

Descripción y registro de los resultados: pida a los participantes que presenten sus resultados al curso de forma ordenada. Discuta con ellos estos resultados teniendo en cuenta las predicciones que habían hecho anteriormente. Pida que comparen estos resultados con las predicciones previas que fueron anotadas en el tablero y que consignen esto en la hoja de resultados. Para esto dispone 10 minutos.

Síntesis y discusión: los participantes o el docente realizan una síntesis de los conceptos involucrados en los resultados anteriormente estudiados. Extrapolación de resultados. Para esto dispone 10 minutos.

Segunda Parte:

- **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:** Usted va a comprar unos gramos de arroz (menos de 100 g) en el mercado de la vereda, sin embargo, la pesa (báscula) se dañó. Cuenta con los siguientes elementos: un tubo de 60 cm, colgado de manera horizontal de un cáñamo, un tarro plástico con aproximadamente 100 gramos de plastilina y un tarro plástico con una cantidad de arroz desconocida.

- **PREDICCIONES INDIVIDUALES:** Pídales a los participantes que realicen las predicciones individuales y luego las discutan con sus compañeros, siempre teniendo en cuenta que las deben anotar en las hojas de predicciones. Recuérdeles que las predicciones no serán tenidas en cuenta para la evaluación.

En 10 minutos realice las siguientes predicciones.

- ¿Cómo utilizaría los materiales para averiguar el peso del arroz que va a comprar?
- ¿Qué sucede con la balanza si, a un lado se coloca el tarro con plastilina y al otro un tarro con arroz, pero el arroz pesa menos que la plastilina, ambos elementos se colocan a la misma distancia del centro del tubo?
- ¿Cuánto pesa el arroz?

Discusión en grupo, registro y socialización de predicciones grupales: pídales a los participantes que realicen las predicciones grupales y luego las expongan a todo el curso de forma ordenada. En ocasiones es bueno que haga un registro en el tablero de lo que predicen sus estudiantes para que lo recuerden al momento de corroborar las predicciones. Para esto cuentan con 20 minutos aproximadamente.

Realización de la práctica: Coméntele a los estudiantes que averiguará el peso poniendo en equilibrio los dos tarros plásticos con el fin de corroborar sus predicciones. Para esto cuenta con 10 minutos aproximadamente.

Realice ahora las mediciones que permitan corroborar (o desechar) sus predicciones.

- ¿Qué paso al ubicar los dos tarros, uno con plastilina y otro con arroz a la misma distancia del centro de equilibrio del tubo?
- ¿Cómo son las distancias a las que deben estar los tarros para que el tubo se mantenga en equilibrio?

Descripción y registro de los resultados: pida a los participantes que presenten sus resultados al curso de forma ordenada. Discuta con ellos estos resultados teniendo en cuenta las predicciones que habían hecho anteriormente. Pida que comparen estos resultados con las predicciones previas que fueron anotadas en el tablero y que consignen esto en la hoja de resultados. Para esto dispone 10 minutos.

Síntesis y discusión: los participantes o el docente realizan una síntesis de los conceptos involucrados en los resultados anteriormente estudiados. Extrapolación de resultados. Para esto dispone de 10 minutos.

El tiempo de cada una de las pautas es sugerido en la implementación con los participantes. Sin embargo, en la implementación con los docentes no se controló el tiempo, dado que se procuró el desarrollo del debate y este se extendió más de lo planteado.

ACTIVIDAD 2: Visualización de video de apoyo y lectura de cuento.

El video fue elaborado en la construcción de la propuesta y muestra el paso a paso de la construcción del montaje, y del desarrollo de las situaciones propuestas.

Posteriormente se realiza la lectura del cuento titulado: “La más pesada del parque”, en el que se involucra el concepto de torque a partir de la cotidianidad de los estudiantes (ver anexo 6), al final del cuento se proponen una actividad que involucra a los participantes en el análisis del cuento y lo que sucede en él.

ACTIVIDAD 3: Exposición formal del concepto de torque.

Se discute con el grupo alrededor del concepto formal de torque, brindándoles herramientas conceptuales alrededor del concepto, que les va a permitir una mejor implementación de la caja de ciencia viajera en el momento de interactuar con sus propios

estudiantes. Se realiza una exposición de la relación entre la fuerza y distancia en el fenómeno de rotación.

Sesión 3. Las Máquinas.

Título: Máquina de Goldberg.

Manual de la práctica docentes Máquinas Simples a partir del ABP

Dirigido a: Docentes de primaria.

Estándar en ciencias: Describo las fuerzas en máquinas simples.

Contextualización: La presente práctica interactiva tiene como fin socializar con los participantes el concepto de máquina y sus características fundamentales.

Materiales

- 9 imanes de grafito.
- 1 Tijeras.
- 1 barra de plastilina.
- 1 Regla.
- 1 Esfero.
- 1 Pistola de silicona.
- 3 cajas de cartón de cereal.
- 10 fichas de dominó, una pelota de ping pong.
- Canicas.
- 1 Circuito simple (LED, protoboard, fuente de poder e interruptor).
- 1 lata metálica con dimensiones 0,40m x 0,5m, fijada a un rectángulo de madera de 0,60m x 0,30m.

Maleta de ciencia viajera, diseñada para para trabajar el concepto de máquina:

Ilustración 13. Maleta viajera para trabajar el concepto de máquina simple.

Ilustración 14. Lata de hierro anclada a la tabla de madera por medio de dos ángulos.

Construcción del montaje

Se toman las cajas de cartón y se desarman de tal manera que se puedan dibujar las siguientes dimensiones:

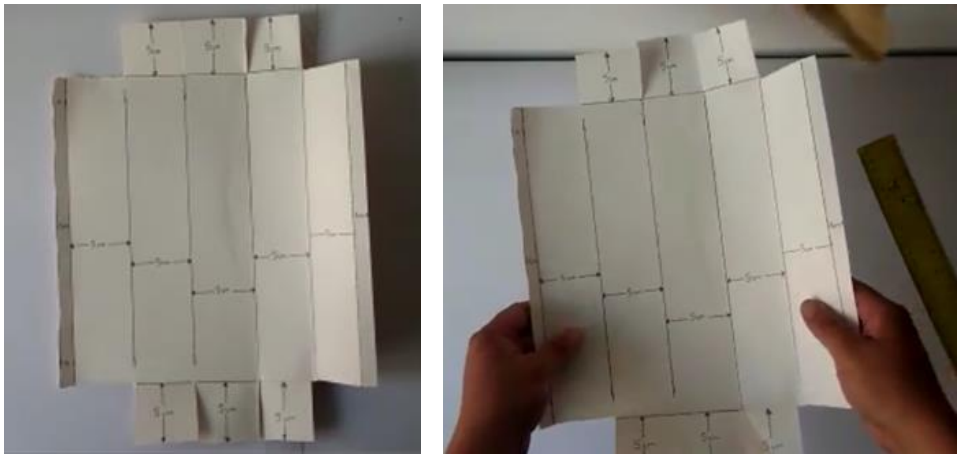


Ilustración 15. Dimensiones del cartón.

Posteriormente, se dobla el cartón en las líneas demarcadas de tal manera que se obtiene una caja así:

Ilustración 16. Doblado de cartón para conseguir la caja.

A continuación, se le aplica silicona en las pestañas de 1cm de tal manera que la caja quede firme:

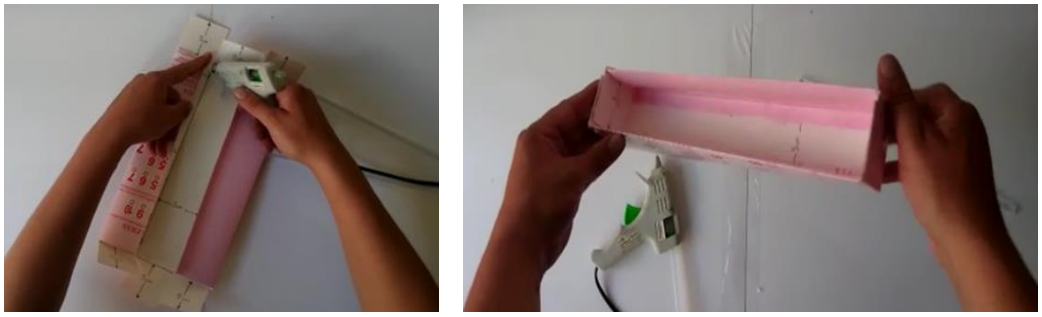


Ilustración 17. Pegado con silicona.

En seguida, se realiza una perforación en uno de los extremos de la base de la caja de 4cm x 2cm a la caja:

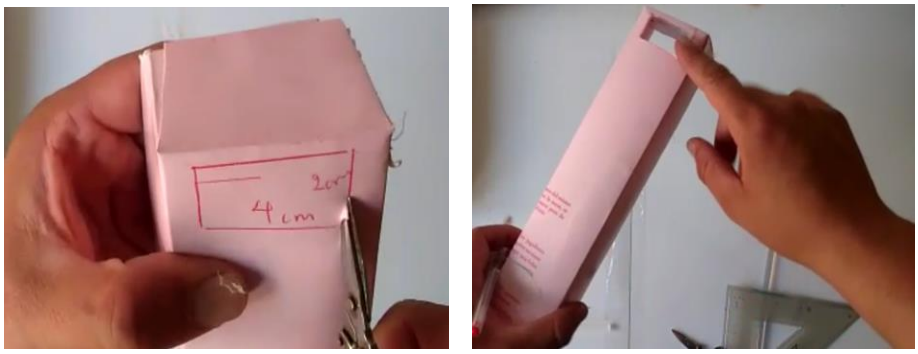


Ilustración 18. Perforación en la base de las cajas.

Luego se recorta uno de los lados de cada una de las cajas.

Ilustración 19. Recorte de un costado de la caja.

Finalmente se utilizan los imanes para sostener las cajas contra la lata de hierro. Debajo de la ventana de la última caja se ubica el circuito simple de tal manera que cuando un objeto caiga por dicha ventana, el circuito se cierre y el bombillo se encienda.

Ilustración 20. Izquierda, máquina de Goldberg antes de ser activada. Derecha, Máquina de Goldberg luego de ser activada.

ACTIVIDAD 1: Observación del fenómeno, construcción y validación de hipótesis.

Planteamiento de la práctica: Para la presente práctica, se propone que utilizando la mayor cantidad de elementos mencionados en los materiales de la guía para los estudiantes (ver anexo 9), se organicen de tal forma que al final de su interacción enciendan un bombillo LED. Estos elementos deben ser organizados creativamente de tal manera que se obtenga una reacción en cadena.

Predicciones individuales y grupales: Pida a los participantes que conformen grupos de trabajo de máximo cuatro integrantes. Indique a los participantes que dibujen individualmente una propuesta de cómo pueden organizar los elementos para cumplir el objetivo para esto utilice la hoja de predicciones individuales incluida en la guía para estudiantes. Luego pida que las predicciones para que posteriormente sean discutidas

con sus compañeros al interior de los grupos de trabajo deben llegar a una conclusión, dibujarla y explicarla en la hoja de predicciones grupales que previamente se ha entregada. Debe informar a los participantes que el acierto de las predicciones no será evaluado con una nota.

Utilice las siguientes preguntas para interactuar con los estudiantes de tal manera que se promueva un diálogo al interior de cada grupo de trabajo:

- En la construcción propuesta. ¿Cómo cree que van a interactuar los objetos utilizados? Describa paso a paso cómo funcionaría su propuesta.
  Ejemplo:

  Primer paso: las fichas caen... hasta llegar a...

  Segundo paso: la canicas ruedan por... hasta golpear a...

- En la construcción propuesta. ¿Cuáles dificultades podrían llegar a aparecer?

Las anteriores preguntas tienen la intención de cuestionar las hipótesis de los docentes e identificar las estrategias que diseñan para cumplir el objetivo que es encender el bombillo LED.

Realización de la práctica: Cada grupo tendrá la oportunidad de realizar el montaje acordado, para esto contará con un tiempo de cinco minutos.

Se conformaron seis grupos que, pasaron uno por uno a realizar el montaje planeado previamente.

Resultados y discusión: A partir de la de la observación de la práctica, se solicita a los participantes que respondan de manera individual las siguientes preguntas:

- ¿Qué es una máquina?
- ¿Qué características tienen las máquinas?
- ¿Para qué son útiles las máquinas?
- ¿Cuáles son las máquinas más utilizadas en su cotidianidad?

El docente se encarga de moderar la socialización de las respuestas de los participantes, de tal manera que se pueda realizar la construcción colectiva del concepto de máquina.

Bibliografía

Adurrumám, Wiliam; Aldana, Ligia; Sánchez, Liliana. (2015). *Ciencias NAturales y Educación Ambiental.* Bogotá D.C: Fundación Escuela Nueva. Volvamos a la gente.

Alonso, M., & Finn, E. (1970). *Física volumen I: Mecánica* (Completa ed.). México: Fondo Educativo Interamericano, S.A.

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

Bahn, P. R. (2007). *Arqueología: Teoría, métodos y práctica.* Madrid: Akal.

Banco de la República de Colombia. (06 de Diciembre de 2019). *Banrepcultural*. Obtenido de Banrepcultural: https://enciclopedia.banrepcultural.org/index.php/Las_revoluciones_industriales

Barbosa, L. (2008). Los experimentos Discrepantes en el aprendizaje activo de la Física. *Latin-American Journal of Physics Education*, 246-252.

Barrel, J. (1999). *El aprendizaje basado en problemas. Un enfoque investigativo.* Buenos Aires : Manantial.

Barrows, H., & Tamblyn, R. (1980). *Problem - Based Learning. An approach Medical Education.* New York : Springer.

Benegas, J., J, P., & Otero. (2013). *El aprendizaje activo en la física básica universitaria.* Compostela: Andavira Editora.

Botiva, A. C., Herrera, L., Groot, A., & Mora, S. (1989). *Colombia Prehispanica, Regiones Arqueológicas.* Bogotá: Instituto Colombiano de Antropología e Historia.

ç. (s.f.).

Camargo, M., Calvo, G., Franco, M., Vergara, M., Lndoño, S., Jaramillo, F., & Garavito, C. (2004). Las Necesidades de formación permanente del docente . *Educación y Educadores*, 79-112.

Camargo, M., Vergara, M., Calvo, G., & Franco, M. (2007). *UniRioja.* Recuperado el 23 de Septiembre de 2018, de http://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/issue/view/99

Cantón, I., Ruth, C., & Arias, A. (2013). La formación universitaria de los maestros en Educación Primaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 44-63.

Chevedden, P. E. (1995). The Trebuchet. *Scientific American*, 66-71.

Chisholm, H. (1911). *Encyclopædia Britannica (11th ed.).* Cambridge: Cambridge University Press.

Chiu, Y. (2010). *An Introduction to the History of Project Management: from earliest Times to A.D 1900.* Utrecht: Eburon Delft.

Correal, G. (1990). *Aguazuque, evidencias de cazadores , recolectores y plantadores en la altiplanicie de la cordillera oriental .* Bogotá: Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales.

Damerow, P., Freudenthal, G., McLaughlin, P., & Renn, J. (2004). *Exploring the Limits of Preclassical Mechanics.* New York: Springer.

Diamond, J. (2016). *Armas, gérmenes y acero.* Barcelona: Debolsillo.

Dijksterhuis, J. (1955). *The principal works of Simon Stevin.* Amsterdam: Swets and Zeitlinger.

Eelkema, R., Pollard, M., & Vicario, J. (2006). Nanomotor rotates microscale objects: Molecular machines. *Nature*, 163-170.

Fullola, J. N. (2005). *Introducción a la prehistoria. La evolución de la cultura humana.* Barcelona: UOC.

Fundación Escuela Nueva. (10 de 06 de 2019). *Fundación Escuela Nueva*. Obtenido de Fundación Escuela Nueva: https://escuelanueva.org/portal1/es/quienes-somos/modelo-escuela-nueva-activa/historia-del-modelo.html

Gaviria, M. (11 de 24 de 2010). *Ministerio de Educación Nacional.* Obtenido de Ministerio de Educación Nacional: https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-340089.html?_noredirect=1

Gribbin, J., & Gribbin, M. (2003). *Historia de la ciencia 1543-2001.* Barcelona: Crítica S.E.

Heinzelin, J. d. (1999). Environment and Behavior of 2.5-Million-Year-Old Bouri Hominids. *Science*, 625-629.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación .* México: Mc Graw Hill Education.

Herrada, F. (2014). Propuesta didáctica para la enseñanza aprendizaje de los conceptos de fuerza y movimiento para los estudiantes de grado décimo del IPARM. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Hewitt, P. (2004). *Física Conceptual* (Novena ed.). México: Pearson Education.

Huber, G. (2008). Aprendizaje Activo y metodologías esducativas . *Revista de Educación* , 59-81.

Hublin, J. B.-N. (2017). New fossils from Jebel Irhoud, Morocco and the pan-African origin of Homo sapiens. *Nature*, 289-292.

Invernizzi, N., & Foladori, G. (2005). El despegue de las nanotecnologías. *Ciencia Ergo Sum*, 321-327.

Kleppner, D., & Kolenkow, R. (1973). *An introduction to mechanics.* United States of America: McGraw Hill.

López, C. (1998). Mecánica Newtoniana. En L. Carlos, *Mecánica Newtoniana* (págs. 124-125). Bogotá: Académia Colombiana de Ciencias Exactas y Naturales.

Lozano, F. (2012). Contribuciones de la educación rural en Colombia a la construcción social de pequeños municipios y al desarrollo rural. *Revista de la Universidad de La Salle*, 117-136.

Martín, S., Rodríguez, M., Bayarri, S., Palou, R., Rodríguez, E., Fernandez, E., & Mavrich, V. (2007). Historia de la Robótica: de Arquitas de Tarento al robot de Da Vinci (Parte 1) . *Actas Urològicas Españolas* (págs. 69-76). Barcelona: Fundació Puigvert.

Martínez, D. (2013). Propuesta de enseñanza y aprendizaje del concepto "Fuerza" para niños de quinto grado de educación básica primaria. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Marulanda, J., & Gómez, L. (2006). EXPERIMENTOS EN EL AULA DE CLASE PARA LA ENSEÑANZA. *REVISTA COLOMBIANA DE FÍSICA*, 699-702.

Ministerio de Educación Nacional. (Julio de 2004). *Ministerio de Educación Nacional de Colombia.* Recuperado el 23 de Septiembre de 2018, de https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-81033_archivo_pdf.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (15 de 02 de 2019). *Mineducación*. Obtenido de Mineducación: https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-379147.html?_noredirect=1

Moorey, P. (1994). *Ancient Mesopotamian Materials and Industries: The Archaeological Evidence.* Indiana: Eisenbrauns, Winona Lake, Indiana.

Muñoz, J., & Alvaro, P. (2014). *diseño de una unidad didáctica para la rotación de un cuerpo rígido: el caso del momento de una fuerza o torque.* Santiago de Cali: Univalle.

Oxford. (10 de 11 de 2018). *Oxford Living Dictionaries*. (Oxford, Editor) Recuperado el 10 de 11 de 2018, de https://es.oxforddictionaries.com/definicion/maquina

Paolo, R. (1970). *Los filósofos y las máquinas.* Barcelona: Labor.

Parra, E. (2009). Arquímedes: su vida, obras y aportes a la. *Revista digital Matemática, Educación e Internet*, 1-40.

Prieto, G., & Andrea, S. (2019). La didáctica como disciplina científica y pedagógica. *Rastros y rostros del saber*, 42-51.

Prince, M. (2004). Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of engineering education*, 223-231.

Rios, D. (11 de 11 de 2007). *Sentido, criterios y utilidades de la evaluación del aprendizaje basado en problemas*. Obtenido de Scielo: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21412007000300004&lang=es

Rodríguez, c., Fabio, S., & Armando, A. (2010). Do Interventions at School Level Improve Educational. *Elsevier*, 415 - 428.

Rodríguez, M., Moreira, M., Caballero, M., & Ileana, G. (2008). *La teoría del aprendizaje significativo en la perspectiva de la psicología cognitiva .* Barcelona: Ediciones Octaedro, S.L.

Roncancio, M. (21 de Junio de 2017). *Magisterio.* Recuperado el 24 de Septiembre de 2018, de https://www.magisterio.com.co/articulo/la-clase-de-ciencias-en-la-escuela-primaria

Rossi, C., Russo, F., & Russo, F. (2009). *Ancient Engineers' Inventions.* Berlín: Springer Science + Business Media .

Schvab, L. (2011). *Máquinas y herramientas.* Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ministerio de Educación, Intituto Nacional de Educación Tecnológica.

Serway, R. (1997). *Física Tomo 1* (Cuarta Edición ed.). México: Mc Gra W-Hill Interamericana Editores, S.A.

Shanin, T. (1979). campesinos y sociedades campesinas. En T. Shanin, *campesinos y sociedades campesinas* (pág. 27). México.

Toth, N. S. (2007). *21 Overview of Paleolithic Archeology. In: Handbook of Paleoanthropology.* Berlin: Springer, Berlin, Heidelberg.

Villar, R. (2010). El programa escuela nueva en Colombia. *Revista Educación y Pedagogía*, 357-382.