UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y EDUCACIÓN
PROYECTO CURRICULAR LICENCIATURA EN FÍSICA

Introducción al movimiento parabólico a partir de la integración del malabarismo

Juan David Rodríguez Rodríguez
(20161135064)

Trabajo de grado en la modalidad INVESTIGACIÓN/ INNOVACIÓN para optar por el título de:

Licenciado en física

Directora:
Olga Lucía Castiblanco Abril

Agradecimientos:

A todas y cada una de las personas que de alguna manera u otra han contribuido en mi desarrollo profesional y personal. Principalmente a mi madre y a mi familia que siempre me han amado y apoyado de manera ciega e incondicional, a mis compañeros de la universidad, que hicieron mi tránsito por la carrera una experiencia hermosa, a mis profesores que me mostraron la belleza de enseñar y de la física, a mis amigos de la casa de la cultura que me mostraron lo maravilloso que es el mundo del circo.

Reconozco que lo que soy no es fruto solo de mi trabajo, sino que es el resultado del cúmulo de interacciones con las personas que he conocido en el transcurso de mi vida.

Contenido

1 Introducción 7
2 Justificación 9
3 Caracterización del problema 10
4 Objetivos 12
4.1 General 12
4.2 Específicos 12
5 Antecedentes 13
6 Marco de referencias 17
6.1 Didáctica de la física 18
6.2 Pedagogía del malabarismo 19
6.3 Movimiento parabólico 21
7 Metodología de investigación 22
7.1 Toma de datos 23
7.1.1 Cuestionario 23
7.1.2 Diseño de la guía 28
7.1.3 Clases 30
7.2 Análisis de datos 39
8 Resultados 40
9 Conclusiones 46
10 Bibliografía 48

Listado de imágenes

Figura 1. Imagen que ilustra el movimiento parabólico como la superposición de dos movimientos, uno vertical y uno horizontal. 22
Figura 2. Imagen de la trayectoria realizada por una bala de cañón disparada con una velocidad x en el eje horizontal. 24
Figura 3. Imagen de la trayectoria realizada por una bala de cañón disparada con una velocidad 2x en el eje horizontal. 25
Figura 4. Imagen de la trayectoria descrita por una bala de cañón al ser lanzada con una inclinación de 45º. 26
Figura 5. Imagen de referencia para la pregunta 4. 27
Figura 6. Imagen ilustrativa del truco 5-3-1. 31
Figura 7. Imagen ilustrativa para la numerología transposicional. 33
Figura 8. Fotografía de dos estudiantes realizando el reto 1. 35
Figura 9. Fotografía de un estudiante realizando el reto 2. 36
Figura 10. Fotografía de un estudiante realizando el reto 3. 37
Figura 11. Fotografía de la estructura para el acto final. 38

Resumen:

En este trabajo se presenta una metodología alternativa a la enseñanza tradicional de la física, basada en el malabarismo como estrategia de estudio del movimiento parabólico. Se utilizó una metodología de tipo cualitativo con la técnica de análisis de contenido, a partir de dos encuestas aplicadas a los estudiantes y el desarrollo de dos sesiones de clase. Se trabajó con 35 estudiantes de grado décimo entre los 15 y 17 años de un colegio particular de la localidad de Bosa en Bogotá. El diseño de la estrategia se basó en la perspectiva dimensional de la didáctica de la física, que permitió involucrar las pasiones del docente que en este caso es el malabarismo, con su ejercicio profesional, además brinda una estructura para la preparación de la clase contextualizada, por ejemplo, ideando un experimento de tipo discrepante y una secuencia de matematización de la física. Se identificaron las ideas iniciales de los estudiantes frente al movimiento parabólico mediante la aplicación de un cuestionario, para articular sus ideas con la pedagogía del malabarismo, en la cual los estudiantes aprendieron los lanzamientos básicos a la par que iban interiorizando conceptos del movimiento parabólico. Se encontró que, el malabarismo propicio ambientes de aprendizaje para comprender que el movimiento parabólico se compone de la superposición de un movimiento horizontal y uno vertical. Podemos igualmente afirmar que cuando los estudiantes toman un rol activo dentro de las clases sus modelos mentales tienden a desarrollarse hacia los modelos explicativos de la ciencia establecida. Finalmente, es de resaltar que la estrategia de abordar los contenidos mediante actividades asociadas al circo facilita la integración de todos los estudiantes, inclusive aquellos con diversidad funcional cognitiva.

Palabras Claves:

Circo. Educación media. Enseñanza de la física. Innovación en educación. Pedagogía del malabar.

Abstract:

This paper presents an alternative methodology to the traditional teaching of physics, based on juggling as a strategy for studying parabolic motion. A qualitative methodology was used with the content analysis technique, based on two surveys applied to the students and the development of two class sessions. We worked with 28 students between the ages of 15 and 17 from a private school in the town of Bosa in Bogotá. The design of the strategy was based on the dimensional perspective of the didactics of physics, which allowed to involve the passions of the teacher, which in this case is juggling, with his professional practice, also provides a structure for the preparation of the contextualized class, for example, devising a discrepant type experiment and a physics mathematization sequence. The initial ideas of the students regarding the parabolic movement were identified through the application of a questionnaire, to articulate their ideas with the pedagogy of juggling, in which the students learned the basic throws while internalizing concepts of the parabolic movement. It was found that juggling fosters learning environments to understand that the parabolic movement is made up of the superposition of a horizontal and a vertical movement. We can also affirm that when students take an active role in the classes, their mental models tend to develop towards the explanatory models of established science. Finally, it is noteworthy that the strategy of addressing the contents through activities associated with the circus facilitates the integration of all students, including those with cognitive functional diversity.

Key words:

Circus. Innovation in education. Juggling pedagogy. Middle education. Physics teaching.

1 Introducción

La apuesta fundamental de este trabajo investigativo es la de elaborar e implementar una metodología para la enseñanza de la física que sea alternativa a las metodologías tradicionales, para esto se hace uso de las pedagogías del malabar con el objetivo de enseñar física, más específicamente nociones sobre el movimiento parabólico, a partir del aprendizaje de técnicas específicas del malabarismo.

Para realizar la investigación se utilizó una metodología mixta, con una parte cualitativa la cual consistió en identificar las ideas iniciales que tenían los estudiantes frente al movimiento parabólico mediante un cuestionario en el cual ellos debía dibujar la trayectoria de una pelota al dejarla caer de la punta del mástil de un barco que se mueve con velocidad constante, además de analizar e interpretar la presencia o ausencia de ciertos conceptos o ideas expuestas dentro del material de análisis. la parte cuantitativa de la metodología se basó en clasificar cuantos de los estudiantes consideran que el movimiento horizontal que lleva el barco afecta la trayectoria de la pelota que se deja caer, además de establecer la frecuencia con la cual aparece una palabra o idea dentro del material recolectado.

La población con la cual se llevó a cabo este proyecto fueron 30 estudiantes con edades entre los 15 y 17 años, dentro de los cuales se encuentran 3 estudiantes con necesidades educativas especiales, pues presentan déficit cognitivo, epilepsia y depresión. Todos los participantes se encontraban finalizando grado décimo en el colegio Liceo Ciudad Capital, el cual es un colegio mixto con única jornada, de carácter particular de la localidad de Bosa en la ciudad de Bogotá. Cabe aclarar que, para la toma de datos, si bien el grupo inicial era 35 estudiantes, no todos entregaron sus respuestas o asistieron en todos los momentos, es por esta razón que los datos obtenidos en el primer cuestionario registran 28 estudiantes y mientras que los datos obtenidos del cuestionario final se registran 32 estudiantes.

Para poder ejecutar la idea de una guía metodológica que ofrezca la posibilidad de innovar en la enseñanza de la física se tomó el discurso de la didáctica de la física desde la perspectiva dimensional, pues esta brinda una estructura que permite integrar las pasiones del docente a su ejercicio profesional en el ámbito de la enseñanza de la física. En la teoría de la dimensionalidad en la didáctica de la física se encuentran tres dimensiones, las cuales se utilizaron como ejes articuladores para la creación de las sesiones de clases. La primera dimensión que trabaja es la dimensión sociocultural, la cual se basa en analizar el contexto en el cual se da la clase y este contexto no es solo el de los estudiantes sino también el del docente, por esta razón, se elige una de las pasiones del mismo la cual es el malabarismo. Con respecto a los estudiantes estos muestran gran interés por este tipo de actividades, lo que permite que los mismos tomen un rol participativo dentro de las actividades propuestas. Como segunda dimensión se encuentra la dimensión interaccional, esta permite establecer la estructura de las clases que se realizará, dicha estructura se compone de tres partes; el acercamiento fenomenológico, la caracterización del sistema físico y la modelación. Como última dimensión se encuentra la dimensión disciplinar, desde la cual se estudian los contenidos propios de la física, para este caso las nociones propias del movimiento parabólico.

Tras aplicar el primer cuestionario: NOCIONES SOBRE EL MOVIMIENTO PARABOLICO a los estudiantes sobre conceptos básicos del movimiento parabólico, se logró identificar las ideas iniciales que estos poseían frente a los conceptos propios del fenómeno de movimiento parabólico, una vez identificadas estas ideas se plantea la manera de relacionar los conceptos propios del movimiento parabólico con las pedagogías del malabar expuestas por palominos cuando afirma que la numerología es la “Son combinación de números que representan el orden del lanzamiento de los objetos a través del tiempo, además de la altura a la cual llegan y con qué mano se atrapan” (Palominos, Díaz, Jaña, Carreño, & Soto, 2018, pág. 28), algunos de los conceptos a trabajar fueron: velocidad, aceleración y dirección. Estos conceptos fueron trabajados a partir de los movimientos descritos con la numerología.

Una vez finalizadas las dos sesiones de clase con los estudiantes se procedió a realizar un último cuestionario de tipo abierto, en el cuál se les pedía que dibujaran y explicaran la trayectoria de una pelota que es lanzada de manera vertical en una bicicleta que está en movimiento, al hacer el análisis de datos con las respuestas de los estudiantes se identificó que estos interpretan el movimiento parabólico como la superposición de un movimiento vertical con uno horizontal.

Tras realizar la comparación entre los datos recolectados con ayuda de los dos cuestionarios aplicados es posible evidenciar que, cuando las clases de física se apoyan en metodologías que resultan atractivas e interesantes para los estudiantes, estos toman un rol activo dentro de la clase y se apropian del proceso generando así un ambiente propicio para el aprendizaje donde los conceptos son elaborados por los estudiantes a partir de sus experiencias previas, el pensamiento crítico y la argumentación, dando esto como resultado un mejor entendimiento de los fenómenos físicos y a su vez contribuyendo el desarrollo del pensamiento científico.

Un descubrimiento que es necesario resaltar es que la estrategia de enseñar física con el apoyo de las pedagogías del malabar resulta ser una metodología que fomenta la integración y el aprendizaje de todos los estudiantes incluyendo aquellos que poseen una diversidad funcional cognitiva.

2 Justificación

Parte de este proyecto surge del interés por contribuir en los procesos de aprendizaje de la física en los estudiantes de una manera innovadora haciendo que este proceso sea lo más ameno posible para todos, así como la necesidad de desarrollar un estilo propio para la enseñanza de la física fortaleciendo mi formación profesional, además de una gran pasión propia por el circo. Es posible idear metodologías que unifiquen estas dos áreas del conocimiento para dar como resultado clases más dinámicas donde los estudiantes tengan un rol activo

ayudando así a construir los conceptos y no solo recibiendo información del profesor.

Cuando los estudiantes asumen la rienda de su proceso de aprendizaje los resultados son notorios, pues si los conceptos son construidos a partir de los pensamientos y experiencias de estos (con la orientación del profesor), la interpretación de la física por parte de los alumnos les permitirá entender de una manera más acertada su entorno. Además, al participar de discusiones donde se ponen en evidencias sus formas de pensar, estos desarrollan además de las habilidades propias de la comunicación, una capacidad argumentativa mayor. Finalmente, el interés personal por realizar este proyecto nace de la experiencia propia de haber vivenciado la estructura tradicional de la enseñanza de la física y ver que a los jóvenes les resulta incomprensible, complicada y hasta aburrida.

El ejercicio de innovación desde la práctica docente para que sea fructífero, debe estar pensado desde la posibilidades, capacidades, intereses y pasiones del mismo docente, esto con el fin de poder integrar lo que el docente es, con la forma en la cual el docente imparte sus clases a los estudiantes. Siguiendo la premisa anteriormente expuesta, se propone entonces la innovación de la enseñanza de la física a partir del circo y más específicamente, el malabarismo en la categoría de lanzamientos, pues todos estos lanzamientos se pueden estudiar desde la física.

3 Caracterización del problema

El Colegio Liceo Ciudad Capital ubicado al suroccidente de Bogotá en la localidad de Bosa, actualmente cuenta con 35 estudiantes para el grado de décimo divididos entre dos cursos (10A y 10B) los cuales, debido al entorno en el cual han crecido, se ven inmersos en diferentes circunstancias que afectan de manera directa su desarrollo personal y por ende su desarrollo académico. Dentro de los alumnos que

asisten al colegio se encuentra un pequeño grupo que presentan necesidades educativas especiales, como lo es el caso del déficit atencional.

Las metodologías tradicionales para la enseñanza de la física no resultan ser muy atractivas para los estudiantes, pues en algunos casos se reduce la enseñanza y el aprendizaje de la física, a la mera resolución de ecuaciones, dejando de lado dos aspectos fundamentales como lo son, el hecho de que estamos inmersos dentro de una realidad que responde a unas reglas estudiadas por la física y que el objeto de estudio de la física son las interacciones propias del entorno.

En concordancia con lo anteriormente descrito, surge el interés de proponer nuevas estrategias de enseñanza que se centren en los intereses y las necesidades de los y las estudiantes para que estos logren un aprendizaje significativo.

Además de las circunstancias descritas, el colegio no cuenta con un espacio exclusivo asignado para el laboratorio de física, pues este debe compartirse con el laboratorio de química, lo cual repercute en que la mayor parte de las clases se centren en los contenidos teóricos, limitando la posibilidad a estos de construir el conocimiento a partir de la experimentación. El no contar con un laboratorio de física en los colegios repercute de manera negativa en el aprendizaje de los y las estudiantes, ya que al no vivenciar los fenómenos de primera mano puede resultar más difícil relacionar las conceptualizaciones con vivencias de su día a día. La importancia del aprendizaje de la física reside principalmente en la oportunidad que ofrece a las personas para desarrollar su pensamiento científico, lo que implica su capacidad de analizar, explicar, argumentar, reflexionar, criticar y relacionarse mejor con el mundo y la naturaleza, de acuerdo con lo anterior, el proceso de experimentación es fundamental, pues esta es la forma en la cual los seres humanos interrogan a la naturaleza.

Para realizar un aporte a la solución de dicha problemática surge la idea de diseñar unas guías metodológicas que permitan la implementación de nuevas metodologías de enseñanza donde los estudiantes tengan un rol más activo dentro de las clases, pues al apropiarse del proceso, también se apropian de los conceptos que se construirán en el transcurso de las sesiones. Los fenómenos del movimiento

parabólico, aunque son vivenciados de manera directa en el diario vivir de los estudiantes, no son reconocidos por estos, pues cuando ven los temas en clase los dejan como una mera abstracción y no conectan los contenidos con sus vivencias diarias. Con el fin de llevar a cabo esta propuesta se hará uso de la didáctica de la física, pues esta nos permite plantearnos de una manera más acertada el proceso de enseñanza y aprendizaje con los estudiantes.

Teniendo como base lo mencionado anteriormente, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las bases conceptuales de los estudiantes con respecto al movimiento parabólico y de qué manera se pueden nutrir estas con ayuda del circo?

4 Objetivos

4.1 General

- Generar una estrategia de enseñanza de la física basada en el circo, para impactar de manera positiva el proceso de aprendizaje en los estudiantes.

4.2 Específicos

- Analizar las posibilidades de desarrollar procesos de enseñanza de la física alternativos.
- Aportar una metodología de enseñanza de la física que resulte fructífera para los estudiantes.
- Fortalecer mi formación como docente innovador por medio del circo.

5 Antecedentes

Las metodologías tradicionales para la enseñanza de la física, al centrarse en la mera realización de operaciones algebraicas sin un proceso de análisis e interpretación de conceptos físicos, contribuyen a que los estudiantes no entiendan el verdadero enfoque de la física, el cual es comprender el mundo que los rodea, generando en los estudiantes un desinterés por la materia, por esta razón, se hace necesario proponer nuevas metodologías que fomenten el papel activo de los estudiantes dentro de la clase de física con el objetivo de que estos se apropien de sus procesos de aprendizaje.

Tras realizar una inspección de trabajos con un horizonte similar al propuesto dentro de este proyecto investigativo se encontró que cuando se trata de trabajos con una sola área de conocimiento como lo es, el movimiento parabólico, la enseñanza de la física o el circo, resulta sencillo encontrar documentación, pero a medida que vamos uniendo estas áreas de conocimiento la cantidad de textos que se encuentran se reducen de manera drástica, hasta el punto de que la documentación existente sobre la enseñanza de la física basada en los malabares es casi nula, por esta razón se hace necesario entonces contribuir con documentos que orienten a más personas en la utilización de esta metodología para la enseñanza de la física.
Al realizar una revisión de textos con objetivos o metodologías similares a las de interés de esta investigación se seleccionaron los documentos que se presentan a continuación.

Título: EL ARTE CIRCENSE Y LA FÍSICA: BASES TÉCNICAS Y METODOLÓGICAS
Tipo: LIBRO
Autor: HÉCTOR YZQUIERDO SOTOLONGO

Descripción: Escrito por el artista y profesor circense Héctor Yzquierdo quien al culminar su carrera artística se dispone a realizar trabajos colaborativos con el ministerio de cultura cubano en pro de aumentar el sustento bibliográfico en torno al circo, pues plantea que mientras el arte circense no cuente con una amplia variedad de textos que le sustente no será tomado con la seriedad que este merece, es por esta razón que en su libro se da a la tarea de mostrar de manera explícita la física que hay tras los actos de circo más conocidos relacionados con los equilibrios como lo son: la parada de manos, la parada de cabeza y la parada en una mano.

En el libro de Yzquierdo se evidencia como se pueden identificar conceptos propios de la física en disciplinas del circo, para este caso puntual tenemos el ejemplo de la estática para la disciplina de la acrobacia, más específicamente la parada de manos y la parada en una mano.

Título: Juguetes en clases y demostraciones de Física
Tipo: Articulo
Autor: Julio Güémez, Carlos Fiolhais y Manuel Fiolhais
Descripción: El artículo consiste en una compilación de juguetes y como estos al ser analizados más a detalle necesitan en algunos casos conocimientos avanzados en diferentes áreas de la física, los autores exponen juguetes con comportamientos particulares los cuales están fundamentados desde los principios físicos que los rigen, los juguetes aquí expuestos son clasificados dependiendo del área de la física que explica su comportamiento: 1) Peonzas, péndulos y muelles. 2) Juguetes con fluidos. 3) Juguetes electromagnéticos.

El artículo permite visualizar una forma de categorizar diferentes juguetes de acuerdo al área de la física con la cual se pretende trabajar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física, de estas categorías se observa que dentro del malabares

las pelotas tienen la característica de ser lanzadas de una mano a otra, lo cual las hace ideales para trabajar el movimiento parabólico.

Título: ENSEÑANZA DE CONCEPTOS DE FÍSICA EN QUINTO GRADO A PARTIR DE LA CONSTRUCCIÓN Y ANÁLISIS DE JUGUETES
Tipo: Trabajo de grado de la licenciatura en física de la universidad distrital.
Autor: XAVIER P. SALINAS VILLARRAGA
Descripción: En este trabajo de grado se realiza una investigación sobre los aportes que realiza al proceso de enseñanza y aprendizaje de la física la construcción e implementación de juguetes con estudiantes de quinto grado, bajo la premisa de que el juego es un ambiente motivador para los procesos de aprendizaje de los estudiantes. Además uno de los objetivos principales de este trabajo de grado es aportar una nueva metodología en la enseñanza de la física que favorezca los procesos de enseñanza y aprendizaje tanto dentro como fuera del salón de clases.

La enseñanza de la física por medio de juguetes muestra tener resultados favorables a la hora de abordar fenómenos con los estudiantes, pues estos al poder interactuar con los mismos resultan inmersos en un proceso de experimentación, a la par que fortalecen su pensamiento científico al tratar de dar explicación al comportamiento de los juguetes y poner estas explicaciones a discusión con sus compañeros.

Título: Pedagogía del malabarismo herramienta educativa que potencia el desarrollo integral.
Tipo: Libro Referencia

Autor: Alvaro Palominos, Daniel Diaz, Nicolas Jaña. Alex Carreño, Victor Soto
Descripción: A partir de este texto es posible identificar ciertas pautas o momentos necesarios para realizar una sesión de enseñanza de malabares de tal forma que esta resulte ser fructífera y atractiva para los estudiantes, en este libro Alvaro Palominos junto a su equipo de trabajo y el ministerio de cultura chileno, crean una guía que permite a profesores de todas las áreas adquirir los conocimientos básicos necesarios para la planeación y ejecución de una clase de malabares, además de explicar por qué los malabares resultan ser una herramientas enorme a la hora de aportar al desarrollo integral de los niños y niñas.

El circo posee una gran cantidad de disciplinas, entre estas encontramos los malabares, los cuales consisten en el dominio y manipulación de diferentes tipos de elementos, cuando se habla de pedagogías del malabar se habla de un desarrollo integral debido a que los malabares promueven un desarrollo multidimensional en las personas, un ejemplo es en la dimensión emocional, al dominar trucos nuevos o compartir con los demás lo que se ha aprendido, también en una dimensión más racional pues se genera una conciencia del espacio en el cual se trabaja y aunque no es usual que se realice una explicación consciente de la física que está implícita en los lanzamientos, si se entienden algunos conceptos propios del movimiento parabólico.

Título: Enseñando a construir modelos explicativos de física en torno a juguetes
Tipo: Articulo
Autor: Olga Lucía Castiblanco Abril, Xavier Parmenio Salinas, Yuli Patricia León Acosta, Diego Fabián Vizcaíno Arévalo.
Descripción: Este artículo es el resultado de un proyecto de investigación en el cual se implementó la elaboración y utilización de dos juguetes, un paracaidista y un equilibrista para fomentar la construcción de modelos mentales respecto a

contenidos propios de la enseñanza de la física, el artículo muestra cuáles fueron los juguetes utilizados en el proyecto y los temas que se abordaron a partir de la interacción con los mismos.

Al trabajar con juguetes los estudiantes identifican variables, además de establecer relaciones entre diferentes conceptos basados en la observación lo cual hace que estos experimenten un proceso de evolución conceptual. En el proceso de construcción y análisis de los juguetes los estudiantes estimulan su imaginación y creatividad a la vez que fortalecen sus capacidades de comunicación y argumentación, desarrollando así en ellos habilidades científicas que les aportan un panorama más amplio del mundo en el cual se encuentran inmersos.

6 Marco de referencias

Esta investigación se fundamenta en la unión de tres disciplinas las cuales son: la didáctica de la física, los contenidos de la física y el circo. Aunque en muchas ocasiones no se trabajen juntas, se unen de manera orgánica y armoniosa, pues tras los vistosos movimientos y prácticas propias del circo, se encuentra las leyes de la física basadas en el movimiento de los cuerpos, más específicamente, podemos estudiar diferentes técnicas del malabarismo como fenómenos propios del estudio del movimiento parabólico, pues cuando se observa a un malabarista lanzar y recibir cinco pelotas, la mayoría de las veces no se es conscientes que ese truco no es más que la unión consecutiva de lanzamientos parabólicos de extrema precisión.

A pesar de que la enseñanza de la física puede sacar un enorme provecho del circo, no resulta habitual encontrar este tipo de metodología en las aulas de clases, ni tampoco encontrar mucha bibliografía que hable al respecto. Para abordar esta investigación desde una base teórica se hará uso de la perspectiva dimensional de la didáctica de la física, propuesta por Castiblanco (2022), en la cual nos define que, “el docente pueda destacar la acción del conocimiento proveniente de diferentes campos: contenidos específicos de las ciencias, contenidos que ayudan al

tratamiento de los contenidos de la física en los procesos de enseñanza y contenidos que enriquecen la interacción en el aula de clase.”, las tres dimensiones son entonces; la dimensión disciplinar, la dimensión sociocultural y la dimensión interaccional.

Partiendo de estas tres dimensiones es posible relacionar cada una con las áreas de interés del presente trabajo. En primer lugar, tenemos la dimensión disciplinar que se centra en los contenidos propios del área de conocimiento, en este caso el movimiento parabólico. Como segunda dimensión tenemos la sociocultural, esta dimensión se enfoca en los contenidos y metodologías que promueven el análisis crítico y reflexivo sobre la enseñanza de la física en diferentes contextos educativos, esta dimensión se articulará con las estrategias innovadoras para la enseñanza de la física, como lo es el uso de los malabares. Y, como última dimensión, tenemos la dimensión interaccional, la cual se orienta hacia los ejercicios prácticos sobre el uso de recursos de apoyo en el aula con el fin de enriquecer las formas de interacción, este enriquecimiento se da a partir de la elaboración de unas sesiones de trabajo basadas en las etapas de la matematización de la física.

6.1 Didáctica de la física

A partir de la perspectiva dimensional de la didáctica de la física es posible estructurar clases de enseñanza de movimiento parabólico basadas en las pedagogías del malabar, pues cada una de las tres dimensiones de la didáctica de la física permiten organizar el proceso de enseñanza de la física de manera reflexiva.

Teniendo en cuenta lo propuesto por (Castiblanco & Nardi, Didáctica de la física, 2022) las dimensiones de la didáctica de la física son: la dimensión sociocultural, en la cual, se tiene en cuenta el contexto de todos los involucrados en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física, esto por supuesto incluye también al docente, y es ahí donde se permite la innovación en la enseñanza de la física desde lo que el docente es, en el caso particular de este trabajo es el malabarismo. Para la dimensión disciplinar fueron elegidos los contenidos propios del movimiento parabólico pues por las manipulaciones que se realizan con las pelotas al lanzarlas

para realizar malabares las trayectorias que estas describen es la de una parábola. La dimensión interaccional se encarga de todos los elementos que contribuyen y enriquecen la elaboración e interacción del docente en el aula, en este sentido se tomará para la estructura de las sesiones de clases las tres etapas propuestas por la teoría de la matematización de la física, las cuales son:

- Acercamiento fenomenológico: en esta etapa se privilegia la experimentación por medio de la exploración sensorio-motora, lo cual se realiza desde la variedad de lanzamientos y recepciones que se pueden ejecutar dentro del malabarismo, permitiendo así que los estudiantes evidencien el fenómeno del movimiento parabólico, a la vez que van identificando algunas de sus características, por medio de la observación y el debate.
- Caracterización del sistema físico: los estudiantes aquí identifican variables como, la velocidad, la dirección o la fuerza, las cuales determinan el resultado de la trayectoria que tomará la pelota, aquí los estudiantes se centran en realizar predicciones que serán argumentadas desde los aportes que realizan las variables al movimiento de la pelota.
- Modelación: esta última etapa tiene como eje central el reconocimiento de las estructuras matemáticas que sustentan las teorías físicas, pero esta no puede verse reducida a la simple realización de operaciones matemáticas, pues los estudiantes deben entender la lógica y los resultados que se obtienen a partir de procesos deductivos.

6.2 Pedagogía del malabarismo

Palominos (2018) expone que los sistemas educativos se centran principalmente en el desarrollo intelectual de los estudiantes, pero no existen mediciones objetivas del desarrollo de todos los otros aspectos, se percibe la necesidad de crear programas que permitan sistematizar actividades pedagógicas tendientes a lograr este “cultivo de valores, conocimientos y destrezas” a través de diversas y atractivas disciplinas, que apoyen a la educación formal en su camino para alcanzar un efectivo desarrollo integral de los niños. (p.7)

Es por esta razón, que surge la idea de unificar la enseñanza de la física con las pedagogías del malabar para así apuntar a un proceso de aprendizaje integral en el cual se fomente el desarrollo de diversas aptitudes en los estudiantes, como lo es la motricidad, la creatividad, el manejo de emociones y la mejora de los procesos atencionales.

La acción básica e intuitiva del malabar es la de lanzar y recibir, esta tiene un amplio espectro de posibilidades pues podemos lanzar a diferentes alturas, velocidades, distancias y tiempos, además de que podemos lanzar uno o más objetos, haciendo posible generar todo tipo de trayectorias y trucos de lo más impresionantes o simpáticos. Dentro de los lanzamientos encontramos unas reglas particulares como lo es la numerología de notación transposicional, la cual consiste en "combinaciones de números que representan el orden del lanzamiento de los objetos a través del tiempo, además de la altura a la cual llegan y con qué mano se atrapan" (Palominos, 2018, p. 28).

Dentro de la disciplina del malabar es posible encontrar también una gran cantidad de juguetes los cuales pueden se pueden organizar "según las acciones que el malabarista realiza con estos" (Palominos, 2018, p. 28) dando como resultado las siguientes categorías: de lanzamiento, de contacto, de equilibrio, de manipulaciones no convencionales, entre otros.

Uno de los juguetes más apropiados para el aprendizaje del malabar son las pelotas pues con estas no se debe tener en cuenta la cantidad de vueltas que dan en el aire, pues su forma es simétrica y esto también ayuda a que al lanzarlas la interacción con el viento no altere de manera considerable su trayectoria. Además de lo anterior las pelotas poseen una enorme cantidad de trucos de diferentes dificultades, permitiendo así que este juguete se adapte al nivel de cada malabarista, desde uno principiante hasta uno experto.

6.3 Movimiento parabólico

El movimiento parabólico ha sido estudiado por la humanidad desde hace más de un par de siglos y es que para poder entender este fenómeno se hace necesario el estudio de dos tipos de movimiento, la caída libre y el movimiento rectilíneo uniforme. Galileo es uno de los primeros representantes del estudio de fenómenos relacionados con el movimiento, pues este tenía un gran interés por revelar las leyes que rigen el universo, de manera que en sus estudios sobre la caída libre se esmeró por “conocer las leyes matemáticas que rigen este movimiento acelerado” (Gamow, 2001, pág. 38) con ayuda de planos inclinados y un reloj de agua, Galileo halló que las distancias recorridas por una esfera cayendo por un plano inclinado obedecían al cuadrado del tiempo que tardaba rodando.

Tras su estudio de la caída libre, Galileo realizó contribuciones importantes al estudio de lo que él denominó como movimiento compuesto, el cual es posible entender como si “tuviera dos movimientos independientes: 1) un movimiento horizontal con la velocidad constante que le fue comunicada en el momento de lanzarla, y 2) un movimiento vertical de caída libre con la velocidad que aumenta proporcionalmente al tiempo” (Gamow, 2001, pág. 38) teniendo en cuenta la superposición de los dos movimientos descritos anteriormente se puede dibujar entonces la trayectoria de este movimiento de superposición, considerando que de manera horizontal el objeto recorre distancias iguales en tiempos iguales y que de manera vertical el objeto recorre una distancia proporcional al cuadrado del tiempo transcurrido, la trayectoria resultante es lo que se conoce como parábola.

Figura 1. Imagen que ilustra el movimiento parabólico como la superposición de dos movimientos, uno vertical y uno horizontal.

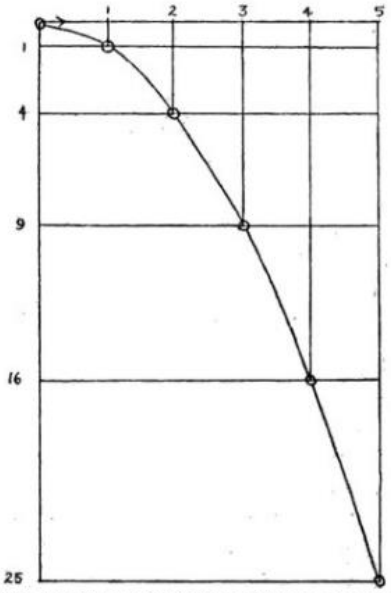


Figura 11. Composición de un movimiento uniforme en dirección horizontal y un movimiento acelerado en dirección vertical. La curva resultante es una parábola.

Fuente: (Gamow, 2001, pág. 43)

7 Metodología de investigación

La metodología elegida para esta investigación fue la de análisis de contenido pues esta metodología es versátil, brindando la posibilidad de realizar análisis tanto de tipo cualitativo como de tipo cuantitativo. Esta metodología está fundamentada en diferentes áreas del conocimiento, como la psicología, la lingüística, la sociología, entre otras, estas ofrecen la posibilidad de tratar los contenidos explícitos e implícitos dentro de un material de estudio concreto.

Para poder deducir e inferir ideas y asociaciones por parte de los estudiantes se procedió a analizar textos, diagramas y discursos, producidos por los estudiantes respondiendo a preguntas específicas.

Para la toma de datos en primer lugar se realizó un cuestionario diagnóstico el cual tenía como objetivos identificar las representaciones cognitivas de los estudiantes relativas al movimiento parabólico, después de realizar este cuestionario diagnóstico, se realizaron dos sesiones de clase cuyo eje principal fueron las pedagogías del malabar y al culminar las sesiones los estudiantes realizaron un texto y un diagrama explicativo, esto con el objetivo de identificar si hay una evolución en las representaciones cognitivas de los estudiantes tras finalizar las dos sesiones.

A Partir de las técnicas de análisis de contenido aplicadas a los documentos producidos por los estudiantes se da respuesta a: ¿Cuáles son las bases conceptuales de los estudiantes con respecto al movimiento parabólico y de qué manera se pueden nutrir estas con ayuda del circo? Lo anterior con el fin de enriquecer la labor docente, ampliando las posibilidades a la hora de abordar la temática del movimiento parabólico.

7.1 Toma de datos

La toma de datos se realizó en tres tiempos, en primer lugar se realiza un cuestionario diagnóstico que permite identificar los conceptos a reforzar y trabajar con los estudiantes, después de tener los temas que se van a tratar se procede a realizar la guía metodológica que da la estructura de las sesiones de clase, por último se realiza una encuesta final que permita realizar una comparación entre las nociones iniciales que tenían los estudiantes y las nociones que tenían al finalizar las sesiones, esto con el fin de comprobar si hubo un cambio significativo en la concepciones de los estudiantes con respecto al movimiento parabólico.

7.1.1 Cuestionario

Como primer paso para la ejecución del proyecto se realizó un cuestionario de 6 puntos con el cual se identifican las nociones de movimiento parabólico que poseen los estudiantes de grado décimo. El cuestionario aplicado se muestra a continuación:

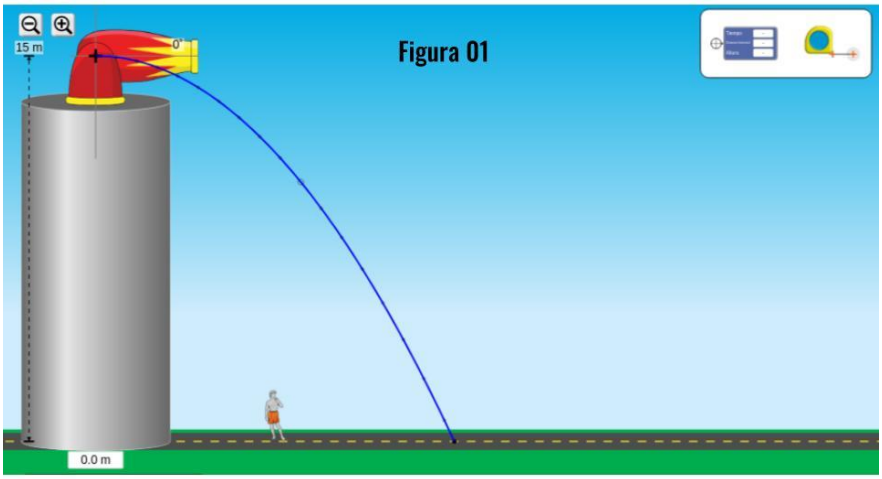
CUESTIONARIO NOCIONES SOBRE EL MOVIMIENTO PARABÓLICO

1)Imagine que está en la cima de la torre Colpatria y desde allí deja caer dos objetos, uno es una bola de bolos y el otro es una pelota de golf, las dos serán soltadas al mismo tiempo. con respecto a su caída se esperaría que:

- La pelota de golf cae más rápido al ser más pequeña.
- La bola de bolos cae más rápido pues su masa es mayor.
- Las dos pelotas caerán a la par sin importar sus masas.
- No es posible deducir nada con solo conocer sus masas.

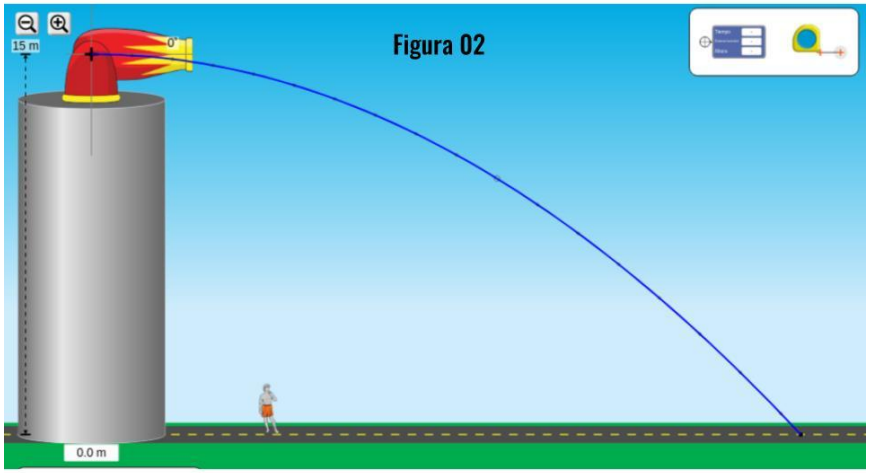
2)A continuación se presentan dos lanzamientos de una bala de cañón, en el segundo lanzamiento la velocidad inicial en x es el doble respecto al primer lanzamiento, razón por la cual la bala recorre una distancia horizontal del doble que en el primer lanzamiento. Con respecto al tiempo que tarda en llegar al suelo la bala de cañón en los dos lanzamientos, podemos afirmar que:

Figura 2. Imagen de la trayectoria realizada por una bala de cañón disparada con una velocidad x en el eje horizontal.



Fuente: tomado de https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion_all.html?locale=es visitado en 2022

Figura 3. Imagen de la trayectoria realizada por una bala de cañón disparada con una velocidad 2x en el eje horizontal.

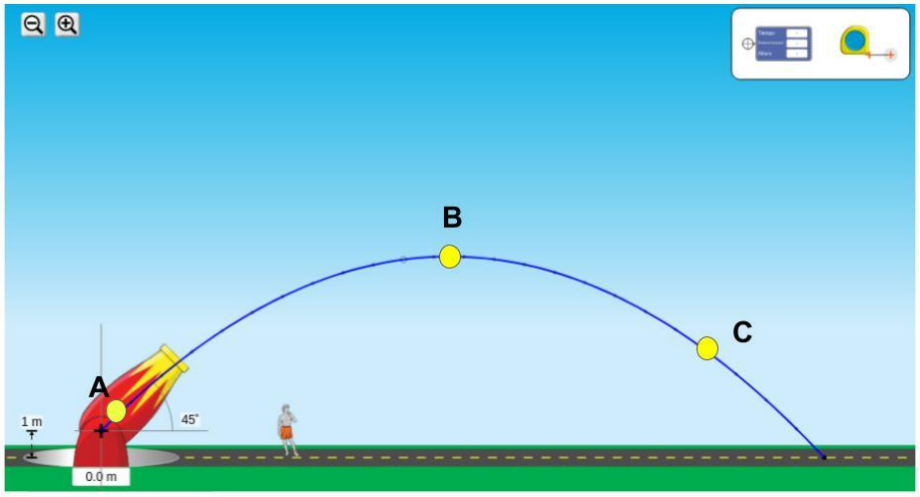


Fuente: tomado de https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion_all.html?locale=es visitado en 2022

- En el segundo lanzamiento se demora el doble.
- En el segundo lanzamiento se demora la mitad.
- En los dos lanzamientos se demora lo mismo.
- No es posible asegurar nada solo conociendo las velocidades iniciales.

3) En la figura se muestra la trayectoria de una bala de cañón. con respecto a la trayectoria podemos afirmar, que la velocidad en los puntos marcados:

Figura 4. Imagen de la trayectoria descrita por una bala de cañón al ser lanzada con una inclinación de 45º.

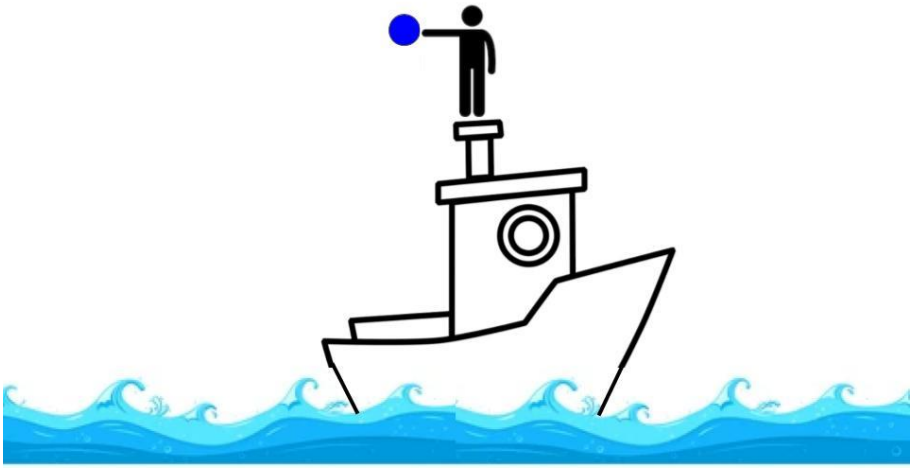


Fuente: tomado de https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion_all.html?locale=es visitado en 2023

- Es constante en todos.
- Aumenta de manera progresiva.
- Disminuye de manera progresiva.
- Disminuye hasta llegar a cero para posteriormente aumentar.

4)Si se deja caer un objeto pesado desde la cima de un barco que navega con velocidad constante ¿Cuál es el movimiento que debería realizar el objeto mientras cae? Dibuje la trayectoria que considera que debe seguir el objeto y explique el porqué de la misma

Figura 5. Imagen de referencia para la pregunta 4.



El barco se mueve con rapidez constante

Fuente: El autor

5)Si tienes un objeto y lo dejas caer sin la interrupción de un obstáculo, describe ¿cómo sucede esta caída?

6)Observa con atención el video y responde la siguiente pregunta con base a lo observado. ¿Qué diferencias y/o similitudes encuentras en el movimiento particular de cada pelota en las dos escenas?

- Edad:
- Sexo:
- Nivel escolar:
- ¿conocimientos previos del tema? No __ Sí __ ¿Cuáles?

.

Dentro de las ideas identificadas en el grupo, se encontró que la mayoría de los estudiantes consideran que, si un objeto se lanza de manera vertical en una plataforma que está en movimiento, la trayectoria del objeto será una línea recta, ignorando la contribución del movimiento horizontal a la trayectoria del objeto que se lanza. Además, se encontró también que, aunque los estudiantes llevaban tres

periodos viendo clases de física en el colegio, cuando se les pregunta si tienen conocimientos previos para abordar el estudio de este tipo de fenómenos casi todos respondieron que no, manifestando que la física que ellos estudian en sus clases se queda ahí y no representa una contribución para interpretar el mundo que los rodea.

Partiendo de las dos ideas encontradas tras la aplicación del cuestionario, se orientan las sesiones para que los estudiantes puedan comprender el movimiento parabólico como la superposición de dos movimientos, uno vertical y otro horizontal. Por otro lado, todos los conceptos que se van a trabajar deben ser aterrizados a situaciones que los estudiantes hayan o puedan vivenciar, esto con el objetivo de que los contenidos no se queden como una abstracción sino que sean representados con situaciones de su diario vivir.

7.1.2 Diseño de la guía

Tras realizar el respectivo análisis de los resultados arrojados por el primer cuestionario aplicado a los estudiantes se identifican los conceptos iniciales del grupo y a partir de estos se da inicio a la planificación de las sesiones de clase, la estructura elegida para la guía metodológica que se realizó se basó en las ideas propuestas por (Vizcaino, 2013, pág. 43) en las cuales se entiende que la forma en la cual se relacionan la matemática y la física para la evolución de la física es diferente a la forma en la cual se trabaja dicha relación en el aula, pues no es lo mismo profundizar en el conocimiento de los contenidos de física que poner estos conocimientos como eje en los procesos de aprendizaje.

1. **Acercamiento fenomenológico:** Se presenta a los estudiantes el show inicial de circo explicativo, en el cual consiste en que a medida que se van integrando juguetes se va indicando la categoría a la cual estos pertenecen, ya sean estos de lanzamiento como las pelotas o de manipulación como una pelota de contact, así como los trucos tradicionales que se pueden realizar con estos. El show da inicio con una pelota para mostrar algunos de los

posibles lanzamientos y recepciones, haciendo énfasis en la trayectoria que realiza la pelota en cada ocasión, se agrega otra pelota para mostrar ahora algunos trucos con dos pelotas a la par que se realizan preguntas sobre características del movimiento, como por ejemplo ¿Qué formas pueden observar en los recorridos que hacen las pelotas? esto con el fin de que los estudiantes identifiquen la trayectoria del movimiento parabólico, después de agregar la tercera pelota se añade una pelota contacto con la cual se explica los trucos tradicionales de la disciplina de contacto. Se continúan agregando pelotas al show mientras se realizan más preguntas que permitan establecer unas bases conceptuales para abordar las discusiones sobre el movimiento parabólico, al utilizar cinco pelotas dentro del show se realizan discusiones sobre las repercusiones que tienen ciertos factores en el movimiento de las pelotas, ¿qué implicaciones tiene que una pelota sea lanzada con una mayor fuerza? y ¿por qué? Una vez terminada la discusión frente a las características del movimiento de las pelotas y aclaradas las dudas de los estudiantes se da por finalizada la primera etapa.

2. **Caracterización del sistema físico:** Se da inicio al segundo momento realizando la explicación de la numerología transposicional, la cual es un sistema de notación que se encarga de asignar un número a cada lanzamiento. En la notación transposicional cada trayectoria tiene asignado un número, así pues todos los lanzamientos que salen de una mano y llegan a la otra son nombrados con números impares, mientras que los números pares corresponden a todos los lanzamiento que son recepcionados con la misma mano que realiza el lanzamiento, la utilidad de esta numerología reside principalmente en dos vías, por un lado tenemos que permite nombrar trucos para así poder reproducirlos posteriormente, y por otro lado tenemos que permite identificar de antemano si un truco se puede realizar o no por medio de un promedio. Al dar algunos ejemplos y ser aclaradas las dudas con respecto a la numerología transposicional se da paso a la tercera y última fase.

3. **Modelación:** Se da inicio a la actividad de los retos, la cual consiste en elegir parejas de estudiantes de manera aleatoria para que estos completen una tarea específica relacionada con el movimiento parabólico.

   El primer reto consiste en hacer que la pelota dure el mayor tiempo posible en el aire, para lo cual los estudiantes pueden lanzar la pelota en cualquier dirección y de cualquier manera. El segundo reto tiene como objetivo que al lanzar la pelota, la altura máxima de esta, coincida con una marca realizada en un tubo de PVC. El tercer y último reto, consiste en lanzar una pelota de tal forma que esta quede dentro de un recipiente que se encuentra a un par de metros de la zona de lanzamiento.

   Se realiza una reflexión sobre las variables que se deben tener en cuenta a la hora de realizar con éxito los retos planteados en la clase, esto para que los estudiantes identifiquen la repercusión que tiene en la trayectoria el cambiar de alguna forma una variable específica, como lo pueden ser la velocidad inicial de lanzamiento o el ángulo de lanzamiento.

   Es momento entonces de realizar la presentación del truco final, el cual es explicado a los estudiantes y se les pide que predigan el resultado del truco, esto para observar si hay una diferencia entre las ideas iniciales que tenían los estudiantes respecto al movimiento parabólico y las ideas con las cuales terminan en el transcurso de las dos sesiones de clase. El truco consiste en lanzar una pelota de manera completamente vertical desde una bicicleta en movimiento, entonces se les pide a los estudiantes que dibujen cual es la trayectoria que tomará dicha pelota y que expliquen el porqué de la misma.

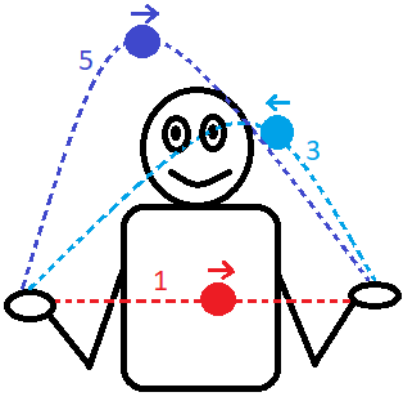
7.1.3 Clases

En el transcurso de las sesiones se aplicaron todas las consideraciones que han sido expuestas a lo largo del presente documento dando como resultado la ejecución de dos sesiones de clases de física basadas en las pedagogías del malabar, dichas sesiones fueron registradas por medio de una bitácora, la cual se presenta a continuación.

sesión #1

Acercamiento fenomenológico: En este primer momento de la clase se realizó una presentación de malabares con pelotas a los estudiantes, con unas reflexiones intermedias sobre algunas magnitudes físicas, como la masa o la velocidad y su importancia en el movimiento de los objetos. Para la masa se explicó cómo al tener objetos con una mayor masa estos son más difíciles de lanzar y también que se necesitará de más fuerza a la hora de recibirlos, con respecto a la velocidad se llegó a la conclusión de que, entre mayor sea la velocidad de lanzamiento más alto llegarán los objetos.

Figura 6. Imagen ilustrativa del truco 5-3-1.



Fuente: El autor

Se observó entonces en general el gran interés de los estudiantes por las actividades de malabar y cuando estos estuvieron atentos a la presentación se

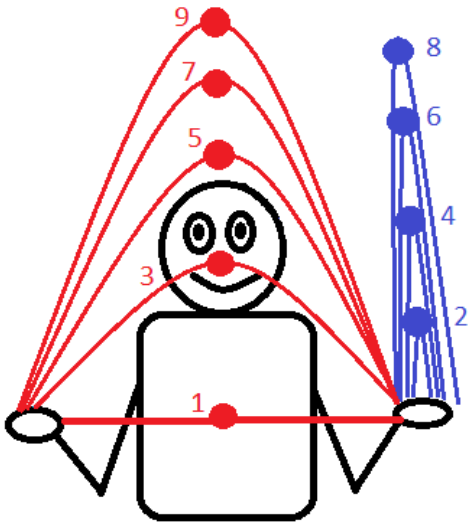
procedió a dialogar con ellos frente a características de los lanzamientos que pueden observar dentro de los trucos, como en el caso del truco denominado 5-3-1* el cual se realiza con tres pelotas y consiste en lanzar la primera pelota de la mano derecha a la mano izquierda en una trayectoria parabólica, seguido se lanza la segunda pelota de manera parabólica pero de izquierda a derecha y con una menor altura que la anterior, por último la tercera pelota es enviada de manera horizontal de derecha a izquierda.

Algunas de las preguntas que se realizaron a los estudiantes fueron: ¿Qué formas pueden observar en los recorridos que hacen las pelotas? a lo cual los estudiantes respondieron cosas como: líneas rectas, curvas, montañas, parábolas o semicírculos. Otra de las preguntas que generó una buena participación por parte de los estudiantes fue ¿Cuáles son los factores que hacen que las pelotas duren un mayor tiempo en el aire? a esta pregunta los estudiantes respondieron cosas como: la fuerza del lanzamiento, la velocidad con la que se mueve la mano, la amplitud del movimiento que hace el brazo antes de lanzar o el camino que recorre la pelota.

Al culminar la presentación de malabares los estudiantes quedan con ideas sobre los factores que influyen en el comportamiento de las pelotas que se lanzan para realizar trucos. La presentación finalizó de manera satisfactoria dejando a los estudiantes con ideas sobre el comportamiento de los lanzamientos para hacer malabares.

Caracterización del sistema físico: En el segundo momento se procedió a explicar a los estudiantes lo que se conoce como numerología transposicional, la cual consiste en asignar un número o un valor a cada una de las trayectorias que resultan de lanzar las pelotas en un show de malabares.

Figura 7. Imagen ilustrativa para la numerología transposicional.



Fuente: El autor

El primer valor de la numerología transposicional es el número uno, este se asocia a la trayectoria que resulta al pasar una pelota de una mano a la otra de manera completamente horizontal, el siguiente valor es el número dos este se asigna a la trayectoria que resulta de lanzar una pelota de manera vertical y recepcionar con la misma mano, el número tres es asignado a la trayectoria que resulta de lanzar la pelota de una mano a la otra de manera parabólica, de aquí en adelante todos los números pares son la misma trayectoria que en el número dos pero con una altura mayor, así mismo todos los números impares siguientes son una trayectoria parabólica como el número tres pero su altura es mayor, otra cosa importante de la numerología transposicional es que para lanzamientos con una altura que sería

representada con un número de dos dígitos este se reemplaza por una letra, de la siguiente manera 10=A, 11=B, 12=C y así sucesivamente, esto con el fin de que al describir un truco con esta numerología no se generen confusiones.
Una vez que la numerología transposicional fue explicada a los estudiantes y se aclararon las dudas con respecto al movimiento de las pelotas para cada uno de los números se brinda el espacio a los estudiantes para que realicen exploraciones siempre teniendo muy en cuenta la trayectoria que describe la pelota al ser lanzada y el número que esta representa.

Sesión #02

Modelación: Esta segunda sesión inició haciendo un recuento de la numerología transposicional trabajada en la anterior sesión y resolviendo las dudas o confusiones relacionadas con la numerología, la principal duda que se encontró fue cómo identificar o diferenciar un dos de un cuatro dentro de un truco, a lo cual se llegó al consenso de que además de la altura de la pelota un factor decisivo para identificar qué número corresponde al lanzamiento, es la cantidad de pelotas con las cuales estamos trabajando pues, recordamos que cada lanzamiento tiene un número asociado porque es la manera estándar de jugar con dicha cantidad, por ejemplo el lanzamiento que tiene asociado el número 5 es el movimiento básico que hace cada pelota cuando un malabarista juega con cinco pelotas.

Teniendo ya todos clara la numerología se le pidió a los estudiantes que digan qué características encuentran en común en los lanzamientos asociados con los números pares y los movimientos asociados con los números impares, a esto los estudiantes respondieron cosas como; en los números pares los lanzamientos se hacen en línea recta, mientras que en los número impares los lanzamientos son curvos otros hicieron énfasis en que los números pares caen a la misma mano mientras que los número impares cambian de mano. La última pregunta que se le realiza a los estudiantes antes de terminar este primer momento es ¿Cuáles son los

factores que se deben tener en consideración a la hora de lanzar una pelota, para que esta tome la trayectoria deseada? a lo cual los estudiantes mencionaron factores como:
La rapidez con la que se mueve la muñeca, que tan amplio es el movimiento del brazo, la dirección en la cual se lanza la pelota, entre otros.

Para el segundo momento se realizaron una serie de retos con las pelotas, para esto se procedió a depositar en una bolsa los nombres de todos los estudiantes, esto con el objetivo de seleccionar los participantes de manera aleatoria. El primer reto consistió en identificar quién podría hacer que la pelota durará un mayor tiempo en el aire, para esto los estudiantes lanzan las pelotas al tiempo y pueden lanzar de la forma que ellos deseen, en este primer reto se observó que los estudiantes en su gran mayoría decidieron lanzar la pelota de manera vertical y optaron por hacer un amplio movimiento del brazo con el que lanzaban, algunos incluso saltaron al momento de lanzar con el objetivo de hacer que la pelota llegara más alto.

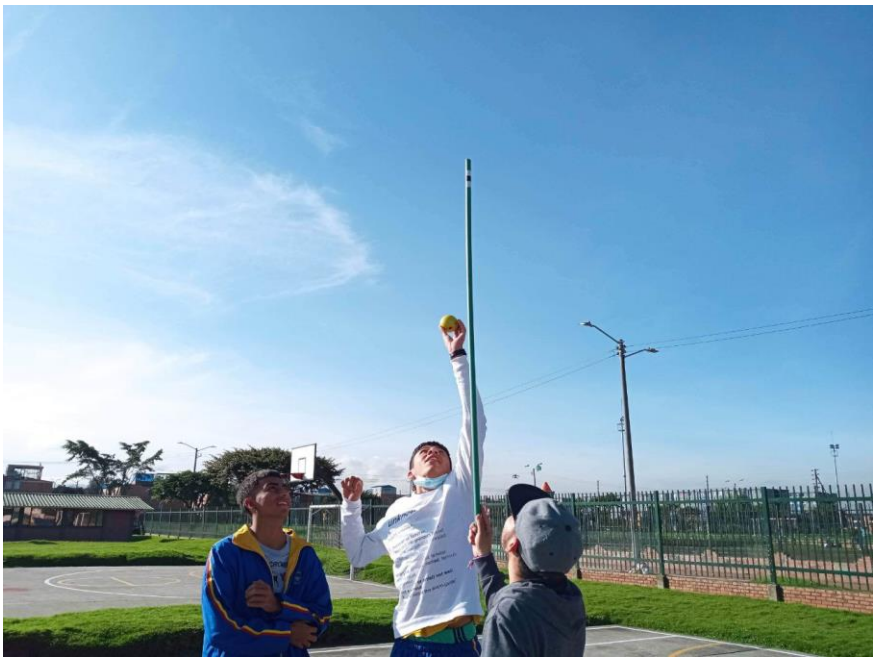
Figura 8. Fotografía de dos estudiantes realizando el reto 1.



Fuente: El autor

El segundo reto consiste en lanzar la pelota de tal manera que su altura máxima coincidiera con la marca que tenía un tubo de PVC, en este reto los participantes también fueron elegidos de manera aleatoria. Para solucionar este reto algunos estudiantes lanzaron la pelota de manera completamente vertical otros más de forma parabólica y unos pocos intentaron estirarse al máximo para tener que hacer un lanzamiento más corto.

Figura 9. Fotografía de un estudiante realizando el reto 2.



Fuente: El autor

Como último reto los estudiante tienen que lanzar una pelota con el objetivo de encestar está en un recipiente, el cual se cambió de posición para cada pareja de competidores, este reto fue el que tuvo mayor impacto en los estudiantes, pues algunos que no son considerados como sobresalientes en los deportes sorprendieron a sus compañeros realizando hasta tres cestas consecutivas con tres lanzamientos, en este reto fue en el que los estudiantes realizaron un mayor proceso

mental previo al lanzamiento, esto se evidencio por el tiempo que tardaban en lanzar la pelota así como los gestos de sus rostros.

Figura 10. Fotografía de un estudiante realizando el reto 3.



Fuente: El autor

Tras haber culminado la serie de retos, se generó un espacio de debate sobre las ideas que los estudiantes tuvieron para solucionar los retos, el debate fue estimulado con una pregunta, la cual fue: ¿Cuál es la dirección de la fuerza que aplican para lanzar la pelota en cada reto? a esta pregunta los estudiantes respondieron diferentes cosas, pero la idea que mayor popularidad tuvo dentro del grupo fue en que la dirección de la fuerza era apuntando al objetivo, por ejemplo, en el caso del reto 2, la fuerza apuntaba a la marca que era el objetivo.

El razonamiento anteriormente mencionado aunque resulta válido y útil incluso para solucionar el reto 3, no fue el razonamiento que los estudiantes eligieron para solucionar este reto, pues todos los estudiantes sin excepción alguna, eligieron un lanzamiento parabólico para solucionar este reto, lo cual llevó al grupo a generar una discusión en torno al porqué eligieron ese tipo de lanzamiento para solucionar

el reto, a lo cual algunos estudiantes argumentaron que ese lanzamiento era el que les resultaba más intuitivo para poder cumplir el objetivo, respuesta que evidencia la relación de cercanía con el movimiento parabólico por parte de los estudiantes.

Para el último momento de la clase los estudiantes presenciaron un acto, el cual consistió en que el profesor iba montado en los patos de una bicicleta en movimiento, dos estudiantes hacían el papel de asistentes para el acto, ellos estaban quietos en el suelo el uno al lado del otro a una distancia de unos dos metros, el acto consistió en que cuando se pasaba en frente del primer estudiante el profesor lanzó una pelota de manera completamente vertical. Antes de realizar el acto se les pide a los estudiantes que predigan cuál de los dos estudiantes recepcionará la pelota, cuál será la trayectoria que esta seguirá y a que se debe esta situación.

Figura 11. Fotografía de la estructura para el acto final.



Fuente: El autor

Una vez que los estudiantes presenciaron el resultado del lanzamiento que conformaba el acto se les pide que dibujen el resultado del lanzamiento y expliquen

el porqué de esta trayectoria, cuando todos terminaron de escribir sus respuestas se les solicitan las hojas en las que consignaron los escritos de la sesión.

Para cerrar la sesión se realizó una socialización de lo que se vio en el show, pues algunos pocos estudiantes pensaron que como el lanzamiento se realizaba de manera vertical la pelota subiría y bajaría en línea recta de tal manera que quien debía recepcionar la pelota era el estudiante que estaba al lado del profesor cuando este realizó el lanzamiento vertical.

7.2 Análisis de datos

Para observar qué cambios tuvieron los conceptos de los estudiantes frente al movimiento parabólico, se hizo uso de la técnica de análisis de contenido la cual permite tener una visión cuantitativa clara de los contenidos manifiestos en un texto. La técnica análisis de contenido consta de tres etapas las cuales “se organizan alrededor de tres polos cronológicos: 1) El pre análisis. 2) El aprovechamiento del material. 3) El tratamiento de los resultados, la inferencia y la interpretación.” (Bardin, 1996, pág. 71)

Se realizaron dos cuestionarios a los estudiantes, uno antes de las sesiones con el objetivo de identificar las ideas con las cuales iniciaban, la encuesta contaba con 6 preguntas, 3 eran de selección múltiple y 3 abiertas, en las cuales los estudiantes plasmaron sus ideas de una forma más personalizada. Una vez las sesiones de clase fueron finalizadas se realizó una segunda encuesta, en la cual se le pidió a los estudiantes dibujar la trayectoria que daba como resultado lanzar una pelota de manera vertical sobre una bicicleta en movimiento horizontal.

De acuerdo con lo postulado por Lawrence, el análisis de los datos recolectados se realizó en tres etapas:

- **Pre Análisis:** Para esta primera etapa se pensó sobre las posibles concepciones iniciales de los estudiantes sobre el movimiento parabólico y como identificarlas, para esto se realizó un cuestionario específico que

pudiera poner en evidencia si los estudiantes entienden el movimiento parabólico como la unión de dos movimientos, uno vertical y el otro horizontal.

- **Aprovechamiento del material:** Con las respuestas de los cuestionarios plasmadas en hojas se procedió a organizarlas de manera sistemáticas en un formato digital para así proceder a clasificar estas respuestas de acuerdo a categorías de análisis, una vez todas las ideas de todas las respuestas fueron asignadas a una categoría de análisis especial, se organizaron las categorías en dimensiones. Esta forma de organizar los datos tomados permite realizar tratamientos estadísticos a los datos con el fin de obtener información más profunda de los datos.
- **Tratamiento e interpretación de los resultados:** Teniendo las ideas de los estudiantes, organizadas en función de las categorías de análisis se procede a realizar un estudio estadístico sobre las frecuencias con las que se expone una cierta idea dentro del grupo y así obtener un porcentaje de popularidad de las ideas relacionadas con el movimiento parabólico en el grupo de estudiantes que realizaron el cuestionario.

Una vez culminadas las tres etapas dentro del proceso de análisis de los datos obtenidos a partir de implementar los dos cuestionarios realizados a los estudiantes de grado décimo, se procede a comparar los resultados obtenidos tanto en el primer cuestionario como en el segundo para poder observar el cambio que hubo en los estudiantes frente a la concepción que ellos tienen frente al movimiento parabólico, identificado que entienden de manera más precisa algunas de las características propias del comportamiento de los cuerpos al realizar un movimiento parabólico.

8 Resultados

Los datos recolectados en esta investigación surgieron de la aplicación de dos cuestionarios a los estudiantes de grado décimo y estos se analizaron bajo la secuencia que proponen las categorías de análisis. Lo primero que se hizo fue a partir de las producciones textuales que entregaron los estudiantes empezar a

clasificar la información por medio de categorías de análisis, esto con el fin de poder organizar las respuestas qué se recopilaron de los estudiantes para poder dar un tratamiento más apropiado de estas y así realizar una mejor interpretación de los datos.

Las unidades de análisis que se utilizaron para construir las categorías, fueron las ideas, es decir cada conjunto de palabras que nos daban cuenta de una idea diferente nos daría cuenta de una unidad de análisis. Siguiendo la premisa anterior para la toma de datos del primer cuestionario se tenían tres preguntas de selección múltiple y dos preguntas abiertas. las preguntas de selección múltiple con sus respectivas opciones de respuesta fueron:

1) Imagine que está en la cima de la torre Colpatria y desde allí deja caer dos objetos, uno es una bola de bolos y el otro es una pelota de golf, las dos serán soltadas al mismo tiempo. Con respecto a su caída se esperaría que:

a. La pelota de golf cae más rápido al ser más pequeña.
b. La bola de bolos cae más rápido pues su masa es mayor.
c. Las dos pelotas caerán a la par sin importar sus masas.
d. No es posible deducir nada con solo conocer sus masas.

La opción de respuesta más elegida por los estudiantes para esta pregunta fue la opción b con un total de 18 estudiantes de un grupo de 28, la segunda opción más seleccionada fue la **c** con 7 estudiantes, después la **a** con 2 y por último la **d** con un estudiante que la seleccionó.

Se evidencia que los estudiantes en su gran mayoría (64%) consideran que los cuerpos más pesados caen con mayor rapidez, entonces se hace necesario que uno de los temas a trabajar en el transcurso de las sesiones sea **el empuje del viento a los objetos que caen**. Por otra parte, el 25% de los estudiantes no

consideran que el peso sea un factor determinante en el tiempo de caída de los objetos.

2) A continuación se presentan dos lanzamientos de una bala de cañón, en el segundo lanzamiento la velocidad inicial en x es el doble respecto al primer lanzamiento, razón por la cual la bala recorre una distancia horizontal del doble que en el primer lanzamiento. Con respecto al tiempo que tarda en llegar al suelo la bala de cañón en los dos lanzamientos, podemos afirmar que:

a. En el segundo lanzamiento se demora el doble.
b. En el segundo lanzamiento se demora la mitad.
c. En los dos lanzamientos se demora lo mismo.
d. No es posible asegurar nada solo conociendo las velocidades iniciales.

Para esta pregunta la opción de respuesta más elegida por los estudiantes fue la opción **a** con un total de 13 estudiantes que la seleccionaron, en segundo lugar, está la opción **d** con 7 estudiantes, después está la opción **c** con 5 estudiantes y por último la opción **b** con 3 estudiantes que la seleccionaron.

El 46% de los estudiantes consideran que, respecto al movimiento parabólico, cuando el objeto recorre una mayor distancia horizontal el tiempo que esté dura en el aire es mayor, razón por la cual se hace necesario abordar el movimiento parabólico como la superposición de dos movimientos independientes, el movimiento rectilíneo uniforme y la caída libre. de manera alterna un 18% de los estudiantes encuestados consideran que la distancia horizontal no altera el tiempo de vuelo en el lanzamiento de un proyectil.

3) En la figura se muestra la trayectoria de una bala de cañón. Con respecto a la trayectoria podemos afirmar, que la velocidad en los puntos marcados:

a. Es constante en todos.
b. Aumenta de manera progresiva.
c. Disminuye de manera progresiva.
d. Disminuye hasta llegar a cero para posteriormente aumentar.

En el caso de la pregunta número tres la opción de respuesta más seleccionada fue la opción a con una cantidad de 13 estudiantes que la seleccionaron, en segundo lugar, está la opción c con 8 estudiantes que la eligieron, después tenemos la opción d con una cantidad de 6 y por último la opción b con un solo estudiante que la seleccionó.

Cuando se les pregunta a los estudiantes sobre la velocidad que tiene un objeto durante un movimiento parabólico, cerca de la mitad (46%) consideran que este fenómeno sucede con velocidad constante en todo el recorrido, es pertinente dar un espacio dentro de las sesiones para aclarar cómo a partir de la conservación de la energía, el movimiento parabólico se puede entender como un juego entre la energía cinética y potencial. Dentro del grupo de estudiantes que realizaron el cuestionario un 21% opinan que la velocidad del objeto durante un movimiento parabólico disminuye de manera progresiva para posteriormente aumentar.

4) Si se deja caer un objeto pesado desde la cima de un barco que navega con velocidad constante ¿Cuál es el movimiento que debería realizar el objeto mientras cae? Dibuje la trayectoria que considera que debe seguir el objeto y explique el porqué de la misma.

Es posible clasificar las respuestas de los estudiantes en tres categorías, la primera es la trayectoria que recorre la pelota, la segunda los factores del entorno y por último los factores propios del objeto, todos estos en torno a la justificación del movimiento que describe la pelota al dejarla caer desde la cima de un barco en

movimiento. La mayoría de los estudiantes (15 de 28) afirman que la pelota caerá de manera vertical, además de esto 10 de los 28 estudiantes mencionan que la trayectoria de la pelota está relacionada con el movimiento del barco, por último, 8 de los 28 estudiantes que realizaron el cuestionario dan indicios de que la trayectoria de la caída libre es siempre la misma sin importar la situación. De lo anterior se puede sugerir como parte de los contenidos a trabajar, la superposición de los movimientos.

5)Si tienes un objeto y lo dejas caer sin la interrupción de un obstáculo, describe ¿cómo sucede esta caída?

Las ideas predominantes en el grupo de encuestados sobre las características del movimiento de caída libre son 2, por un lado, tenemos una que está relacionada con la trayectoria en la cual 22 de los 28 estudiantes que respondieron de manera explícita que la caída tendrá una trayectoria rectilínea, lo cual resulta evidentemente correcto. La segunda idea que domina las respuestas del grupo es que en la caída libre la velocidad del cuerpo es constante pues de los 28 estudiantes 12 manifiestan esta idea, pero esta idea no es correcta, entonces surge la necesidad de **trabajar con ellos experimentos que involucran planos inclinados** para que estos puedan observar como es la velocidad de los objetos al rodar por un plano, pues con esto es posible diluir la fuerza de la gravedad y observar de manera más detallada como es la velocidad de los objetos en la caída “libre”.

6)Observa con atención el video y responde la siguiente pregunta con base a lo observado. ¿Qué diferencias y/o similitudes encuentras en el movimiento particular de cada pelota en las dos escenas?
En esta pregunta es necesario organizar las respuestas que dieron los estudiantes en dos categorías, por un lado, las diferencias y por otro las similitudes. Con respecto a las diferencias que los estudiantes observaron entre los dos videos tenemos dos ideas que fueron mencionadas por 13 de los 28 estudiantes, estas son que las velocidades de las pelotas en los dos videos es diferente y la otra idea es

que las alturas también cambian dependiendo del video, esto nos permite tomar estas dos ideas como un punto de partida pues, **al dar mayor velocidad inicial al lanzamiento de un proyectil este se elevara más,** es oportuno aprovechar esta noción que tienen los estudiantes como punto de partida para la explicación de algunas características del movimiento parabólico.

Por motivos de tiempo en las sesiones de clase, estas se orientaron a contribuir específicamente en que los estudiantes entendieran el movimiento parabólico como la superposición de dos movimientos. En concordancia con lo anteriormente dicho el cuestionario final estuvo enfocado exclusivamente en verificar cual era la concepción que los estudiantes tenían sobre la naturaleza del movimiento parabólico mediante la predicción de la trayectoria de un cuerpo que es lanzado de manera vertical a ir en movimiento horizontal, para esto la instrucción que se les dio a los estudiantes fue la siguiente:
Para el siguiente truco se realizará el lanzamiento de la pelota de manera completamente vertical mientras se está sobre los patos de una bicicleta que va en movimiento, en el suelo habrá dos estudiantes uno en el lugar donde se lanza la pelota y el otro estará un poco más adelante, ¿Cuál de los dos estudiantes será quien reciba la pelota después de que esta sea lanzada? realice un dibujo de la trayectoria que la pelota recorrerá y explique el porqué de la trayectoria.

Tras organizar los datos obtenidos por medio de categorías de análisis es posible afirmar que de los 32 estudiantes que respondieron el cuestionario final, 23 de estos conciben que el movimiento parabólico que se observó en el truco final es resultado de la combinación de dos trayectorias, por un lado, la que lleva la pelota de manera horizontal por la bicicleta y por otro lado el lanzamiento vertical realizado por el profesor.

9 Conclusiones

En esta investigación se realizó doble toma de datos, en un primer momento se realizó un cuestionario inicial previo a las intervenciones, esto con el objetivo de identificar cuáles son las concepciones predominantes dentro del grupo de estudiantes con el que se va a trabajar, además también se realizó una segunda toma de datos, tras finalizar el proceso con los estudiantes y así identificar las ideas predominantes en ellos después de culminadas la intervenciones, una vez teniendo esta información se puede realizar un contraste de las ideas predominantes con el objetivo de validar los aportes que realizó la metodología implementada en las concepciones sobre el movimiento parabólico de los estudiantes.

De acuerdo con lo anterior podemos obtener una serie de conclusiones relacionadas con el impacto que se genera en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física, al incluir metodologías alternativas como los son las pedagogías del malabar, a la par que se potencia la formación profesional docente.

La categoría que se repitió con mayor frecuencia 15 en las respuestas que los estudiantes dieron el cuestionario final es la categoría 5 la cual indica que la trayectoria que realiza el cuerpo al caer es vertical, mientras que la segunda categoría con mayor frecuencia 10, es la categoría 7 la cual habla del movimiento del barco. Lo anterior da cuenta que, si bien los estudiantes identifican que el barco está en movimiento, no consideran que el movimiento de este tenga algún tipo de influencia sobre la trayectoria que recorre la pelota, pues consideran que la pelota caerá en línea recta.

Para las respuestas del cuestionario final encontramos que la categoría que se repite un mayor número de veces (32) es la categoría 7, la cual da cuenta del movimiento de la bicicleta, mientras que la segunda categoría que tuvo más popularidad entre los estudiantes (12) fue la categoría número 17, la cual indica que el movimiento de la pelota tiene una trayectoria vertical. Entonces los estudiantes

consideran que la trayectoria que realiza la pelota es resultado, por una parte del movimiento propio que lleva la bici, además de lanzamiento vertical realizado por el profesor, dando así cuenta de que de manera explícita los estudiantes conciben que ese tipo de movimiento es el resultado de la combinación de dos movimientos, uno vertical y el otro horizontal.

Dentro del grupo contábamos con un estudiante que posee un déficit cognitivo y uno de sus grandes retos en las clases tradicionales es mantener la atención en el docente, pero en el transcurso de las sesiones fue posible evidenciar la participación activa y el interés del estudiante tanto por las actividades que se estaban realizando como por los contenidos propios de la física que se discutieron.

Desde mi perspectiva como docente identificó el enorme potencial que tiene la metodología aplicada en esta investigación para trabajar la enseñanza de diferentes temas de la física, en especial de mecánica con estudiantes, pues el circo resulta ser un gran motivador para la interacción dentro del espacio de clases, además de permitir a los estudiantes que se piensen el resultado de ciertas situaciones que dan cuenta de la naturaleza de la mecánica misma, como por ejemplo la caída libre o en nuestro caso particular, el movimiento parabólico.

10 Bibliografía

Bardin, L. (1996). *Análisis de contenido.* Madrid: Ediciones Akal.

Castiblanco, O. L., & Nardi, R. (2014). *Didáctica da física.* São Paulo, Brasil: Cultura Acadêmica.

Castiblanco, O. L., & Nardi, R. (2022). *Didáctica de la física.* São Paulo: Escrituras.

Castiblanco, O. L., Salinas, X. P., León, Y. P., & Vizcaíno, D. F. (2019). Enseñando a construir modelos explicativos de física en torno a juguetes. *Infancias Imágenes*, 15.

Gamow, G. (2001). *Biografia de la física.* Alianza Editorial.

Güémez, J., Fiolhais, C., & Fiolhais, M. (2010). Juguetes en clases y demostraciones de Física. *Aprendiendo física Ensino da Física*, 12.

Palominos, A., Díaz, D., Jaña, N., Carreño, A., & Soto, V. (2018). *Pedagogia del malabarismo herramienta educativa que potencia el desarrollo integral.* Chile: Fondo Nacional de Desarrollo Cultural y las Artes.

Salinas, X. P. (2016). *Enseñanza de conceptos de física en quinto grado a partir de la construccion y analisis de juguetes.* Bogota.

Vizcaino, D. F. (2013). *Papel da "matematização" nas explicações de professores e alunos em disciplinas de física na formação inicial de professores.* São Paulo: UNESP.

Yzquierdo, H. (2016). *El arte circense y la física bases técnicas y metodológicas.* El Errante.