



Universidad Internacional de La Rioja  
Facultad de Ciencias de la Educación y Humanidades

Máster Universitario en Didáctica de la Física y la Química  
en Educación Secundaria y Bachillerato

**Catapultas en acción: Diseño de una  
propuesta didáctica para la enseñanza de la  
mecánica clásica mediante el aprendizaje  
basado en proyectos y el enfoque STEAM para  
estudiantes de grado décimo en Colombia.**

Trabajo fin de estudio presentado por:	Andrea Carolina Sánchez Angarita
Tipo de trabajo:	Propuesta didáctica para la enseñanza formal
Director/a:	Juan Mesonero Gómez
Fecha:	25 de enero de 2026

## Resumen

El siguiente trabajo propone una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica (cinemática y dinámica) enfocada en movimiento parabólico y fuerzas, mediante el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPr) y el enfoque STEAM. La idea está enfocada en estudiantes de grado décimo en Colombia, teniendo como proyecto final el diseño y elaboración de una catapulta con propósito ambiental para lanzar semillas en lugares de difícil acceso. Esta idea se ajusta al ODS 13: Acción por el clima, conectando la física con problemas reales y creando conciencia ambiental. Al consultar diferente literatura, se evidencia que los estudiantes todavía tienen dificultades para entender conceptos básicos de cinemática y dinámica y aplicarlos a situaciones reales. Y es aquí donde las metodologías activas emergen como una manera de trascender la manera tradicional de enseñar y alcanzar un aprendizaje significativo, la motivación intrínseca y las habilidades del siglo XXI: creatividad, colaboración, comunicación y pensamiento crítico, entre otras. La propuesta se trabaja de manera interdisciplinar con pasos de ABPr y STEAM: investigar, diseñar, construir, probar, rediseñar, presentar. Además, contiene orientaciones para la atención a la diversidad, actividades prácticas, materiales interdisciplinarios e instrumentos de evaluación ajustados a la finalidad que persigan con el fin de mejorar el aprendizaje de la mecánica clásica en los estudiantes.

**Palabras clave:** Enfoque STEAM, aprendizaje basado en proyectos, cinemática, dinámica, grado décimo.

## Abstract

The following work proposes a didactic approach to teaching classical mechanics (kinematics and dynamics) focused on projectile motion and forces, using Project-Based Learning (PBL) and the STEAM approach. The idea is aimed at tenth-grade students in Colombia, with the final project being the design and construction of an environmentally friendly catapult to launch seeds into hard-to-reach areas. This idea aligns with SDG 13: Climate Action, connecting physics to real-world problems and raising environmental awareness. Upon reviewing various literature, it becomes evident that students still struggle to understand basic concepts of kinematics and dynamics and to apply them to real-world situations. And it is here that active methodologies emerge as a way to transcend the traditional teaching approach and achieve meaningful learning, intrinsic motivation, and 21st-century skills: creativity, collaboration, communication, and critical thinking, among others. The proposal is developed in an interdisciplinary manner using PBL and STEAM steps: investigate, design, build, test, redesign, present. Additionally, it includes guidelines for addressing diversity, practical activities, interdisciplinary materials, and assessment instruments tailored to the intended purpose, all aimed at improving students' learning of classical mechanics.

**Keywords:** STEAM approach, project-based learning, kinematics, dynamics, tenth grade.

## Índice de contenidos

1.	Introducción .....	9
1.1.	Justificación y planteamiento del problema .....	10
1.2.	Objetivos del TFE .....	13
1.2.1.	Objetivo general .....	13
1.2.2.	Objetivos específicos .....	13
2.	Marco teórico .....	13
2.1.	Mecánica clásica .....	13
2.1.1.	Evolución histórica.....	13
2.1.2.	Dificultades en la enseñanza de la mecánica clásica.....	15
2.2.	Aprendizaje basado en proyectos .....	16
2.2.1.	¿Qué es el aprendizaje basado en proyectos? .....	16
2.2.2.	Ventajas y limitaciones del ABPr .....	18
2.3.	Enfoque STEAM .....	20
2.3.1.	Del enfoque STEM a STEAM .....	20
2.3.2.	Características del enfoque STEAM.....	22
2.3.3.	Ventajas y limitaciones del enfoque STEAM .....	23
2.3.4.	Diseño de actividades con enfoque STEAM .....	25
2.4.	Objetivos de desarrollo sostenible (ODS).....	26
2.4.1.	¿Qué son los ODS?.....	26
2.4.2.	Los ODS y el enfoque STEAM.....	27
3.	Propuesta didáctica.....	28
3.1.	Presentación de la propuesta.....	28
3.2.	Contextualización de la propuesta .....	30
3.2.1.	Contextualización legal.....	30

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.

3.2.2.	Contextualización del centro educativo .....	31
3.2.3.	Contextualización del aula.....	32
3.3.	Elementos curriculares: objetivos didácticos, contenidos y competencias.....	34
3.3.1.	Objetivos.....	34
3.3.2.	Competencias .....	35
3.3.3.	Contenidos.....	37
3.4.	Cronograma y secuenciación de actividades .....	39
3.4.1.	Cronograma .....	39
3.4.2.	Secuenciación de actividades .....	41
3.5.	Evaluación.....	48
3.5.1.	Tipos de evaluación .....	49
3.5.2.	Instrumentos de evaluación .....	50
3.5.3.	Atención a la diversidad .....	51
3.5.4.	Evaluación de la propuesta .....	51
4.	Reflexión sobre la propuesta .....	52
5.	Conclusiones.....	54
	Referencias bibliográficas.....	56
Anexo A.	Roles en el proyecto STEAM.....	61
Anexo B.	Evaluación diagnóstica. ....	62
Anexo C.	Fase 1: Identificación del problema. ....	63
Anexo D.	Formato de reflexión fases proyecto STEAM .....	64
Anexo E.	Check de aprendizaje.....	66
Anexo F.	Rúbrica análisis de gráficas.....	67
Anexo G.	Guía de ejercicios de tiro parabólico .....	68
Anexo H.	Fase 2: Investigación.....	71

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.

Anexo I.	Fase 3: Diseño.....	73
Anexo J.	Detectives en el partido de fútbol.....	74
Anexo K.	Lista de chequeo fase 4: Elaboración del prototipo.....	76
Anexo L.	Fase 5: Pruebas y evaluación.....	77
Anexo M.	Laboratorio leyes de Newton .....	79
Anexo N.	Lista de chequeo fase 6: Rediseño y mejoras.....	81
Anexo O.	Escape room leyes de Newton. ....	82
Anexo P.	Rúbrica fase 7: Presentación producto final .....	86
Anexo Q.	Escala de valoración de la propuesta para los docentes.....	87
Anexo R.	Diana de evaluación propuesta para estudiantes.....	88
Anexo S.	Matriz DAFO .....	89

## Índice de figuras

Figura 1. <i>Fases propuestas por Aula Planeta para usar la metodología ABPr.</i> .....	18
Figura 2. <i>Investigaciones a nivel mundial sobre el enfoque STEM/STEAM.</i> .....	21
Figura 3. <i>Fases propuestas para el enfoque STEAM, incluyendo Design Thinking.</i> .....	25
Figura 4. <i>Objetivos de Desarrollo Sostenible</i> .....	26
Figura 5. <i>Etapas para usar en la propuesta didáctica combinando ABPr y STEAM.</i> .....	29
Figura 6. <i>Roles de los estudiantes en el desarrollo del proyecto.</i> .....	33
Figura 7. <i>Cronograma proyecto interdisciplinar STEAM. Catapultas.</i> .....	40

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Ideas alternativas más comunes en los estudiantes.</i> .....	15
<b>Tabla 2.</b> <i>Referenciación de habilidades para el enfoque STEM/STEAM.</i> .....	23
<b>Tabla 3.</b> <i>Relación entre los objetivos didácticos, las competencias básicas, los criterios de evaluación y los contenidos.</i> .....	38
<b>Tabla 4.</b> <i>Temporalización de las sesiones de la unidad didáctica en Física.</i> .....	40
<b>Tabla 5.</b> <i>Sesión 1. Introducción al problema y diagnóstico.</i> .....	42
<b>Tabla 6.</b> <i>Sesión 2. Variables cinemáticas y movimiento parabólico.</i> .....	42
<b>Tabla 7.</b> <i>Sesión 3. Ecuaciones del movimiento parabólico.</i> .....	43
<b>Tabla 8.</b> <i>Sesión 4. Proyecto STEAM fase 2 lluvia de ideas.</i> .....	43
<b>Tabla 9.</b> <i>Sesión 5. Aplicando las ecuaciones para la solución de ejercicios.</i> .....	44
<b>Tabla 10.</b> <i>Sesión 6. Proyecto STEAM fase 3 diseño.</i> .....	44
<b>Tabla 11.</b> <i>Sesión 7. Actividades de estudio del movimiento parabólico.</i> .....	45
<b>Tabla 12.</b> <i>Sesiones 8 y 9. Proyecto STEAM fase 4 elaboración del prototipo.</i> .....	45
<b>Tabla 13.</b> <i>Sesión 10. Fuerzas y diagramas de cuerpo libre.</i> .....	45
<b>Tabla 14.</b> <i>Sesión 11. Proyecto STEAM fase 5 pruebas y evaluación.</i> .....	46
<b>Tabla 15.</b> <i>Sesión 12. Leyes de Newton.</i> .....	46
<b>Tabla 16.</b> <i>Sesión 13. Proyecto STEAM fase 6 rediseño y mejoras.</i> .....	47
<b>Tabla 17.</b> <i>Sesión 14. Ejercicios aplicados leyes de Newton.</i> .....	47
<b>Tabla 18.</b> <i>Sesión 15. Conservación de la energía mecánica.</i> .....	48
<b>Tabla 19.</b> <i>Sesión 16. Proyecto STEAM fase 7 presentación.</i> .....	48
<b>Tabla 20.</b> <i>Instrumentos de evaluación en la propuesta de aprendizaje.</i> .....	50
<i>Escala de valoración de la propuesta para los docentes</i> .....	87

## 1. Introducción

La mecánica clásica es un tema de física que se ve reflejado en varias situaciones de la vida cotidiana; sin embargo, su enseñanza es un gran desafío para los docentes y estudiantes. La literatura nos informa que ciertas nociones, como el movimiento bidimensional (parabólico) y las fuerzas, se suelen enseñar descontextualizadas, siendo poco atractivas para los estudiantes porque son muy abstractas y contradicen la lógica intuitiva que ellos tienen. También se ha encontrado que estas dificultades tienen que ver con las ideas alternativas que los estudiantes han ido elaborando a partir de sus vivencias cotidianas, las cuales no coinciden con los modelos científicos de la mecánica clásica (Hestenes et al., 1992). Además, las ideas alternativas generan en los estudiantes desmotivación al verse enfrentados a interpretaciones que difieren con sus creencias iniciales, causándoles confusión y, por ende, obstaculizando el aprendizaje significativo. En muchos casos, esto da lugar a un aprendizaje memorístico y fragmentado, lo que evidencia la necesidad de implementar nuevas metodologías más innovadoras en lugar de una enseñanza tradicional.

Es por ello que para hacer comprensibles los conceptos en la enseñanza de la física, se deben implementar metodologías activas como el aprendizaje basado en proyectos (ABPr) y el enfoque STEAM (science, technology, engineering, arts and mathematics). Estas metodologías han sido efectivas y con buenos resultados en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por un lado, la educación STEAM no solo fomenta el aprendizaje de conocimientos, sino también el desarrollo de habilidades del siglo XXI, como el pensamiento crítico, creativo, la comunicación, la colaboración, entre otras, para formar a los ciudadanos del futuro (Zaida Ilma et al., 2024). Asimismo, hay estudios que indican que usar metodologías como el ABPr favorece la comprensión conceptual y la habilidad de aplicarlo a situaciones reales, creando un aprendizaje significativo, lógico, coherente y permanente (Wulandari et al., 2024).

De esta manera, surge la necesidad de diseñar una propuesta didáctica que, además de hacer uso de metodologías activas, esté vinculada a contextos reales y actuales que generen motivación en los estudiantes y favorezcan su aprendizaje. En este marco, el presente trabajo propone una secuencia de actividades para la enseñanza del movimiento parabólico y su estudio desde la cinemática y la dinámica usando la metodología ABPr y el enfoque STEAM, presentando sus beneficios y limitaciones para la comprensión de las temáticas por parte de

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. los estudiantes de grado décimo en Colombia. En concordancia con los objetivos, la propuesta se planteará para solucionar las dificultades encontradas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los temas en cuestión, diseñando una secuencia didáctica para construir una catapulta dispersora de semillas de distintas especies que fomenten la responsabilidad ambiental de los estudiantes, relacionándose con el ODS 13 (UNESCO, 2017). Se culminará con la construcción de una rúbrica para evaluar la utilidad y los beneficios de la propuesta didáctica en el aprendizaje de la mecánica clásica.

### 1.1. Justificación y planteamiento del problema

La mecánica clásica es uno de los grandes bloques de la física; nos proporciona la base para describir el movimiento de los cuerpos, las fuerzas que lo causan y la forma en que se relacionan con la vida diaria, siendo la base de las tecnologías e ingenierías. Más allá de su significado histórico para la ciencia, su enseñanza desarrolla el pensamiento lógico y la capacidad de modelar fenómenos naturales usando modelos matemáticos en la actualidad, alfabetizando científicamente (Spatz et al., 2020).

No obstante, la enseñanza de la mecánica clásica es un desafío al que los profesores de secundaria deben enfrentarse constantemente, ya que es común que los estudiantes, al comenzar el tema de cinemática y dinámica, tengan un sistema bien establecido de creencias sobre cómo funciona el mundo físico, las cuales han sido adquiridas por experiencias pasadas. Estas concepciones alternativas, como la idea de que un objeto en movimiento necesita siempre una fuerza para continuar su trayectoria, llegan a estar tan arraigadas a ellos, que permanecen incluso después de recibir instrucción formal (Sengul, 2024). Además, en la mayoría de los casos, estas creencias consideradas de sentido común para ellos, principalmente sobre el movimiento y la fuerza, son incompatibles con la teoría científica de la física newtoniana. Asimismo, la enseñanza tradicional de la física no genera un impacto en las ideas preconcebidas de los estudiantes, lo que los ha llevado a optar por la memorización de conceptos, estudiar la mecánica clásica de manera aislada y ejecutar tareas sin sentido, lo que conduce a tener una percepción de la disciplina abstracta y descontextualizada (Hestenes et al., 1992).

En este mismo sentido, en el contexto colombiano, el Ministerio Nacional de Educación (MEN) establece en los estándares básicos de competencias en ciencias naturales para grado décimo

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. que los estudiantes deben comprender el fenómeno asociado con el movimiento rectilíneo, uniformemente acelerado y parabólico. Además, deben establecer las relaciones entre las diferentes fuerzas que actúan sobre los cuerpos en reposo o en los movimientos mencionados anteriormente, modelando matemáticamente su movimiento (MEN, 2004). Sin embargo, se ha evidenciado una brecha entre los lineamientos curriculares planteados por el MEN y los aprendizajes que realmente se están alcanzando en el aula de clase, lo que evidencia la necesidad de metodologías más activas y significativas que logren modificar los preconceptos que por experiencia han adquirido. Esto se hace evidente en la investigación realizada por Gamboa (2014) con estudiantes de grado décimo a partir del cuestionario “Force Concept Inventory (FCI)”, en el cual detecta que los estudiantes presentan grandes dificultades en la aplicación de las leyes de Newton a situaciones cotidianas, así como la diferenciación de conceptos como la aceleración y la velocidad (Gamboa, 2014).

En este marco, y pese a las diferentes investigaciones que se han realizado en este campo, no existen suficientes estrategias contextualizadas en la enseñanza de la mecánica clásica que muestren mejorías en el aprendizaje de los estudiantes; además, se ha identificado que los métodos tradicionales no contribuyen a la comprensión de esos conceptos básicos y que son escasos los estudios que proponen soluciones prácticas y útiles para las dificultades que se presentan en las aulas de física (Faria et al., 2025).

Por esta razón, con el fin de garantizar un aprendizaje significativo de los conceptos y que se mejore la motivación de los estudiantes enseñando de una manera más contextualizada, al generar un vínculo entre el aprendizaje de la mecánica clásica y problemas reales de su entorno, se hace necesaria la implementación de metodologías activas e innovadoras. En este sentido, el aprendizaje basado en problemas (ABP) y el enfoque STEAM se presentan como alternativas pedagógicas idóneas para subsanar estos inconvenientes. Algunas investigaciones demuestran que el enfoque STEAM no solo promueve la adquisición de conocimientos de manera contextualizada e interdisciplinar, sino que también permite que los estudiantes desarrollen capacidades importantes para enfrentarse en un futuro al mundo laboral, como lo son el pensamiento crítico, la creatividad, la comunicación y la colaboración, llamadas las habilidades del siglo XXI (Amanova et al., 2025).

En efecto, diferentes estudios se han enfocado en analizar la efectividad y las limitaciones de metodologías innovadoras en el aprendizaje de asignaturas como la física, lo cual se puede

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. evidenciar en el artículo publicado por Isa (2024), en el que plantea que usar el enfoque STEM mejora la comprensión de conceptos físicos, ya que genera pensamiento crítico en los estudiantes y fortalece la capacidad para resolver problemas, teniendo en cuenta que en las situaciones STEM se ven enfrentados a problemas que requieren de un análisis profundo y una aplicación consciente de los conceptos aprendidos. Además, se encuentra que la motivación de los estudiantes se ve afectada de manera positiva al encontrar una aplicación real de los temas aprendidos en su vida cotidiana, lo que genera en los estudiantes esa curiosidad e interés por aprender, contribuyendo a que el aprendizaje adquirido sea significativo.

De igual manera, esto se ve reflejado en el uso del ABPr; un estudio realizado por Zaida et al., (2024) evidencia cómo el uso de STEM-PBL mejora la alfabetización científica en los estudiantes de bachillerato, especialmente en los conceptos físicos de medición. Asimismo, el estar inmersos en una situación real en la que deben hacer uso de sus conocimientos para plantear una solución genera atracción en los estudiantes hacia el aprendizaje y permite que el cerebro esté más presto a aprender. Como se mencionó anteriormente, estas metodologías fortalecen el desarrollo de habilidades del siglo XXI, entre las que se encuentra la colaboración, habilidad que se desarrolla mediante el trabajo cooperativo, asignando roles a cada miembro del grupo, usualmente conformado por 4 estudiantes, donde cada uno a su rol y vela por aportar al proyecto.

A continuación, se elaborará una propuesta didáctica usando como metodología el ABPr y el enfoque STEAM, construyendo una catapulta ambiental que lanzará semillas de distintas dimensiones y masas para reforestar zonas de difícil acceso. Se partirá de una situación real y se vinculará con el ODS 13: acción por el clima de la ONU (UNESCO, 2017). Elaborar este prototipo permitirá manipular fuerzas y trayectorias parabólicas, haciendo que la enseñanza de la mecánica clásica vaya más allá de la memorización o de la resolución de ejercicios repetitivos, para aplicarlos en un contexto interdisciplinar que integra ciencia, tecnología, ingeniería, matemática y artes para resolver un problema real que genere conciencia y acción frente al cambio climático en estudiantes de grado décimo en Colombia.

## 1.2. Objetivos del TFE

### 1.2.1. Objetivo general

- Diseñar una propuesta didáctica basada en el aprendizaje basado en proyectos (ABPr) y el enfoque STEAM (science, technology, engineering, arts and mathematics), mediante la elaboración de una catapulta con propósito ambiental para mejorar la comprensión de la mecánica clásica en estudiantes de grado décimo en Colombia.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Investigar y determinar las principales dificultades que presentan los estudiantes de secundaria en el aprendizaje de la mecánica clásica.
- Analizar las ventajas y limitaciones del enfoque STEAM y la metodología basada en proyectos para mejorar la comprensión de la mecánica clásica.
- Planear una secuencia de actividades mediante la construcción de una catapulta con propósito ambiental para favorecer la comprensión de la mecánica clásica, promoviendo la responsabilidad ambiental con la vinculación del ODS 13, acción por el clima.
- Construir una rúbrica de evaluación que permita identificar la viabilidad y los beneficios de la propuesta didáctica en el aprendizaje de la mecánica clásica.

## 2. Marco teórico

### 2.1. Mecánica clásica

#### 2.1.1. Evolución histórica

La mecánica clásica constituye uno de los bloques más importantes de la física clásica; en ocasiones es conocida como la mecánica newtoniana al considerar los grandes aportes que realizó el físico Isaac Newton en esta rama. La mecánica clásica establece los principios que permiten explicar y predecir el movimiento de los cuerpos macroscópicos, sin dejar de lado las fuerzas que lo originan. Para analizar el origen de la mecánica, debemos remontarnos a la Grecia clásica, época en la que filósofos como Aristóteles (384-322) comenzaron con las primeras visiones del movimiento. Aristóteles aseguraba que el movimiento de los cuerpos se producía debido a una causa natural, al buscar su lugar en el universo en función de los

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.

elementos que lo componían (tierra, agua, aire y fuego), y que asimismo era indispensable que se tuviera una fuerza para poder mantener el movimiento. Además, también afirmaba que los objetos más pesados eran los que caían más rápido que los livianos (Truesdell, 1968).

Durante la Edad Media, pensadores como Juan Filópono (490-566) y Jean Buridan (1300-1358) planteaban ideas que cuestionaban las ideas aristotélicas al proponer términos como el “ímpetu”, con el cual estableció que un cuerpo podía mantener su movimiento después de que la fuerza inicial hubiera cesado; asimismo, se expuso una teoría que puede describirse adecuadamente como un concepto temprano y rudimentario de lo que ahora llamamos inercia. Jean Buridan, de manera similar a Filópono, postuló que el movimiento de un objeto era interno a él, y reconoció de manera importante que este impulso no se disipa a través de su propio movimiento; que algo más debe actuar sobre el objeto para ralentizar su movimiento. (Truesdell, 1968). Durante los siglos XVI y XVII, la física clásica va tomando otro rumbo con pensadores como Galileo Galilei, quien a través de la experimentación con planos inclinados demostró que sin fricción un cuerpo puede mantener su movimiento indefinidamente, contradiciendo los planteamientos antiguos que manifestaban que los cuerpos se detenían naturalmente, formulando el concepto de movimiento rectilíneo uniforme como aquel en el que la distancia recorrida es proporcional al tiempo que tarda, y desarrolló una noción de movimiento uniformemente acelerado. Asimismo, usando el agua como recurso, demostró que en la caída libre la distancia recorrida es proporcional al cuadrado del tiempo, estableciendo una de las leyes más importantes de la cinemática (Truesdell, 1968). Pero fue durante la época de la revolución científica del siglo XVII que se comienza a estructurar la figura de la mecánica clásica gracias a Sir Isaac Newton, que en su libro “Mathematical Principles of Natural Philosophy”, publicado en 1687, establece los principios matemáticos que explicarían cada uno de los fenómenos del movimiento impactados por ciertas fuerzas, condensándolos en ocho definiciones y tres axiomas. Los tres axiomas son los que se conocen como las leyes de Newton: ley de inercia, ley de fuerza y ley de acción y reacción, y la ley de gravitación universal. De acuerdo con Sebastiá (2013), cada una de las tres leyes establece lo siguiente: “Primera ley: Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme a lo largo de una línea recta, a menos que una fuerza impresa lo obligue a cambiar su estado. Segunda ley: El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa, y se realiza en la dirección en la que actúa la fuerza impresa. Tercera

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.

ley: Para cada acción existe siempre una reacción, y las acciones mutuas entre dos cuerpos son siempre iguales y en dirección contraria”. La mecánica clásica se convierte en una de las ramas más importantes de la física debido a los grandes aportes de reconocidos científicos como Leonhard Euler, Joseph Louis Lagrange y Pierre-Simon Laplace, quienes mediante un análisis analítico describieron sistemas complejos mediante principios variacionales y energéticos, sin depender de fuerzas individuales. (Ponce, 2024).

### 2.1.2. Dificultades en la enseñanza de la mecánica clásica

Pese a su importancia en el currículo de física y la introducción temprana que se desarrolla en el currículo, la enseñanza de la mecánica clásica se enfrenta a formidables retos a la hora de explicar los temas que comprenden este bloque. Varios estudios indican que los estudiantes han desarrollado algunas ideas alternativas adquiridas por experiencias o situaciones de la vida cotidiana que los ha hecho apropiarse de estas como verídicas, asemejándose a ideas aristotélicas que resultan incompatibles con los modelos científicos newtonianos (Hestenes et al., 1992). Algunas de las concepciones alternativas más frecuentes se presentan en la tabla 1:

**Tabla 1.** Ideas alternativas más comunes en los estudiantes.

<b>Ley de inercia</b>	Así como Aristóteles, muchos estudiantes creen que cuando un cuerpo se detiene, esto se debe a que “se le acaba la fuerza”, sin considerar un factor importante como lo es la fricción.
<b>Fuerza y velocidad</b>	Es común interpretar que, al aplicarse una fuerza constante a un cuerpo, esta causará una velocidad constante en este, sin considerar que lo que se genera es una aceleración.
<b>Tercera ley de Newton</b>	Los estudiantes suelen asumir que la acción y reacción no son iguales, o que actúan sobre un mismo cuerpo.
<b>Movimiento circular uniforme</b>	Se mantiene la creencia de una fuerza centrífuga que empuja hacia afuera y no se reconoce la existencia de una fuerza centrípeta hacia el centro.
<b>Confusión entre peso y masa</b>	Una confusión común en los estudiantes es pensar que el peso es una propiedad intrínseca del cuerpo y no una fuerza que depende de la gravedad.
<b>Un objeto más pesado caerá más rápido</b>	La idea aristotélica de que un objeto más pesado caerá más rápido que uno liviano es fuertemente interiorizada por los estudiantes y es una de las creencias que “por lógica” más arraigada tienen.

Fuente: Elaboración propia, información tomada de Sengul, 2024.

En repetidas ocasiones, estas ideas son bastante resistentes al cambio, ya que por experiencias pasadas los estudiantes las han tomado como verdaderas y propias, ya que las sustentan en el sentido común (Sengul, 2024).

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. La persistencia de estas dificultades se suele asociar al uso de metodologías tradicionales en el aula de clase, las cuales dan prioridad a la transmisión de conocimientos y la resolución mecánica y repetitiva de ejercicios que conducen a aprendizajes memorísticos y descontextualizados más que significativos. Todo esto lleva a que los estudiantes únicamente se dediquen a aplicar fórmulas de manera sistemática, pero sin establecer la importancia y aplicabilidad que tiene el tema en un contexto real. Esto conlleva que las estructuras de contenido abstractas y sin conexión generen desmotivación en los estudiantes y se vea afectado ese entendimiento conceptual (Spatz et al., 2020).

#### 2.1.2.1. Contexto colombiano

En Colombia, diferentes estudios evidencian estas dificultades; uno de ellos es Gamboa (2014), quien en su investigación con estudiantes de grado décimo encontró que presentaban confusiones que se mantenían de manera constante en conceptos como la velocidad y la aceleración, así como el uso de las leyes de Newton en situaciones de la vida cotidiana, donde, más allá de las explicaciones científicas, para ellos predominaban sus ideas previas obtenidas mediante la experiencia y el sentido común. De igual manera, Guerra (2019) encontró falencias en el pensamiento métrico al momento de analizar trayectorias parabólicas.

Estos resultados concuerdan con los de las Pruebas Saber 11 del ICFES, donde se evidencia que los resultados en ciencias naturales, específicamente en física, no son los mejores, localizando a muchos estudiantes en niveles mínimos (ICFES, 2021). Esta prueba se ajusta a los objetivos o estándares básicos del MEN, pero al variar los resultados esperados y los obtenidos, se hace evidente la necesidad de utilizar nuevas estrategias en el aula para enseñar estos contenidos y lograr un aprendizaje más significativo y menos memorístico.

## 2.2. Aprendizaje basado en proyectos

### 2.2.1. ¿Qué es el aprendizaje basado en proyectos?

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPr) es una metodología activa donde el estudiante es el principal responsable de su aprendizaje, al tener que resolver un problema de la vida cotidiana que finaliza con la creación de un producto. Asimismo, el ABPr se fundamenta en la noción de que los estudiantes aprenden mejor cuando investigan y responden preguntas complejas y crean productos que demuestren su aprendizaje. "Este enfoque integra de forma

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. **natural los contenidos curriculares con las habilidades del siglo XXI, como la colaboración, la creatividad, la comunicación y el pensamiento crítico" (Bell, 2010).**

Aunque el Aprendizaje Basado en Proyectos y el Aprendizaje Basado en Problemas comparten ese enfoque activo del estudiante y su fundamento constructivista mediante la resolución de un problema específico en contexto real, difieren en las etapas que lo conforman, en el proceso que se lleva a cabo y el resultado final. De acuerdo con la finalidad del proyecto, Morgan (1983) estableció tres modelos diferentes de proyecto. Iniciando con el modelo de ejercicio de proyecto, en el cual los conocimientos que ya se tienen son usados para dar solución al problema a través de la elaboración de un producto. De igual manera, continúa con el denominado componente de proyecto, el cual se va realizando de manera paralela a que los contenidos necesarios son enseñados usando metodologías de enseñanza tradicionales y magistrales. Y, por último, se tiene el de orientación de proyecto; es el caso en el que toda la impartición de contenidos se hace tomando como base la elaboración del proyecto y los estudiantes adquieren el conocimiento mediante la realización de este.

Asimismo, el método desarrollado en la Universidad McMaster propuso 6 características principales del ABPr (Schmidt et al., 2009):

Aprendizaje centrado en el estudiante.

- Aprendizaje adquirido por el trabajo grupal.
- Docente como facilitador.
- Problemas ubicados en un contexto real.
- El problema es el activador de conocimiento y de ideas previas y el que permite que los estudiantes se enfrenten a vacíos en este.
- Aprendizaje autodirigido que integra momento de autoestudio para poder resolver el problema.

De igual manera, en cuanto al proceso o etapas de una actividad usando la metodología del ABPr, algunos autores coinciden en su planteamiento; en el caso de Wijnia et al. (2019), proponen tres fases principales divididas: Debate, autoaprendizaje y presentación de informes. Dichas fases se presentan de manera resumida; sin embargo, como se mencionó anteriormente, cada autor decide adaptarlas a sus necesidades, siempre teniendo en mente un proceso para la elaboración de un producto que permitirá a los estudiantes adquirir nuevos

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. aprendizajes de manera significativa. Otro ejemplo más completo es el presentado por Aula Planeta (2015), donde en 10 pasos se especifican cada uno de los requisitos que se deben cumplir para diseñar una actividad usando la metodología APBr.

**Figura 1.** Fases propuestas por Aula Planeta para usar la metodología ABPr.



Fuente: Aula Planeta, 2015.

Es importante resaltar cómo, al final de todo el proceso, el resultado obtenido es el aprendizaje significativo de los estudiantes; asimismo, se resaltan algunas actividades importantes que llevan al desarrollo de habilidades entre las fases, como la transversalidad, el intercambio de ideas, la creatividad y la colaboración. De igual manera, como se ha mencionado anteriormente, cada autor puede adaptar los pasos o etapas del APB a sus necesidades y al objetivo que se quiera lograr; sin embargo, todas tienen puntos en común. La diferencia radica en la especificación que se da a cada etapa, como se ve reflejado en los dos ejemplos mencionados anteriormente.

### 2.2.2. Ventajas y limitaciones del ABPr

El ABPr es una metodología innovadora que ha mostrado resultados positivos en el proceso de adquisición de conocimientos al estar centrada en el aprendizaje del estudiante y lo pone a él como actor principal de su propio aprendizaje, ya que son ellos quienes trabajan de manera activa, se encargan de investigar, planear, diseñar y evaluar productos que tienen una aplicación en un contexto real (Marti, 2007). En este sentido, algunos estudios han evidenciado que, al implementar la metodología ABPr en sus clases, los resultados mejoraron

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. **significativamente, ya que se fomenta el trabajo colaborativo o cooperativo, y el diseño y creación de un producto en el que es necesario aplicar los conocimientos adquiridos para obtener el producto final.** Particularmente en la asignatura de física, Wulandari et al. (2024) en su estudio sobre la influencia del ABPr en el desarrollo de habilidades y el aprendizaje en física, muestra que el uso de esta metodología mejoró las habilidades de pensamiento, tanto crítico como creativo. Y por ende, el aprendizaje fue más significativo. Esto se demostró mediante la aplicación de pruebas posteriores a cursar la asignatura; ellos contaban con un grupo control, el cual obtuvo resultados más bajos en estas pruebas. Adicionalmente, las habilidades afectivas también mostraron mejorías, evidenciándose a través del adecuado trabajo grupal, la colaboración, el compromiso y la responsabilidad de los estudiantes.

Pero no es únicamente el docente quien considera como una metodología positiva el uso del ABPr en el aula, sino que también así lo perciben los estudiantes. En un estudio realizado por Gómez et al. (2009), con estudiantes universitarios del programa de ciencias de la salud, ellos manifestaron que el usar ABPr en sus clases evidenciaba ventajas frente a clases que se trabajaban de manera expositiva, priorizando que esta metodología los permitía enfrentarse a situaciones reales en las que aplicaban el conocimiento adquirido; asimismo consideraban que les ayudaba a formar su pensamiento crítico más allá de un aprendizaje memorístico, lo que les permitía que este aprendizaje fuera más duradero. En consecuencia, se evidencia que el ABPr trae ventajas al desarrollo de habilidades de comunicación, de pensamiento y sociales, y también a esa adquisición del conocimiento en los estudiantes, resultando para ellos un proceso más significativo y ameno.

Sin embargo, algunos estudiantes han manifestado que el usar ABPr no resulta positivo, ya que, a pesar de que sí consideran haber aprendido, es un proceso que requiere una inversión grande de tiempo y que, si las funciones de cada miembro del grupo no son específicas, se suelen presentar inconvenientes y dificultades entre ellos (Gómez et al., 2009). Con estas oportunidades de mejora, es evidente que es necesario establecer un tiempo para cada fase del proyecto. Además, el papel del docente es muy importante, ya que debe estar pendiente de las dificultades que se puedan presentar en los grupos y de orientarlos a tomar las decisiones más adecuadas desde su rol de facilitador.

## 2.3. Enfoque STEAM

### 2.3.1. Del enfoque STEM a STEAM

El término STEM, por sus siglas en inglés de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (Science, Technology, Engineering and Mathematics), fue creado por The National Science Foundation en Estados Unidos en 1990 (Bybee, 2013). En principio, el acrónimo hacía referencia a eventos o proyectos relacionados con estas áreas; sin embargo, a medida que pasaba el tiempo y considerando las discusiones alrededor de este término, se comenzó a utilizar para referirse a la articulación de las asignaturas. Por otro lado, en 2008 Georgette Yakman propone el término STEAM, adicionando la "A" de artes para integrar la parte humanística a la palabra STEM, que hasta entonces se había enfocado únicamente en la articulación de ciencias exactas. Además, la integración de artes no incluía únicamente las habilidades que en esta asignatura se desarrollan, sino que también permitía desarrollar en los estudiantes otras habilidades propias del siglo XXI como la creatividad, la colaboración, el pensamiento crítico, la comunicación, la resolución de problemas y la autonomía (Ministerio de Educación Nacional Colombia, 2022).

Posterior al planteamiento de este enfoque, diferentes países y organizaciones han mostrado gran interés en su implementación, planteando iniciativas públicas y privadas para trabajar la innovación educativa en áreas STEM/STEAM, impulsando reformas pedagógicas para la implementación del programa y fortaleciendo vínculos con el fin de formalizar la estrategia de la educación STEM. Algunos ejemplos de estas iniciativas en diferentes países o continentes pueden evidenciarse en la figura 2. En Europa, se destacan diversas estrategias, entre las cuales se encuentra la de European Schoolnet. En 2018, esta organización llevó a cabo un informe sobre escuelas STEM, en el que participaron varios países y querían establecer esos elementos y criterios clave para que los ministerios e instituciones educativas los pudieran usar para evaluar las fortalezas y debilidades para generar una "hoja de ruta" para la implementación de la educación STEM. Por otro lado, en América Latina, con el fin de promover un vínculo más cercano entre el sector educativo y productivo para desarrollar las competencias que se requieren para enfrentar los desafíos mundiales, se han establecido

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. políticas de ciencia, tecnología e innovación bastante consolidadas (Ministerio de Educación Nacional Colombia, 2022).

**Figura 2.** Investigaciones a nivel mundial sobre el enfoque STEM/STEAM.

<b>ESTADOS UNIDOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Charting a course for success: America's strategy for STEM education (2018 - 2022)</li> <li>• Educate to innovate</li> <li>• Teachers for a competitive tomorrow</li> <li>• Globaloria</li> <li>• STEM Education Coalition</li> </ul>	<p><i>Alianzas entre organizaciones públicas, privadas y universidades para mejorar la educación STEM en el país.</i></p>
<b>EUROPA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• European Schoolnet (European STEM Schools Report, criterios y elementos STEM en Europa)</li> <li>• PRIMAS (Promoting Inquiry in Mathematics and Science Education Across Europe.)</li> <li>• European Research Areas</li> <li>• Developing Quality in Mathematics Education</li> <li>• REMATH (Representaciones Matemáticas con Medios Digitales)</li> </ul>	<p><i>Estrategias y alianzas para la transformación educativa y fomento de áreas STEM.</i></p>
<b>ASIA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conferencias internacionales de informática en la educación (Tailandia)</li> <li>• Engineers Week, Stem Workshops, apoyado por IBM (China)</li> <li>• National Institute for Education (Singapur)</li> <li>• Sistema de innovación para una educación de calidad (Corea del Sur)</li> </ul>	<p><i>Iniciativas de innovación educativa que hacen énfasis en áreas STEM.</i></p>
<b>AMÉRICA LATINA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimento - Red STEM Latinoamérica (Fundación Siemens Stiftung)</li> <li>• Red Educa STEAM (OEA)</li> </ul>	<p><i>Redes para impulsar el enfoque STEM/STEAM</i></p>

Fuente: Ministerio de Educación Nacional Colombia, 2022

En Colombia, la acogida de este enfoque en colegio y universidad ha ido creciendo durante los últimos años gracias a iniciativas del gobierno como el programa Escuelas STEM+, propuesto por el Ministerio de Educación Nacional, en el que se pretende hacer énfasis en metodologías activas, aprendizaje basado en problemas, resolución de problemas locales mediante la integración de tecnología y robótica (Ministerio de Educación Nacional, 2022).

Adicionalmente, para el año 2023, Marín Ríos et al. realizaron una revisión crítica de trabajos de grado en la que encontraron que el uso del enfoque STEM/STEAM en propuestas de grado en universidades colombianas ha aumentado considerablemente por el interés en la interdisciplinariedad. Sin embargo, resaltan que aún hay oportunidades de mejora en integrar las asignaturas de manera efectiva y en la capacitación y desarrollo profesional del docente en este ámbito. Por otro lado, los informes internacionales de la UNESCO sobre vocaciones científicas, rendimiento y carreras profesionales muestran que todavía existe una diferencia significativa entre hombres y mujeres. Los resultados de niñas, adolescentes y jóvenes en pruebas internacionales son más bajos en ciencias y tecnología, lo que se manifiesta en las escasas matrículas femeninas en programas STEM, situación preocupante a nivel nacional e internacional. Según el Banco Internacional de Desarrollo (BID), en América Latina y el Caribe se han desarrollado distintas acciones, tales como programas de apoyo, premios y políticas en

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. los sistemas de ciencia, para disminuir esta diferencia; sin embargo, todavía existen barreras estructurales que impiden la participación plena de las niñas y las mujeres en la educación STEAM. Entre las principales barreras se hallan los estereotipos de género que se refuerzan desde la infancia, a través de la familia y los medios de comunicación. También está la prioridad que históricamente se ha dado a la educación de los hombres y la deserción escolar por violencia de género, además de la reproducción de los roles tradicionales que limitan el tiempo y las oportunidades de las mujeres para estudiar y trabajar en el ámbito de las ciencias y la tecnología (Ministerio de Educación Nacional Colombia, 2022).

### 2.3.2. Características del enfoque STEAM

El enfoque STEAM propone transformar la manera de enseñar que se tenía, donde se impartían los conocimientos de forma aislada, a una forma innovadora que integre las disciplinas y resuelva problemas reales en contextos cercanos al estudiante, logrando un aprendizaje significativo y contextualizado en vez de uno memorístico. Según Bybee (2023), lo que enriquece este método es que los estudiantes no adquieren conocimientos, sino cómo aplicarlos para resolver problemas en contextos reales. Esta articulación interdisciplinaria hace que los conocimientos se complementen y se apliquen en proyectos integradores contextualizados en el mundo real, desarrollando en los estudiantes una visión más rica y holística de la ciencia. Otra característica importante del enfoque STEAM es la colaboración que se realiza en cada proyecto, trabajándose de una manera cooperativa en la mayoría de los casos, donde cada miembro del grupo cuenta con un rol previamente asignado que le permite potenciar sus habilidades y contribuir al trabajo grupal de una manera efectiva. Esta colaboración permite que los estudiantes potencien sus habilidades sociales y comunicativas, garantizando una comunicación efectiva, aprendiendo a tomar decisiones apropiadas para el cumplimiento de las metas establecidas (Bybee, 2023). Por otro lado, se puede afirmar que el enfoque STEAM se caracteriza por la creatividad y la innovación en las actividades que se desarrollan, promoviendo un pensamiento de diseño o comúnmente conocido como “design thinking” al hacer uso de la imaginación y el planteamiento de diferentes estrategias para resolver un mismo problema. De igual manera, es importante resaltar la flexibilidad con la que se cuenta en el enfoque y su contextualización, ya que se puede adaptar a diferentes edades y de acuerdo con los recursos con que cuente la institución, así como también se puede vincular con diferentes problemas locales y globales (Marín Ríos et al., 2023).

### 2.3.3. Ventajas y limitaciones del enfoque STEAM

Uno de los aspectos más relevantes del uso del enfoque STEAM en las aulas es el fortalecimiento de los factores afectivos, que muchas veces suelen dejarse de lado, pero que tienen gran impacto en el aprendizaje de los estudiantes. Un ejemplo de esto es la mejora evidente en la actitud hacia el aprendizaje, la confianza en sí mismos, el compromiso, la motivación y el interés, así como la autorregulación y el trabajo en equipo. Diversos estudios han mostrado que implementar la educación STEAM influye positivamente en la satisfacción y motivación de los estudiantes al hacer que las experiencias de aprendizaje sean más atractivas e interesantes para ellos (Marín Ríos et al., 2023). Todo esto permite que los estudiantes no solo se sientan comprometidos en su proceso de aprendizaje por la motivación generada en ellos y la curiosidad, sino que, de la misma manera, permite que desarrollen factores afectivos como la confianza en sí mismos, la independencia y la creatividad (Marín Ríos et al., 2023).

Adicionalmente, es importante tener en cuenta que el enfoque STEAM va más allá de la memorización de unos conceptos, y es por esto por lo que trasciende las áreas de conocimiento y se enfoca en el desarrollo de habilidades que les permitan desarrollarse como ciudadanos del mundo global al que se enfrentarán posterior a la etapa escolar. Como se ha mencionado anteriormente, el aprendizaje STEAM permite que los estudiantes fortalezcan sus habilidades de pensamiento, de comunicación, de colaboración, de creatividad, conocidas como habilidades del siglo XXI. Sin embargo, diferentes fuentes han publicado un listado de habilidades que consideran que son las más importantes y que se desarrollarán al hacer uso de un enfoque STEAM en clases:

**Tabla 2.** Referenciación de habilidades para el enfoque STEM/STEAM.

HABILIDADES STEM/STEAM	Habilidades STEM/STEAM del Global STEM Alliance	Habilidades STEM/STEAM de la UNESCO	Prácticas y habilidades STEM/STEAM
Pensamiento crítico	X	X	X
Resolución de problemas	X	X	X
Creatividad	X	X	X
Comunicación	X	X	X
Colaboración	X	X	X
Alfabetización de datos	X	X	
Pensamiento Computacional	X	X	

Fuente: Ministerio de Educación Nacional Colombia, 2022

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. Además, se ha encontrado que el desarrollo de estas habilidades y el trabajo interdisciplinar permiten que los estudiantes apliquen conocimientos científicos, matemáticos y tecnológicos en situaciones nuevas en las que demuestran la transferencia del aprendizaje y evitan el aprendizaje memorístico (Kaya & Ayar, 2025). De igual manera, el ciclo de ingeniería que plantea la metodología STEAM desarrolla el pensamiento crítico y la tolerancia a la frustración, al tener que pasar por las fases de diseñar la solución, probarla, testearla y, si falla, mejorarla y comenzar nuevamente el ciclo hasta lograr el resultado esperado. En ese mismo orden de ideas, el abordaje STEAM posibilita la atención a la diversidad en el aula y la inclusión, atendiendo a las capacidades de cada estudiante y a los papeles en los que mejor se pueda desempeñar (Marín Ríos et al., 2023). En ese sentido, este tipo de aprendizaje no solo favorece a los estudiantes, sino también a los profesores, ya que la investigación de Kappinen et al. (2017) demostró que el aprendizaje interdisciplinario con enfoque STEAM mejora las capacidades de los profesores, desarrollando su creatividad al generar nuevas maneras de pensar y organizar las actividades interdisciplinarias.

Por otro lado, aunque el enfoque STEAM se vea como un prometedor enfoque para usar en clases, diferentes autores coinciden al establecer que su implementación presenta algunas limitaciones asociadas a factores pedagógicos, estructurales y profesionales. Por un lado, muchos docentes no cuentan con las capacitaciones o conocimiento necesario para diseñar unidades de aprendizaje de manera interdisciplinar y el desconocer su funcionamiento hace que prefieran evitarlas (Kaya & Ayar, 2025). Adicionalmente, a la hora de evaluar los aprendizajes adquiridos en la elaboración de un proyecto haciendo uso del enfoque STEAM, los docentes se enfrentan a una dificultad, ya que, al ser un trabajo integrado por diferentes áreas, la forma de evaluar no coincide con los métodos tradicionales, lo que lleva a que los docentes deban plantear nuevos instrumentos mucho más auténticos y holísticos en los que se consideren el producto, el proceso y el aprendizaje (Nurul Azmi & Festiyed, 2023).

Finalmente, se ha observado que la integración disciplinar suele ser una limitación, ya que en muchas ocasiones se realiza de manera superficial y forzada; se generan proyectos en los que, de manera obligada, una asignatura debe aportar al desarrollo, como sucede en el caso de artes. Esta fragmentación entre las asignaturas puede ser causada por la falta de recursos y tiempo en las instituciones educativas al restringir la realización de las actividades; sin embargo, el mal uso de una unidad interdisciplinar mediante el enfoque STEAM puede

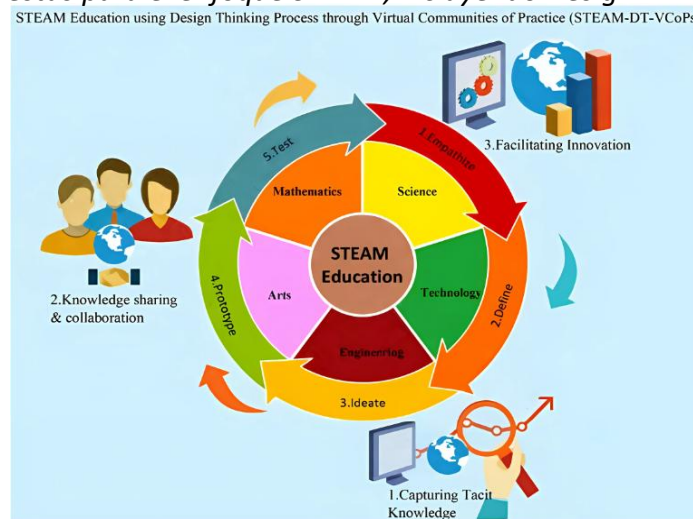
Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. generar experiencias poco significativas para los estudiantes en las que se pierde el sentido de la actividad y, por ende, del aprendizaje (Marín Ríos et al., 2023).

### 2.3.4. Diseño de actividades con enfoque STEAM

Es importante que, al momento de diseñar una actividad con enfoque STEAM, siempre se trabaje junto a alguna metodología activa, como el aprendizaje basado en problemas (ABP), el aprendizaje basado en proyectos (ABPr), entre otras, ya que estas permitirán que se trabaje la resolución de un problema junto al desarrollo de los contenidos (Zamorano et al., 2018). Asimismo, se debe partir de un aprendizaje activo por parte del estudiante, poniéndolo a él como el centro y el actor principal del proceso, por lo que es importante que el docente, que será un facilitador, esté pendiente de que cada integrante del grupo cumpla con el rol asignado y las funciones establecidas, promoviendo el trabajo cooperativo. De igual manera, es importante partir de las ideas alternativas que tienen los estudiantes, así como de las bases que puedan presentar en el tema, para de esta manera guiarlos hacia el objetivo que se quiere cumplir. Y finalmente, considerar el principio interdisciplinario del enfoque STEAM, garantizando que el proyecto establecido permita la integración natural de las asignaturas en un contexto cercano a los estudiantes (Meza González & Duarte Abarca, 2020).

En la literatura no hay un único método o fases que se deban seguir al momento de realizar una actividad con enfoque STEAM; sin embargo, la mayoría de ellos consideran el pensamiento de diseño (design thinking) como un factor importante e incluyen algunas de sus etapas. A continuación, se presenta un modelo planteado por Poór & Vervliet (2021):

**Figura 3.** Fases propuestas para el enfoque STEAM, incluyendo Design Thinking.



Fuente: Poór & Vervliet, 2021

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. Quienes proponen una serie de fases en las que se incluye el ciclo de ingeniería y las fases de design thinking ajustadas a la metodología STEAM, las cuales son:

- Empatizar: Etapa en la que los estudiantes son empáticos con su entorno y las personas que los rodean e identifican una posible necesidad; exploran el contexto con el fin de comprender mejor el problema.
- Definir: Durante esta etapa, los diseñadores definen el problema a partir de la información recolectada en la primera etapa.
- Idear: Al llegar a esta fase, se encargarán de investigar posibles soluciones al problema planteado; es usual que se haga una lluvia de ideas para evidenciar todas las opciones que hay y cuál puede ser la mejor.
- Prototipar: En esta etapa se llevan a cabo las ideas establecidas en la etapa previa y se elabora el prototipo establecido.
- Testear: El prototipo se pone a prueba de acuerdo con las condiciones que se establecieron y se verifica si cumple con sus funciones.

## 2.4. Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

### 2.4.1. ¿Qué son los ODS?

Los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) surgen en el 2015 cuando los Estados Miembros de las Naciones Unidas (ONU) deciden establecer una serie de objetivos con metas específicas que puedan contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas en el mundo y mitigar los problemas ambientales que enfrenta el planeta. Es acá donde se establece un plan para alcanzar el desarrollo sostenible, el cual se denominó la Agenda 2030, dando 15 años para cumplir 17 objetivos que se centran en fortalecer el desarrollo sostenible en tres aspectos específicos: el desarrollo social, el medioambiental y la economía (United Nations, 2023).

**Figura 4.** *Objetivos de Desarrollo Sostenible*



Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.

En la figura 4 podemos observar todos los 17 objetivos de desarrollo sostenible. Como se puede evidenciar, los ODS abarcan un amplio rango de aspectos, desde lo social a lo ambiental, con el fin de alcanzar el desarrollo sostenible, lo que los hace una oportunidad para trabajar de manera integrada para alcanzarlos. Esto se evidencia en que las metas que los componen no son independientes, sino que se encuentran interrelacionadas con el fin de apuntar hacia un mismo objetivo, lo cual permite que desde proyectos interdisciplinarios como los que se generan a partir del enfoque STEAM puedan promoverse dichos objetivos.

#### 2.4.2. Los ODS y el enfoque STEAM

Según la UNESCO (2017), la educación tiene un rol importante en el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible y es desde el aula que los estudiantes pueden adquirir las capacidades y el conocimiento necesario para desarrollar las actividades diarias de una manera más amigable con el ambiente y que promueva una sociedad más justa y equitativa. Es por esto que, a pesar de tener un ODS vinculado estrechamente a mejorar la calidad de la educación (ODS 4, educación de calidad), es desde el aula que se adquieren las habilidades y el conocimiento para contribuir al cumplimiento de cada uno. De la misma manera, la transversalidad de los ODS permite que sean fácilmente vinculados en el contexto académico con cualquier asignatura y con el planteamiento de actividades que propendan un aprendizaje más significativo al permitir que los estudiantes asuman el rol de agentes de cambio, y así mismo siendo los ODS el motivo para que la enseñanza se dé de manera más contextualizada. De acuerdo con Marín Ríos et al. (2023), las actividades enfocadas al desarrollo sostenible mediante la realización de un proyecto STEAM mejoran la motivación, el pensamiento crítico y la comprensión de los problemas ambientales desde una perspectiva interdisciplinar. Asimismo, en su estudio los autores encuentran que los estudiantes aumentan su conciencia ambiental y no solo adquieren nuevos conocimientos o las habilidades del siglo XXI. Del mismo modo, Silva & Alsina (2023) diseñaron una experiencia educativa para la sostenibilidad usando el enfoque STEAM e integrando sus asignaturas, con el propósito no solo de mejorar el aprendizaje de los estudiantes en estadística y ciencias, sino de generar conciencia ambiental. Los resultados mostraron que los estudiantes pudieron reflexionar sobre el impacto de sus acciones en el planeta y el hacer uso del pensamiento crítico para generar estrategias que permitan mitigar las consecuencias en el planeta y contribuyan al desarrollo sostenible.

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. Por último, en el campo de la física también es posible integrar los ODS con el enfoque STEAM, como lo hicieron en su estudio (Ajibudiarta, 2025), donde querían evaluar el potencial que tenía esta integración en el aprendizaje de conceptos de física, pero asimismo en promover la alfabetización científica y generar una conciencia social y ambiental. Los autores entrevistaron a diferentes profesores de física, encontrando que la mayoría considera que esta integración sería positiva; sin embargo, muy pocos manifiestan entender cómo llevar a cabo este tipo de proyectos, lo que evidencia una oportunidad de mejora en las capacitaciones docentes en este tema, considerando que es un aspecto muy importante para mejorar la calidad de la educación en temas de física y el desarrollo de habilidades esenciales para enfrentar los retos del planeta.

En la propuesta se vinculará el ODS 13, Acción por el clima, el cual consiste en tomar medidas urgentes para hacer frente al cambio climático y sus efectos, fortaleciendo la resiliencia, la mitigación y la adaptación a sus consecuencias. Este objetivo reconoce que la educación científica es esencial para entender las causas del cambio climático, interpretar datos ambientales y crear soluciones tecnológicas sustentables (Naciones Unidas, 2015; UNESCO, 2017).

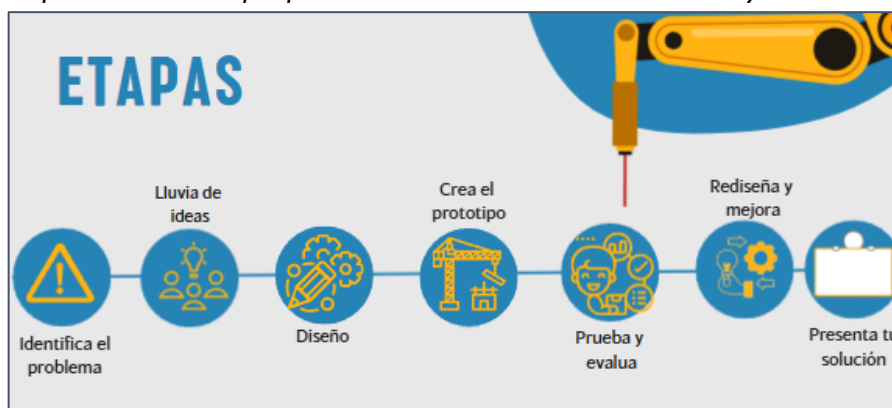
### 3. Propuesta didáctica

#### 3.1. Presentación de la propuesta

La presente propuesta didáctica llamada “Catapultas en acción” se enmarca en una metodología activa como lo es el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPr) y el enfoque STEAM, la cual tiene como propósito mejorar la comprensión del movimiento parabólico y las fuerzas involucradas en este. Estos temas están asociados al bloque de la asignatura de Física de la mecánica clásica. Asimismo, se pretende aumentar la motivación hacia la física en estudiantes de grado décimo de un colegio en Bogotá, Colombia, los cuales se encuentran en una edad entre 15 y 16 años, lo que correspondería a primero de bachillerato en la educación española. Asimismo, se pretende superar las limitaciones que presenta la enseñanza tradicional al centrar el aprendizaje en la memorización y resolución mecánica de ejercicios sin considerar los factores afectivos de los estudiantes en cuanto al interés, la motivación y la curiosidad (Sengul, 2024). La unidad finalizará con la construcción de una catapulta dispersadora de semillas con un propósito ambiental, vinculada a contribuir al cumplimiento del ODS 13. El

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. proyecto se realizará durante un trimestre académico, el cual cuenta con 8 ciclos con 2 sesiones de clase cada uno, para un total de 16 y dos salidas pedagógicas adicionales que se realizarán. En consecuencia, esta promueve un aprendizaje significativo al enseñar una asignatura como lo es la física de una manera aplicada, vinculando su aprendizaje con una problemática real, la cual es la reforestación de zonas de difícil acceso. De la misma manera, se despierta el interés de los estudiantes con la integración de diferentes asignaturas para la resolución del problema, en la que, de manera grupal y mediante un trabajo cooperativo, los estudiantes asumirán roles reales como el ingeniero, el diseñador, el comunicador y el coordinador, los cuales serán asignados teniendo en cuenta sus capacidades y gustos. En cada grupo de trabajo, los estudiantes deberán diseñar, construir, probar, evaluar y mejorar su propio prototipo de catapulta que lance diferentes tipos de semillas que recorrerán una distancia de al menos 2 m horizontalmente, considerando que las masas de estas se encuentran entre 0.1 g y 20 g. A pesar de que el enfoque STEAM involucra el trabajo interdisciplinar de diferentes asignaturas, la propuesta hará énfasis en el aporte de la física en el desarrollo del proyecto y en el uso de los conocimientos adquiridos para la solución del problema. Por otro lado, al combinar STEM con ABPr, los estudiantes no solo tendrán un aprendizaje significativo, sino que fortalecerán algunas de las habilidades del siglo XXI, como lo son colaboración, comunicación, creatividad, pensamiento crítico y resolución de problemas (Ministerio de Educación Nacional Colombia, 2022). La metodología de trabajo para la propuesta fue adaptada combinando el modelo de Aula Planeta (2015), que presenta el desarrollo del ABPr en 10 etapas, y el ciclo STEAM, que incluye algunas nociones del Design Thinking de Poór & Vervliet (2021), garantizando un proceso reflexivo en el que los errores les permitirán construir su propio aprendizaje. En este sentido, para la ejecución del proyecto se definen unas fases adaptadas considerando la sugerencia de los autores mencionados anteriormente; estas etapas se presentan en la figura 5.

**Figura 5.** Etapas para usar en la propuesta didáctica combinando ABPr y STEAM.



Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. Cada una está diseñada con el fin de contribuir con el desarrollo del proyecto, pero de manera paralela que los estudiantes adquieran el conocimiento que necesitan. Iniciando con la identificación del problema a resolver; posterior a esto, una lluvia de ideas proveniente de una investigación exhaustiva sobre las posibles soluciones; etapa de diseño, en la cual se toma la decisión de cuál es la mejor solución y se hace un boceto, para continuar con la construcción del prototipo que posteriormente será probado y, en caso de presentar fallas, se hará una evaluación de funcionamiento para rediseñarlo y hacerle las mejoras pertinentes. Se finalizará con una etapa de presentación o comunicación de la solución, donde los estudiantes se convertirán en expertos de su prototipo y lo presentarán a modo Shark Tank.

En este sentido, la propuesta se llevará a cabo usando el modelo componente de proyecto del ABPr de acuerdo con la clasificación establecida por Morgan (1983). La cual considera que, de manera paralela, se tendrán unas sesiones de clase destinadas a la explicación de los contenidos de física en cada ciclo, mientras que en otras sesiones se aplican estos conocimientos en la elaboración del producto.

## 3.2. Contextualización de la propuesta

### 3.2.1. Contextualización legal

Esta propuesta está dirigida a estudiantes de grado décimo en el contexto de Colombia, que corresponde a primero de bachillerato en España, que cuenta con su sistema de legislación establecido, comenzando por la Ley Orgánica 2/2006 del 3 de mayo (LOE), la cual establece el marco general de la educación española para los niveles de preescolar a bachillerato. Sin embargo, esta fue actualizada en 2020, planteándose la Ley Orgánica 3/2020 del 29 de marzo (LOMLOE), priorizando la inclusión, la equidad y la calidad de la educación para toda la población. Asimismo, se encuentra el Real Decreto 217/2022 del 29 de diciembre, en el cual se definen los objetivos, las etapas, las competencias específicas y los saberes básicos correspondientes a cada asignatura en la educación secundaria y de bachillerato.

Por otro lado, este diseño se enmarca de acuerdo con la legislación de Colombia y los lineamientos establecidos por el Ministerio de Educación Nacional (MEN). En primer lugar, la ley general de educación (Ley 115 de 1994), en la que se establece que la educación tiene que contribuir al desarrollo integral de las personas, su capacidad de pensar críticamente y comprender el mundo natural, social y cultural (arts. 5 y 14), en los que se consideran los

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. niveles de la educación preescolar, básica y media. Además, fomenta la indagación, la creatividad y el uso de la ciencia y la tecnología para resolver problemas del entorno, lo cual va de la mano con los objetivos del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPr) y el enfoque STEAM. Por su parte, el Decreto 1860 de 1994, reglamentario de la Ley 115, expresa la obligación de organizar la enseñanza por proyectos pedagógicos, entendidos como estrategias globalizadoras que integran diferentes áreas en un currículo y promueven la participación del estudiante en la construcción del conocimiento.

En términos de atención a la diversidad y la equidad, el Decreto 1421 de 2017 reglamenta los derechos de las personas con discapacidad y define los lineamientos para una educación inclusiva, flexible y con ajustes razonables para permitir la participación y el aprendizaje de todos los estudiantes. Igualmente, se consideran los derechos básicos de aprendizaje establecidos por el MEN y los estándares básicos de competencias en ciencias naturales (MEN, 2004), los cuales direccionan la enseñanza hacia la comprensión de fenómenos naturales y tecnológicos desde la indagación, experimentación y solución de problemas del entorno.

### 3.2.2. Contextualización del centro educativo

Esta propuesta se llevará a cabo con estudiantes de grado décimo con edades comprendidas entre los 15 y los 16 años de una institución en Bogotá, la cual es de carácter privado, bilingüe y se ubica en la zona norte en un área campestre. Cuenta con aproximadamente 750 estudiantes y ofrece los niveles de preescolar, primaria y bachillerato. El colegio promueve un modelo basado en la indagación, ya que cuenta con tres programas de la organización del bachillerato internacional (IB) organizados de acuerdo con la edad del estudiante de la siguiente manera: Programa de años primarios: 3 a 12 años, programa de años intermedios: 11 a 16 años y programa del diploma: 16 a 19 años. A través de los programas del Bachillerato Internacional (IB), se brinda a los docentes la posibilidad de educar a jóvenes resilientes y motivados. Estos estudiantes desarrollan los conocimientos, habilidades y un sentido de propósito que son fundamentales para alcanzar el éxito en sus vidas y para contribuir a la construcción de un mundo mejor. De igual manera, el colegio cuenta con convenios con diferentes universidades para el uso de sus laboratorios de STEM. Las asignaturas comprendidas en el enfoque STEAM son impartidas en el idioma inglés, considerando la naturaleza bilingüe de la institución. En el área de ciencias naturales, el colegio cuenta con docentes especializados en cada asignatura (biología, química y física), así como con aulas

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. especializadas para cada una de ellas, junto con una sala maker que cuenta con dos impresoras 3D y herramienta de corte, donde los estudiantes desarrollan proyectos interdisciplinarios que integran el uso de la tecnología y robótica. Asimismo, el colegio promueve la sostenibilidad al llevar a cabo diferentes actividades institucionales encaminadas al trabajo con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

### 3.2.3. Contextualización del aula

La propuesta didáctica está diseñada para estudiantes de grado décimo que cursan la asignatura de Física, y están organizados en dos grupos: 10A, con un total de 24 estudiantes correspondientes a 12 niños y 12 niñas, y 10B, con 24 estudiantes, conformado por 13 niñas y 11 niños, incluyendo a un estudiante repitente. Los dos grupos son bastante diversos en temas de intereses y desempeño académico; sin embargo, tienen una actitud positiva hacia el aprendizaje y las actividades manuales, lo que evidencia la necesidad de implementar estrategias de diferenciación.

De acuerdo con su rendimiento académico en la asignatura de Física en trimestres anteriores, 10B cuenta con mayor cantidad de estudiantes en desempeño alto (8), seguido de 10 en medio y 6 con bajo; por otro lado, el grupo 10A tiene 6 estudiantes en desempeño alto, 11 con rendimiento medio y 8 en nivel bajo. Se ha evidenciado que el grupo 10B presenta más motivación en las clases de ciencias, junto con un dominio conceptual más sólido e interés por la tecnología, mientras que en 10A el interés está más enfocado en las actividades experimentales. Los estudiantes trabajarán en grupos heterogéneos de cuatro integrantes, intentando equilibrar los niveles de desempeño y los intereses de cada uno, así como manteniendo la igualdad de género en cada grupo. Esta organización considera las teorías de aprendizaje cooperativo y la tutoría entre pares (Johnson, Johnson & Holubec, 1999), donde la heterogeneidad en los grupos promueve la interacción positiva, la ayuda mutua y la responsabilidad compartida. Además, cada miembro tendrá un rol asignado (coordinador/a, ingeniero/a, diseñador/a, comunicador/a), lo que permite repartir el trabajo y mejorar las habilidades comunicativas, organizativas y de liderazgo (Gillies & Boyle, 2010). Retomando a Johnson, Johnson & Holubec (1999), la distribución de los grupos se hará de manera “estratificada”, la cual corresponde a una organización intencional decidida por el docente, en la que se garantiza que cada grupo cuente con estudiantes con características específicas; esto permite asegurar grupos equitativos en género y desempeño académico, donde se evidencia

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. la interdependencia positiva. En este caso es indispensable que cada grupo cuente con al menos un estudiante con desempeño bajo, otro con desempeño alto y que, en lo posible, se conformen por dos niñas y dos niños; no será posible la formación de grupos homogéneos en ningún aspecto. Considerando la distribución de las tareas, en la figura 6 se pueden observar los roles que asumirán los estudiantes y sus funciones específicas:

**Figura 6.** Roles de los estudiantes en el desarrollo del proyecto.



Fuente: Elaboración propia

Estos roles fueron diseñados teniendo en cuenta la naturaleza del enfoque STEAM y la elección de nombres atractivos para generar motivación en los estudiantes. A pesar de que cada estudiante lidera una etapa específica en la elaboración del proyecto, todos los integrantes contribuirán a la culminación de cada fase, ya que será el estudiante que lidera cada etapa quien se encargue de asignarles funciones específicas en cada momento del proyecto. Estos roles serán entregados a los estudiantes en una tarjeta que portarán de manera visible durante todas las clases (Anexo A).

Los estudiantes toman la clase de física 2 veces en un ciclo, durante 8 ciclos, para un total de 16 sesiones disponibles correspondientes a un trimestre académico. Durante la propuesta están contempladas dos salidas pedagógicas, una ambiental para explorar algunas zonas que requieren reforestación, pero que son de difícil acceso, y otra a los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de una universidad en Bogotá para testear las catapultas elaboradas por cada grupo. Por tanto, grado décimo (10A y 10B) se caracteriza por tener un entorno dinámico, con diversidad de estudiantes, pero viable para desarrollar actividades que promuevan el

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. desarrollo de la resolución de problemas, pensamiento crítico, creatividad y colaboración, mediante experiencias prácticas y teóricas que generen curiosidad y motivación en los estudiantes.

### 3.3. Elementos curriculares: objetivos didácticos, contenidos y competencias

#### 3.3.1. Objetivos

##### 3.3.1.1. Objetivo didáctico general

Desarrollar una comprensión significativa sobre los fenómenos asociados con el movimiento parabólico, estableciendo relaciones entre las fuerzas que actúan sobre los cuerpos y cómo estos se modelan matemáticamente, mediante el diseño y construcción de una catapulta con propósito ambiental vinculada al objetivo de desarrollo sostenible (ODS) 13, acción por el clima.

##### 3.3.1.2. Objetivos didácticos específicos

**OE1:** Predecir la relación entre dos variables cinemáticas mediante el planteamiento de hipótesis sustentadas científicamente.

**OE2:** Identificar los componentes horizontal y vertical del movimiento parabólico.

**OE3:** Resolver ejercicios tipo de cinemática y dinámica aplicando las ecuaciones de manera adecuada.

**OE4:** Usar modelos matemáticos para expresar el movimiento en dos dimensiones, haciendo uso de ecuaciones que permitan encontrar el tiempo de vuelo, el alcance y la altura máxima.

**OE5:** Construye diagramas de cuerpo libre que evidencien las fuerzas que influyen en el lanzamiento de un proyectil.

**OE6:** Analizar el efecto de la masa del objeto y el ángulo de lanzamiento en el alcance y altura máxima mediante la recolección de datos experimentales.

**OE7:** Comprobar de manera experimental las leyes de Newton y explicar su aplicación en diferentes contextos.

**OE8:** Determinar el impacto del aire en el movimiento de un proyectil.

**OE9:** Comprender el principio de conservación de la energía en diferentes escenarios.

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.

**OE10:** Evaluar la validez de una hipótesis mediante la recolección de datos experimentales, elaborando gráficas en las que se establezca la relación entre dos variables.

**OE11:** Construir una catapulta funcional y automatizada que permita dispersar semillas con masas entre 0.1 g y 20 g que alcancen al menos 1 m de altura y 2 m de distancia horizontal.

**OE12:** Explicar el principio de conservación de la energía mecánica en el funcionamiento de una catapulta.

**OE13:** Desarrollar habilidades del siglo XXI, como la colaboración, comunicación, creatividad, pensamiento crítico y resolución de problemas.

**OE14:** Generar conciencia ambiental mediante la elaboración de la catapulta con propósito ambiental, identificando acciones que mitiguen las consecuencias del cambio climático y siendo consecuente con la contribución con el ODS 13.

**OE15:** Presentar el prototipo resaltando las ventajas de la catapulta y el impacto que generaría en la reforestación de lugares de difícil acceso, incluyendo los costos del prototipo.

**OE16:** Identificar los errores del prototipo mediante pruebas adecuadas y realizar las correcciones pertinentes para cumplir con su funcionalidad.

### 3.3.2. Competencias

Mediante la aplicación de la unidad didáctica, se pretende desarrollar las competencias clave que se establecen en la LOMLOE; a continuación, se explica de qué manera serán evidentes:

**CC1: Competencia en comunicación lingüística (CCL):** A través de cada una de las sesiones, los estudiantes desarrollarán la competencia lingüística de diferentes maneras, ya que deberán leer las instrucciones dadas; también, el trabajo grupal requerirá del uso de un lenguaje claro y coherente para comunicarse con sus compañeros. De la misma manera, mediante la elaboración de informes y reportes escritos posteriores a las actividades prácticas realizadas, en los que se presenten las predicciones llevadas a cabo, los datos obtenidos y las posteriores conclusiones. Y, por último, en la presentación final, los estudiantes deberán exponer de manera oral, a modo Shark Tank, el prototipo realizado.

**CC2: Competencia plurilingüe (CP):** Considerando que el colegio en el que se implementará la propuesta es bilingüe y que la asignatura de Física es impartida en el idioma inglés, los

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. **estudiantes desarrollarán esta competencia al poderse comunicar con fluidez de manera oral y escrita en un segundo idioma.**

**CC3: Competencia matemática y en ciencia, tecnología e ingeniería (CMCTI):** Durante las clases, los estudiantes harán diferentes experimentos para comprobar la relación entre algunas variables cinemáticas, en los cuales establecerán hipótesis, obtendrán datos que analizarán mediante el uso de modelos matemáticos que les permitirán llegar al planteamiento de una conclusión en contextos reales. Igualmente, en la elaboración de la catapulta harán uso de la impresora 3D para la impresión de cada una de las piezas necesarias para su ensamble; del mismo modo, esta será automatizada mediante la integración de una placa de Arduino UNO y sus respectivos actuadores. Los conocimientos adquiridos en la clase de física sobre las leyes de Newton y los principios del movimiento permitirán definir las condiciones de diseño de la catapulta, considerando el ángulo de lanzamiento de acuerdo con la distancia y altura que se quieren alcanzar, lo que permite que los estudiantes transfieran el conocimiento a una situación aplicada.

**CC4: Competencia digital (CD):** A lo largo de la unidad se hará uso de diferentes simuladores, así como de herramientas digitales para investigar y de recursos multimedia para la explicación de los contenidos, haciendo uso de estos de manera crítica y responsable. En el diseño de la catapulta, se requiere del uso de Tinkercad para el modelado en 3D para elaborar las piezas de la catapulta, así como también se usará Arduino IDE para programar los sensores utilizados en el diseño y que funcionen de acuerdo con lo establecido. Se quiere llevar a los estudiantes a promover la alfabetización digital en cada una de las sesiones.

**CC5: Competencia ciudadana (CC):** La elaboración de la catapulta se vincula a la reforestación en zonas de difícil acceso, lo que se relaciona con el ODS 13, con lo que se pretende que los estudiantes reflexionen sobre el impacto ambiental de la ciencia y la tecnología. Asimismo, la construcción de la catapulta permite que las consecuencias del cambio climático se vean mitigadas, al reforestar con nuevas especies que capturan el CO<sub>2</sub> y mejoran la regulación climática, promoviendo el compromiso con la sostenibilidad.

**CC6: Competencia aprender a aprender (CAA):** Al inicio de la propuesta se realizará una evaluación diagnóstica que permitirá a los estudiantes reflexionar sobre lo que saben y lo que van a aprender del bloque de cinemática. De igual manera, el trabajo cooperativo con roles y funciones establecidas permite que los estudiantes trabajen de manera autónoma, gestionen

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. el tiempo y colaboren con otros para obtener los resultados esperados. En este sentido, en el ciclo del diseño del proyecto se cuenta con la etapa de pruebas y mejoras. En esta, los estudiantes reflexionarán sobre la eficacia de su prototipo y sobre lo que deben mejorar, por lo tanto; deben adaptarse a los cambios y generar un proceso metacognitivo.

**CC7: Competencia en conciencia y expresión culturales (CCEC):** Al trabajar en grupo, los estudiantes se enfrentarán a una variedad de perspectivas de una situación y deberán aprender a respetar las ideas y opiniones de los otros. De la misma manera, esta se ve reflejada en el componente artístico del enfoque STEAM, con la aplicación del arte y la estética en el diseño de la catapulta, así como el componente histórico que se trabajará desde la asignatura de ciencias sociales.

**CC8: Competencia emprendedora (CE):** Mediante la elaboración de la catapulta, los estudiantes desarrollarán al máximo su creatividad al diseñar un prototipo innovador y funcional. En este sentido, durante la fase de lluvia de ideas, cada estudiante propondrá soluciones originales y únicas para poder dar solución al problema planteado. Por otro lado, el trabajo en grupo implicará que se colaboren entre ellos para poder generar la mejor solución y diseñar la catapulta óptima, que cumpla con el objetivo, pero que así mismo genere los menores costos. Al finalizar la unidad, los estudiantes deberán presentar su propuesta a modo Shark Tank, donde deberán convertirse en los mejores vendedores y explicar por qué deberían comprar su producto.

### 3.3.3. Contenidos

Teniendo en cuenta que en la propuesta se usa el enfoque STEAM, el cual integra diferentes asignaturas, se presentarán los contenidos que cada una aporta para el desarrollo del proyecto. Sin embargo, las actividades estarán enfocadas en la asignatura de Física y la elaboración de la catapulta como producto final. Los contenidos son establecidos de acuerdo con los estándares básicos de competencias planteados por el Ministerio de Educación Nacional (2004):

**Física:** Tiro parabólico y trayectoria, componente horizontal y vertical del movimiento, tiempo de vuelo, altura máxima y alcance horizontal. Leyes de Newton en el movimiento, gráficas de movimiento, energía cinética y potencial.

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.

**Matemáticas:** trigonometría (componentes vectoriales, uso de triángulos para la solución de problemas usando seno, coseno y tangente), función cuadrática.

**Tecnología y diseño:** electrónica, microcontroladores (Arduino UNO), actuadores (servomotor), programación en Arduino IDE. Ciclo del diseño (boceto, construcción, prueba y mejora), palancas y torque, modelado e impresión 3D y herramientas de corte.

**Biología:** reproducción en plantas (sexual y asexual), las partes de la flor, dispersión de semillas, germinación, adaptación y fotosíntesis.

**Ciencias Sociales:** problemas ambientales (deforestación, cambio climático, erosión), responsabilidad ambiental, objetivos de desarrollo sostenible (ODS), la historia de la catapulta y su evolución.

**Artes:** análisis de formas, colores y proporciones, uso de materiales, estética, biomímesis, diseño y bocetado.

Todos los elementos de la unidad didáctica: competencias, contenidos, criterios de evaluación y los objetivos didácticos planteados anteriormente, se presentan en la tabla 3. Como se mencionó anteriormente, la propuesta usará el modelo componente de proyecto del ABPr de acuerdo con la clasificación de Morgan (1983). En la que cada asignatura explica los contenidos propios de manera aislada, pero se tendrán otras sesiones en las que se trabajará de manera integrada aplicando esos conocimientos para la elaboración del proyecto. En la siguiente tabla se incluyen los objetivos relacionados con los contenidos trabajados en física y los relacionados con la elaboración del prototipo.

**Tabla 3.** Relación entre los objetivos didácticos, las competencias básicas, los criterios de evaluación y los contenidos.

Objetivos didácticos	Contenidos	Estándares básicos de competencias (MEN, 2004)	Criterios de evaluación
OE1, OE2, OE3, OE4, OE6, OE10	<b>CINEMÁTICA</b> Movimiento parabólico: Componentes horizontal y vertical, ecuaciones de movimiento, gráficas, influencia del ángulo de lanzamiento.	CE1: Verifica relaciones entre distancia, velocidad y fuerza en diversos tipos de movimiento.  CE2: Modela matemáticamente el movimiento de objetos cotidianos a partir de las fuerzas que actúan sobre ellos.	EA1: Describir el movimiento de un cuerpo en gráficos que relacionan el desplazamiento, la velocidad y la aceleración en función del tiempo.  EA2: Predecir el movimiento de un cuerpo a partir de las expresiones matemáticas con las que se relaciona.  EA3: Comprobar experimentalmente la relación entre el ángulo de lanzamiento y la altura y distancia máxima alcanzada.

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.

Objetivos didácticos	Contenidos	Estándares básicos de competencias (MEN, 2004)	Criterios de evaluación
OE3, OE5, OE7, OE8, OE10	<b>DINÁMICA</b> Fuerzas en el tiro parabólico, diagrama de cuerpo libre, relación entre fuerza, masa y aceleración.	CE3: Relaciona el estado de reposo o movimiento de un objeto con las fuerzas aplicadas sobre este.  CE4: Describe fuerzas en máquinas simples.  CE5: Relaciona energía y movimiento.	EA3: Estimar, a partir de las expresiones matemáticas, los cambios de velocidad que experimenta un cuerpo a partir de la relación entre fuerza y masa.  EA4: Identificar, en diferentes situaciones de interacción entre cuerpos, la fuerza de acción y la de reacción e indicar sus valores y direcciones.  EA5: Identificar las formas de energía mecánica que tienen lugar en diferentes puntos del movimiento en un sistema mecánico.
OE9, OE12	<b>ENERGÍA</b> Conservación de la energía mecánica, energía cinética y potencial y transformación de la energía.	CE6: Establece relaciones entre las diferentes fuerzas que actúan sobre los cuerpos en reposo o en movimiento y las condiciones para conservar la energía mecánica.	EA6: Aplicar el principio de conservación de la energía al analizar el funcionamiento de la catapulta.
OE11, OE12, OE13, OE14, OE15, OE16	<b>ELABORACIÓN DE PROTOTIPO</b>	CE7: Diseña un producto tecnológico usando principios de la mecánica clásica que contribuya a la mitigación de las consecuencias del cambio climático.	EA7: Diseñar y evaluar un prototipo funcional de una catapulta que permita reforestar zonas de difícil acceso.  EA8: Comunicar los resultados del proyecto de manera argumentada y coherente.  EA9: Explicar por qué la catapulta elaborada contribuye a la mitigación

Fuente: Elaboración propia

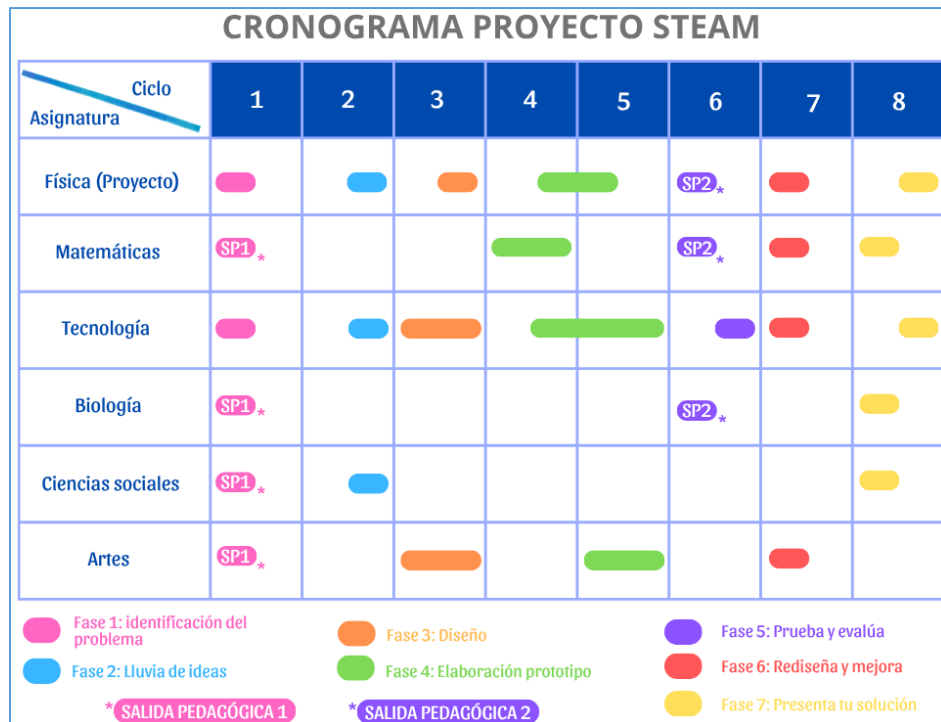
### 3.4. Cronograma y secuenciación de actividades

#### 3.4.1. Cronograma

Considerando que la propuesta se basa en el enfoque STEAM, en el que diferentes asignaturas se ven involucradas, se presentará un diagrama de Gantt (figura 7) en el que se establecen las fases del proyecto y el momento en que cada asignatura aportará a la elaboración de este. Sin embargo, es necesario aclarar que no todas las sesiones de clase de cada materia serán exclusivamente para el desarrollo del proyecto.

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.

**Figura 7. Cronograma proyecto interdisciplinar STEAM. Catapultas.**



Fuente: Elaboración propia

Durante estas sesiones se enseñarán los contenidos de movimiento parabólico que son necesarios para poner en práctica en la elaboración de la catapulta. Sin embargo, al considerar el modelo componente de proyecto del ABPr según la clasificación de Morgan (1983), se trabaja de manera paralela el desarrollo de los contenidos y, a medida que se aprenden, estos son aplicados en la propuesta. Por lo tanto, en la tabla 4 se presenta la organización de los temas que serán estudiados mediante el uso de diferentes recursos en la asignatura de Física.

**Tabla 4. Temporalización de las sesiones de la unidad didáctica en Física.**

Ciclo	Sesión	Contenidos	Actividades	Objetivos didácticos
1	1	Introducción	Test diagnóstico (20 min) Organización de grupos (10 min) Presentación del problema (5 min) Identificación del problema (20 min)	OE13, OE14
	2	Movimiento parabólico (cinemática)	Variables cinemáticas, movimiento rectilíneo, MRU y MRUA, repaso con Tracker y gráficas (25 min). Introducción al movimiento parabólico (25 min) Rutina de pensamiento (5 min)	OE1, OE10
2	3		Ecuaciones de movimiento parabólico y componentes horizontal y vertical; explicación (25 min) Práctica de descomposición de vectores (15 min) Ejercicios guiados (15 min)	OE2, OE3, OE4
	4	Fase 2 Proyecto (Lluvia de ideas)	Recordar el problema (5 min) Investigando el impacto del ángulo de lanzamiento: "Simulación PhET movimiento proyectil" (40 min) Padlet colaborativo y discusión grupal (10 min)	OE1, OE6, OE10

Ciclo	Sesión	Contenidos	Actividades	Objetivos didácticos
3	5	Movimiento parabólico (cinemática)	Solución de ejercicios tipo (35 min) Diseño de ejercicios (10 min) Intercambio de ejercicios (10 min)	OE3, OE4
	6	Fase 3 Proyecto (Diseño)	Diseño del boceto, materiales, medidas, costos, variables (55 min)	OE6, OE13
4	7	Movimiento parabólico (cinemática)	Kahoot y retroalimentación (15 min) Actividad Detectives (30 min) Rutina de pensamiento semáforo (10 min)	OE3, OE4
	8	Fase 4 Proyecto (Prototipado)	Elaboración de la catapulta, análisis de los materiales y las dimensiones del prototipo, identificación de variables y programación de los valores, registro en el diario de trabajo (110 min)	OE11, OE13
5	9	Movimiento parabólico (dinámica)	Predicción de fuerzas (5 min) Fuerzas simulador PhET (25 min) Plano inclinado (25 min)	OE5
	10	Fase 6 Proyecto (Pruebas y evaluación)	Pruebas, evaluación, comparación de datos teóricos y experimentales, identificación de errores, discusión grupal (55 min)	OE13, OE16
6	11	Movimiento parabólico (dinámica)	Leyes de Newton estaciones (40 min) Física en las caricaturas (15 min)	OE3, OE7, OE10
	12	Fase 7 (Rediseño)	Cálculos del ángulo óptimo, rediseño en el prototipo, costos (55 min)	OE6, OE16
7	13	Movimiento parabólico (dinámica)	Simulación PhET “Movimiento de un proyectil” incluyendo resistencia al aire (20 min) Escape room (25 min) Identificación de las leyes de Newton en la catapulta (10 min)	OE3, OE8
	14	Energía	Blooket conocimientos previos (10 min) Ecuaciones de energía cinética y potencial (10 min) Pista de carros (25 min) Energía en la catapulta (10 min)	OE9, OE12
8	15	Fase 8 Proyecto (Presentación)	Elaboración de póster (30 min) Presentación Shark Tank (5 min) Demostración (5 min) Reflexión (15 min)	OE14, OE15
	16			

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2. Secuenciación de actividades

A continuación, se presenta de manera detallada en las tablas 5 a 19 el desarrollo de cada una de las sesiones correspondientes a la clase de física. En estas se puede encontrar la explicación detallada de las actividades, las competencias con las que se relaciona, los contenidos que se trabajan, la evaluación, los objetivos y los recursos necesarios. Como conocimientos previos, los estudiantes ya han visto en cursos anteriores el movimiento rectilíneo sin y con aceleración, las causas del movimiento y las leyes de Newton de manera general. Es importante recordar que la unidad didáctica toma como base la metodología del ABPr y el enfoque STEAM, en el cual se ven involucradas diferentes asignaturas. Durante las sesiones de la unidad dedicadas al desarrollo del proyecto STEAM, se aclarará lo que se avanzó en las

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. demás asignaturas, pero acá se hará énfasis en las clases de física. Como se mencionó anteriormente, los grupos para el proyecto serán de 4 estudiantes y se hará de manera “estratificada”, dispuesta intencionalmente por el docente para garantizar que cada grupo esté organizado equitativamente en género y en desempeño académico con el fin de promover la interacción positiva, la ayuda mutua y la responsabilidad compartida (Johnson, Johnson & Holubec, 1999).

**Tabla 5. Sesión 1. Introducción al problema y diagnóstico.**

<b>Ciclo:</b> 1	<b>Sesión:</b> 1	<b>Duración:</b> 55 min	<b>Tipo de sesión:</b> Disciplinar física e interdisciplinar STEAM fase 1 (Identificación del problema)
<b>Objetivos:</b> OE13, OE14		<b>Competencias:</b> CE1, CC2, CC5, CC6	<b>Recursos:</b> exámenes, proyector, computador docente, bitácora, tarjetas roles, vídeo, iPads.
<b>Agrupamiento:</b> Individual y grupos heterogéneos de 4 estudiantes		<b>Espacios:</b> Salón de clase	<b>Contenidos:</b> Introducción
<b>Trabajo en otras asignaturas:</b> En las asignaturas de matemáticas, biología y ciencias sociales, los estudiantes realizan una salida al parque natural Chicaque con el fin de analizar algunas zonas que requieren ser reforestadas y que no cuentan con fácil acceso. Realizarán una entrevista a los guías del parque e identificarán los factores y las condiciones que intervienen en la reforestación; allí observarán un <a href="#">vídeo</a> acerca del ODS 13 “acción por el clima” y sus metas. La salida será posterior a la clase de física. En tecnología y artes identificarán cómo artefactos tecnológicos contribuyen al desarrollo de la sociedad y pueden ser usados para contribuir a la solución de problemas ambientales.			
<b>Desarrollo de la clase:</b> Con el fin de conocer los conocimientos previos que traen los estudiantes sobre cinemática y dinámica, se realizará una prueba diagnóstica (Anexo B) de manera individual con preguntas de opción múltiple que permitirá identificar esos preconceptos que prevalecen en ellos (20 min). Al finalizar, se realizará la organización de los grupos para todo el trimestre, los cuales serán organizados previamente por el docente, considerando que cada uno se mantenga equitativo en género y en nivel académico. Se dispondrán los puestos en grupos y se entregarán las tarjetas con los roles (Anexo A) a cada grupo para ser distribuidos (10 min). Con los grupos ya consolidados, se hace entrega de la guía fase 1 (Anexo C). Se proyecta el siguiente <a href="#">vídeo</a> (5 min) y responden las siguientes preguntas: 1) ¿Para ti cuál es la importancia de la reforestación?, 2) ¿Qué estrategias se te ocurren para reforestar zonas cercanas a tu casa o colegio?, 3) ¿Cómo podríamos reforestar zonas de difícil acceso con materiales asequibles?, 4) ¿Qué producto vas a realizar?, 5) ¿Qué condiciones debe cumplir?, 6) ¿Cuál es el ODS al que se vincula el proyecto a realizar?, 7) ¿Qué se quiere lograr con este objetivo?, 8) ¿Cómo tu proyecto contribuye a este ODS?, 9) ¿Cuál es el problema que vas a resolver al realizar este proyecto? y 10) Escribe el problema en forma de pregunta. Los estudiantes trabajarán en parejas dentro del grupo; el comunicador y el coordinador llevan a cabo su labor de manera conjunta dando respuesta a las preguntas 1, 2, 3, 4 y 5, y el ingeniero y el diseñador a las 6, 7, 8, 9 y 10 (10 min). Posterior a esto tendrán 5 minutos para que en grupo socialicen sus respuestas y todos los roles tengan toda la información sobre todas las preguntas, ya que el docente pedirá a un participante de cada grupo que responda una de las preguntas resueltas de manera aleatoria, con el fin de garantizar que todos conozcan con claridad el problema. Se finaliza con 5 minutos para completar el formato de reflexión en sus bitácoras (Anexo D).			
<b>Atención a la diversidad:</b> Los grupos serán organizados de manera heterogénea, lo que favorecerá la igualdad de género y también la tutoría entre pares y esa colaboración entre los estudiantes con más habilidades académicas y los que requieren más ayuda. Se usan recursos audiovisuales contemplando los diferentes estilos de aprendizaje.			
<b>Criterios de evaluación:</b> EA1, EA2		<b>Instrumentos de evaluación:</b> Prueba diagnóstica (Anexo B), guía fase 1 (Anexo C), observación, formato de reflexión (Anexo D)	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6. Sesión 2. Variables cinemáticas y movimiento parabólico.**

<b>Ciclo:</b> 1	<b>Sesión:</b> 2	<b>Duración:</b> 55 min	<b>Tipo de sesión:</b> Disciplinar física
<b>Objetivos:</b> OE1, OE10		<b>Competencias:</b> CE1, CE2, CC2, CC3, CC4	<b>Recursos:</b> Computador docente y estudiantes, proyector, software Tracker, guías estudiantes, cuadernos, celular.

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.

<b>Agrupamiento:</b> Parejas heterogéneas en desempeño	<b>Espacios:</b> Salón de clase	<b>Contenidos:</b> Variables cinemáticas, MRU, MRUA y movimiento parabólico.
<p><b>Desarrollo de la clase:</b> Con el fin de recordar algunas variables cinemáticas (posición, desplazamiento, velocidad, aceleración, rapidez y tiempo), así como el MRU y MRUA, los estudiantes graban un vídeo lanzando un objeto. Usando el software <a href="#">Tracker</a>, obtendrán gráficas de x-t, x-t y a-t, y dibujarán en sus cuadernos y explicarán la relación entre las variables y las clasificarán entre magnitudes escalares y vectoriales. Se interpretará el significado de obtener una línea recta y una curva; se finaliza con “un check” de conocimiento (Anexo E) al darles una gráfica v-t y pedirles que identifiquen el tipo de movimiento en cada tramo y la aceleración correspondiente (25 min). Posterior a esto, de manera expositiva, el docente explicará el movimiento parabólico. Se inicia preguntando: ¿Qué variables influyen en el movimiento parabólico? ¿Y cómo creen que se modela un movimiento en dos dimensiones? Para la explicación se hará uso del simulador PhET “<a href="#">Movimiento de un proyectil</a>”; se selecciona la parte de vectores y el docente irá haciendo preguntas a los estudiantes: ¿En qué parte identifican el MRU? ¿Creen que el MRUA está presente? Se lanza un proyectil, se incluyen los vectores para velocidad y los estudiantes los dibujan en sus cuadernos en diferentes puntos del movimiento parabólico; el docente explica sus características (25 min). Para finalizar la sesión, los estudiantes harán una tabla con dos cuadrantes; en uno escribirán “Antes pensaba” con respecto al movimiento parabólico, y en el otro “Ahora pienso”, en la que se podrá ver ese cambio de pensamiento que tuvieron después de la clase (5 min).</p>		
<p><b>Atención a la diversidad:</b> Se organizarán las parejas con los resultados de la evaluación diagnóstica: un estudiante de buen resultado y uno de bajo, con el fin de fortalecer habilidades. Así mismo, en caso de ser necesario, al estudiante con bajo resultado se le dará una hoja de fórmulas y análisis de gráficas.</p>		
<b>Criterios de evaluación:</b> EA1, EA2	<b>Instrumentos de evaluación:</b> Rúbrica para análisis de gráficas (Anexo F)	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7. Sesión 3. Ecuaciones del movimiento parabólico.**

<b>Ciclo:</b> 2	<b>Sesión:</b> 3	<b>Duración:</b> 55 min	<b>Tipo de sesión:</b> Disciplinar física
<b>Objetivos:</b> OE2, OE3, OE4	<b>Competencias:</b> CE1, CE2, CC2, CC3	<b>Recursos:</b> Cuaderno, computador docente, tablero y marcadores, ejercicios, hojas milimetradas, calculadora.	
<b>Agrupamiento:</b> Trabajo en parejas e individual	<b>Espacios:</b> Salón de clase	<b>Contenidos:</b> Ecuaciones movimiento parabólico, componente horizontal y vertical.	
<p><b>Desarrollo de la clase:</b> Para recordar el tema de la clase anterior y activar conocimientos, se proyectará el siguiente <a href="#">vídeo</a>, y cada estudiante escribirá en el tablero un ejemplo de movimiento parabólico en su diario vivir. Posterior a esto, el docente escribe las ecuaciones útiles en este tipo de movimiento, combinando las que se conocían previamente del MRU y MRUA. Haciendo uso de trigonometría (aprendida en matemáticas), se explica a los estudiantes cómo obtener las componentes horizontal y vertical de la velocidad y así mismo la altura máxima, el alcance y el tiempo de vuelo. El docente resuelve algunos ejemplos (25 min). Para practicar la descomposición de vectores, los estudiantes se organizan en parejas y realizarán un Quizlet, en el que deberán encontrar las componentes horizontal y vertical haciendo uso de triángulos (15 min). Para finalizar la sesión y hacer uso de las fórmulas, el docente entrega una guía a cada pareja (Anexo G), en la que se incluyen ejercicios de movimiento parabólico (encontrar altura, alcance y tiempo), los cuales resolverán en sus cuadernos; la guía incluye un paso a paso y algunos ejemplos (15 min).</p>			
<p><b>Atención a la diversidad:</b> Se continuará con las parejas organizadas la sesión anterior.</p>			
<b>Criterios de evaluación:</b> EA1, EA2	<b>Instrumentos de evaluación:</b> Observación directa		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8. Sesión 4. Proyecto STEAM fase 2 lluvia de ideas.**

<b>Ciclo:</b> 2	<b>Sesión:</b> 4	<b>Duración:</b> 55 min	<b>Tipo de sesión:</b> Interdisciplinar, fase 2 (Lluvia de ideas) STEAM
<b>Objetivos:</b> OE1, OE6, OE10	<b>Competencias:</b> CC1, CC2, CC4, CC5	<b>Recursos:</b> iPads o computadores, guía fase 2, bitácora, calculadora.	
<b>Agrupamiento:</b> Grupos heterogéneos de 4 estudiantes	<b>Espacios:</b> Salón de clase, sala de computo	<b>Contenidos:</b> Ángulo de lanzamiento y su impacto	
<p><b>Trabajo en otras asignaturas:</b> En ciencias sociales, los estudiantes investigarán acerca de zonas de difícil acceso que requieren ser reforestadas, el impacto de la reforestación en una población. La historia de las catapultas: los primeros diseños y sus usos. Y en tecnología estudiarán el funcionamiento de una catapulta, las características que debe tener, los mejores materiales para su construcción y cómo modelar en 3D.</p>			

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.

<b>Desarrollo de la clase:</b> Para recordar el problema, el docente pregunta a algunos grupos qué producto es el que van a realizar, qué quieren solucionar con eso, el ODS al que se contribuye; les pide que se pongan sus tarjetas de roles de manera visible y finaliza preguntando: “¿Cómo creen que el ángulo de lanzamiento influye en la distancia que alcanza la semilla?” (5 min). Se entrega la guía fase 2 (Anexo H). En esta guía, usarán el simulador de PhET “ <a href="#">movimiento proyectil</a> ” para formular hipótesis y descubrir el ángulo ideal que necesitan para cumplir con los requisitos mínimos del problema. Tomarán datos con el simulador cambiando el ángulo y en una tabla registrarán la altura máxima, alcance y tiempo de vuelo. Realizarán gráficas que sustenten la elección. Trabajarán por roles; nuevamente el comunicador y el coordinador trabajarán juntos y, haciendo uso de iPads, investigarán y responderán las preguntas 1, 2 y 3, mientras el ingeniero y el diseñador lo harán con las 4, 5 y 6 (40 min). Al finalizar, contarán con 10 minutos para compartir los hallazgos a todos los miembros del grupo y plantear una conclusión en un Padlet colaborativo de todos los grupos.	
<b>Criterios de evaluación:</b> EA3	<b>Instrumentos de evaluación:</b> Guía fase 2 (Anexo H), observación directa, formato de reflexión (Anexo D)

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 9. Sesión 5. Aplicando las ecuaciones para la solución de ejercicios.**

<b>Ciclo:</b> 3	<b>Sesión:</b> 5	<b>Duración:</b> 55 min	<b>Tipo de sesión:</b> Disciplinar física
<b>Objetivos:</b> OE3, OE4		<b>Competencias:</b> CE2, CC1, CC3	<b>Recursos:</b> Ejercicios para citas rápidas, cuadernos, tablero.
<b>Agrupamiento:</b> Individual y parejas		<b>Espacios:</b> Salón de clase	<b>Contenidos:</b> Ejercicios movimiento parabólico
<b>Desarrollo de la clase:</b> Se inicia recordando las ecuaciones estudiadas, la descomposición del movimiento en dos dimensiones y se resuelve un ejemplo. Posterior a esto, el salón se organiza de a parejas, y se dice a los estudiantes que cada 5 minutos sonará una alarma y deberán rotar a la izquierda, ya que cambiarán de pareja y tendrán una nueva cita. En cada cita deberán resolver un ejercicio usando las fórmulas de movimiento parabólico; el docente cada 5 minutos escribirá en el tablero el ejercicio a resolver. Cada uno lo hará en su cuaderno (35 min). Pasadas 6 citas, con la 7ª los estudiantes diseñarán dos ejercicios en los que se plantee un contexto, se deba hacer uso de las fórmulas y se calcule alcance, altura, movimiento o ángulo (10 min). Al finalizar la 8ª cita, se intercambiarán estos ejercicios y se resolverán (10 min).			
<b>Atención a la diversidad:</b> Los estudiantes tendrán diferentes parejas que servirán como tutores en la guía de ejercicios; el docente estará pasando de manera activa por cada pareja para resolver dudas.			
<b>Criterios de evaluación:</b> EA2		<b>Instrumentos de evaluación:</b> solución de ejercicios en el cuaderno	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10. Sesión 6. Proyecto STEAM fase 3 diseño.**

<b>Ciclo:</b> 3	<b>Sesión:</b> 6	<b>Duración:</b> 55 min	<b>Tipo de sesión:</b> Interdisciplinar, fase 3 (Diseño) STEAM
<b>Objetivos:</b> OE6, OE13		<b>Competencias:</b> CE7, CC3, CC4, CC7	<b>Recursos:</b> guía fase 3, bitácora, computador, Tinkercad online, calculadora.
<b>Agrupamiento:</b> Grupos heterogéneos de 4 estudiantes		<b>Espacios:</b> Sala maker	<b>Contenidos:</b> Diseño prototipo
<b>Trabajo en otras asignaturas:</b> Durante las clases de tecnología y artes, los estudiantes usarán <a href="#">Tinkercad</a> para realizar el boceto de su diseño, tendrán en cuenta la parte estética del mismo y estudiarán acerca de diferentes tipos de materiales para elegir los que cumplan con sus expectativas. Así mismo, en el mismo software realizarán el circuito correspondiente a la automatización de la catapulta, usando Arduino, los sensores que consideren adecuados y los motores.			
<b>Desarrollo de la clase:</b> El docente entrega la guía de la fase 3 (Anexo I) a cada grupo. En esta deberán realizar el diseño del boceto de su catapulta, incluyendo los materiales, las medidas, los costos y los valores del alcance y la altura máxima que esperan que se logre obtener. En esta ocasión trabajarán de acuerdo con su rol de la siguiente manera: Ingeniero: Encargado de realizar los cálculos de alcance y altura máxima de acuerdo con el ángulo. Comunicador: Se encarga de sacar la lista de materiales especificando la función de cada uno. Diseñador: Diseña el boceto de acuerdo con las opiniones de todos los miembros. Coordinador: En conjunto con el comunicador, sacará los costos de la catapulta. (45 min) Posterior a esto, cada estudiante completará su formato de reflexión (Anexo D).			
<b>Criterios de evaluación:</b> EA7		<b>Instrumentos de evaluación:</b> Guía fase 3 (Anexo I), observación directa, formato de reflexión (Anexo D)	

Fuente: Elaboración propia

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.

**Tabla 11. Sesión 7. Actividades de estudio del movimiento parabólico.**

<b>Ciclo:</b> 4	<b>Sesión:</b> 7	<b>Duración:</b> 55 min	<b>Tipo de sesión:</b> Disciplinar física
<b>Objetivos:</b> OE3, OE4	<b>Competencias:</b> CE2, CC2, CC3, CC6	<b>Recursos:</b> Computadores o iPads, hojas con la actividad, cuadernos, proyector, computador docente, calculadora.	
<b>Agrupamiento:</b> Individual	<b>Espacios:</b> Salón de clase	<b>Contenidos:</b> Movimiento parabólico ejercicios	
<b>Desarrollo de la clase:</b> Para recordar el tema trabajado en clases anteriores, se hará un Kahoot en el que se incluirán preguntas teóricas y numéricas acerca del movimiento parabólico; este se hará de forma individual (10 min). Al finalizar, el docente hace una retroalimentación exprés y aclara dudas (5 min). Para continuar, se entrega a cada estudiante una guía en la que deben tomar el rol de detectives (Anexo J) y encontrar en cada situación desde qué distancia se lanzó el balón, o con qué ángulo o la altura máxima, entre otros tipos de ejercicios. El contexto de los ejercicios es un partido de futbol y se debe encontrar por qué ganó ese equipo (30 min). El docente monitorea constantemente el trabajo que realizan los estudiantes y les ayuda resolviendo dudas. Para finalizar, se hará una rutina de pensamiento, en la que cada estudiante dibujará en su cuaderno un semáforo; en el color verde escribirán todos los conceptos o temas de la unidad que entiende totalmente, en el amarillo los que debe practicar más y en el rojo lo que aún no entiende (10 min).			
<b>Atención a la diversidad:</b> Se usan diferentes actividades atendiendo a los estilos de aprendizaje; así mismo, los estudiantes con mayor dificultad usan una tarjeta con ejemplos del despeje de fórmulas y pistas.			
<b>Criterios de evaluación:</b> EA2	<b>Instrumentos de evaluación:</b> Actividad detectives (Anexo J), Kahoot.		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12. Sesiones 8 y 9. Proyecto STEAM fase 4 elaboración del prototipo.**

<b>Ciclo:</b> 4 y 5	<b>Sesión:</b> 8 y 9	<b>Duración:</b> 110 min	<b>Tipo de sesión:</b> Interdisciplinar, fase 4 (Prototipado) STEAM
<b>Objetivos:</b> OE11, OE13	<b>Competencias:</b> CE7, CC3, CC4, CC7	<b>Recursos:</b> Materiales sala maker, herramientas, impresora 3D, computador, bitácora.	
<b>Agrupamiento:</b> Grupos heterogéneos de 4 estudiantes	<b>Espacios:</b> Sala maker	<b>Contenidos:</b> Elaboración del prototipo	
<b>Trabajo en otras asignaturas:</b> Cada grupo elaborará el prototipo de catapulta considerando los materiales más adecuados y optimizando su gasto. Así mismo, las dimensiones establecidas, los costos y que se cumpla con los requisitos dados. En este sentido, realizarán los códigos de programación del Arduino y sus conexiones. Algunos grupos podrán optar por el uso de la impresora 3D para obtener algunas piezas de su catapulta. Esto se hará durante las clases de matemáticas, tecnología y artes, considerando que el prototipo sea funcional, optimice materiales, pero que sea estéticamente agradable.			
<b>Desarrollo de la clase:</b> Los estudiantes trabajan en la elaboración de la catapulta, recordando los roles y las funciones que desempeñaron en la sesión 6 (fase 3). Se realizará toda la construcción considerando los cálculos realizados en la fase 3; se desempeñarán cada una de las funciones establecidas en las tarjetas que incluyen los roles (Anexo A). Trabajarán de la siguiente manera: Ingeniero y comunicador: circuitos entre los sensores, la placa de Arduino y la protoboard, así como la programación correspondiente. Diseñador y coordinador: ensamblar las piezas y, en caso de requerirse, realizará el modelo para imprimir en 3D. Optimizar material y garantizar el cumplimiento de las medidas y costos establecidos. Se finaliza con el formato de reflexión (Anexo D) en sus bitácoras (110 min).			
<b>Criterios de evaluación:</b> EA7	<b>Instrumentos de evaluación:</b> Lista de chequeo fase 4 (Anexo K), formato de reflexión (Anexo D) y observación directa.		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13. Sesión 10. Fuerzas y diagramas de cuerpo libre.**

<b>Ciclo:</b> 5	<b>Sesión:</b> 10	<b>Duración:</b> 55 min	<b>Tipo de sesión:</b> Disciplinar física
<b>Objetivos:</b> OE5	<b>Competencias:</b> CE3, CC3, CC4	<b>Recursos:</b> Proyector, computador docente, iPads, planos inclinados, carros, vídeo, cuaderno, simulador.	
<b>Agrupamiento:</b> Individual, parejas y grupos	<b>Espacios:</b> Salón de clase	<b>Contenidos:</b> Fuerzas y movimiento, diagramas de cuerpo libre.	
<b>Desarrollo de la clase:</b> Para iniciar la sesión, el docente muestra un <a href="#">vídeo</a> de un niño empujando un carro y les pide a los estudiantes que identifiquen las fuerzas que actúan en este movimiento. Cada estudiante lo hace de manera individual en sus cuadernos. De acuerdo con los resultados, el docente organizará parejas			

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.

heterogéneas que permitan la tutoría entre pares (5 min). Posterior a esto y relacionándolo con la descomposición de vectores en el movimiento parabólico, el docente explicará cómo hacer diagramas de cuerpo libre en diferentes situaciones: el lanzamiento de un balón de fútbol, empujar una caja, halar una cuerda, entre otros. Cada pareja tendrá un iPad y, haciendo uso del simulador PhET “Fuerzas y movimiento”, representarán diferentes situaciones, con diferentes objetos, en las cuales identificarán las fuerzas presentes mediante un diagrama de cuerpo libre y calcularán la fuerza neta, la cual compararán con los valores dados por el simulador (25 min). Para finalizar, el docente llevará unos montajes de plano inclinado al salón, en los cuales, en grupos de 4 estudiantes, lanzarán diferentes carros y a cada uno le harán el diagrama de cuerpo libre correspondiente y el cálculo de la fuerza neta. Como cierre, plantearán una conclusión que relacione el movimiento y las fuerzas que lo producen aplicando descomposición de vectores (25 min).	
<b>Atención a la diversidad:</b> Considerando los diferentes estilos de aprendizaje, se usan elementos audiovisuales para la clase y kinestésicos; así mismo, las parejas y grupos son organizados intencionalmente con el fin de que los estudiantes con mejor comprensión del tema ayuden a los que presentan dificultad.	
<b>Criterios de evaluación:</b> EA4	<b>Instrumentos de evaluación:</b> Diagramas cuerpo libre simulador, ejercicios en el plano inclinado.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14. Sesión 11. Proyecto STEAM fase 5 pruebas y evaluación.**

<b>Ciclo:</b> 6	<b>Sesión:</b> 11	<b>Duración:</b> 55 min	<b>Tipo de sesión:</b> Interdisciplinar, fase 5 (Pruebas y evaluación) STEAM
<b>Objetivos:</b> OE13, OE16	<b>Competencias:</b> CE7, CC1, CC3, CC4, CC6	<b>Recursos:</b> Laboratorios Universidad aliada, guía fase 5 (Anexo L), catapultas construidas.	
<b>Agrupamiento:</b> Grupos heterogéneos de 4 estudiantes	<b>Espacios:</b> Laboratorios STEM de Universidad aliada	<b>Contenidos:</b> Pruebas y evaluación prototipo	
<b>Trabajo en otras asignaturas:</b> Durante matemáticas, tecnología y biología (y física), los estudiantes asistirán a los laboratorios STEM de una universidad aliada, en los que podrán poner a prueba sus catapultas y realizar diferentes mediciones para corroborar el funcionamiento de la catapulta. Contarán con la asesoría de ingenieros, quienes los asesorarán con sus códigos, sus conexiones eléctricas y el diseño de la catapulta. Así mismo, algunos profesionales ambientales que los asesorarán en la dispersión de semillas y la reforestación.			
<b>Desarrollo de la clase:</b> Los estudiantes llevarán a cabo una jornada en una universidad aliada del colegio, en la que realizarán pruebas a su catapulta para poder realizar la evaluación correspondiente. Realizarán cálculos usando las ecuaciones de movimiento parabólico considerando el ángulo de lanzamiento para encontrar el alcance, la altura máxima y el tiempo de vuelo, datos que serán comparados con los valores experimentales obtenidos mediante el uso de dispositivos tecnológicos (sensores) de la Universidad. Deberán identificar los posibles errores o fallas en su prototipo para posteriormente realizar esas mejoras. Tendrán una guía de la fase 5 (Anexo L), en la cual, de manera guiada, encontrarán si el dispositivo cumple su función y, en caso de no ser así, cómo podrían mejorarlo. Se tendrá una lista de chequeo con los requisitos del producto (55 min).			
<b>Criterios de evaluación:</b> EA7, EA9	<b>Instrumentos de evaluación:</b> Guía fase 5 (Anexo L), formato de reflexión (Anexo D) y observación directa.		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 15. Sesión 12. Leyes de Newton.**

<b>Ciclo:</b> 6	<b>Sesión:</b> 12	<b>Duración:</b> 55 min	<b>Tipo de sesión:</b> Disciplinar física
<b>Objetivos:</b> OE3, OE7, OE10	<b>Competencias:</b> CE3, CC2, CC3	<b>Recursos:</b> Materiales experimentos, cuadernos, proyector, computador docente, guía laboratorio (Anexo M)	
<b>Agrupamiento:</b> Grupos heterogéneos de 4 estudiantes	<b>Espacios:</b> Laboratorio física	<b>Contenidos:</b> Leyes de Newton	
<b>Desarrollo de la clase:</b> Para iniciar, los estudiantes se organizan en sus grupos (4 estudiantes), y se les entregará una guía (Anexo M), en la que encontrarán las instrucciones que deben llevar a cabo en el laboratorio. Este se encontrará dividido en estaciones, con montajes para realizar cada uno de los siguientes experimentos: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vaso, hoja de papel y moneda.</li> <li>- Carro de juguete, masas, cuerda y dinamómetro.</li> <li>- Resortes, carros, cuerda, tijeras.</li> </ul> Cada grupo rotará por cada estación y seguirán las instrucciones correspondientes. Deberán plantear una hipótesis antes de hacer el experimento en cada estación. Responderán algunas preguntas al finalizar cada estación relacionadas con el experimento, cada una de las leyes de Newton y la relación con el proyecto de la catapulta que se está construyendo. Adicionalmente, resolverán un ejercicio numérico en cada estación			

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.

alusivo a la ley a la que corresponde (40 min). Para finalizar la sesión, se presentará el <a href="#">video</a> sin sonido y los estudiantes interpretarán cómo se aplican las leyes de Newton en cada una de las escenas de las caricaturas. Posterior a esto, el profesor hace la reflexión correspondiente (15 min).
<b>Atención a la diversidad:</b> La variedad de actividades permite considerar los diferentes estilos de aprendizaje. Así mismo, las instrucciones para los experimentos fueron dadas de manera detallada y específica, permitiendo que los estudiantes tengan una mejor comprensión. Grupos heterogéneos en desempeño.
<b>Criterios de evaluación:</b> EA3, EA4 <b>Instrumentos de evaluación:</b> Guía laboratorio (Anexo M)

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 16. Sesión 13. Proyecto STEAM fase 6 rediseño y mejoras.**

<b>Ciclo:</b> 7	<b>Sesión:</b> 13	<b>Duración:</b> 55 min	<b>Tipo de sesión:</b> Interdisciplinar, fase 6 (Rediseño) STEAM
<b>Objetivos:</b> OE6, OE16	<b>Competencias:</b> CE7, CC3, CC4, CC6, CC7	<b>Recursos:</b> guía fase 6 (Anexo N), bitácora, computador, materiales de construcción, software <a href="#">Arduino IDE</a> .	
<b>Agrupamiento:</b> Grupos heterogéneos de 4 estudiantes		<b>Espacios:</b> Sala maker	<b>Contenidos:</b> Rediseño y mejoras prototipo
<b>Trabajo en otras asignaturas:</b> En matemáticas, tecnología y artes, los estudiantes se reúnen en sus grupos y, de acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas, realizan las modificaciones correspondientes a su catapulta. Se analizarán los valores de alcance, altura, tiempo, la masa de las semillas y el ángulo de lanzamiento. Se programará nuevamente el Arduino considerando las mejoras planteadas en la guía.			
<b>Desarrollo de la clase:</b> Durante la franja de física, verificarán los cálculos del ángulo óptimo; de acuerdo con los errores identificados, rediseñarán el prototipo y obtendrán nuevamente los costos que generan las modificaciones. Harán los arreglos correspondientes a la catapulta y la probarán nuevamente para verificar su funcionamiento y el cumplimiento de los requisitos establecidos en la lista de chequeo de la fase 6 (Anexo N) (55 min).			
<b>Criterios de evaluación:</b> EA7		<b>Instrumentos de evaluación:</b> Lista de chequeo fase 6 (Anexo N), formato de reflexión (Anexo D) y observación directa.	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17. Sesión 14. Ejercicios aplicados leyes de Newton.**

<b>Ciclo:</b> 7	<b>Sesión:</b> 14	<b>Duración:</b> 55 min	<b>Tipo de sesión:</b> Disciplinar física
<b>Objetivos:</b> OE3, OE8	<b>Competencias:</b> CE3, CE4, CC1, CC3, CC4	<b>Recursos:</b> Computadores o iPads, hojas escape room (Anexo O), simulador PhET	
<b>Agrupamiento:</b> Grupos heterogéneos		<b>Espacios:</b> Salón	<b>Contenidos:</b> Fuerza de fricción y ejercicios
<b>Desarrollo de la clase:</b> Se inicia recordando las tres leyes de Newton y se comparten algunos ejemplos de la vida diaria. Los estudiantes se organizan en sus grupos de 4 y plantean algunas hipótesis sobre el efecto de la resistencia al aire en el movimiento de un proyectil. Se les entrega un iPad o computador y se les pide que, usando el simulador PhET " <a href="#">Movimiento de un proyectil</a> ", expliquen el efecto que tiene la resistencia al aire usando diferentes objetos como proyectiles, que identifiquen cómo esta afecta la velocidad, el alcance y la altura máxima del proyectil. Así mismo, que dibujen un diagrama de cuerpo libre para un objeto en diferentes puntos (antes de ser lanzado, en su altura máxima, finalizando el lanzamiento) e identifiquen cada una de las fuerzas y cómo se representaría la resistencia al aire y con qué fuerza se relacionaría. Se lleva a los estudiantes a que consideren la fricción; tomarán un post-it y plantearán su conclusión en un tablero colaborativo de todo el curso. El profesor finaliza con la lectura de las conclusiones (20 min). Posterior a esto y para no descuidar la parte de los ejercicios, se entregan unas tarjetas con ellos a cada grupo y, a medida que los van resolviendo correctamente, el profesor les va entregando un código para poder completar al final la clave completa del escape room (Anexo O); los ejercicios corresponden a las leyes de Newton (25 min). Y para finalizar, cada estudiante escribirá en su cuaderno cómo ve aplicadas las leyes de Newton en la catapulta que construyó como proyecto (10 min).			
<b>Atención a la diversidad:</b> El nivel de los ejercicios en el Escape Room dependerá de la capacidad para resolverlos; en la solución de estos ejercicios, los estudiantes asignarán roles de acuerdo con sus habilidades. Uso de herramientas que consideran estilos de aprendizaje. Los grupos son heterogéneos.			
<b>Criterios de evaluación:</b> EA3, EA4		<b>Instrumentos de evaluación:</b> Observación directa, ejercicios Escape room	

Fuente: Elaboración propia

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.

**Tabla 18. Sesión 15. Conservación de la energía mecánica.**

<b>Ciclo:</b> 8	<b>Sesión:</b> 15	<b>Duración:</b> 55 min	<b>Tipo de sesión:</b> Disciplinar física
<b>Objetivos:</b> OE9, OE12	<b>Competencias:</b> CE5, CE6, CC1, CC3, CC4	<b>Recursos:</b> Computadores o iPads, cuadernos, proyector, computador docente, pistas y carros.	
<b>Agrupamiento:</b> Individual y grupos heterogéneos		<b>Espacios:</b> Salón de clase	<b>Contenidos:</b> Energía cinética, potencial y mecánica.
<b>Desarrollo de la clase:</b> Se inicia con un juego en “Blooket” para verificar los conocimientos previos de los estudiantes en el tema de conservación de la energía y, al finalizar, hace la retroalimentación (10 min). De manera expositiva y apoyándose en imágenes, explica la energía cinética, potencial y mecánica en una montaña rusa y sus ecuaciones correspondientes, resuelve algunos ejercicios y resuelve dudas (10 min). Posterior a esto, en los grupos de trabajo, pide a los estudiantes que armen las pistas de carros que trajeron de manera que se pueda evidenciar esa transformación entre energía potencial y cinética. Les pide que dibujen en sus cuadernos las pistas y que lancen un carro y calculen en puntos diferentes la energía mecánica, potencia y cinética. Al finalizar, deberán tomar una foto de su dibujo y compartirlo en un Padlet colaborativo especificando la energía en cada punto y su conservación (25 min). Se finaliza la clase pidiendo que en el lanzamiento de una semilla en su catapulta identifiquen la transformación de la energía (10 min).			
<b>Atención a la diversidad:</b> Diversidad de actividades y grupos heterogéneos			
<b>Criterios de evaluación:</b> EA5, EA6		<b>Instrumentos de evaluación:</b> Dibujo pista de carros e identificación de la energía, observación directa, juego “Blooket”.	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 19. Sesión 16. Proyecto STEAM fase 7 presentación.**

<b>Ciclo:</b> 8	<b>Sesión:</b> 16	<b>Duración:</b> 55 min	<b>Tipo de sesión:</b> Interdisciplinar, fase 7 (Presentación) STEAM
<b>Objetivos:</b> OE14, OE15	<b>Competencias:</b> CE7, CC1, CC2, CC5, CC7, CC8	<b>Recursos:</b> Cartulinas, marcadores, materiales de decoración, rúbrica fase 7 (Anexo P), bitácora.	
<b>Agrupamiento:</b> Grupos heterogéneos de 4 estudiantes		<b>Espacios:</b> Sala maker	<b>Contenidos:</b> Presentación
<b>Trabajo en otras asignaturas:</b> En las asignaturas de matemáticas, biología y ciencias sociales, los estudiantes se reunirán en su grupo y diseñarán el nombre de la empresa, el logo y todo el marketing correspondiente al producto que realizaron. Ya que en las asignaturas de Física y Tecnología deberán hacer la presentación a modo de Shark Tank, en la cual venderán su producto y explicarán por qué este se considera la mejor opción para reforestar zonas de difícil acceso. Contarán con 5 minutos para la presentación a los jurados y 5 minutos para hacer una demostración de la efectividad de su prototipo (40 min). Los jurados usarán una rúbrica para poder elegir el mejor producto (Anexo P). Para finalizar el proyecto, se hará una última reflexión en la bitácora, en la cual los estudiantes responderán las siguientes preguntas: ¿A qué desafíos se enfrentaron durante el proceso de elaboración de la catapulta y cómo los abordaron? ¿Por qué su proyecto contribuye a cuidar el planeta y al cumplimiento del ODS 13? Si los recursos fueran ilimitados, ¿qué le agregarías a tu proyecto? ¿Cómo la realización de este proyecto te ayudó a fortalecer tus conocimientos en física? ¿Cómo describirías tu experiencia durante este? (15 min).			
<b>Criterios de evaluación:</b> EA7, EA8, EA9		<b>Instrumentos de evaluación:</b> Rúbrica fase 7 producto final (Anexo P), reflexión y observación directa.	

Fuente: Elaboración propia

### 3.5. Evaluación

La evaluación en esta propuesta didáctica es un proceso integral, continuo y formativo, que busca valorar no solo el resultado, sino sobre todo el proceso de aprendizaje del estudiante. Se basa en lo estipulado por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) en el Decreto 1290 de 2009, donde se establece que la evaluación es un proceso continuo para mejorar la calidad de la educación, teniendo en cuenta el progreso, las dificultades y los logros de los estudiantes en el desarrollo de competencias.

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. En este sentido, se integrarán diferentes tipos de evaluación de acuerdo con la etapa o fase del desarrollo del proyecto, con el fin de evaluar el progreso de los estudiantes. Igualmente, es importante que la evaluación no la haga únicamente el docente, sino que los estudiantes también estén involucrados en esta, ya que, al usarse metodologías activas como el ABPr y el enfoque STEAM, son ellos los protagonistas de su aprendizaje.

### 3.5.1. Tipos de evaluación

Se emplearán tres tipos de evaluación que favorezcan el seguimiento del aprendizaje:

- Evaluación diagnóstica: Se realizará en dos momentos; el primero será en la sesión 1 mediante la aplicación de un examen que permitirá detectar las ideas previas de los estudiantes sobre el tema de mecánica clásica (cinemática y dinámica). De acuerdo con los resultados obtenidos, se agrupará a los estudiantes con el fin de garantizar esa heterogeneidad en los grupos. De la misma manera, en la sesión 15 se hace un juego en “Blooket” con preguntas de opción múltiple para verificar los conocimientos previos de los estudiantes en el tema de conservación de la energía y poder establecer la profundidad que se le debe dar a este tema.

- Evaluación formativa: Se desarrollará de manera continua en todas las fases del proyecto y las sesiones de clase disciplinares de la asignatura de Física. Cada una de estas actividades permitirá revisar el progreso de los estudiantes y realizar una retroalimentación oportuna. Se llevarán a cabo actividades como las guías de la fase 1, 2, 3, 5 y 6, ejercicios de práctica, actividades experimentales y rutinas de pensamiento, todo esto para garantizar un aprendizaje significativo. De la misma manera, diferentes instrumentos de evaluación se utilizarán para evaluar estas actividades: listas de chequeo, formatos de reflexión y rúbricas.

- Evaluación sumativa: La propuesta se centra en el aprendizaje a través de proyectos y el enfoque STEAM. Al final, se creará un prototipo, que en este caso es una catapulta. Este prototipo se evaluará durante una presentación tipo Shark Tank, utilizando una rúbrica que los jurados emplearán.

Además de la evaluación por el docente, también se integrará la coevaluación y la heteroevaluación. En la primera se lleva a cabo una evaluación entre pares en la que cada uno valora el cumplimiento con los roles de todos los miembros y su desempeño en el trabajo cooperativo (Johnson & Johnson, 2019). Por otro lado, en la heteroevaluación es el propio

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. estudiante quien genera una reflexión sobre su aprendizaje y los aportes que tuvo durante todo el proyecto. Este proceso se hará de manera constante durante cada una de las sesiones de trabajo interdisciplinar en el proyecto STEAM (Gillies & Boyle, 2010).

### 3.5.2. Instrumentos de evaluación

Se hará uso de diferentes instrumentos de evaluación que permitan evidenciar el aprendizaje.

**Tabla 20.** Instrumentos de evaluación en la propuesta de aprendizaje

Tipo de evaluación	Sesión	Criterios de evaluación	Instrumento	Técnicas	Porcentaje
Evaluación diagnóstica 1	1	EA1, EA2	Prueba Diagnóstica	Cuestionario	0%
			Guía fase 1	Escala valoración	5%
			Formato de reflexión	Lista de chequeo	2%
Evaluación formativa	2	EA1, EA2	Análisis de gráficas	Rúbrica	2%
	3	EA1, EA2	Observación directa	Lista de chequeo	3%
	4	EA3	Guía fase 2	Escala valoración	5%
			Formato de reflexión	Lista de chequeo	2%
	5	EA2	Ejercicios en cuaderno	Escala valoración	2%
	6	EA7	Guía fase 3	Escala valoración	5%
			Formato de reflexión	Lista de chequeo	2%
	7	EA2	Ejercicios detectives	Escala valoración	3%
			Kahoot	Cuestionario	2%
	8-9	EA7	Lista de chequeo fase 4	Lista de chequeo	5%
			Formato de reflexión	Lista de chequeo	2%
	10	EA4	Actividades en Cuaderno	Lista de chequeo	3%
	11	EA7, EA9	Guía fase 5	Escala valoración	5%
			Formato de reflexión	Lista de chequeo	2%
12	EA3, EA4	Laboratorio	Escala valoración	5%	
13	EA7	Lista de chequeo fase 6	Lista de chequeo	5%	
		Formato de reflexión	Lista de chequeo	2%	
14	EA3, EA4	Escape Room	Escala valoración	5%	
15	EA5, EA6	Padlet pista de carros	Escala valoración	0%	
		Diagnostica Blooket	Cuestionario	0%	
Evaluación sumativa	16	EA7, EA8, EA9	Rúbrica fase 7 producto final	Rúbrica	30%
			Reflexión	Lista de chequeo	3%

Fuente: Elaboración propia

La heteroevaluación y coevaluación se encuentran en los formatos de reflexión que se harán al final de las sesiones en las que se trabaja el proyecto STEAM. Asimismo, en la tabla 3 se puede evidenciar la relación entre los estándares básicos de competencias propuestos por el MEN (2004), los objetivos didácticos, los contenidos y los criterios de evaluación. Las actividades relacionadas con la elaboración del proyecto STEAM (guías y formatos de reflexión) serán evaluadas mediante listas de chequeo y escalas de valoración que permitirán identificar el cumplimiento de las condiciones establecidas en cada etapa. Mientras que para el producto final se hará uso de una rúbrica diseñada de tal manera que abarque todos los objetivos que se querían lograr con la elaboración del proyecto.

### 3.5.3. Atención a la diversidad

La atención a la diversidad en esta propuesta pedagógica se basa en el principio de educación inclusiva consagrado en la Ley 115 de 1994 y el Decreto 1421 de 2017, que reconocen el derecho de todos los estudiantes a una educación de calidad que tenga en cuenta la diferencia. Siguiendo la normativa española, se asume también lo que la LOMLOE (Ley Orgánica 3/2020) define como principios de toda acción educativa: la equidad, la inclusión y la personalización del aprendizaje. Desde la mirada STEAM y la metodología ABPr, la diversidad no es un problema, sino una riqueza que enriquece el proceso de aprendizaje. Cada estudiante trae consigo conocimientos, habilidades y estilos de aprendizaje diferentes que enriquecen la colaboración, la creatividad y la resolución de problemas (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019).

Durante la propuesta didáctica se contemplan diferentes estrategias que consideran la diversidad; entre ellas se destaca la organización de grupos heterogéneos, ya que el proyecto STEAM se realizará en grupos intencionados organizados por el docente, de tal manera que se garantice heterogeneidad en género y desempeño académico. Igualmente, se usará el trabajo cooperativo con el fin de promover la interacción positiva, la ayuda mutua y la responsabilidad compartida (Johnson & Johnson, 2019). La diversidad de actividades: A lo largo de las sesiones se realizarán diferentes tipos de actividades que contemplen los estilos de aprendizaje de los estudiantes (visual, auditivo y kinestésico). De igual manera, se manejarán diferentes niveles de dificultad. La asignación de roles: Cada miembro del grupo tendrá uno asignado (coordinador/a, ingeniero/a, diseñador/a, comunicador/a), lo que permite repartir el trabajo de manera justa y mejorar las habilidades comunicativas, organizativas y de liderazgo (Gillies & Boyle, 2010). Y los ajustes razonables: En caso de requerirse, se llevarán a cabo los ajustes en tiempos y formas de evaluación cuando un estudiante lo requiera de acuerdo con sus necesidades.

### 3.5.4. Evaluación de la propuesta

Se espera que la propuesta tenga un impacto positivo en la motivación hacia las clases de física y, por ende, genere un aprendizaje más significativo. Además, se pretende que los estudiantes encuentren un sentido a estudiar el tema de cinemática y dinámica y puedan ponerlo en práctica en la solución de una situación real. Sin embargo, más allá de la comprensión de los temas, también se desea que los estudiantes desarrollen las habilidades

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. del siglo XXI que les permitan enfrentarse al mundo laboral posterior a sus estudios. Además, que sean conscientes de su aprendizaje y de las cuestiones ambientales a las que el planeta se enfrenta y generar estrategias para contribuir a tener un mundo ambientalmente saludable. La efectividad de la propuesta a nivel académico se evaluará comparando los resultados de los estudiantes en las actividades diagnósticas y en el examen que presentan al finalizar el trimestre en cada una de las asignaturas. Asimismo, al finalizar la implementación de la propuesta, se realizará un cuestionario en el que se usará una escala de valoración que permita a los docentes evaluar la propuesta y una diana de evaluación para los estudiantes. La cual podemos encontrar en el anexo Q. Al final del cuestionario se solicitará a los docentes que planteen los aspectos más destacados de la propuesta, los que se podrían mejorar y los comentarios o sugerencias. En el caso de la diana de evaluación de los estudiantes, se encuentra en el anexo R. Para complementar la diana de evaluación, se pedirá a los estudiantes que respondan algunas preguntas: ¿qué fue lo que más te gustó del proyecto? ¿qué fue lo más difícil? ¿te sientes más cómodo trabajando en grupo o individual? ¿por qué? ¿qué te gustaría cambiar de la metodología usada para la elaboración del proyecto? ¿qué aprendiste con la realización de este proyecto? ¿qué es lo que más resalta de la propuesta? ¿consideras que aprendes más usando estas metodologías o prefieres las clases tradicionales?, esto con el fin de tener una mirada más detallada sobre la perspectiva de los estudiantes hacia la propuesta.

#### 4. Reflexión sobre la propuesta

La propuesta “Catapultas en acción”, desarrollada bajo el enfoque STEAM y la metodología del aprendizaje basado en proyectos, no ha permitido únicamente aprender de una manera innovadora un tema complejo como lo es la mecánica clásica (cinemática y dinámica), sino que paralelamente los estudiantes van desarrollando las habilidades del siglo XXI, las cuales son fundamentales para desempeñarse en el mundo laboral. Asimismo, permite que los conocimientos adquiridos en diferentes asignaturas sean puestos en práctica para dar solución a un problema en un contexto real.

En términos conceptuales, la propuesta favorece el aprendizaje del movimiento parabólico desde una mirada real y mostrando una aplicación en contexto, como lo es la construcción de una catapulta que permita dispersar semillas para reforestar zonas de difícil acceso. Sin

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. embargo, esto sucede al partir del planteamiento de una situación de interés que genere curiosidad y motivación en los estudiantes, donde ellos le encuentren un sentido al aprendizaje. La integración interdisciplinar de asignaturas como física, matemáticas, tecnología, biología, ciencias sociales y artes permite que los estudiantes adquieran una comprensión global de manera contextualizada, poniendo en práctica los contenidos de las diferentes materias para solucionar un problema real, lo que fomenta una visión holística del aprendizaje, mostrando a los estudiantes que los problemas no se resuelven desde una sola disciplina, sino desde la colaboración entre diferentes saberes.

Es conveniente trabajar el ABPr desde el modelo por componente propuesto por Morgan (1983). Esto favorece que los contenidos se vayan trabajando de manera paralela a través de diferentes actividades. Además, que la elaboración de proyectos STEAM sean aplicados, lo que refuerza el aprendizaje y permite que los estudiantes lo interioricen. En este sentido, con la diversidad de actividades planteadas para la explicación de los contenidos, se tiene en cuenta la atención a la diversidad al considerar que no todos los estudiantes aprenden de la misma manera y que en un aula de clase se tienen diferentes estilos de aprendizaje. En este aspecto se destaca el trabajo cooperativo en grupos heterogéneos con roles asignados. Esto, por un lado, garantiza igualdad de género. Por el otro, permite que se desarrolle la ayuda mutua, la interdependencia positiva y la tutoría entre pares, garantizando que el estudiante con mejor desempeño académico pueda colaborar y explicar a los que presentan mayor dificultad entendiendo los temas (Johnson & Johnson, 2019).

De la misma manera, el vincular el proyecto con el ODS 13 “acción por el clima” permite generar en los estudiantes esa conciencia ambiental y educación para la sostenibilidad, aportando un sentido ético y la responsabilidad social al proyecto.

Sin embargo, en todo proyecto de innovación se presentan algunas limitaciones, entre las cuales se destaca la del tiempo, ya que el desarrollo del proyecto requiere de bastantes horas para que se ejecuten todas las fases de manera adecuada, lo cual puede causar que las sesiones de explicación de los contenidos deban ser reducidas al contar con un currículo bastante extenso. De igual manera, falta capacitar a los docentes en el enfoque STEAM y tener claridad sobre cómo ejecutarlo sin perder el sentido de la integración natural de las asignaturas, sin necesidad de forzar la participación de alguna. En este contexto, se considera que la evaluación es un desafío, porque es complicado evaluar el ABPr y STEAM. Además de

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. aprender conocimientos, se busca formar estudiantes completos que tengan bien desarrolladas las habilidades del siglo XXI. Por último, no hay unas fases estandarizadas para la ejecución del ABPr o el enfoque STEAM, ya que, dependiendo del autor, estas pueden variar, por lo que se adaptaron considerando las necesidades de la propuesta.

Para analizar el proyecto de innovación, se plantea una matriz DAFO (Anexo S), en la cual se observan los aspectos positivos y las oportunidades de mejorar de una manera más organizada.

## 5. Conclusiones

Al preparar la propuesta educativa usando el enfoque STEAM y la metodología ABPr, se puede decir que se lograron todos los objetivos establecidos. Por lo tanto, se puede concluir lo siguiente:

Con la revisión bibliográfica se encuentra que el tema de la mecánica clásica suele presentar dificultades marcadas en la comprensión por parte de los estudiantes, especialmente en la interpretación de las fuerzas que causan el movimiento y el uso de ecuaciones matemáticas para el cálculo de variables cinemáticas en el movimiento parabólico. Algunos estudios (Gamboa, 2014; Marti., 2007 evidencian que la dificultad parte de las ideas preconcebidas que tienen los estudiantes, las cuales han apropiado como verdaderas y han sido adquiridas de acuerdo con la experiencia. Estas se asemejan a las ideas aristotélicas, como el asumir que un objeto con mayor masa caerá más rápido o que una fuerza siempre está asociada a movimiento. La enseñanza tradicional no ayuda a resolver este problema, ya que fomenta un aprendizaje basado en la memorización y sin comprensión. Por eso, es importante usar metodologías activas que aumenten la motivación de los estudiantes y, así, favorezcan un aprendizaje que tenga sentido. En consecuencia, se establece el enfoque STEAM y el ABPr como alternativa para mejorar el aprendizaje al considerar el impacto que tienen en la motivación de los estudiantes, ya que este se realiza dentro de un contexto real y se promueve la aplicación del conocimiento adquirido en la solución de problemas. Asimismo, el trabajo interdisciplinario lleva a los estudiantes a desarrollar las habilidades del siglo XXI, como la creatividad, el pensamiento crítico, la comunicación, la colaboración, las cuales serán necesarias para desempeñarse en un mundo laboral y crecer de manera integral (Bybee, 2013). Además, el tener roles específicos y con sus respectivas funciones garantiza el trabajo

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. de cada uno de los estudiantes y el trabajo cooperativo permite que se dé ese apoyo entre pares y se genere esa interdependencia positiva (Gillies & Boyle, 2010; Johnson & Johnson, 2019). Sin embargo, es evidente que al usar este tipo de metodologías en clase se requiere de bastante tiempo, trabajo del docente y los estudiantes, capacitaciones específicas para los docentes y una planificación rigurosa que permita cumplir con todos los objetivos. En el caso de la integración de artes y asignaturas de humanidades, permite que se fortalezca la creatividad y que sean conscientes de la dependencia que hay entre diferentes grupos de asignaturas para resolver un problema en la vida real, como lo es la construcción de una catapulta ambiental.

La secuencia de actividades que se ha creado muestra una buena conexión entre cada sesión y un aprendizaje que avanza de manera gradual. Primero se tratan los conceptos de cinemática, luego los de dinámica y, al final, los de energía, siempre con el objetivo de aplicarlos en una catapulta. Se opta por trabajar el ABPr por componente de proyecto, en el cual simultáneamente se aprenden los contenidos en unas sesiones y en otras, estos son aplicados para la construcción del proyecto, lo que favorece la comprensión de conceptos como el ángulo de lanzamiento, las fuerzas que afectan el movimiento, el alcance y altura máxima y la transformación de la energía (Morgan, 1983). En el mismo sentido, las dos salidas pedagógicas incluidas permiten que el aprendizaje realmente sea contextualizado y que los estudiantes entiendan la importancia y aplicación de los temas. En este sentido, cobra importancia el haber vinculado el ODS13 “acción por el clima” al demostrar que los contenidos de cualquier asignatura pueden ir encaminados a fomentar conciencia ambiental y responsabilidad social, propiciando una educación sostenible, permitiendo que la catapulta que se construye tenga una aplicación ambiental para dispersar semillas de diferentes tamaños y reforestar zonas de difícil acceso. Por último, la evaluación de la propuesta considera la perspectiva de los estudiantes y de los docentes con el fin de identificar los beneficios para cada uno y cómo el uso de esta propuesta contribuye al aprendizaje de la mecánica clásica. Además, para verificar este último, se considera el uso de evaluaciones diagnósticas que permitan identificar las ideas preconcebidas de los estudiantes y, con el examen final del trimestre, poder evaluar ese progreso al haber implementado la propuesta.

De manera general, la propuesta permite que el aprendizaje sea significativo y transferible al usar de forma conjunta STEAM y ABPr, haciendo que los estudiantes tengan un papel activo

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia. en su proceso de aprendizaje y se conviertan en los protagonistas de este. El construir una catapulta que dispersara semillas para reforestación permitió no solo que se aplicaran los conocimientos adquiridos sobre la mecánica clásica, sino también el desarrollo de una conciencia ambiental y, paralelamente, de las habilidades del siglo XXI. No obstante, la propuesta también evidencia algunos desafíos, como lo es el tiempo requerido para su correcta implementación, la capacitación docente, los recursos y la necesidad de trabajar de manera colaborativa entre docentes.

Las limitaciones de esta propuesta están relacionadas con la complejidad intrínseca que induce la integración interdisciplinaria basada en STEAM, dado que coordinar contenidos, tiempos y objetivos de diferentes campos a veces puede ser difícil de mantener en la práctica escolar cotidiana. El desarrollo del proyecto depende en gran medida del trabajo cooperativo eficaz entre los alumnos; si no se regulan adecuadamente las funciones, el seguimiento por parte de los profesores y las habilidades sociales consolidadas, se producen desequilibrios en la participación que pueden afectar al aprendizaje. Aparte de eso, en relación con la construcción del prototipo, aunque favorece la comprensión aplicada de la mecánica clásica, existe el riesgo de que la atención de los alumnos se centre más en el producto que en la formalización conceptual de los principios físicos; por lo tanto, se necesita una mediación constante por parte del profesor para mantener el equilibrio entre la experiencia práctica y el rigor científico.

## Referencias bibliográficas

- Ajibudiarta, R., Khoiri, N., Patonah, S., & Hayat, M. S. (2025). Potential of STEAM-SDGs integration in physics learning. Universitas Persatuan Guru Republik Indonesia Semarang. <https://journal.unnes.ac.id/journals/usej/article/view/19326>
- Amanova, A. K., Butabayeva, L. A., Abayeva, G. A., Umirbekova, A. N., Abildina, S. K., & Makhmetova, A. A. (2025). A systematic review of the implementation of STEAM education in schools. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(1), em2568. <https://doi.org/10.29333/ejmste/15894>
- Aula planeta. (2015). Cómo aplicar el aprendizaje basado en proyectos en diez pasos. <https://www.aulaplaneta.com/2015/02/04/recursos-tic/como-aplicar-el-aprendizaje-basado-en-proyectos-en-diez-pasos/>

- Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.
- Bell, S. (2010). Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 83(2), 39–43. <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>
- Bybee, R. W. (2013). The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities, National Science Teachers Association.
- Faria, A. da S. R. de, Silveira, M. V. da, & Santos, A. C. F. dos. (2025). A bibliographic review of the difficulties related to the topics of mechanics. *Journal of Environment and Sustainability Education*, 3(1), 50–61. <https://doi.org/10.62672/joease.v3i1.50>
- Gamboa, J. G. (2014). Propuesta didáctica basada en resolución de problemas para la enseñanza-aprendizaje de la cinemática y dinámica dirigida a estudiantes de grado décimo del colegio Tibabuyes Universal. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/51989>
- Gillies, R. M., & Boyle, M. (2010). Teachers' reflections on cooperative learning: Issues of implementation. *Teaching and Teacher Education*, 26(4), 933–940. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2009.10.034>
- Gómez, F., Rivas, I., Mercado, F. y Barjola, P. (2009). Aplicación interdisciplinar del aprendizaje basado en problemas (ABP) en ciencias de la salud: una herramienta útil para el desarrollo de competencias profesionales. *Revista de Docencia Universitaria*, 4(7). <https://revistas.um.es/redu/article/view/92291>
- Guerra, J. S. (2019). Estrategia didáctica para el desarrollo de pensamiento matemático desde la cinemática experimental. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77229>
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30(3), 141-158. <https://doi.org/10.1119/1.2343497>
- ICFES. (2021). Resultados nacionales Saber 11 – Ciencias Naturales. Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación.
- Isa, S. S. P. (2024). The project-based learning (stem model) in fundamental physics learning. *International Journal of Modern Education*, 6(21). <https://doi.org/10.35631/ijmoe.621047>

- Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Holubec, E. (1999). El aprendizaje cooperativo en el aula. Paidós. Disponible en <https://www.ucm.es/data/cont/docs/1626-2019-03-15-JOHNSON%20El%20aprendizaje%20cooperativo%20en%20el%20aula.pdf>
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín Oficial del Estado, núm. 340, de 30 de diciembre de 2020, 122868-122953. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>
- Marín Ríos, A, Cano Villa, J y Mazo Castañeda, A. (2023). Apropiación de la educación STEM/STEAM en Colombia: una revisión a la producción de trabajos de grado. Revista Científica, vol. 47, p. página 55-página 70. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10495/41305>
- Marti Arias. J. (2007). Aprendizaje Basado en Proyectos. <http://www.learningreview.com>
- Meza González, H.y Duarte Abarca, E. (2020). La metodología STEAM aplicada en el desarrollo de competencias y la resolución de problemas. II Congreso Internacional de Educación: UNA nueva mirada en la mediación pedagógica. <https://bit.ly/3gi2Npi>
- Ministerio de Educación Nacional. (MEN). (2004). Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional. [https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-81033\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-81033_archivo_pdf.pdf)
- Ministerio de Educación Nacional (Colombia). (2022). Visión STEM+. [https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files\\_public/2022-08/Documento%20Visio%CC%81n%20STEM%2B.pdf](https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2022-08/Documento%20Visio%CC%81n%20STEM%2B.pdf)
- Morgan, A. (1983). Theoretical Aspect of Project-Based Learning in Higher Education. British Journal of educational Technology, 14(1), 66-78
- Nurul Azmi, & Festiyed. (2023). Development of Physics Learning Assessment Instrument in Project-Based Learning Model to Improve 4C Skills. JPPIPA. <https://jppipa.unram.ac.id/index.php/jppipa/article/view/3174>
- Ponce, J. (2024). J.D. Ponce sobre Albert Einstein: Un Análisis Académico de la Teoría Especial y General de la Relatividad. Spain: J.D. Ponce. Capítulo IV espacio y tiempo mecánica clásica.

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.

Poór, J., & Vervliet, R. (2021). STEAM Education Using Design Thinking Process Through Virtual Communities of Practice. *International Journal of Instruction*, 14(3).  
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1304276.pdf>

Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, núm. 76, de 30 de marzo de 2022, 41571-41789. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217>

Schmidt, H. G., Van der Molen, H. T., Te Winkel, W. W. R., & Wijnen, W. H. F. W. (2009). Constructivist, problem-based learning does work: A meta-analysis of curricular comparisons involving a single medical school. *Educational Psychologist*, 44(4), 227–249.  
<https://doi.org/10.1080/00461520903213592>

Sengul, O. (2024). Linking traditional teaching to innovative approaches: Student conceptions in kinematics. *Education Sciences*, 14(9), 973. <https://doi.org/10.3390/educsci14090973>

Silva, M., & Alsina, Á. (2023). STEAM for sustainability: integrating statistics and science education in a rural context. *Innovaciones Educativas*, 25(39), 1–14.  
<https://revistas.uned.ac.cr/index.php/innovaciones/article/view/4728>

Spatz, V., Hopf, M., Wilhelm, T., Waltner, C., & Wiesner, H. (2020). Introduction to Newtonian mechanics via two-dimensional dynamics - The effects of a newly developed content structure on German middle school students. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 8(2), 76–91. <https://doi.org/10.30935/scimath/9548>

Truesdell, C. *Essays in the history of mechanics*. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 1968.

UNESCO. (2017). Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives. *UNESCO Publishing*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252423>

United Nations. (2023, agosto). Qué es el desarrollo sostenible [Versión en español]. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2023/08/what-is-sustainable-development/>

Unknown, U. (2021). Tiro parabólico [Physics]. <https://www.uv.es/jbosch/PDF/TiroParabolico.pdf>

Wijnia, L., Loyens, S. M. M., & Rikers, R. M. J. P. (2019). The problem-based learning process: An overview of different models. In M. Moallem, W. Hung, and N. Dabbagh (Eds.), *The*

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.

Wiley Handbook of problem-based learning (pp. 273–295). John Wiley & Sons.

<https://doi.org/10.1002/9781119173243.ch12>

Wulandari, N. O., Sutrio, Doyan, A., & Rahayau, S. (2024). The Influence of Project Based Learning Model on Creative Thinking Skills and Physics Learning Outcomes. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(12), 10660–10669.

<https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i12.9738>

Zaida Ilma, A., Utami, E., & Kusumaningtyas, D. A. (2024). STEM-Project based Learning in Physics Concept of Measurement to Enhance High School Students' Scientific Literacy. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 10(2), 273–284.

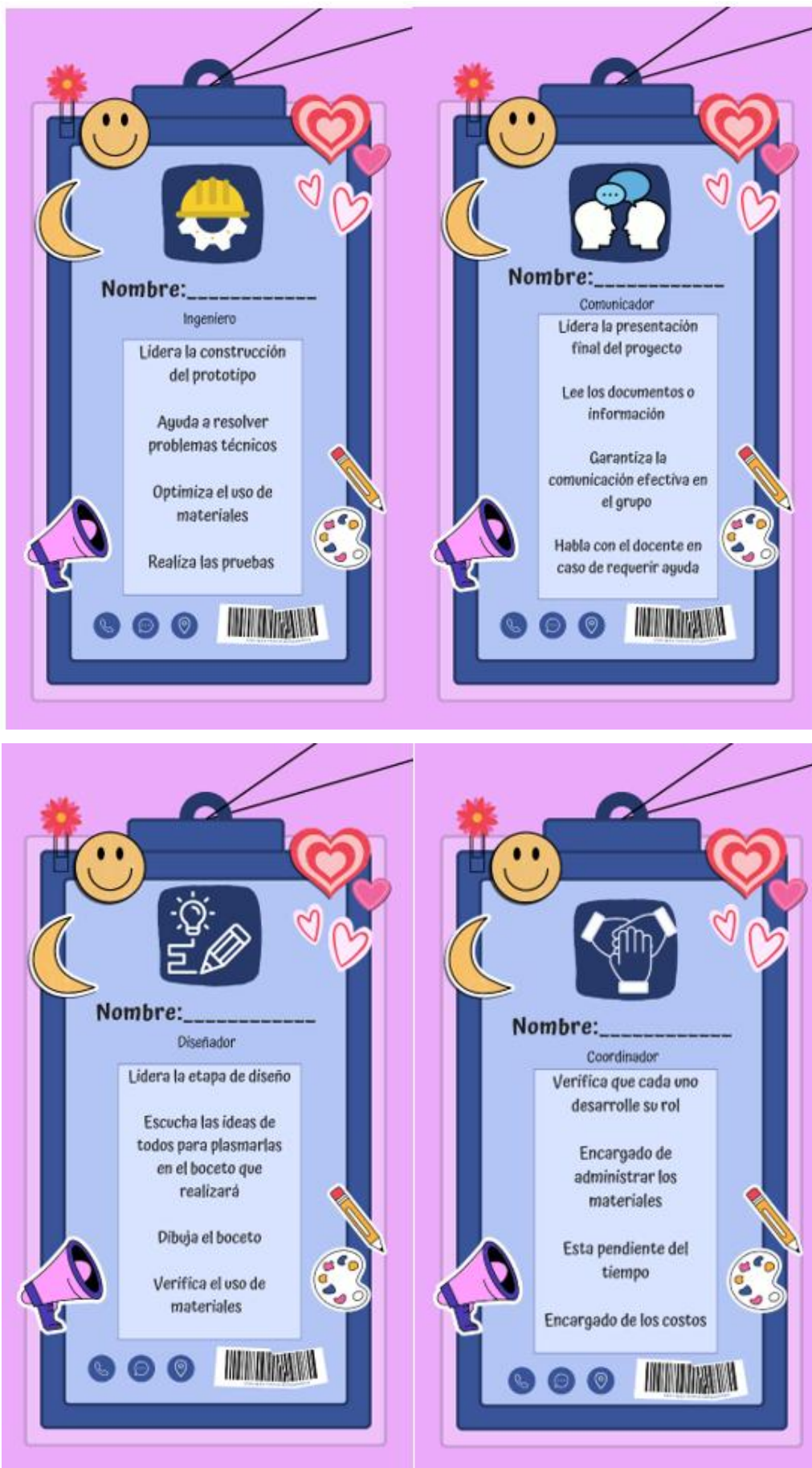
<https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/jpppf/article/view/39657>

Zamorano Escalona, T., García Cartagena, Y., y Reyes González, D. (2018). Educación para el sujeto del siglo XXI: principales características del enfoque STEAM desde la mirada educacional. *Contextos: Estudios de Humanidades y Ciencias Sociales*, (41).

<http://revistas.umce.cl/index.php/contextos/article/view/1395>

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.

## Anexo A. Roles en el proyecto STEAM.



Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.

## Anexo B. Evaluación diagnóstica.

1. Cuando un objeto se mueve a velocidad constante, ¿qué fuerza lo mantiene en movimiento?
  - A. Una fuerza constante en la dirección del movimiento
  - B. Ninguna fuerza actúa sobre él
  - C. Una fuerza igual a su peso
  - D. La fricción lo empuja hacia adelante
2. Si un cuerpo está en reposo sobre una mesa, ¿por qué no cae?
  - A. Porque no hay fuerzas actuando
  - B. Porque su peso y la fuerza de la mesa se equilibran
  - C. Porque el peso del objeto es cero
  - D. Porque la mesa ejerce una fuerza mayor que el peso
3. Si un automóvil aumenta su velocidad de forma constante, su aceleración es:
  - A. Constante
  - B. Cero
  - C. Aumenta continuamente
  - D. Depende del peso del auto
4. Un objeto lanzado verticalmente hacia arriba tiene en el punto más alto:
  - A. Velocidad y aceleración nulas
  - B. Velocidad cero y aceleración hacia abajo
  - C. Velocidad hacia arriba y aceleración cero
  - D. Velocidad hacia abajo y aceleración hacia abajo
5. Dos objetos (uno pesado y otro liviano) se dejan caer desde la misma altura, sin resistencia del aire. ¿Qué ocurre?
  - A. El más pesado llega primero
  - B. El más liviano llega primero
  - C. Llegan al mismo tiempo
  - D. Depende del tamaño
6. Un pasajero se mueve hacia adelante cuando un bus frena de repente porque:
  - A. Una fuerza lo empuja hacia adelante
  - B. La inercia mantiene su movimiento
  - C. El aire dentro del bus lo impulsa
  - D. Su peso cambia de dirección
7. En una gráfica velocidad-tiempo, una línea horizontal indica:
  - A. Velocidad constante
  - B. Objeto en reposo
  - C. Movimiento acelerado
  - D. Cambio de dirección
8. Si un objeto se detiene al deslizarse sobre una superficie rugosa, se debe a que:
  - A. Pierde su energía
  - B. La fricción se opone al movimiento
  - C. Se le acaba la fuerza que lo empujaba
  - D. El peso lo frena
9. Si un objeto se mueve con rapidez constante en una trayectoria circular, su aceleración es:
  - A. Nula
  - B. Constante hacia el centro
  - C. Constante y tangente al movimiento
  - D. Variable hacia afuera
10. Si duplicamos la fuerza sobre un objeto y su masa no cambia, la aceleración:
  - A. Se mantiene igual
  - B. Se duplica
  - C. Se reduce a la mitad
  - D. Desaparece
11. Si un objeto tiene velocidad constante, su aceleración es:
  - A. Nula
  - B. Constante
  - C. Variable
  - D. Negativa
12. Un automóvil describe una curva sin cambiar su rapidez. ¿Qué tipo de fuerza actúa sobre él?
  - A. Una fuerza centrífuga hacia afuera
  - B. Una fuerza centrípeta hacia el centro
  - C. Una fuerza nula
  - D. Solo su peso

Fuente: Elaboración propia

## Anexo C. Fase 1: Identificación del problema.

### Catapulta ambiental

Nombres: \_\_\_\_\_ Curso: \_\_\_\_\_

Las montañas del Himalaya son un ejemplo de zonas en las que la reforestación es un reto debido a su difícil acceso. Sin embargo, lugares como este necesitan una estrategia innovadora para la dispersión de las semillas y para aumentar la biodiversidad vegetal del lugar. Un paracaídas o una catapulta es un ejemplo de métodos que podrían contribuir a la dispersión de semillas y a lograr una reforestación adecuada. Tu misión es diseñar un dispositivo que brinde una solución a este problema, proyecto que se relaciona con el ODS 13 acción por el clima y la meta 13.1 Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países

Debes garantizar que las semillas recorran al menos 2 m de distancia horizontal y 1 m de distancia vertical; algunas semillas son más frágiles, por lo que se debe considerar el resto que se les da. Se tienen semillas entre 0,1 g y 20 g. No olvides tener en cuenta que el viento puede afectar tu diseño. Debes ser lo más creativo posible y optimizar costos.

#### Fase 1: Lo primero que se deba hacer es identificar del problema.

¿Para ti cuál es la importancia de la reforestación?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¿Cómo podríamos reforestar zonas de difícil acceso con materiales asequibles?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¿Cuál es el ODS al que se vincula el proyecto a realizar?

ODS: \_\_\_\_\_

¿Qué se quiere lograr con este objetivo?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¿Cómo tu proyecto contribuye a este ODS?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¿Qué estrategias se te ocurren para reforestar zonas cercanas a tu casa o colegio?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¿Qué producto vas a realizar?

\_\_\_\_\_

¿Qué condiciones debe cumplir?

➤

➤

➤

Escribe el problema a resolver en forma de pregunta:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¿Cuál es el problema que vas a resolver al realizar este proyecto?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Anexo D. Formato de reflexión fases proyecto STEAM

### Reflexión individual

Aspecto evaluado	Logrado completamente	Parcialmente logrado	Necesito apoyo
Cumplí con todas las funciones de mi rol	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aporté ideas al grupo y participé activamente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Escuché y respeté las ideas de mis compañeros.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Logré conectar los contenidos de diferentes asignaturas con el proyecto de la catapulta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Entendí cómo mi trabajo contribuye al ODS 13 (acción por el clima).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Reflexión Grupal

Pregunta	Respuesta breve
¿Qué logramos hoy como equipo?	
¿Qué dificultades tuvimos al trabajar juntos?	
¿Qué estrategias nos funcionaron mejor?	
¿Qué debemos mejorar para la siguiente sesión?	
¿Cómo aplicamos las habilidades del siglo XXI (comunicación, creatividad, pensamiento crítico, colaboración)?	

Etapas del proyecto	¿Qué hicimos hoy?	¿Qué nos falta?	¿Qué evidencias tenemos?
<input type="checkbox"/> Identificar el problema			
<input type="checkbox"/> Lluvia de ideas			
<input type="checkbox"/> Diseño			
<input type="checkbox"/> Prototipado			
<input type="checkbox"/> Prueba y evaluación			
<input type="checkbox"/> Rediseño			
<input type="checkbox"/> Presentación			

**Reflexión final por fase**

Pregunta	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	Fase 6
¿Qué aprendí hoy que no sabía antes?						
¿Qué fue lo más difícil de esta sesión?						
¿Qué aporté al grupo?						
¿Cómo puedo mejorar mi desempeño para la próxima sesión?						
¿Cómo contribuye lo aprendido al propósito ambiental del proyecto?						

**Coevaluación**

Criterio	Excelente	Satisfactorio	En proceso	Bajo
Trabajo colaborativo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cumplimiento de roles	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Responsabilidad en las tareas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Participación equitativa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Creatividad e innovación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: Elaboración propia

## Anexo E. Check de aprendizaje

Revisemos si entendiste...

Responde las siguientes preguntas en tu cuaderno considerando la gráfica:

¿Qué tipo de movimiento describe el tramo A–B?

¿Qué tipo de movimiento representa el tramo B–C?

¿Qué ocurre en el tramo C–D con la velocidad y la aceleración?

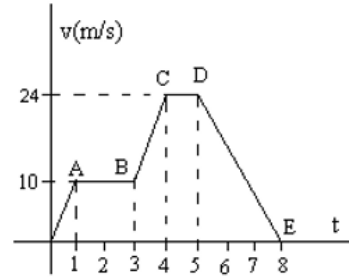
¿En qué tramo hay aceleración nula?

Escribe la aceleración promedio en cada tramo.

¿Qué representa el área bajo la curva en la gráfica  $v-t$ ?

Clasifica las siguientes magnitudes en escalares o vectoriales: posición, desplazamiento, tiempo, velocidad, aceleración, rapidez.

Explica brevemente cómo se relacionan las gráficas de  $x-t$ ,  $v-t$  y  $a-t$  en un movimiento uniformemente acelerado.



Fuente: Elaboración propia

## Anexo F. Rúbrica análisis de gráficas

Crterios	Nivel alto (7-8)	Nivel medio (5-6)	Nivel básico (3-4)	Nivel bajo (1-2)
<b>Identificación de variables</b>	Reconoce correctamente todas las variables cinemáticas (posición, velocidad, aceleración, tiempo) y sus unidades.	Reconoce la mayoría de las variables, con una confusión leve en unidades o símbolos.	Identifica parcialmente las variables, con errores conceptuales o notacionales.	No identifica correctamente las variables ni su significado.
<b>Lectura e interpretación de gráficas</b>	Interpreta con precisión las gráficas $x-t$ , $v-t$ y $a-t$ , distinguiendo MRU y MRUA. Explica los cambios en la pendiente y el área.	Interpreta adecuadamente las gráficas, aunque presenta dudas en un tipo de movimiento.	Muestra dificultad para explicar los cambios de pendiente o el significado físico.	No logra establecer la relación entre las gráficas y el tipo de movimiento.
<b>Representación gráfica</b>	Dibuja correctamente las gráficas a partir de los datos experimentales, con escalas adecuadas y etiquetas claras.	Realiza las gráficas con pequeños errores en escala o rotulado.	Las gráficas están incompletas o contienen errores de escala notables.	Las gráficas son incorrectas o no se representan adecuadamente los datos.
<b>Relación entre variables</b>	Explica con claridad la relación entre desplazamiento, velocidad y aceleración, y cómo varían en el tiempo.	Explica de manera general las relaciones entre variables, aunque con algunas imprecisiones.	Muestra dificultad para vincular las variables entre sí.	No logra establecer relaciones entre las variables.
<b>Aplicación al contexto del proyecto</b>	Relaciona los resultados gráficos con el comportamiento del proyectil en la catapulta. Argumenta con base científica.	Relaciona parcialmente las gráficas con el proyecto, con argumentación incompleta.	Relación superficial entre los resultados y el contexto del proyecto.	No relaciona los resultados con el proyecto.

Fuente: Elaboración propia

## Anexo G. Guía de ejercicios de tiro parabólico

### Fórmulas del tiro parabólico

$$x = v_0 \cos \alpha t \quad y = h_0 + v_0 \sin \alpha t - 4.9t^2$$

$$v_x = v_0 \cos \alpha \quad v_y = v_0 \sin \alpha - 9.8 t$$

Si el cuerpo se lanza desde el suelo y vuelve al suelo, las fórmulas para el alcance, la altura máxima y el tiempo de vuelo son:

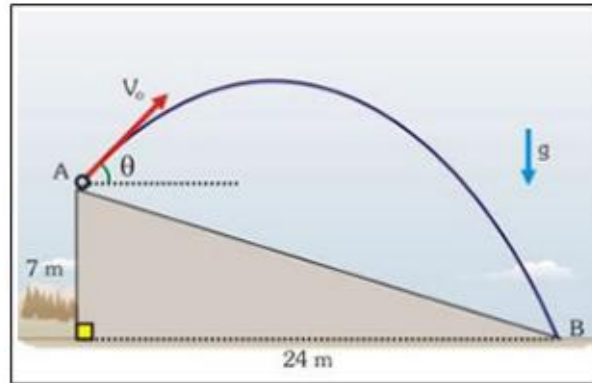
$$X = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \quad H_{max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \quad T_v = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \quad g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

### TIRO PARABÓLICO

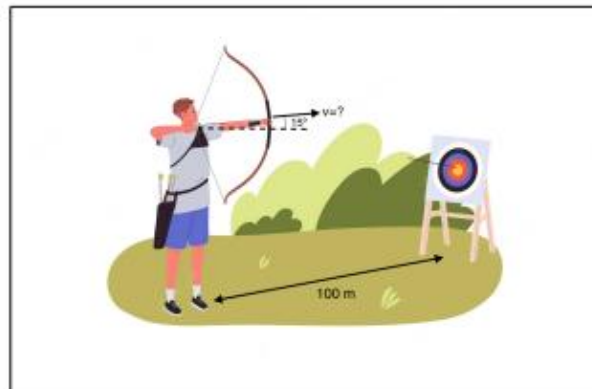
- Desde el suelo lanzamos un objeto a una velocidad de 60 m/s formando un ángulo de 60° con la horizontal. Calcula: a) El alcance; b) La altura máxima; c) El tiempo de vuelo. *Nota: La calculadora ha de estar en **grados** para todos los problemas.*
- En un punto situado a 20 m sobre el suelo lanzamos un cuerpo a 40 m/s formando un ángulo de 45° con la horizontal y cae sobre el suelo. Calcula: a) El tiempo de vuelo; b) El alcance; c) La altura máxima.
- Escribe la ecuación de la posición de un tiro parabólico realizado desde el suelo cuya velocidad es de 50 m/s y el ángulo de tiro es de 30°. Calcula su posición y su velocidad (vector y módulo) para  $t = 3$  s.
- Realizamos un tiro parabólico desde el suelo con una velocidad de 40 m/s. Calcular: a) qué ángulo hay que darle al tiro para que el alcance sea de 120 m; b) la altura máxima; c) el tiempo de vuelo.
- Queremos que la altura máxima de un tiro parabólico desde el suelo sea de 80 m. Si el ángulo de tiro es de 60°, calcular: a) la velocidad a la que se ha de hacer el lanzamiento; b) el alcance; c) el tiempo de vuelo.

Catapultas en acción: Diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza de la mecánica clásica mediante el aprendizaje basado en proyectos y el enfoque STEAM para estudiantes de grado décimo en Colombia.

6. Calcula el tiempo de vuelo y qué velocidad hemos de dar al tiro parabólico de la figura para que al lanzar el cuerpo desde el punto A llegue al punto B.  $\theta = 30^\circ$ .



7. Un arquero lanza sus flechas con un ángulo  $15^\circ$ , según muestra la figura. Si la diana está a 100 m, calcula: a) con qué velocidad ha de lanzar las flechas para que impacten en la diana; b) el tiempo de vuelo; c) la altura máxima que alcanzan las flechas. Supóngase que el punto de lanzamiento y el blanco de la diana están a la misma altura del suelo.



## Soluciones

1. a)  $X = 318,13$  m; b)  $H = 137,75$  m; c)  $T_v = 10,6$  s.
2. a)  $t_v = 6,849$  s; b)  $X = 181,278$  m; c)  $H_{max} = 60,82$  m.
- 3.

$$(x, y) = (50 \cos 30 t, 50 \sin 30 t - 4,9 t^2)$$

$$(v_x, v_y) = (50 \cos 30, 50 \sin 30 - 9,8 t)$$

$$\text{En } t = 3 \text{ s}$$

$$(x, y) = (129,9, 30,9) \text{ m}$$

$$(v_x, v_y) = (43,3, -4,4) \quad |v| = 43,52 \text{ m/s}$$

4. a)  $\alpha = 23,65^\circ$ ; b)  $H_{max} = 13,13$  m; c)  $T_v = 3,27$  s. Existe otra solución.
  5. a)  $v_0 = 45,72$  m/s; b)  $X = 184,72$  cm; c)  $T_v = 8,08$  s.
  6.  $T_v = 2,06$  s;  $v_0 = 13,45$  m/s.
  7. a)  $v_0 = 44,27$  m/s; b)  $T_v = 2,33$  s; c)  $H_{max} = 6,69$  m.
- 

Fuente: Unknown, 2021.

## Anexo H. Fase 2: Investigación.

### Fase 2: Investigación

Tu misión como equipo es diseñar una catapulta que lance semillas a una altura mínima de 1 m y una distancia de 2 m, utilizando materiales asequibles. Para lograrlo, necesitas comprender cómo influyen la velocidad inicial y el ángulo de lanzamiento en el movimiento de un proyectil. Antes de construir el prototipo, realizarás esta fase experimental virtual para encontrar el ángulo ideal de lanzamiento.

#### Instrucciones generales

1. Accede al simulador PhET: Projectile Motion [https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion_es.html).
2. Configura:
  - o Velocidad inicial: 10 m/s
  - o Gravedad: 9.8 m/s<sup>2</sup>
  - o Sin resistencia del aire.
  - o Cambia únicamente el ángulo de lanzamiento (20°, 30°, 40°, 50°, 60°).
3. Observa y registra los valores de:
  - o Altura máxima (m)
  - o Alcance horizontal (m)
  - o Tiempo de vuelo (s)

#### Tabla de recolección de datos

Ángulo (°)	Altura máxima (m)	Alcance horizontal (m)	Tiempo de vuelo (s)	Observaciones
20°				
30°				
40°				
50°				
60°				

Fuente: Elaboración propia

**Análisis de resultados**

1. Grafica alcance horizontal vs. ángulo de lanzamiento.
2. Grafica altura máxima vs. ángulo de lanzamiento.
3. Observa en qué ángulo se obtiene el mayor alcance y cuál el mayor tiempo de vuelo.
4. Determina el ángulo ideal que permita cumplir con los requisitos del proyecto.

**Preguntas guía**

**Comunicador y coordinador:**

1. ¿Qué importancia tiene el ángulo de lanzamiento en el movimiento de un proyectil?
2. ¿Qué relación observan entre el ángulo y el alcance horizontal?
3. ¿Qué implicaciones tendría un ángulo muy alto o bajo en la dispersión de semillas?

**Ingeniero y diseñador:**

4. ¿Cuál es el ángulo que ofrece la mejor combinación entre altura y alcance?
5. ¿Qué datos del simulador sustentan su elección?
6. ¿Qué aspectos podrían influir en los resultados en una situación real (por ejemplo, viento, masa de la semilla, fricción)?

Fuente: Elaboración propia

## Anexo I. Fase 3: Diseño

### Fase 3. Diseño.

1. Realiza un boceto (dibujo, diagrama) de tu prototipo. Debes especificar las medidas aproximadas que te gustaría que tuviera y todos los componentes incluyendo la parte electrónica y sus conexiones.



2. Lista de materiales que vas a utilizar justificando tu elección:

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

3. Elabora una lista de los materiales que usarás en tu prototipo e incluye el costo total de cada uno y de la catapulta:

Materiales	Costo

4. Indica el valor del ángulo, el alcance y la altura máxima que esperas obtener para cada tipo de semilla:

Masa semilla (___)	Ángulo	Alcance (___)	Altura máxima (___)	Tiempo de vuelo (___)

## Anexo J. Detectives en el partido de fútbol

Vamos a analizar que sucedió en el partido...

Durante la final intercolegial entre Los Físicos FC y Los Ingenieros United, se registraron varias jugadas polémicas. El comité de árbitros ha solicitado tu ayuda como detective del laboratorio físico-deportivo para analizar si los goles fueron válidos y cuál equipo aplicó mejor los principios del movimiento parabólico. Tu misión es analizar las jugadas, realizar los cálculos y presentar un informe final explicando científicamente por qué uno de los equipos ganó el partido.

- Lee cuidadosamente cada jugada.
- Analiza los datos que se te dan (velocidad inicial, ángulo, distancia, altura).
- Aplica las **ecuaciones del movimiento parabólico** para calcular lo que se pide:

$$R = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g}$$

$$h_{max} = \frac{v_0^2 \sin^2(\theta)}{2g}$$

$$t = \frac{2v_0 \sin(\theta)}{g}$$

- Registra tus resultados en la tabla correspondiente.
- Analiza al final qué equipo tuvo una estrategia más efectiva.

### Escenario 1: El gol imposible de los Físicos FC

En el minuto 15, el delantero lanza un tiro libre con una velocidad inicial de 18 m/s con un ángulo de 35° respecto al suelo. El arco está a 26 metros de distancia y 2,4 m de altura.

Preguntas:

1. ¿Logró el balón entrar al arco o pasó por encima?
2. ¿Cuál fue la altura máxima del balón?
3. ¿Cuál fue el tiempo de vuelo total?
4. ¿Qué variables afectan directamente el resultado del lanzamiento?

### Escenario 2: El despeje de los Ingenieros United

El portero despeja el balón con una velocidad de 22 m/s y un ángulo de 40°. El balón cae en el campo contrario a una altura igual a la del lanzamiento.

Preguntas:

1. ¿Cuál fue el alcance horizontal del balón?
2. Si el campo mide 60 m, ¿logró pasar la mitad del campo?
3. ¿Qué hubiera pasado si el ángulo fuera de 60° con la misma velocidad?

### Escenario 3: El penal del empate

En el minuto 70, un jugador de los Físicos FC lanza un penal con una velocidad de 16 m/s. El balón impacta el travesaño del arco que mide 2,5 m.

Preguntas:

1. ¿Con qué ángulo de lanzamiento (aproximado) se lanzó el balón?
2. ¿Qué altura alcanzó?
3. ¿Qué relación hay entre el ángulo y la altura máxima?

**Escenario 4: El tiro de la victoria**

El capitán de los Ingenieros United hace un tiro desde el punto de esquina (córner) con una velocidad inicial de 20 m/s y un ángulo de 25°. El balón entra directamente al arco después de 1,8 segundos.

Preguntas:

1. ¿A qué distancia horizontal se encontraba el arco?
2. ¿Cuál fue la altura máxima que alcanzó el balón?
3. ¿Qué conclusiones puedes sacar sobre la importancia del tiempo de vuelo y el ángulo de lanzamiento?

Tabla de resultados:

Escenario	$v_0$ (m/s)	$\theta$ (°)	R (m)	$h_{m\acute{a}x}$ (m)	t (s)	Observaciones
1						
2						
3						
4						

Fuente: Elaboración propia

## Anexo K. Lista de chequeo fase 4: Elaboración del prototipo

### Fase 4. Elaboración de prototipo

Reflexiona sobre el proceso...

¿Cómo se están dividiendo las funciones para la elaboración del prototipo?

---



---



---

¿Qué problemas han tenido con la elaboración del prototipo?

---



---



---

¿Qué ha funcionado bien?

---



---



---

Completa con tu grupo la siguiente lista de chequeo:

Criterio	Descripción	Nivel alto	Nivel medio	Nivel básico
<b>Funcionamiento</b>	Cumple con las condiciones del reto (alcance y altura).			
<b>Precisión física</b>	Evidencia cálculos correctos y aplicación de principios físicos.			
<b>Integración STEAM</b>	Integra ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas.			
<b>Estética y sostenibilidad</b>	Emplea materiales sostenibles y presenta diseño cuidado.			
<b>Trabajo colaborativo</b>	Todos los miembros cumplen su rol y participan activamente.			

Fuente: Elaboración propia

## Anexo L. Fase 5: Pruebas y evaluación

### Fase 5. Pruebas y evaluación

Usando tu catapulta y los sensores Vernier requeridos toma diferentes semillas, lánzala y mide los datos requeridos. Realiza repeticiones con la misma semilla para tener resultados más confiables. Completa las 5 tablas para cada semilla. Usa un ángulo constante de acuerdo con tus cálculos en la fase de investigación y al ángulo óptimo elegido.

Tabla 1: Masa de la semilla: \_\_\_\_\_ Ángulo de lanzamiento: \_\_\_\_\_

Intento /variables	1	2	3
$v$ (m/s)			
R (m)			
$h_{m\acute{a}x}$ (m)			
t (s)			
Observaciones			

Tabla 2: Masa de la semilla: \_\_\_\_\_ Ángulo de lanzamiento: \_\_\_\_\_

Intento /variables	1	2	3
$v$ (m/s)			
R (m)			
$h_{m\acute{a}x}$ (m)			
t (s)			
Observaciones			

Tabla 3: Masa de la semilla: \_\_\_\_\_ Ángulo de lanzamiento: \_\_\_\_\_

Intento /variables	1	2	3
$v$ (m/s)			
R (m)			
$h_{m\acute{a}x}$ (m)			
t (s)			
Observaciones			

Tabla 4: Masa de la semilla: \_\_\_\_\_ Ángulo de lanzamiento: \_\_\_\_\_

Intento /variables	1	2	3
$v$ (m/s)			
R (m)			
$h_{m\acute{a}x}$ (m)			
t (s)			
Observaciones			

Tabla 5: Masa de la semilla: \_\_\_\_\_ Ángulo de lanzamiento: \_\_\_\_\_

Intento /variables	1	2	3
$v$ (m/s)			
R (m)			
$h_{m\acute{a}x}$ (m)			
t (s)			
Observaciones			

Fuente: Elaboración propia

Calcula el promedio de cada variable para cada semilla, para obtenerlo, sumarás todos los valores obtenidos y el resultado de la suma lo dividirás entre la cantidad de datos.

$$promedio = \frac{\text{sumatoria de todos los datos}}{\text{número de datos}}$$

¿Tu diseño cumplió con los requisitos y es funcional? ¿Por qué?

---



---



---

### Lista de chequeo

Criterio	Cumple (✓)	No cumple (X)	Observaciones
La catapulta lanza la semilla de forma estable.			
Se cumplen las condiciones de distancias con semillas de diferentes masas			
El proyectil alcanza al menos 2m de distancia horizontal.			
El proyectil alcanza al menos 1m de distancia vertical.			
Las mediciones de sensores son precisas.			
Las conexiones y el código de Arduino funcionan correctamente.			
El costo del producto es el mínimo posible.			
El diseño es original y creativo.			

Fuente: Elaboración propia

## Anexo M. Laboratorio leyes de Newton

### Vamos a estudiar las leyes de Newton:

Deberás rotar por 3 estaciones. En cada una de ellas en tu grupo deberás:

1. Leer la situación experimental.
2. Plantear una hipótesis.
3. Realizar el experimento.
4. Responder preguntas de análisis.
5. Resolver un ejercicio numérico.

### Estación 1. Principio de inercia (1ª ley de Newton)

**Materiales:** vaso, hoja de papel y moneda.

**Instrucciones:**

1. Coloca la moneda sobre la hoja y esta sobre el vaso.
2. Hala rápido la hoja.

**Preguntas:**

- ¿Qué sucede con la moneda?
- ¿Por qué se mantiene sobre el vaso?
- ¿Qué representa la hoja de papel en este experimento?
- ¿A qué fenómeno se asemeja esto en la catapulta?

**Ejercicio numérico:**

Una moneda de 0,05 kg se mueve con una velocidad constante de 2 m/s sobre una superficie sin fricción. ¿Qué fuerza neta actúa sobre ella? (Pista: si no hay aceleración, la fuerza neta es 0 N.)

### Estación 2. Fuerza y aceleración (2ª ley de Newton)

**Materiales:** carrito, masas, cuerda, polea, dinamómetro.

**Instrucciones:**

1. Coloca el carrito sobre una mesa y ata una cuerda que pase por la polea con una masa colgante.
2. Mide la fuerza aplicada con el dinamómetro y registra la aceleración del carrito.

**Preguntas:**

- ¿Qué relación encuentras entre la fuerza aplicada y la aceleración?
- ¿Qué pasa si aumentas la masa del carrito?
- ¿Cómo se relaciona esto con el lanzamiento del proyectil?

**Ejercicio numérico:**

Si aplicas una fuerza de 4 N a un carro de 2 kg, ¿cuál será su aceleración?

**Estación 3. Acción y reacción (3ª ley de Newton)**

**Materiales:** dos resortes, carros y cuerda.

**Instrucciones:**

1. Une dos carros con un resorte en el centro.
2. Tira uno de ellos y suelta. Observa el movimiento de ambos.

**Preguntas:**

- ¿Qué ocurre cuando los carros se separan?
- ¿En qué direcciones se mueven?
- ¿Qué representa el resorte?
- ¿Cómo se manifiesta esta ley en la catapulta al lanzar la semilla?

**Ejercicio numérico:**

Un resorte ejerce una fuerza de 3 N sobre un carro de 1,5 kg. ¿Qué aceleración adquiere?

Fuente: Elaboración propia

## Anexo N. Lista de chequeo fase 6: Rediseño y mejoras

### Fase 6. Rediseño y mejoras

Lista de chequeo: después de hacer las mejoras a tu catapulta verifica su funcionamiento:

Criterio	Cumple (✓)	No cumple (X)	Observaciones
La catapulta lanza la semilla de forma estable.			
Se cumplen las condiciones de distancias con semillas de diferentes masas			
El proyectil alcanza al menos 2m de distancia horizontal.			
El proyectil alcanza al menos 1m de distancia vertical.			
Las mediciones de sensores son precisas.			
Las conexiones y el código de Arduino funcionan correctamente.			
El costo del producto es el mínimo posible.			
El diseño es original y creativo.			

### Reflexión

1. ¿Qué tan efectivo fue tu diseño?

---



---



---

2. ¿Qué puedes mejorar?

---



---

3. ¿Explica por qué fueron efectivas las mejoras?

---



---



---

Fuente: Elaboración propia

## Anexo O. Escape room leyes de Newton.

Parte 1 tarjetas:

Q1. Un bloque de 5 kg está en un plano inclinado  $30^\circ$ . El coeficiente de rozamiento cinético es  $\mu_k = 0,20$ . Calcula la aceleración del bloque descendiendo el plano.

- A.  $1.60 \text{ m/s}^2$
- B.  $2.40 \text{ m/s}^2$
- C.  $3.20 \text{ m/s}^2$
- D.  $4.80 \text{ m/s}^2$

Q2. Dos masas  $m_1 = 4 \text{ kg}$  y  $m_2 = 6 \text{ kg}$  están unidas por una cuerda sobre una polea sin fricción. Calcula la aceleración del sistema.

- A.  $0.98 \text{ m/s}^2$
- B.  $1.28 \text{ m/s}^2$
- C.  $1.96 \text{ m/s}^2$
- D.  $2.45 \text{ m/s}^2$

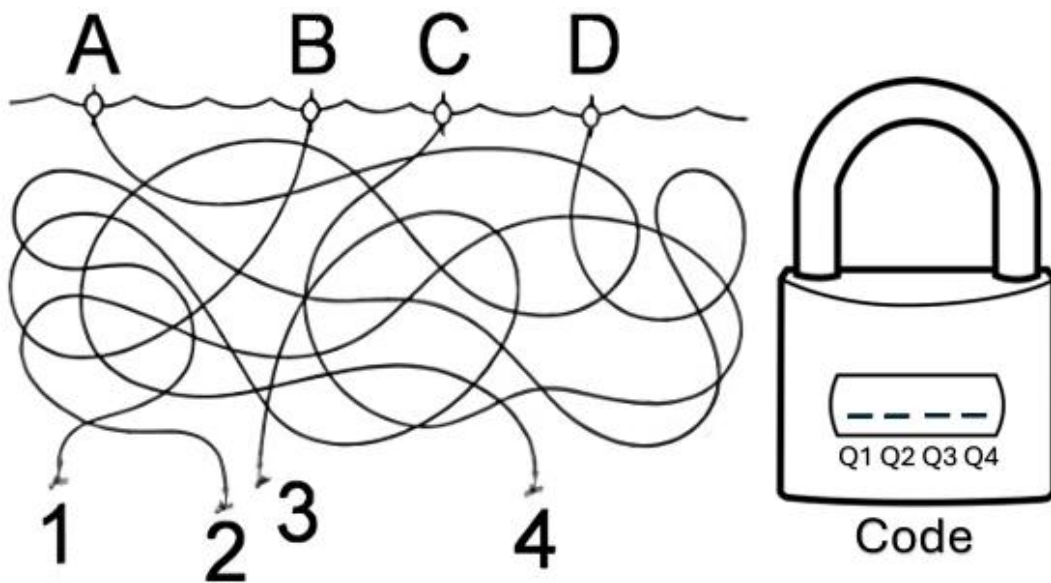
Q3. Una caja de 10 kg es empujada con una fuerza de 50 N que forma  $30^\circ$  con la horizontal. El rozamiento total horizontal que se opone al movimiento es 20 N. ¿Cuál es la aceleración horizontal del bloque?

- A.  $1.33 \text{ m/s}^2$
- B.  $2.33 \text{ m/s}^2$
- C.  $3.00 \text{ m/s}^2$
- D.  $4.02 \text{ m/s}^2$

**Q4. Un cohete expulsa gases hacia atrás con una fuerza promedio sobre los gases de 2000 N. La masa instantánea total del cohete es 1000 kg. Suponiendo que esa fuerza neta actúa sobre el cohete hacia adelante, ¿cuál es la aceleración instantánea del cohete?**

- A. 0,20 m/s<sup>2</sup>
- B. 1.00 m/s<sup>2</sup>
- C. 2.00 m/s<sup>2</sup>
- D. 20.00 m/s<sup>2</sup>

Laberinto para transformar las respuestas en código.



Fuente: Elaboración propia

Parte 2 tarjetas:

Q1. Una bala (masa 0,5 kg) choca elásticamente en 1D con un bloque en reposo (masa 1,0 kg). La bala iba a 10 m/s. ¿Cuál será la velocidad del bloque después del choque?

- A. + 3.33m/s
- B. + 6.67m/s
- C. + 8.12m/s
- D. + 12.23m/s

Q2. Un objeto de 3 kg tiene tres fuerzas aplicadas:  $\vec{F}_1 = 10$  N hacia la derecha,  $\vec{F}_2 = 5$  N hacia la izquierda, y  $\vec{F}_3 = 2$  N hacia arriba y  $\vec{F}_4 = 4$  N hacia abajo. ¿Cuál es la magnitud de la aceleración resultante?

- A. 0.60
- B. 1.21
- C. 1.80
- D. 2.45

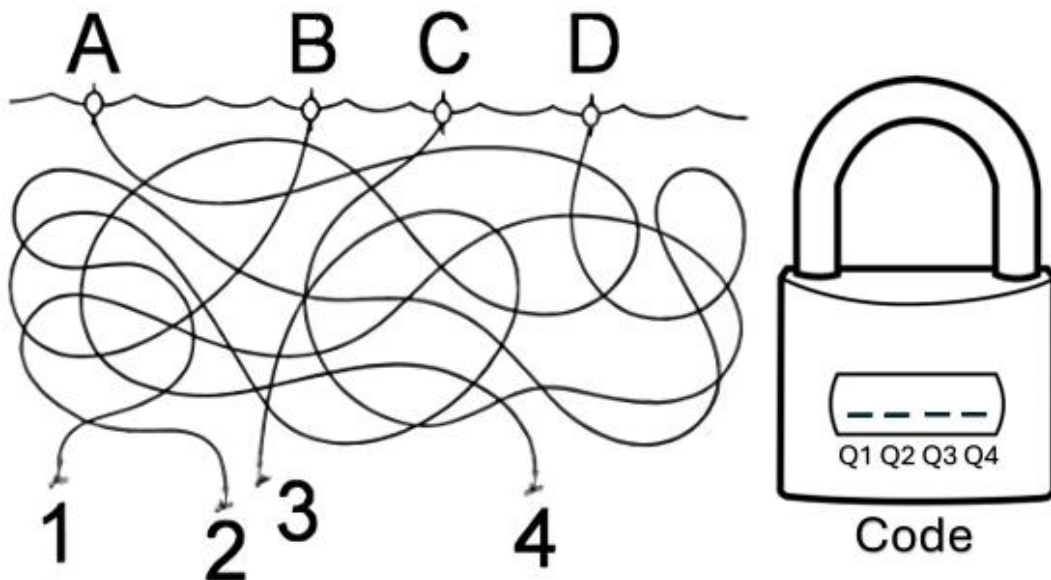
Q3. Una persona de 80 kg está en un ascensor que desacelera hacia arriba (es decir, acelera hacia abajo) con  $2,0\text{m/s}^2$  hacia abajo. ¿Cuál es la lectura del peso aparente (fuerza normal) en N?

- A. 560 N
- B. 624 N
- C. 784 N
- D. 960 N

Q4. ¿Cuál es el coeficiente de rozamiento estático mínimo  $\mu_s$  para que un bloque de 10kg permanezca en reposo sobre un plano inclinado a  $45^\circ$  sin deslizar?

- A. 0.45
- B. 0.71
- C. 1.00
- D. 1.41

Laberinto para transformar las respuestas en código.



Fuente: Elaboración propia

## Anexo P. Rúbrica fase 7: Presentación producto final

### Rúbrica Shark Tank

Criterio	Descripción	1	2	3	4
<b>Rigor científico</b>	Explica correctamente los principios físicos (movimiento parabólico, leyes de Newton, energía).				
<b>Aplicación del ODS 13</b>	Justifica claramente cómo su proyecto contribuye a la acción por el clima y la reforestación.				
<b>Funcionamiento del prototipo</b>	El dispositivo cumple con los requisitos (lanza semillas de 0,1–20g a 2 m horizontal y 1m vertical).				
<b>Uso de tecnología</b>	Integra adecuadamente Arduino, sensores y programación básica.				
<b>Innovación y creatividad</b>	Propone soluciones originales, estéticas y eficientes.				
<b>Trabajo en equipo</b>	Demuestra organización, cooperación y distribución clara de roles.				
<b>Comunicación y argumentación</b>	Expone con claridad, seguridad y dominio del tema.				
<b>Impacto ambiental y social</b>	Evidencia conciencia ecológica y compromiso con la sostenibilidad.				

Fuente: Elaboración propia

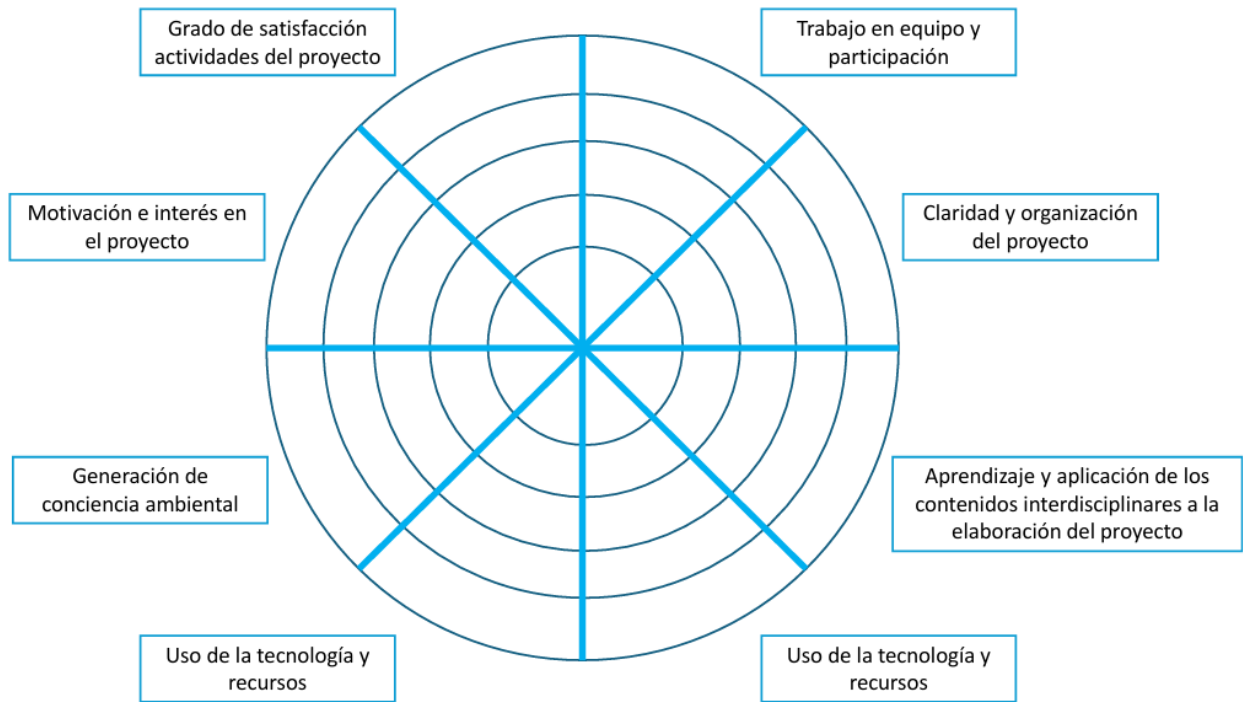
## Anexo Q. Escala de valoración de la propuesta para los docentes

### *Escala de valoración de la propuesta para los docentes*

<b>Aspectos/escala</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Los objetivos establecidos son coherentes con las actividades planteadas.					
Los contenidos de cada asignatura contribuyen a la ejecución del proyecto.					
El aprendizaje interdisciplinario se hace evidente durante las fases del proyecto.					
Se fomenta la autonomía y responsabilidad del estudiante en su aprendizaje.					
Se promueve la solución de un problema real y en contexto con el proyecto.					
Las habilidades del siglo XXI se desarrollan mediante las fases del proyecto.					
Se fortalece la conciencia ambiental y la responsabilidad social.					
Los instrumentos de evaluación y los criterios son coherentes con los objetivos.					
La asignación de los recursos y del tiempo es pertinente con las actividades planteadas.					
Se considera la inclusión y la atención a la diversidad en la propuesta.					
La propuesta es innovadora.					
Se promueve un aprendizaje significativo de los contenidos de cada asignatura.					
El proyecto finaliza con la elaboración de un producto adecuado para el problema establecido.					
La complejidad del proyecto es adecuada para la edad de los estudiantes.					
Se han brindado los recursos necesarios para abordar el problema y plantear una solución adecuada.					
El trabajo cooperativo y los roles asignados fueron evidentes durante el proceso.					
El clima de aula fue positivo y se propició un ambiente de estudiantes motivados.					

Fuente: Elaboración propia

## Anexo R. Diana de evaluación propuesta para estudiantes



Fuente: Elaboración propia

## Anexo S. Matriz DAFO

	Aspectos negativos	Aspectos positivos
Análisis interno	<p><b>Debilidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitación de tiempo (ocho ciclos) para abordar de manera profunda los conceptos teóricos y la ejecución completa del proyecto.</li> <li>• El docente requiere de más tiempo para diseñar las actividades, lo que conlleva un mayor trabajo.</li> <li>• No todos los estudiantes cuentan con habilidades de autogestión y en ocasiones no aprovechan el tiempo.</li> <li>• Posible superficialidad en la integración del arte o la tecnología si los docentes no están coordinados.</li> <li>• Necesidad de formación continua del profesorado en metodologías activas y uso de herramientas STEAM.</li> </ul>	<p><b>Fortalezas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coherencia entre los objetivos didácticos, los contenidos curriculares del MEN y las competencias del siglo XXI (UNESCO, 2021).</li> <li>• Colaboración entre docentes; integración interdisciplinar real a través del enfoque STEAM.</li> <li>• Alto grado de motivación por parte de los estudiantes, especialmente en la fase de prototipado.</li> <li>• Integración de herramientas tecnológicas variadas.</li> <li>• Conexión del aprendizaje con problemáticas reales, generando conciencia ambiental (vínculo con el ODS 13).</li> <li>• Actividades variadas y motivantes.</li> </ul>
Análisis externo	<p><b>Amenazas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de recursos económicos para apoyar el proyecto y mantener su sostenibilidad a largo plazo.</li> <li>• Falta de apoyo institucional o desconocimiento de las metodologías activas.</li> <li>• Resistencias de los profesores a cambiar la educación tradicional por enfoque STEAM o metodología ABPr.</li> <li>• Evaluaciones estandarizadas que no reconocen procesos competenciales o interdisciplinarios.</li> <li>• Alta demanda de actividades institucionales que afecta la ejecución de los proyectos.</li> </ul>	<p><b>Oportunidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibilidad de replicar y adaptar el proyecto en otros niveles educativos (primaria).</li> <li>• Adaptación del currículo para que esté integrado y el enfoque STEAM surja de manera más natural.</li> <li>• Realización de una feria STEAM para que se presenten los proyectos a toda la comunidad.</li> <li>• Fortalecimiento de la cultura STEAM en el colegio y en el contexto colombiano.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia