

EXPERIENCIA DIDÁCTICA SOBRE MOVIMIENTO RELATIVO Y SISTEMAS DE REFERENCIA
EN EL COLEGIO CAMPESTRE MONTEVERDE I.E.D

ANDRÉS NICOLÁS PEÑA ARDILA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
BOGOTÁ D.C, 2024

EXPERIENCIA DIDÁCTICA SOBRE MOVIMIENTO RELATIVO Y SISTEMAS DE REFERENCIA
EN EL COLEGIO CAMPESTRE MONTEVERDE I.E.D

ANDRÉS NICOLÁS PEÑA ARDILA

Trabajo de grado para optar por el título de licenciado en física

Asesor

FRANCISCO JAVIER OROZCO GONZÁLEZ

Línea de profundización

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DESDE UNA PERSPECTIVA CULTURAL

Modalidad de trabajo de grado

INVESTIGACIÓN FORMATIVA DESDE LA DIDÁCTICA DE LA FÍSICA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
BOGOTÁ D.C, 2024

Tabla de contenido

Introducción	6
1. Descripción general de la experiencia.....	7
2. Problema de la enseñanza de la Física.....	9
3. Objetivos de la experiencia	11
4. Población beneficiada.....	12
5. Justificación del desarrollo de la investigación.....	14
6. Elementos teóricos abordados	16
Sistema de Referencia.....	16
<i>Sistema de Referencia Inercial.....</i>	<i>16</i>
<i>Sistema de Referencia no Inercial.....</i>	<i>17</i>
Velocidad Relativa	18
<i>Movimiento Relativo de Translación Uniforme</i>	<i>17</i>
Principio de Relatividad de Galileo	19
<i>Transformaciones de Galileo</i>	<i>20</i>
7. Elementos didácticos y pedagógicos.....	23
8. Descripción del material didáctico construido	25
9. Sistematización de la implementación	29
<i>Actividad 1: Ubicando en pares ordenados los objetos en el tablero.....</i>	<i>29</i>
<i>Actividad 2: Ubique a los jugadores en la cancha</i>	<i>33</i>
<i>Actividad 3: Movimiento relativo de los carros en una dimensión.....</i>	<i>36</i>
<i>Actividad 4: Actividad experimental con prototipo de carro balístico.....</i>	<i>43</i>
<i>Actividad 5: Actividad de mapeo y síntesis.....</i>	<i>48</i>
10. Reflexiones sobre los alcances pedagógicos y didácticos.....	51
<i>Aporte a la comprensión del Movimiento Relativo y los Sistemas de Referencia</i>	<i>53</i>
<i>Construcción de material para prácticas de laboratorio.....</i>	<i>53</i>
<i>Insumo para docentes interesados en abordar temáticas relacionadas</i>	<i>54</i>
<i>Documentación y sistematización de la experiencia didáctica</i>	<i>54</i>
<i>Aplicación de los conceptos físicos en el contexto del Colegio</i>	<i>55</i>
11. Referencias	56
12. Anexos	58

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Tablas de datos con las mediciones de la posición de los objetos</i>	26
Tabla 2 <i>Tabla de datos con las mediciones de la posición de los demás grupos</i>	31
Tabla 3 <i>Tabla de datos con la velocidad media de cada carro</i>	33
Tabla 4 <i>Tabla de datos con la velocidad relativa del carro 2</i>	36

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Velocidad relativa de un cuerpo respecto a otro</i>	16
Figura 2 <i>Posición de un cuerpo respecto de dos Sistemas de Referencia Inerciales</i>	17
Figura 3 <i>Transformaciones de Galileo</i>	19
Figura 4 <i>Imágenes laminadas colocadas en el tablero</i>	22
Figura 5 <i>Movimiento relativo de los carros a control remoto en una dimensión</i>	22
Figura 6 <i>Prototipo de carro balístico usando un cañón y un carro</i>	23
Figura 7 <i>Prototipo de carro balístico usando un carro y una superficie elástica</i>	23
Figura 8 <i>Post it y papel periódico utilizados en la actividad de mapeo</i>	24
Figura 9 <i>Estudiantes calculando la posición de los objetos</i>	25
Figura 10 <i>Respuestas pregunta 1 - Actividad 1</i>	26
Figura 11 <i>Respuestas pregunta 2 - Actividad 1</i>	27
Figura 12 <i>Respuestas pregunta 3 - Actividad 1</i>	27
Figura 13 <i>Respuestas pregunta 4 - Actividad 1</i>	28
Figura 14 <i>Respuestas pregunta 5 - Actividad 1</i>	28
Figura 15 <i>Grupos de estudiantes midiendo la posición de los otros grupos</i>	29
Figura 16 <i>Respuesta pregunta 1 - Actividad 2</i>	30
Figura 17 <i>Respuesta pregunta 2 - Actividad 2</i>	30
Figura 18 <i>Representación de las posiciones de los grupos en el terreno</i>	31
Figura 19 <i>Movimiento relativo de los carros respecto de diferentes observadores</i>	34
Figura 20 <i>Situaciones replicadas por los estudiantes con los carros</i>	34
Figura 21 <i>Cálculo de la velocidad relativa del carro 2</i>	35
Figura 22 <i>Respuestas pregunta 1 - Actividad 3</i>	36
Figura 23 <i>Respuestas pregunta 2 - Actividad 3</i>	37
Figura 24 <i>Respuestas pregunta 3 - Actividad 3</i>	37
Figura 25 <i>Exposición de prototipo de carro balístico</i>	39
Figura 26 <i>Respuestas pregunta 1 - Actividad 4</i>	39
Figura 27 <i>Respuestas pregunta 2 - Actividad 4</i>	40

Figura 28 <i>Respuestas pregunta 3 - Actividad 4</i>	40
Figura 29 <i>Respuestas pregunta 4 - Actividad 4</i>	41
Figura 30 <i>Para un observador situado en el cañón</i>	41
Figura 31 <i>Para un observador enfrente al material experimental</i>	42
Figura 32 <i>Para un observador situado en el carro</i>	42
Figura 33 <i>Post it colocados en el tablero y organizados por los grupos</i>	44
Figura 34 <i>Párrafos sobre el movimiento relativo con palabras clave</i>	44
Figura 35 <i>Representaciones que realizaron cuatro grupos</i>	45

Lista de Anexos

<i>Guía actividad 1: Ubicando en pares ordenados los objetos en el tablero</i>	57
<i>Guía actividad 2: Ubique a los jugadores en la cancha</i>	59
<i>Guía actividad 3: Movimiento relativo de los carros en una dimensión</i>	60
<i>Guía actividad 4: Actividad experimental con prototipo de carro balístico</i>	62
<i>Guía actividad 5: Actividad de mapeo y síntesis</i>	64
<i>Guía actividad 6: Ubique a sus compañeros en el salón</i>	65
<i>Guía actividad 7: Movimiento relativo de los carros en dos dimensiones</i>	67

Introducción

En el Colegio Campestre Monteverde I.E.D se llevó a cabo una experiencia didáctica innovadora centrada en abordar los conceptos de Movimiento Relativo y Sistemas de Referencia con los estudiantes de grado décimo de la jornada tarde. Dado que no se suele enseñar estos temas en el colegio, el enfoque de la secuencia didáctica se centró en resolver esta problemática que se da en la enseñanza de la Física. La secuencia didáctica que se implementó contó con un total de cinco actividades (cada una de 2 horas de duración aproximadamente) y en donde se indagó las ideas previas de los estudiantes sobre el estudio del movimiento de los cuerpos.

Durante las cinco sesiones, se realizaron dos actividades específicamente centradas en el concepto de Sistema de Referencia. En otras dos actividades se profundizó en la noción de Movimiento Relativo y el Principio de Relatividad de Galileo. Las actividades se diseñaron con el objetivo de que los estudiantes comprendieran la naturaleza relativa del movimiento, lo cual es importante para entender la fundamentación de la física.

En la última sesión, se llevó a cabo una actividad de mapeo en la que los estudiantes compartieron y socializaron sus ideas sobre los temas tratados en la secuencia didáctica, representándolas en un pliego de papel periódico. Durante esta dinámica, los estudiantes relacionaron estos conceptos físicos con aplicaciones prácticas en su vida cotidiana, buscando establecer conexiones con las líneas de profundización que desarrollan ellos en el colegio desde grado decimo, las cuales son: el cuidado medioambiental y la comunicación social.

La estructura de este documento está organizada en tres partes principalmente. En la primera parte, se presenta una descripción general de la experiencia didáctica desarrollada. Se describe la problemática identificada en la enseñanza de la física en grado décimo y se plantean los objetivos que se buscan alcanzar con la implementación de esta experiencia didáctica. En la segunda parte, se hace un análisis y síntesis de los fundamentos disciplinares y didácticos que sustentaron la secuencia didáctica. En la tercera parte del documento, se hace una sistematización detallada de la implementación de la experiencia con los estudiantes. Se describe los materiales didácticos y experimentales contruidos para el desarrollo de las actividades. El documento concluye con una reflexión sobre los alcances y aportes pedagógicos y didácticos que esta experiencia brinda a la enseñanza de la Física. Estos aportes no solo enriquecen el aprendizaje de los estudiantes que participaron en la experiencia didáctica, sino que también sirven como inspiración para docentes interesados en desarrollar propuestas educativas vinculadas al movimiento relativo y los sistemas de referencia.

1. Descripción general de la experiencia

Esta experiencia didáctica, desarrollada con los estudiantes de grado décimo de la jornada de la tarde en el Colegio Campestre Monteverde I.E.D, se centró en contribuir a la solución de una problemática identificada en la enseñanza de la Física en el colegio: la limitada comprensión del carácter relativo del movimiento y de la importancia de los Sistemas de Referencia en el análisis del movimiento de los cuerpos. La experiencia didáctica se llevó a cabo mediante el diseño e implementación de una secuencia didáctica estructurada en tres fases: inicio, desarrollo y cierre. Esta secuencia incluyó un total de cinco actividades, cada una se llevó a cabo en una sesión de aproximadamente dos horas. Las actividades buscaron construir gradualmente la comprensión de los conceptos de Sistema de Referencia y Movimiento Relativo, fomentando la participación de los estudiantes en las actividades y contribuyendo a mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Física.

Fase de inicio

Esta fase tuvo como propósito introducir y profundizar en el concepto de Sistema de Referencia y en el de la posición de los objetos, mediante el desarrollo de dos actividades realizadas en las instalaciones del colegio. En la primera actividad se pedía a los estudiantes determinar la posición de cinco objetos respecto de diferentes Sistemas de Referencia y completar unas tablas de datos con estas mediciones. Esto permitió explorar el carácter relativo de la posición, ayudando a los estudiantes a entender cómo varía dependiendo del Sistema de Referencia utilizado. Para conocer las ideas previas de los estudiantes, se les formularon preguntas de forma escrita relacionadas con los conceptos trabajados en las actividades. En la segunda actividad se les solicitó a los estudiantes realizar representaciones de las posiciones de los personas en el terreno teniendo en cuenta el Sistema de Referencia. Esta actividad facilitó la identificación de posibles errores conceptuales y fomentó el aprendizaje mediante la visualización y el razonamiento espacial.

Fase de desarrollo

Con el objetivo de que los estudiantes comprendieran la noción de Movimiento Relativo y el Principio de Relatividad de Galileo, se diseñaron dos actividades en el aula. Estas actividades integraron material didáctico y experimental, incluyendo dos carros a control remoto y un prototipo de carro balístico. La primera actividad involucró la observación y el análisis del movimiento de los carros a control remoto desde diferentes observadores. Los estudiantes analizaron el movimiento relativo entre dos carros en desplazamiento y entre un carro en movimiento y un observador en reposo, destacando la interdependencia entre la velocidad y la elección del sistema de referencia. La segunda actividad se centró en un prototipo de carro

balístico diseñado para ilustrar el Principio de Relatividad de Galileo. Durante la sesión, se explicó en detalle el funcionamiento del material experimental, poniendo énfasis en la invariancia de las leyes del movimiento dentro de sistemas de referencia inerciales. A continuación, se plantearon preguntas escritas con el objetivo de fomentar la reflexión de los estudiantes sobre las observaciones realizadas y su conexión con los conceptos teóricos. Para concluir, se pidió a los estudiantes que representarían gráficamente las trayectorias del objeto lanzado desde diferentes sistemas de referencia.

Fase de cierre

Esta fase se centró en una actividad de mapeo diseñada para consolidar y socializar las comprensiones de los estudiantes sobre los conceptos clave abordados en la experiencia didáctica. Inicialmente, los estudiantes reflexionaron sobre las actividades previas y escribieron cuatro palabras clave que consideraron esenciales, en unos post it. A continuación, trabajaron colaborativamente para clasificar y organizar estas palabras en el tablero del salón, estableciendo relaciones entre ellas. Con base en esta organización, cada grupo construyó un párrafo utilizando las palabras escogidas. La actividad culminó con la creación de una representación gráfica en papel periódico, que integró los conceptos teóricos, los párrafos redactados y las propuestas de aplicación práctica de dichos conceptos en la cotidianidad, conectándolas con las líneas de profundización que cursan desde décimo grado. Esta dinámica evaluó el impacto de la secuencia didáctica en el aprendizaje y fomentó la aplicación práctica del conocimiento.

2. Problema de la enseñanza de la Física

En el Colegio Campestre Monteverde I.E.D se aborda el movimiento de los cuerpos mediante tres ejes fundamentales: la cinemática, dinámica y estática, según la malla curricular de grado decimo del área de Física consignado en el PEI (Currea, 2003, p.62). Generalmente “el estudio comienza con cinemática, donde se establece la naturaleza relativa del movimiento y la adición de velocidades (transformación) en su forma Galileana.” (Addad, 2015, p.654). Sin embargo, tomando en cuenta lo mencionado por Addad (2018) donde indica que:

la cinemática es una descripción del movimiento que utiliza conceptos como el de trayectoria, velocidad, aceleración, la cual se debería efectuar desde un marco de referencia dado, sin embargo, este estudio del movimiento en la mayoría de los casos se estudia desde un único sistema de referencia fijo a tierra y en reposo. (p.3)

Esto permite evidenciar que en el colegio no hay una profundización en los conceptos de Sistema de Referencia ni de Movimiento Relativo. Pareciera ser que las mediciones solo se pueden hacer desde un solo sistema de referencia, por ende, el que no se estudie el movimiento de los cuerpos desde diferentes sistemas de referencia, limita la comprensión integral del carácter relativo del movimiento, como lo indica Addad (2015) donde afirma que:

En la enseñanza tradicional de la Mecánica, los estudiantes aprenden a solucionar problemas cuantitativos de un nivel bajo a medio de dificultad desde un SR (sistema de referencia) inmóvil fijo a Tierra. Así, su utilización se reduce sólo a la elección y orientación, según conveniencia, del origen y ejes de un sistema de coordenadas. (p.654)

Este texto Addad (2015) subraya la importancia de profundizar en el concepto de sistema de referencia. En la enseñanza tradicional, un sistema de referencia suele definirse como un punto de partida para aplicar las ecuaciones cinemáticas del movimiento. Sin embargo, este concepto físico es crucial para describir el movimiento en la Física, ya que diferentes observadores pueden obtener mediciones distintas del movimiento de un mismo cuerpo. Esto pone de manifiesto el papel fundamental que desempeña el observador en la caracterización del movimiento. No obstante, este aspecto a menudo se pasa por alto, al asumir de manera implícita un marco de referencia común, sin especificar si se trata de un sistema de referencia Inercial o no inercial. En este contexto, la experiencia didáctica también profundizó en el concepto de Movimiento Relativo, mostrando cómo diferentes observadores pueden realizar mediciones distintas que, mediante transformaciones como las de Galileo, pueden ser comparadas entre Sistemas de Referencia Inerciales. Esta problemática se da generalmente en toda la Educación Básica y Media y una de las causas de esto es porque en los textos

escolares desarrollados por las editoriales o por los Estándares Básicos en Competencias del MEN, no se profundiza en los conceptos básicos relacionados con el movimiento de los cuerpos, sino que se privilegia los procesos matemáticos. Un ejemplo de la poca importancia que se le da al concepto de Sistema de Referencia en los textos escolares se puede evidenciar en la Guía de Apoyo Educativo para la Enseñanza de las Ciencias Naturales, en la cual la única alusión que se hace a los Sistemas de Referencia es:

Siempre es importante especificar el marco de referencia al indicar la rapidez. En la vida diaria, por lo general al hablar de una rapidez implícitamente queremos decir “con respecto a la tierra”, pero el marco de referencia debe especificarse siempre que pueda haber confusiones. (Carvajal, 2022, p. 59)

Analizando también un texto escolar de Física de la Editorial Santillana para grado decimo, se puede evidenciar que tiene deficiencias similares, ya que solo se hace un breve recorrido histórico de cómo se ha determinado el concepto de Sistema de Referencia y se define que un “sistema de referencia es un sistema coordinado en tres dimensiones, de tal manera que la posición de un punto cualquiera P en cierto instante de tiempo está determinada por sus tres coordenadas cartesianas (x,y,z) ” (Bautista, 2008, p. 37).

Esta es una definición bastante superficial de Sistema de Referencia, ya que no se profundiza en los conceptos de Sistema de Referencia Inercial y no Inercial ni en la importancia del observador en la descripción del movimiento. En cuanto al Movimiento Relativo en un solo texto escolar analizado se dedica un apartado a este, el cual es el texto escolar Física I del Manual Esencial Santillana el cual afirma que:

Observadores en diferentes marcos de referencia pueden medir distintos desplazamientos o velocidades de un cuerpo en movimiento. Cuando dos observadores que se desplazan uno respecto al otro y no realizan observaciones ni mediciones coincidentes respecto a un mismo suceso, se dice que el movimiento es relativo al observador (Castro, 2008, p.44).

En este texto se muestra varios ejemplos de situaciones cotidianas en donde se da el movimiento de varios cuerpos y se determina la velocidad relativa de algún objeto en específico respecto a los otros, sin embargo, no se abordan las Transformaciones de Galileo. De acuerdo con lo anterior surge una reflexión crítica sobre las limitaciones actuales en la enseñanza de la Física que motiva la implementación de la experiencia didáctica con la comunidad y permite surgir la siguiente pregunta-problema:

¿Qué elementos teóricos, experimentales y didácticos debe tener una experiencia didáctica centrada en el estudio del Movimiento Relativo en el Colegio Campestre Monteverde I.E.D?

Pensando en dar respuesta a esta pregunta que orienta el trabajo se proponen los siguientes objetivos.

3. Objetivos de la experiencia

Objetivo General

Diseñar e implementar una experiencia didáctica en donde se aborde los conceptos de Movimiento Relativo y Sistema de Referencia con los estudiantes de decimo grado del Colegio Campestre Monteverde I.E.D.

Objetivos Específicos

- Indagar las ideas previas sobre Movimiento Relativo y Sistemas de Referencia que tienen los estudiantes.
- Reconocer la importancia del observador en el estudio del movimiento a través de los Sistemas de Referencia.
- Construir material didáctico y experimental que aporten a la secuencia didáctica.
- Implementar una secuencia didáctica centrada en el Movimiento Relativo en el contexto escolar del Colegio Campestre Monteverde I.E.D.
- Evaluar y sistematizar los resultados obtenidos al implementar la secuencia didáctica.

4. Población beneficiada

La experiencia didáctica se llevó a cabo con los estudiantes de grado decimo de la sede A del Colegio Campestre Monteverde I.E.D, la cual “está situada en el kilómetro 5,5 en la vía que de Bogotá conduce a La Calera, en el barrio San Luis, perteneciente a la localidad de Chapinero, en una zona urbano marginal, muy cerca de los límites de Bogotá” (Garzón, 2017, p.2). El colegio cuenta con “tres jornadas académicas, mañana, tarde y noche, donde las dos primeras son de educación tradicional y la noche donde se imparte educación a personas mayores que por razones más que todo laborales no han podido terminar su educación” (Garzón, p.5). Esto permite que la totalidad de la población en donde el colegio tiene influencia cuente con acceso a la Educación Básica y Media y no necesiten desplazarse a otras partes de Bogotá D.C o a el municipio de la Calera para acceder a su educación.

El colegio está ubicado en los cerros orientales en la región del páramo de San Francisco y las Moyas, la cual es una zona de reserva forestal. La gran “variedad de fauna y flora y los yacimientos de agua, por una parte, por otra, la riqueza y expansión ecoturística (de la zona) hacen que el énfasis (del colegio) se afiance en medio ambiente” (Currea, p.16). En el colegio los estudiantes acompañados de los profesores adelantan periódicamente jornadas de visita y limpieza de las fuentes hídricas y páramos aledaños al barrio San Luis y concientizan a la comunidad sobre la importancia del cuidado del medio ambiente. El colegio es de carácter rural por su ubicación cerca a los páramos y porque un gran porcentaje de la población del barrio ha realizado actividades asociadas a la agricultura. Debido a esto en el colegio se cultivan varias huertas orgánicas con diversos alimentos, sin uso de fertilizantes químicos, con el objetivo de que los estudiantes puedan aprovechar el potencial agrícola que hay en sus hogares y territorios.

El PEI del colegio (Currea, p.21) busca la convivencia sana de toda comunidad estudiantil. Para lograr esto el departamento de Psico-Orientación y los docentes desarrollan periódicamente jornadas de concientización con los estudiantes, para que estos lleven una convivencia sana y se solucione pacíficamente las diferencias. Estas iniciativas están acompañadas de actividades en donde los estudiantes desarrollan la escritura de relatos, microrrelatos y cuentos, promoviendo que ellos expresen sus sentimientos e ideas y desarrollen sus habilidades escriturales. Estos textos son publicados en distintas revistas como “el microrrelato”, “del texto hiperbreve al microrrelato” o “hojas y palabras”, para que puedan ser leídos por toda la comunidad estudiantil y se pueda premiar los mejores relatos.

En el colegio se realiza recurrentemente actividades en donde participan estudiantes, profesores y personal enviado por la Alcaldía Mayor de Bogotá, en las cuales se reflexiona

sobre las problemáticas sociales que aquejan a la comunidad local y al país. Como lo son la pobreza, la delincuencia, el consumo de sustancias psicoactivas, el embarazo no deseado. Las actividades que se desarrollan en estos espacios están relacionadas con la divulgación del Informe de la Comisión de la Verdad y el Acuerdo Final de Paz. Se han desarrollado varios trabajos de investigación en el colegio sobre diferentes aspectos entre esos un análisis de la calidad de las fuentes hídricas en el páramo las Moyas con estudiantes de bachillerato, sobre la incorporación de la catedra de la paz en el currículo de primaria y respecto a las perspectivas de la educación virtual en épocas de pandemia. Todas llevadas a cabo satisfactoriamente.

El colegio cuenta con un laboratorio de física; sin embargo, a pesar de disponer de este espacio, el equipamiento de laboratorio es limitado. Solo se encuentran algunos dispositivos, como una balanza de laboratorio, algunos instrumentos de óptica y probetas de vidrio, pero la mayoría de los equipos están inoperativos debido a la falta de mantenimiento. Además, los instrumentos disponibles no están relacionados con el estudio del movimiento de los cuerpos.

5. Justificación del desarrollo de la investigación

La justificación de llevar a cabo el diseño e implementación de la experiencia didáctica con los estudiantes de grado décimo del Colegio Campestre Monteverde I.E.D. se basa en las limitaciones identificadas en la malla curricular del área de Física (Currea, p. 62), particularmente en lo relacionado con el estudio del movimiento relativo y los sistemas de referencia. Estas deficiencias, evidentes tanto en el currículo como en los textos escolares, minimizan la relevancia de estos conceptos para una comprensión integral del movimiento, lo que pone de manifiesto la necesidad de fortalecer y enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esto sucede en la mayoría de los casos porque se obvia estos conceptos y se cree que no tienen mayor trascendencia, sin embargo, son imprescindibles para que los estudiantes comprendan el carácter relativo del movimiento y se pueda hacer una buena descripción de este como afirma Hoyos y Pocovi (2014):

La descripción del movimiento de un cuerpo requiere ineludiblemente la introducción de un sistema de coordenadas espaciales que permitan identificar unívocamente cada punto del espacio físico de interés, y una coordenada temporal que permita determinar el orden cronológico de sucesos en cualquier punto del espacio. A este conjunto de coordenadas espaciotemporal se lo denomina Sistema de Referencia. (p.1)

Por ello, es fundamental que, mediante la implementación de esta experiencia didáctica, los estudiantes profundicen en conceptos como el Sistema de Referencia, el Movimiento Relativo, el Principio de Relatividad de Galileo y las Transformaciones de Galileo. Como señalan Hoyos y Pocoví (2014) “A nuestro criterio, dichas transformaciones están ‘subvaluadas’ en los textos, ya que en la mayoría están limitadas a una lista de ecuaciones y su potencial en otros temas no es explotado” (p. 7). Esto resulta especialmente relevante porque estas transformaciones responden a preguntas esenciales, como si el cambio de Sistema de Referencia afecta la observación del movimiento de un cuerpo, permitiendo una comprensión más integral de los fundamentos de la Física.

El aprendizaje de estos temas no solo facilita una comprensión más profunda del movimiento de los cuerpos, sino que también favorece la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos en diversas áreas, como el cuidado del medio ambiente, la comunicación social y la resolución de problemáticas sociales. Estas temáticas son abordadas por los estudiantes a partir de grado décimo, en el marco de sus líneas de profundización, lo que les permite conectar los conceptos teóricos con su entorno cotidiano. El concepto de Sistema de Referencia es particularmente relevante en diversas disciplinas, como las ciencias

sociales, ya que muestra cómo un mismo fenómeno puede ser observado desde distintas perspectivas, dependiendo de la posición o punto de vista de cada individuo.

Un antecedente fundamental para el diseño e implementación de la experiencia didáctica fue la monografía titulada "Consideraciones acerca del principio de inercia como fundamento para el análisis del movimiento y sus aplicaciones didácticas en la enseñanza media", elaborada por Echavarría, Muñoz y Ospina (2003). Este trabajo presenta una propuesta para abordar el estudio del movimiento de los cuerpos desde el concepto de la relatividad galileana, permitiendo identificar los sistemas de referencia desde los cuales se observa el movimiento (Echavarría et al., 2003, p. 9). A través de un análisis crítico del Principio de Inercia y de cómo se enseña este concepto en los libros de texto de grado décimo, los autores sugirieron una estrategia didáctica que incluye cinco talleres enfocados en el movimiento relativo de los cuerpos. Este antecedente inspiró el diseño de la secuencia didáctica, que se concretó en el desarrollo de 7 guías, en las cuales se plantean preguntas, se pide hacer algunas mediciones y graficar la trayectoria de los proyectiles.

Otro antecedente relevante fue una actividad realizada por Lia y Fonseca (2016), cuyo objetivo era estudiar el concepto de velocidad relativa. En su trabajo, los autores afirman:

"Hemos elaborado y aplicado en el aula una actividad experimental basada en una situación real de lanzamiento de proyectil, con el objetivo de analizar su movimiento en diferentes sistemas de referencia. Este fenómeno, aparentemente inusual, es el punto de partida para contextualizar los conceptos asociados a la transformación de sistemas de referencia en movimiento relativo" (p. 1).

En esta experiencia, se utilizó un prototipo de carro balístico, que consiste en un pequeño tren eléctrico que se desplaza a velocidad constante sobre una carrilera. Este tren está diseñado para lanzar un proyectil de forma vertical, haciendo que el proyectil siga una trayectoria parabólica y regrese al tren, independientemente del movimiento del sistema de referencia inercial. Este enfoque experimental, basado en la observación práctica de fenómenos físicos, proporcionó valiosas lecciones que fueron consideradas en el diseño de la experiencia didáctica propuesta, especialmente en la actividad 4, donde se desarrolló un prototipo de carro balístico para explicar y poner a prueba el Principio de Relatividad Galileana.

6. Elementos teóricos abordados

Los elementos teóricos que fundamentaron la secuencia didáctica y se abordaron a través de las actividades desarrolladas, fueron los siguientes:

Sistema de Referencia

En la enseñanza no tradicional un sistema de referencia se puede definir como "un cuerpo (o sistema de cuerpos) respecto al cual un observador determina la posición y describe el movimiento de los objetos" (Aguirre, 2008, p. 33). En este sentido, se puede entender un sistema de referencia como una estructura conceptual que permite a los observadores ubicar y analizar la posición de un punto, así como las magnitudes de velocidad y aceleración asociadas a un sistema determinado. Este marco incluye elementos clave, como un origen, O, que sirve como punto de partida para definir la posición, y direcciones que actúan como guía para las mediciones.

La elección de un sistema de referencia es crucial en el ámbito de la física. Como señala Aguirre (2008), "cada observador puede elegir el sistema de su preferencia, y la subsiguiente descripción podrá ser diferente para cada uno" (p. 33). Esta afirmación implica que dos observadores situados en diferentes sistemas de referencia pueden interpretar el mismo fenómeno de maneras distintas, dependiendo de su propio marco de referencia. Además, "el estudio del movimiento y de las interacciones de un cuerpo implica la determinación de la posición, la velocidad y la aceleración en función del tiempo respecto de un sistema de referencia elegido" (Hoyos y Pocovi, 2014, p. 1). Esto subraya la necesidad de establecer un sistema de referencia adecuado para analizar el comportamiento de un objeto, permitiendo medir cómo varía su posición con el tiempo.

Sistema de Referencia Inercial

Un sistema de referencia inercial es aquel desde el cual se puede observar que un cuerpo no está sujeto a fuerzas externas, lo que implica que se encuentra en reposo o se mueve con velocidad constante. Como señala Addad (2018):

"uno de los límites en la validez de las Leyes de la Mecánica de Newton es que se restringe a los llamados Sistemas de Referencia Inerciales (SRI), cuya definición primaria se puede formular como aquellos desde los cuales se observa a la partícula libre con aceleración nula" (p. 3).

Un objeto que no está sujeto a fuerzas externas continuará en su estado de movimiento, cumpliendo así con las leyes del movimiento de Newton.

Sistema de Referencia no Inercial

Un sistema de referencia no inercial es aquel desde el cual se observa que un cuerpo está sometido a fuerzas externas que provocan que este cuerpo se mueva con una aceleración en relación con un sistema de referencia inercial. Debido a esta aceleración, surgen las denominadas fuerzas ficticias o fuerzas de inercia, las cuales no tienen origen en interacciones físicas reales. Como explica Alonso (2015):

"Estas fuerzas falsas (no corresponden a interacciones) actuarían en sentido contrario a la aceleración y su valor sería igual al producto de la masa del cuerpo sobre el que se ejerce esa fuerza de inercia por la aceleración del sistema de referencia." (p. 5)

La aparición de estas fuerzas se debe a que los sistemas de referencia no inerciales no están en reposo ni mantienen una velocidad constante en relación con un sistema de referencia inercial, lo que dificulta la descripción adecuada del movimiento de los cuerpos. Un ejemplo cotidiano de un sistema de referencia no inercial se observa viajando en algún vehículo. Según Cordero y Soto (2009):

La experiencia en un vehículo que aumenta o disminuye fuertemente su velocidad es de una fuerza que no está entre las anteriores. El pasajero también siente una fuerza cuando el vehículo toma una curva a cierta velocidad. Estas fuerzas son propias de los sistemas de referencias no inerciales. Ellas no se deben a fuerzas moleculares o gravitacionales, sino a que nuestro sistema de referencia no tiene una velocidad uniforme (p. 150).

En un sistema de Referencia no inercial, las leyes de Newton no son directamente aplicables. Por ello, las fuerzas ficticias se añaden como términos adicionales en las ecuaciones del movimiento, permitiendo que las descripciones físicas sean consistentes dentro del Sistema de Referencia acelerado.

Movimiento Relativo de Translación Uniforme

El Movimiento Relativo se define como el "movimiento que tiene el punto (un objeto) para un observador situado en el sistema móvil" (Ramírez y Lizaga, 2015, p. 21). Este concepto físico destaca que el movimiento no es absoluto, sino que depende del punto de observación elegido para analizarlo. Como señala Echavarría (2003):

"El movimiento no es absoluto, sino que depende de un punto de observación que se asuma para verlo y analizarlo; o sea que, no existe una sola trayectoria propiamente dicha, sino únicamente trayectorias con relación a un cuerpo de referencia determinado" (p. 30).

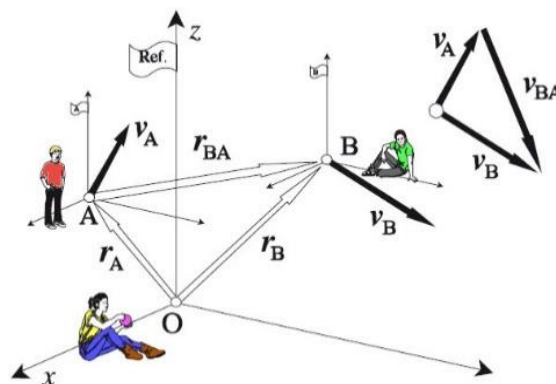
El carácter relativo del movimiento se debe a que este siempre debe describirse en relación con un sistema de referencia particular, elegido por el observador. Por lo tanto, diferentes observadores, al utilizar sistemas de referencia distintos, pueden percibir trayectorias, velocidades y direcciones diferentes para el mismo objeto. Como explican Alonso y Finn (1967) "es importante conocer la forma en que están relacionadas las observaciones hechas por diferentes observadores, ya que el movimiento siempre debe referirse a un sistema particular de referencia" (p. 121). Este concepto es fundamental en física, ya que permite comprender que no existe un movimiento único o absoluto.

Velocidad Relativa

Tal como la posición de un cuerpo depende del observador, la velocidad y, en consecuencia, la rapidez también depende del sistema de referencia desde el cual se describa. Esto se debe a que el movimiento de un cuerpo no puede definirse de forma absoluta, sino que siempre está relacionado con un sistema de referencia en particular. Según Campus Virtual Global (CVG, 2014), "la velocidad que un observador determinado percibe es la velocidad relativa a él o simplemente velocidad relativa. O sea, el movimiento es relativo al eje de referencia, relativo al sistema de referencia que hayamos elegido" (p. 1). El concepto de velocidad relativa destaca la importancia del sistema de referencia en la descripción del movimiento.

Figura 1

Velocidad relativa de un cuerpo respecto a otro



Nota. Se presentan dos cuerpos, A y B, y un Sistema de Referencia O desde el cual se mide la posición de ambos cuerpos, así como la posición de B en relación con A. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Velocidad_relativa

Si un cuerpo se mueve respecto de otro, su velocidad relativa se determina a partir del análisis vectorial representado en la figura 1. Se deduce la ecuación 1 mediante la suma de vectores.

$$\vec{r}_B = \vec{r}_A + \vec{r}_{BA} \qquad \vec{r}_{BA} = \vec{r}_B - \vec{r}_A \qquad (1)$$

Haciendo una derivación a la ecuación 1 podemos encontrar la velocidad relativa de un cuerpo B respecto de un cuerpo A, el cual se denota v_{BA} .

$$\frac{d(\vec{r}_{BA})}{dt} = \frac{d(\vec{r}_B)}{dt} - \frac{d(\vec{r}_A)}{dt} \quad \vec{v}_{BA} = \vec{v}_B - \vec{v}_A \quad (2)$$

A partir de la suma vectorial de las velocidades representada en la figura 1, se obtiene también la ecuación 3, que relaciona v_{BA} y v_{AB} .

$$\vec{v}_{AB} = \vec{v}_A - \vec{v}_B \quad \vec{v}_{BA} = -\vec{v}_{AB} \quad (3)$$

Derivando las ecuaciones 2 y 3 con respecto al tiempo, se obtiene la ecuación 5, que describe la aceleración relativa entre dos cuerpos.

$$\frac{d(\vec{v}_{BA})}{dt} = \frac{d(\vec{v}_B)}{dt} - \frac{d(\vec{v}_A)}{dt} \quad \frac{d(\vec{v}_{AB})}{dt} = \frac{d(\vec{v}_A)}{dt} - \frac{d(\vec{v}_B)}{dt} \quad (4)$$

$$\vec{a}_{BA} = \vec{a}_B - \vec{a}_A \quad \vec{a}_{AB} = \vec{a}_A - \vec{a}_B \quad (5)$$

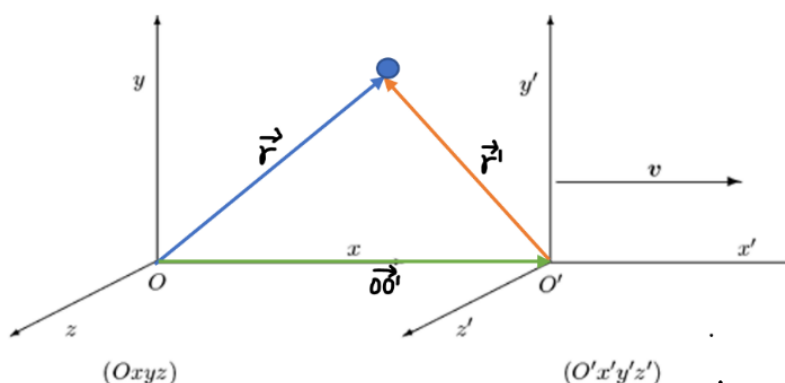
En general, si dos observadores miden la velocidad de un cuerpo en movimiento obtienen diferentes resultados si uno de ellos se mueve en relación con el otro.

Principio de Relatividad de Galileo

El Principio de Relatividad Galileana establece que las leyes de la física son idénticas en todos los sistemas de referencia inerciales. Como explica Addad (2018), "es imposible determinar, en base a experimentos mecánicos, si un sistema de referencia está en reposo o en movimiento uniforme y rectilíneo" (p. 3). Esto implica que dos sistemas en movimiento rectilíneo uniforme son completamente equivalentes desde el punto de vista mecánico.

Figura 2

Posición de un cuerpo respecto de dos Sistemas de Referencia Inerciales



Nota. Se considera un Sistema de Referencia O, que se encuentra en reposo, y otro O', que se desliza a velocidad constante respecto a O. En este contexto, se puede determinar la invarianza de la aceleración de un cuerpo en ambos Sistemas de Referencia. Recuperado de <https://acortar.link/uALlrR>

A partir del análisis de la figura 2, se deducen las relaciones que conforman la ecuación 6.

$$\overrightarrow{OO'} = \overrightarrow{v_{O'}} t \quad \overrightarrow{v_{O'}} = \vec{v} = \text{constante} \quad (6)$$

A partir de la suma vectorial de los vectores de posición representados en la figura 2, se obtiene la ecuación 7, que define el vector posición de un cuerpo con respecto al Sistema de Referencia O en reposo.

$$\vec{r} = \vec{r'} + \overrightarrow{OO'} = \vec{r'} + \overrightarrow{v_{O'}} t \quad (7)$$

Mediante la suma vectorial de los vectores de posición representados en la figura 2, se obtiene la ecuación 7, que define el vector posición de un cuerpo con respecto a O.

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d\vec{r'}}{dt} + \frac{d(\overrightarrow{v_{O'}} t)}{dt} \quad \vec{v} = \vec{v'} + \overrightarrow{v_{O'}} \quad (8)$$

Derivando la ecuación 8, se obtiene la aceleración relativa del cuerpo con respecto a O.

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{v'}}{dt} + \frac{d(\overrightarrow{v_{O'}})}{dt} \quad \vec{a} = \vec{a'} \quad (9)$$

La ecuación 9 establece que la aceleración de un cuerpo es la misma tanto en O como en O'.

Dado que la masa es invariante en ambos sistemas inerciales, al multiplicar la ecuación 9 por la masa se obtiene la misma fuerza neta en ambos sistemas.

$$\overrightarrow{ma} = \overrightarrow{ma'} \quad \vec{F} = \vec{F'} \quad (10)$$

Como se puede evidenciar en las ecuaciones 9 y 10, las magnitudes físicas, como la aceleración y la fuerza, permanecen invariantes al cambiar de un sistema de referencia inercial a otro en movimiento rectilíneo uniforme. Tal como señala Alonso y Finn (1967):

"Hemos encontrado que la aceleración permanece invariante cuando se pasa de un sistema de referencia a otro que se encuentra en movimiento relativo de traslación uniforme. Es la primera vez que encontramos una cantidad física que permanece invariante bajo una transformación." (p. 165).

Dicho de otra manera, la aceleración de un cuerpo no depende del sistema de referencia inercial desde el cual se mida.

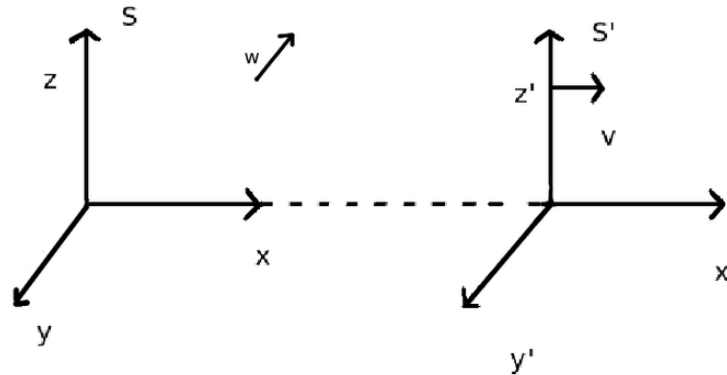
Transformaciones de Galileo

Galileo Galilei fue uno de los pioneros en estudiar y explicar la relatividad del movimiento. Para describir cómo se percibe el movimiento de un cuerpo desde diferentes sistemas de referencia, Galileo formuló un conjunto de ecuaciones conocidas como Transformaciones de Galileo. Según Addad (2018), "estas transformaciones no solo imponen restricciones sobre la forma que pueden tener las leyes físicas, sino que también actúan como

traductores de los valores obtenidos por observadores situados en diferentes sistemas de referencia" (p. 4).

Figura 3

Transformaciones de Galileo



Nota. Se consideran dos Sistemas de Referencia Inerciales, en donde S está en reposo y S' se mueve a una velocidad constante v. En este contexto, las observaciones de la posición y la velocidad de un cuerpo pueden compararse mediante las Transformaciones de Galileo, las cuales permiten relacionar las coordenadas espaciales y temporales entre ambos Sistemas de Referencia. Recuperado de <https://acortar.link/CLO7ZP>

En la figura 3 se muestra que S' se mueve a velocidad constante. La ecuación 11, expresa la velocidad de S' en componentes, la cual se multiplica por el tiempo para obtener el desplazamiento de S' en función del tiempo.

$$\vec{v} = (v_x \hat{i} + v_y \hat{j} + v_z \hat{k}) \quad \vec{v} t = (v_x \hat{i} + v_y \hat{j} + v_z \hat{k}) t \quad (11)$$

Considerando los vectores representados en las figuras 2 y 3, su suma vectorial permite determinar la posición de un cuerpo con respecto al sistema de referencia S. Esta posición se expresa en la ecuación 12.

$$\vec{x} = \vec{x'} + \vec{v} t \quad \vec{x'} = \vec{x} - \vec{v} t \quad (12)$$

Sustituyendo la ecuación 11 en la ecuación 12, se obtiene la posición del cuerpo analizado en términos de las coordenadas de los Sistemas de referencia S y S', lo cual se expresa en la ecuación 15.

$$(x' \hat{i} + y' \hat{j} + z' \hat{k}) = (x \hat{i} + y \hat{j} + z \hat{k}) - (v_x t \hat{i} + v_y t \hat{j} + v_z t \hat{k}) \quad (13)$$

$$(x' \hat{i} + y' \hat{j} + z' \hat{k}) = (x - v_x t) \hat{i} + (y - v_y t) \hat{j} + (z - v_z t) \hat{k} \quad (14)$$

$$\begin{cases} x' = x - v_x t \\ y' = y - v_y t \\ z' = z - v_z t \end{cases} \quad \begin{cases} x = x' + v_x t \\ y = y' + v_y t \\ z = z' + v_z t \end{cases} \quad (15)$$

Dado que el movimiento ocurre únicamente a lo largo del eje x, se tiene que $v_y = v_z = 0$ y $v_x = v_0$. Al derivar la ecuación 15 una y dos veces respecto al tiempo, se obtiene la ecuación 16.

$$\begin{cases} x = x' + v_0 t \\ y = y' \\ z = z' \end{cases} \quad \begin{cases} v_x = v_x' + v_0 \\ v_y = v_y' \\ v_z = v_z' \end{cases} \quad \begin{cases} a_x = a_x' \\ a_y = a_y' \\ a_z = a_z' \end{cases} \quad (16)$$

El tiempo es una invariante de Galileo $t = t'$. La ecuación 17 son las Transformaciones Galileanas, las cuales describen el movimiento relativo de un cuerpo desde dos Sistemas de Referencia Inerciales.

$$\begin{aligned} x &= x' + vt & y &= y' & z &= z' & t &= t' \\ v_x &= v_x' + v & v_y &= v_y' & v_z &= v_z' \\ a_x &= a_x' & a_y &= a_y' & a_z &= a_z' \end{aligned} \quad (17)$$

La ecuación 17 vinculan los vectores de posición, velocidad y aceleración entre dos sistemas de referencia inerciales: uno en reposo y otro en movimiento rectilíneo uniforme respecto al primero. Estas transformaciones son fundamentales para comprender cómo las observaciones varían dependiendo del sistema de referencia desde el cual se realicen.

7. Elementos didácticos y pedagógicos

Los elementos didácticos y pedagógicos que se tuvieron en cuenta en el diseño e implementación de la experiencia didáctica con los estudiantes fueron seleccionados con el propósito de fortalecer el aprendizaje y fomentar la participación de los estudiantes en ella. En el desarrollo de la secuencia didáctica, se integraron aspectos del modelo pedagógico constructivista, lo que permitió que los estudiantes construyeran su conocimiento de manera autónoma y significativa. Al mismo tiempo, se promovió que los estudiantes idearan proyectos prácticos, los cuales favorecieron la colaboración, el pensamiento crítico y la creatividad. Adicionalmente, se incorporó la actividad de mapeo, que resultó fundamental dada la naturaleza de las temáticas abordadas, facilitando la visualización y organización de los conceptos clave y promoviendo una comprensión más profunda del contenido.

Secuencia didáctica

Las secuencias didácticas, según Tobón (2010), son "conjuntos articulados de actividades de aprendizaje y evaluación que, con la mediación de un docente, buscan el logro de determinadas metas educativas, considerando una serie de recursos" (p. 20). Este enfoque subraya la importancia de organizar las actividades de forma que favorezcan un aprendizaje continuo y evaluable durante todo el proceso. En este contexto, se diseñó una secuencia didáctica estructurada con un conjunto de guías claras y coherentes, que facilitó el desarrollo de las actividades y permitió a los estudiantes aprender progresivamente los conocimientos a medida que avanzaban en ellas.

Según Caamaño (2013), "en el contexto de la investigación didáctica, este proceso se realiza de manera más estructurada, utilizando métodos cualitativos y cuantitativos para recoger datos que ayuden a mejorar y afinar las estrategias pedagógicas empleadas" (p. 5). Estos datos hallados en las actividades no solo enriquecen la experiencia didáctica, sino que también proporcionan una base sólida para realizar ajustes que optimicen la participación de los estudiantes y aumenten la efectividad del proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, las actividades realizadas incluyeron preguntas conceptuales, toma de mediciones y la recopilación de datos. Estas estrategias no solo profundizaron la comprensión de los conceptos, sino que también impulsaron el desarrollo de habilidades prácticas, analíticas y científicas esenciales para su formación integral.

Actividad de mapeo

La actividad de mapeo desempeñó un papel fundamental en el fomento del trabajo colaborativo entre los estudiantes. Mediante diversas dinámicas, los estudiantes compartieron conocimientos, intercambiaron puntos de vista y colaboraron activamente en la elaboración de las representaciones graficas solicitadas. Este enfoque transformó el mapeo en una herramienta poderosa para el análisis crítico y la organización del conocimiento, ampliando la comprensión de los contenidos abordados.

Además, esta técnica facilitó la visualización clara de las relaciones entre conceptos, promoviendo no solo la organización de ideas, sino también el desarrollo de habilidades de análisis crítico. Como destacan Ares y Risler (2013), “el mapeo se conecta a un proceso de organización mediante un trabajo colaborativo en soportes gráficos y visuales” (p. 7). El enfoque colaborativo enriqueció significativamente el ambiente de aprendizaje y permitió que los estudiantes trabajarán en un entorno de intercambio mutuo y apoyo colectivo.

8. Descripción del material didáctico construido

El diseño y construcción del material didáctico y experimental que se elaboró para el desarrollo de las cinco actividades de la secuencia didáctica tuvo como propósito principal facilitar la comprensión de conceptos físicos fundamentales, como el Movimiento Relativo, el Principio de Relatividad de Galileo y los Sistemas de Referencia. Este material fue adaptado cuidadosamente a las necesidades específicas de cada actividad, caracterizándose por tener un bajo costo y estar compuesto de objetos de fácil acceso en el comercio. Esta estrategia garantizó que las actividades fueran accesibles, económicas y conectadas con la experiencia cotidiana de los alumnos, permitiendo a los estudiantes observar e interactuar directamente con los materiales, promoviendo un aprendizaje significativo y fortaleciendo su comprensión de los conceptos en un contexto real.

Figura 4

Imágenes laminadas colocadas en el tablero



Nota. Se muestra cinco imágenes laminadas de objetos cotidianos y tres puntos de colores diferentes (que representan los orígenes de los Sistemas de Referencia), colocados en varios puntos del tablero.

En la actividad 1 se abordó el concepto de Sistema de Referencia utilizando un material didáctico compuesto por cinco imágenes laminadas de objetos cotidianos de pequeño tamaño y tres puntos de diferentes colores como se muestra en la figura 4. Estas imágenes tenían un imán adherido en la parte trasera de la imagen para facilitar su adhesión en el tablero. El material permitió a los estudiantes calcular la posición de los objetos en el tablero desde cada uno de los puntos, por lo tanto, se hizo una comprensión del concepto de Sistemas de Referencia y el de la posición de los objetos.

Figura 5

Movimiento Relativo de los carros a control remoto en una dimensión

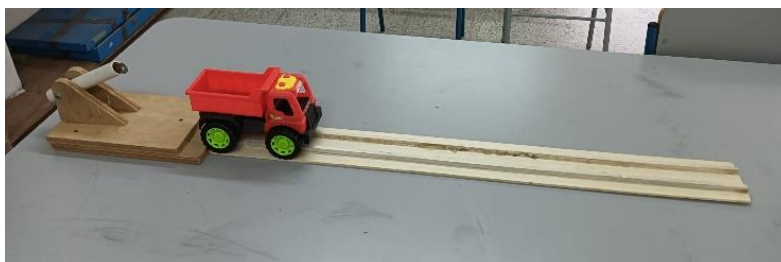


Nota. Se utilizó dos carros a control remoto de pequeño tamaño, dispuestos uno detrás del otro en dos puntos separados por una distancia de 30 centímetros. Los carros se colocan en estas posiciones justo antes de ser puestos en movimiento, permitiendo estudiar el movimiento de los carros desde diferentes Sistema de Referencia.

En la actividad 3 tenía como objetivo abordar la noción de Movimiento Relativo en una dimensión. Para ello, se utilizó un material didáctico que incluía dos carros a control remoto pequeños, los cuales se muestran en la figura 5. Estos se desplazaban a una velocidad aproximada de 1 m/s. Se analizo diferentes situaciones en donde los carros estaban acercándose, alejándose y moviéndose uno detrás del otro y se pidió calcular la velocidad relativa del carro amarillo (carro 2) con respecto al carro gris (carro 1) y a un observador en tierra en cada situación, para de esta forma comprender la noción de movimiento relativo de una forma simple y acorde a la cotidianidad. Se utilizo también cinta adhesiva negra, un cronómetro y un metro metálico.

Figura 6

Prototipo de carro balístico usando un cañón y un carro



Nota. Construcción de un prototipo de carro balístico que consta de un cañón y un carro de plástico el cual se desplaza a velocidad constante a lo largo de una superficie de madera. Este diseño permite analizar fenómenos físicos relacionados con el Movimiento Relativo, la trayectoria de proyectiles y el Principio de Relatividad de Galileo.

En la actividad 4, se diseñó y construyó un prototipo de carro balístico para explicar el Principio de Relatividad de Galileo y el Movimiento Relativo, tal como se muestra en la figura 6. Este dispositivo consistía en un cañón fabricado con una base de madera, un tubo de plástico PVC de media pulgada y un resorte. Al comprimir manualmente el resorte y soltarlo, se lanzaba una canica de cristal describiendo una trayectoria parabólica con el objetivo de que cayera en un carro plástico. Este carro fue empujado en el mismo momento en que la canica fue disparada, desplazándose en la misma dirección sobre una superficie de madera, la cual tenía dos rieles que garantizaban un movimiento rectilíneo. Además, la fricción en la superficie de madera era mínima, lo que permitía asumir que el carro se movía a velocidad constante después de ser impulsado. El experimento permitía observar que la componente horizontal de la velocidad de la canica como la del carro se mantienen constantes y son las mismas, independientemente de las trayectorias de ambos objetos.

Figura 7

Prototipo de carro balístico usando un carro y una superficie elástica



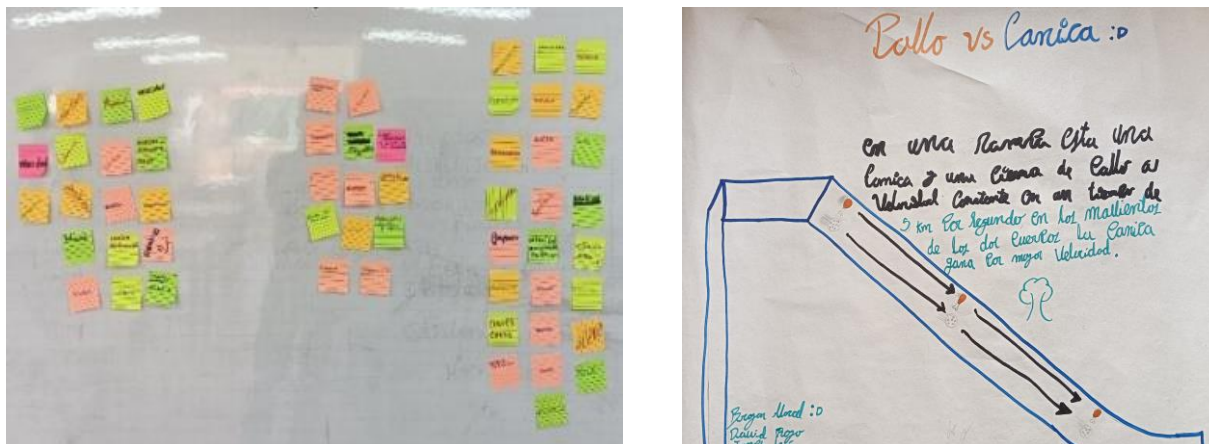
Nota. Se hizo una variación en el material experimental donde el carro de plástico incluye un tambor que posee una superficie elástica de látex. Esta característica permite que, al dejar caer la canica en el tambor esta rebote y unos momentos después esta vuelva a caer sobre carro el cual se desplaza a velocidad constante, permitiendo explicar el Principio de Relatividad de Galileo.

También se mostró en la actividad 4, otro prototipo de carro balístico, el cual se muestra en la figura 7. En este prototipo, una persona soltaba una canica en caída libre desde una altura de 50 cm con el objetivo de que cayera sobre un carro de plástico. Este carro tenía un tambor con una superficie elástica de látex. Al impactar contra esta superficie, la canica rebotaba, describiendo un movimiento parabólico antes de volver a caer en el carro. Este experimento permitió explicar cómo el carro actúa como un sistema de referencia inercial. Al caer en dicho sistema, la canica adquiere un componente horizontal de velocidad generado por el movimiento del carro. Este componente, combinado con la aceleración gravitacional, genera el movimiento

parabólico de la canica. Como resultado, la canica vuelve a caer exactamente en el carro, ya que ambos comparten el mismo movimiento horizontal.

Figura 8

Post it y papel periódico utilizados en la actividad de mapeo



Nota. Se muestra los post it y pliegos de papel periódico utilizados en la actividad de mapeo, los cuales fueron un material didáctico importante para que los estudiantes escribieran sus ideas sobre los conceptos abordados en la secuencia didáctica.

La actividad 5 consistió en una actividad de mapeo. Para ello, los estudiantes utilizaron notas adhesivas (post it) en las que escribieron cuatro palabras clave como respuesta a cuatro preguntas planteadas por el docente. Estas notas se colocaron en el tablero, permitiendo una organización visual de las ideas principales. Posteriormente, se utilizaron pliegos de papel periódico como soporte para que los estudiantes representarán gráficamente sus ideas, integrando un párrafo redactado con las palabras clave previamente seleccionadas. En este párrafo, los estudiantes propusieron aplicaciones prácticas relacionadas con el movimiento relativo y los sistemas de referencia, conectándolas con las líneas de profundización (cuidado medioambiental y comunicación social) que desarrollan en el colegio. Este enfoque no solo facilitó la comprensión de los conceptos, sino que también promovió la creatividad y la conexión entre la teoría y su aplicación en la vida cotidiana.

9. Sistematización de la implementación

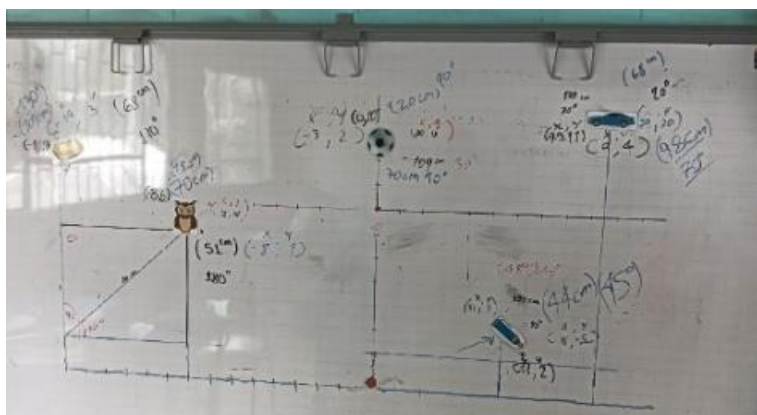
La secuencia didáctica desarrollada con los estudiantes se estructuró en cinco actividades, cada una diseñada con un objetivo específico, tal como se detalla a continuación:

Actividad 1: Ubicando en pares ordenados los objetos en el tablero

El objetivo de aprendizaje de esta actividad era que los estudiantes identificarán la importancia del Sistema de Referencia en la determinación de la posición de los cuerpos. Para ello la actividad comenzó colocando cinco imágenes de objetos cotidianos en diferentes posiciones del tablero, junto con tres puntos de distintos colores que representaban los orígenes de los Sistemas de Referencia. Los estudiantes, organizados en grupos de cuatro estudiantes, pasaron al tablero y ubicaron las posiciones de los objetos en el tablero desde el Sistema de Referencia que se les indicó.

Figura 9

Estudiantes calculando la posición de los objetos



muestra en la tabla 1. En esta tabla, los estudiantes debían registrar las coordenadas de posición x y y , así como la magnitud (distancia) y la dirección del vector de posición de cada objeto en relación con el Sistema de Referencia que establecieron ellos.

Tabla 1

Tablas de datos con las mediciones de la posición de los objetos

Sistema de Referencia			Balón		Búho		Marcador		Borrador		Carro	
Color Punto	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
			0	10	-8	6	5,5	2	-14	9	9,5	11
			Distancia	Dirección	Distancia	Dirección	Distancia	Dirección	Distancia	Dirección	Distancia	Dirección
			70cm	90°	70cm	150°	44cm	45°	109cm	130°	98cm	70°

Sistema de Referencia			Balón		Búho		Marcador		Borrador		Carro	
Color Punto	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
			30	18	12	10	42	3	0	16	50	20
			Distancia	Dirección	Distancia	Dirección	Distancia	Dirección	Distancia	Dirección	Distancia	Dirección
			109	30°	50	40°	132	10°	18	70°	133	30°

Nota. En esta tabla, cada estudiante registró las mediciones de las posiciones de los objetos ubicados en el tablero, tomando como referencia el sistema de referencia que se les indicó.

Al analizar la Tabla 1, se puede apreciar que los estudiantes hallaron de manera satisfactoria los datos solicitados. Utilizando los instrumentos de medición dados, los estudiantes llevaron a cabo el proceso para obtener las posiciones de los objetos por sí mismos. Esto evidencia un aprendizaje significativo sobre cómo establecer un sistema de referencia, así como sobre su concepto y su importancia para determinar la posición de los objetos. Estos datos fueron importantes para que los estudiantes contestarán correctamente las preguntas planteadas a continuación en la guía. Con el fin de indagar las ideas previas de los estudiantes sobre los sistemas de referencia y evaluar cómo los estudiantes vinculaban la actividad con dicho concepto, se formularon cinco preguntas específicas. La primera de estas se presenta en la figura 10.

Figura 10

Pregunta 1: ¿Cuál fue la unidad de medida y su equivalencia en centímetros?

Un Cuadro del tablero que mide al rededor de 40cm de largo
 2 Cuadros fue la unidad y su equivalencia 8cm

Nota. Las respuestas proporcionadas por dos estudiantes a la pregunta permiten identificar las unidades de medida que seleccionaron para determinar la posición de los objetos mediante coordenadas.

El análisis de la pregunta presentada en la figura 10 evidencia que los estudiantes, en función de sus propias decisiones, emplearon uno o dos cuadros del tablero como unidad de medida en el Sistema de Coordenadas que construyeron para determinar las posiciones de los objetos. Esta estrategia contribuyó significativamente a la profundización de su entendimiento sobre el concepto de coordenada y la utilización del plano cartesiano, ya que permitió aplicar el concepto de sistema de coordenadas en una situación práctica, demostrando cómo la posición de un cuerpo puede establecerse fácilmente al ubicarse la posición del objeto en relación con el ejes x y y. La segunda pregunta, se muestra en la figura 11.

Figura 11

Pregunta 2: ¿Hay un Sistema de Referencia que le parezca más conveniente para determinar las posiciones de los objetos?

En la esquina de abajo.

Nota. La respuesta proporcionada por un estudiante a la pregunta permite comprender cual origen del Sistema de Referencia considera más conveniente para el cálculo de las coordenadas de posición de los objetos.

En la pregunta de la figura 11, algunos estudiantes justificaron su elección del sistema de referencia basándose en la facilidad para determinar las coordenadas de los objetos, señalando que lo eligieron porque 'les tocó' o porque estaba ubicado en una esquina. Sin embargo, ninguno destacó que un sistema de referencia es una convención y, por lo tanto, las posiciones de los objetos pueden medirse respecto de cualquier ubicación del tablero. Esto evidencia una falta de argumentación en sus respuestas, lo que impide comprender adecuadamente el papel del sistema de referencia en la actividad. En la figura 12 presenta la tercera pregunta.

Figura 12

Pregunta 3: ¿Qué estrategia utilizó para determinar una coordenada y la posición de un objeto?

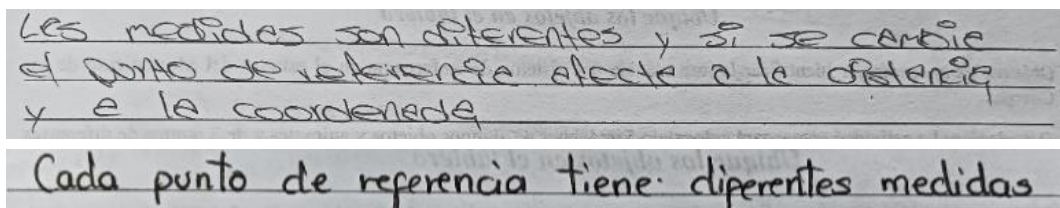
Hacer un plano cartesiano para identificar la x y la y midiendo la estrategia fue medir su altura y longitud y así sabemos bien la medida para después tomar las coordenadas, después de todo eso copiamos y marcamos sus ángulos y así tenemos todos sus valores

Nota. Las respuestas proporcionadas por dos estudiantes a la pregunta detallan las estrategias que implementaron para medir las coordenadas, la magnitud y la dirección del vector posición de los objetos en el tablero.

En las respuestas a la pregunta de la figura 12, los estudiantes demostraron comprender la importancia de establecer un Sistema de Coordenadas (plano cartesiano) para ubicar los objetos. Utilizaron eficazmente la cuadrícula del tablero y las unidades de medida para determinar las coordenadas x e y . Posteriormente, se explicó el concepto de vector posición (ya que no tenían conocimiento de ello), explorando su magnitud y dirección, para lo cual emplearon instrumentos de medida como el metro metálico y el transportador, involucrando a todos los estudiantes en su uso.

Figura 13

Pregunta 4: ¿Qué diferencias puede notar en las medidas y como afecta el Sistema Referencia en estas?



Las medidas son diferentes y si se cambia el punto de referencia afecta a la distancia y a la coordenada

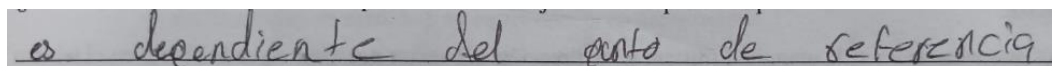
Cada punto de referencia tiene diferentes medidas

Nota. Las respuestas proporcionadas por dos estudiantes a la pregunta demuestran que comprenden la relatividad de la posición de los objetos en función del Sistema de Referencia empleado para las mediciones.

El análisis de la figura 13 permite deducir que algunos estudiantes comprendieron que las medidas de la posición dependen directamente del Sistema de Referencia elegido, reconociendo que un cambio en este resulta en diferentes coordenadas de la posición del objeto. Sin embargo, otros estudiantes aún necesitan reforzar esta comprensión, ya que afirmaron que las medidas eran iguales para todos los Sistemas de Referencia o no entendieron la pregunta. Sin embargo, se observó la necesidad de reforzar la comprensión de la dependencia de las coordenadas de posición respecto al origen del Sistema de Referencia. La cuarta pregunta se ilustra en la figura 13.

Figura 14

Pregunta 5: ¿Solo existe una medida única de posición de un objeto?



es dependiente del punto de referencia

Nota. La respuesta de un estudiante a la última pregunta evidencia una clara comprensión de que la medición de la posición de un cuerpo es relativa al Sistema de Referencia desde el cual se realiza la medición.

En la última pregunta, se evidencia que algunos estudiantes creían que existe una única posición, argumentando que un objeto no puede ocupar dos lugares simultáneamente, lo que evidencia una comprensión limitada del concepto. Otros, como el estudiante de la figura 14, reconocieron que la posición varía según el Sistema de Referencia por la dependencia a este.

El análisis de la actividad realizado muestra que los estudiantes poseen ideas previas importantes relacionadas con los planos cartesianos. No obstante, se observa que inicialmente no prestaban suficiente atención a la ubicación del origen del sistema de Referencia ni tenían claridad sobre cómo determinar las coordenadas de posición respecto a este. Esto refleja una comprensión limitada del concepto al inicio. Sin embargo, a medida que avanzó la actividad, se evidenció un aprendizaje significativo del concepto abordado. Algunos estudiantes comenzaron a reconocer la importancia del carácter relativo de la posición de los objetos y la importancia del del Sistema de Referencia en el ejercicio de medición que se estaba llevando a cabo. Al tener en cuentas las ideas previas de ellos y los aprendizajes que se dieron en el desarrollo de la actividad, se logró contribuir a una mejor comprensión del tema, como se puede evidenciar en sus respuestas.

Actividad 2: Ubique a los jugadores en la cancha

El objetivo de aprendizaje de la actividad era que los estudiantes identificarán la importancia del Sistema de Referencia en la medición de la distancia entre dos cuerpos. La actividad inició organizando a los estudiantes en grupos de tres personas, asignándoles la tarea de situarse en distintos puntos de un terreno, el cual se dispuso para llevar a cabo la actividad. Cada grupo debía definir un Sistema de Referencia desde el cual medir la posición de los demás grupos.

Figura 15

Grupos de estudiantes midiendo la posición de los demás grupos



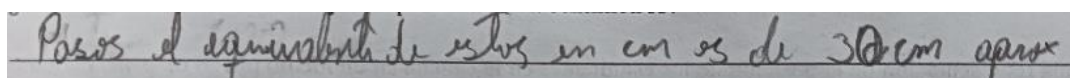
Nota. Los estudiantes llevaron a cabo la actividad midiendo la posición de los demás grupos desde el Sistema de Referencia que cada uno había determinado. En la parte derecha de la figura muestra a los estudiantes realizando la representación gráfica de las posiciones de cada

grupo en el terreno.

La actividad se llevó a cabo en un espacio ideal para realizar este tipo de actividades, como se muestra en la figura 15. Este terreno incluye un domo y huertas ecológicas proporcionando un contexto dinámico para que los estudiantes comprendieran y aplicarán el concepto de Sistemas de Referencia en un entorno abierto. Tras varias explicaciones, los estudiantes entendieron el propósito de la actividad: Determinar las coordenadas de posición de los demás grupos. Cada grupo se situó en un lugar específico del terreno y comenzó a medir las posiciones de los otros grupos. Para ello, emplearon el método de contar pasos como una forma sencilla de calcular las distancias largas. Esta experiencia permitió a los estudiantes comprender de manera práctica cómo las coordenadas se definen en función de un Sistema de Referencia particular. Después de terminar las mediciones correspondientes, la actividad continuó dentro del domo, donde se les entregó una guía. La primera pregunta planteada en ella se puede observar en la figura 16.

Figura 16

Pregunta 1: ¿Cuál fue la unidad de medida y su equivalencia en centímetros?

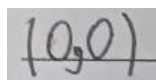


Nota. En su respuesta, un estudiante describe el uso de sus propios pasos como unidad de medida para determinar la distancia entre su grupo y los demás, estimando que cada paso tiene una medida 30 centímetros.

La mayoría de los alumnos hicieron la medición de las distancias mediante el conteo de pasos como un procedimiento más sencillo para la calcular de distancias largas, presentando diversas estimaciones a la longitud de un paso, comprendidas entre un metro y 30 centímetros. Dicho estrategia posibilitó la medición de las posiciones de los grupos en función del Sistema de Referencia establecido.

Figura 17

Pregunta 2: ¿Cuál es la coordenada ancho y largo donde está ubicado, según el Sistema de Referencia que eligió?



Nota. A partir de la respuesta se observa que un estudiante tomó su ubicación como el origen del Sistema de Referencia.

Es interesante destacar que la mayoría de los grupos eligió tomar su propia ubicación como el origen del Sistema de Referencia, como se observa en la respuesta de un estudiante en la figura 17. Esta decisión se debió a que les resultaba más sencillo contar los pasos hacia

las otras posiciones desde su punto de partida. Aunque esta elección es válida para simplificar el ejercicio, también evidencia la necesidad de reforzar el concepto de que el origen de un Sistema de Referencia puede situarse en cualquier lugar y que las coordenadas dependen de esa elección. Además, algunos grupos utilizaron elementos del entorno, como un palo o una piedra, para marcar su posición. Esto demuestra su capacidad para encontrar soluciones prácticas que mejoran la precisión de las mediciones, evitando la necesidad de permanecer en un mismo lugar durante todo el proceso. La guía entregada incluía una tabla de datos (ver tabla 2), en la que los estudiantes debían registrar las coordenadas de ancho (x) y largo (y), junto con la magnitud (distancia) y la dirección del vector posición de los grupos en el terreno.

Tabla 2

Tabla de datos con las mediciones de la posición de los demás grupos

Estudiante	Ancho	Largo	Distancia	Dirección
Gesar	-8	14	14	
Snow de	7	42	46	
Verdon	85	20	40	
Santiago	21	22	30	
Jhon	43	27	50	

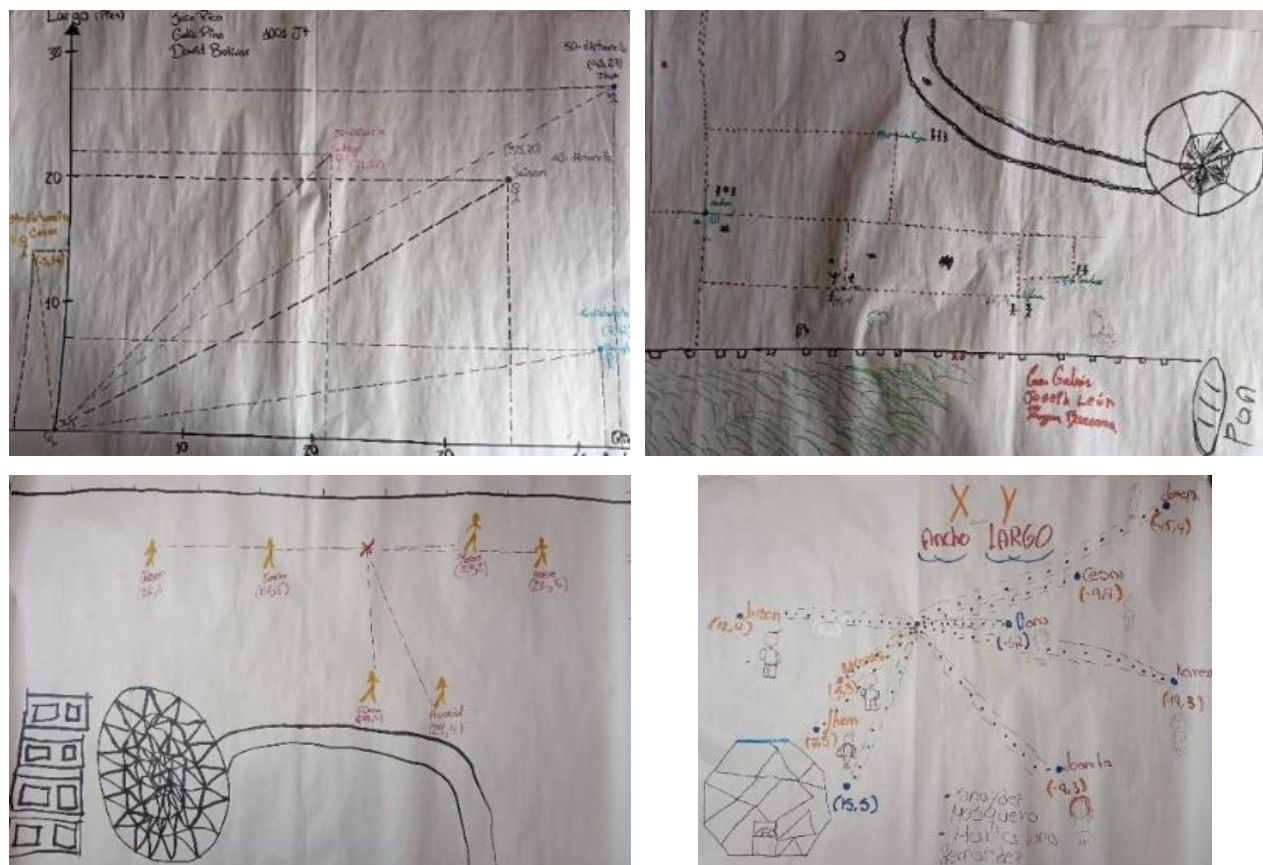
Estudiante	Ancho	Largo	Distancia	Dirección
Jose	14	-4	17	
Santiago	19	6	23	
Alfonso	26	-4	33	
Carolina	29	-3	36	

Nota. Se muestran las tablas de datos completadas por dos estudiantes, donde se registran las mediciones de la posición de los otros grupos, obtenidas mediante el conteo de pasos entre ellos.

La Tabla 2 revela que la mayoría de los estudiantes completó satisfactoriamente el registro de las coordenadas de los otros grupos, mostrando una comprensión adecuada del procedimiento para calcular la posición en función del Sistema de Referencia en un espacio abierto. En la determinación de la distancia (magnitud del vector) a los otros grupos, se observó la aplicación de métodos empíricos (medición) y la utilización del Teorema de Pitágoras como recurso matemático. Sin embargo, el cálculo de la dirección (ángulo) del vector posición empleando las identidades trigonométricas representó un desafío para todos los estudiantes, ya que ninguno logro realizarlo, a pesar de mostrarse las fórmulas y explicaciones pertinentes en la guía. Estas dificultades sugieren la conveniencia de reforzar los conocimientos de trigonometría de ellos. A continuación, en la guía se pedía la elaboración de una representación gráfica de las posiciones de los estudiantes en el terreno en un pliego de papel periódico, tal como se ilustra en la Figura 18.

Figura 18

Representación de las posiciones de los grupos en el terreno



Nota. Se presenta la representación gráfica elaborada en papel periódico por cuatro grupos de estudiantes, donde se muestra la posición de cada grupo en el terreno y el Sistema de Referencia utilizado para las mediciones.

Analizando la representación de la ubicación de los grupos, la cual se muestra en la figura 18, se destacan varios aspectos significativos. En primer lugar, se observa el uso de un Sistema de Coordenadas, lo cual es fundamental para la correcta escritura de las coordenadas de posición de cada grupo, empleando la notación adecuada y mencionando el nombre de algún integrante de este. Asimismo, se consideraron elementos del terreno, incluyendo objetos presentes, como el domo, y las distancias (magnitud del vector de posición) desde el Sistema de Referencia. Esto permitió a los estudiantes visualizar de manera clara la distribución de los grupos en el espacio.

En conclusión, esta actividad planteó ciertos desafíos a los estudiantes, quienes encontraron dificultades para medir la posición de los otros grupos en un entorno abierto. Esta situación se debió, en parte, a la falta de claridad sobre qué es un Sistema de Coordenadas y su aplicación en contextos reales. También se identificaron problemas al realizar los cálculos

matemáticos necesarios para determinar con precisión la magnitud y dirección del vector de posición de cada grupo. Sin embargo, tras ofrecerles explicaciones adicionales, la mayoría de los estudiantes logró superar estas dificultades y llevar a cabo la actividad de manera exitosa.

Finalmente, los estudiantes determinaron las coordenadas de posición de los grupos y las representaron creativamente en pliegos de papel periódico, aplicando todos los conocimientos adquiridos sobre el tema. Esta experiencia facilitó una mejor comprensión de los Sistemas de Referencia y proporcionó una experiencia didáctica que conectó la teoría con la práctica.

Esta actividad es importante para comprender el movimiento relativo, ya que permitirá en las siguientes actividades establecer una relación entre la relatividad de la posición de un objeto y la relatividad del movimiento. Ayudando a los estudiantes a comprender el carácter relativo del movimiento, facilitando así una mejor comprensión de cómo la posición y el movimiento son conceptos interrelacionados en el estudio de la física.

Actividad 3: Movimiento Relativo de los carros en una dimensión

El objetivo de aprendizaje de la actividad era identificar la noción de Movimiento Relativo en una dimensión analizando el movimiento de dos carros a control remoto. La actividad comenzó pidiendo a los estudiantes que se organizarán en grupos de ocho personas. A cada grupo se le entregaron dos carros a control remoto. A continuación, se proporcionó a cada estudiante una guía en la que debían completar una tabla de datos como la que se puede observar en la tabla 3, en la cual tenían que registrar la velocidad media a la que se desplazaba cada carro a control remoto.

Tabla 3

Tabla de datos con la velocidad media de cada carro

	Desplazamiento	Tiempo	Velocidad media
Carro 1	3m	3,05s	0,98 m/s
Carro 2	3m	2,54s	1,18 m/s

Nota. La tabla de datos muestra el desplazamiento (distancia), el tiempo empleado y la velocidad media de los carros a control remoto.

Para completar la Tabla 3, los estudiantes realizaron mediciones del tiempo que tardaba cada carro a control remoto en recorrer una distancia de tres metros, la cual era la distancia que separaba los dos Sistemas de Referencia establecidos en el suelo con cinta adhesiva. Con el objetivo de minimizar el error experimental, se repitió el procedimiento varias veces y se calculó

el promedio de los datos obtenidos. Este proceso les proporcionó una medición precisa de la velocidad media de los carros y les dio la oportunidad de aplicar los conceptos de desplazamiento, tiempo y velocidad media en un contexto real.

Figura 19

Movimiento Relativo de los carros respecto de diferentes observadores

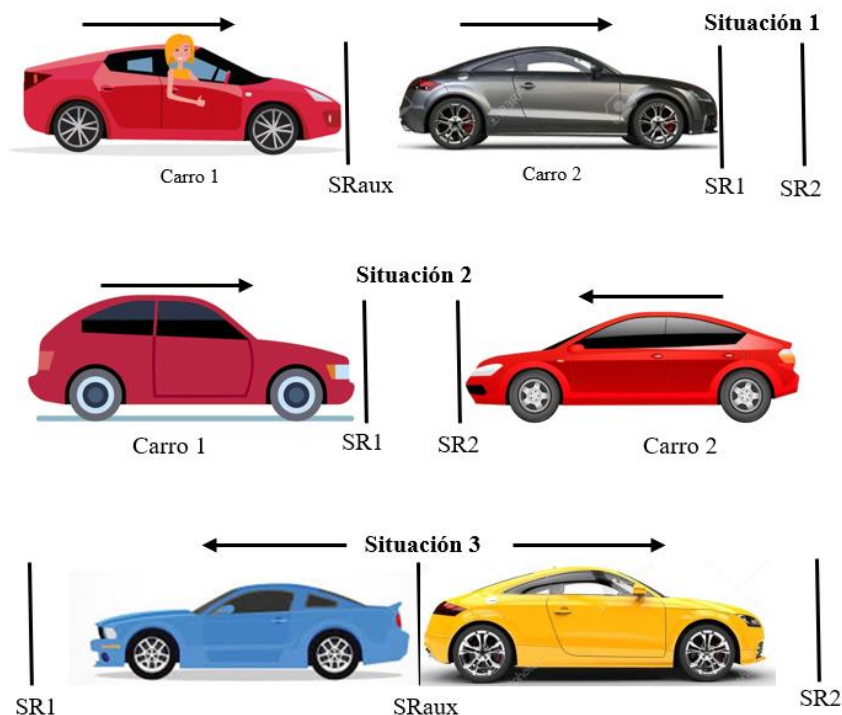


Nota. Se dispusieron los carros a control remoto en diferentes situaciones (acercándose, alejándose y uno detrás del otro) y se analizó el movimiento del carro 2 respecto al carro 1 y a un observador en reposo.

A continuación, se propuso en la guía que replicarán diferentes situaciones en donde los carros a control remoto se movieran simultáneamente (Figura 20) y calcularán la velocidad relativa del carro 2 respecto al carro 1 y a un observador en tierra, considerando las velocidades medias obtenidas anteriormente. En la situación 1, el carro 2 comenzará su recorrido desde SR1, mientras que el carro 1 comenzará su recorrido desde SRaux, el cual está ubicado 30 centímetros hacía de la izquierda de SR1, los dos se dirigirán hacia SR2 al mismo tiempo. En la situación 2, el carro 1 arrancará desde SR1 hacia la derecha, mientras que el carro 2 desde SR2 hacia la izquierda, de tal forma que los dos carros se vayan acercando. En la situación 3, los dos carros arrancarán desde SRaux, el cual está ubicado en la mitad de la distancia entre SR1 y SR2. El carro 1 se desplazará hacia SR1, el cual está a la izquierda de este, mientras que el carro 2 se desplazará hacia SR2, el cual está ubicado a la derecha, de tal forma que se vayan alejando.

Figura 20

Situaciones replicadas por los estudiantes con los carros

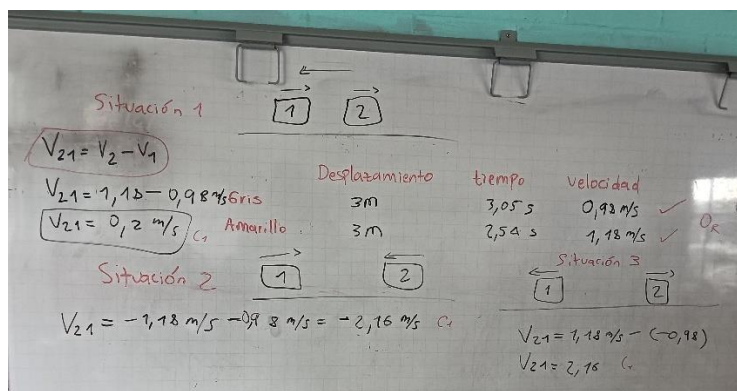


Nota. Se propusieron en la guía estas situaciones para que los estudiantes calcularán la velocidad relativa del carro 2 respecto al carro 1 y a un observador en tierra.

Durante la explicación introductoria de la actividad con el material didáctico, se describió las situaciones que debían analizar y se plantearon preguntas a los estudiantes para estimular el razonamiento de ellos, como ¿si existiría una diferencia en la velocidad medida por un observador en reposo (sentado) y en movimiento?, y ¿cómo percibiría cada observador la velocidad del carro 2? Los estudiantes tuvieron la oportunidad de interactuar directamente con los carros e intentar responder estas preguntas. En esta parte de la actividad, algunos estudiantes cometieron errores conceptuales, como afirmar que un observador en tierra mediría una mayor velocidad de un objeto en movimiento en comparación con el carro 1. Esto surgió debido tenían la visión errónea de que la velocidad de un cuerpo tiene que ser la misma para todos los observadores y a que pensaban que por haber una diferencia significativa en la magnitud de la velocidad del carro 2 y la del observador en tierra, el observador en tierra mediría una velocidad mayor que el carro 1, el cual está en movimiento. Sin embargo, estos errores conceptuales se abordaron y corrigieron durante la actividad.

Figura 21

Cálculo de la velocidad relativa del carro 2



Nota. En el tablero se realizó con apoyo de los estudiantes los cálculos para determinar la velocidad relativa del carro 2 respecto del carro 1 y de un observador en reposo en diferentes situaciones.

Con el objetivo de superar las dificultades que la mayoría de los estudiantes presentaba en el cálculo de la velocidad relativa, se desarrollaron varios ejemplos del proceso matemático en el tablero (Figura 21), enfocados en calcular la velocidad relativa del carro 2. Los ejemplos en el uso de la fórmula de la velocidad relativa facilitaron la obtención de los datos necesarios para completar la Tabla 4 y permitieron a los estudiantes comprender mejor la dependencia del Sistema de Referencia en la medición de la velocidad. Este enfoque colaborativo no solo aclaró errores comunes en la aplicación de las fórmulas, sino que también les brindó la oportunidad de corregir sus planteamientos iniciales. Estos ejercicios prácticos consolidaron la comprensión teórica de que la percepción de la velocidad depende del estado de movimiento del observador.

Tabla 4

Tabla de datos con la velocidad relativa del carro 2

$v_{21} = v_2 - v_1$		
Situación	Velocidad carro 2 respecto a un observador en reposo	Velocidad carro 2 respecto al carro 1
1	$v_{21} = 1,18 - 0,98 \text{ m/s}$	$v_{21} = 0,2 \text{ m/s}$
2	$v_{21} = 1,18 - 0,98$	$v_{21} = 2,16 \text{ m/s}$
3	$v_{21} = 1,18 - (-0,98)$	$v_{21} = 2,16 \text{ m/s}$

$v_{21} = v_2 - v_1$		
Situación	Velocidad carro 2 respecto a un observador en reposo	Velocidad carro 2 respecto al carro 1
1	$v_{21} = 0,98 \text{ m/s}$	$v_{21} = 0,2 \text{ m/s}$
2	$v_{21} = 1,18 \text{ m/s}$	$v_{21} = 2,16 \text{ m/s}$
3	$v_{21} = 2,16$	$v_{21} = 2,16$

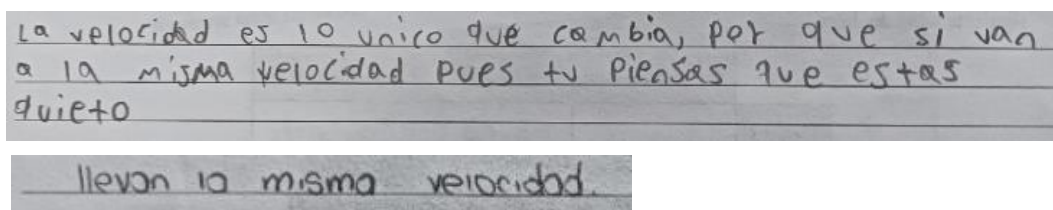
Nota. Registro del cálculo de la velocidad relativa del carro 2 respecto al carro 1 y a un observador en reposo en diversas situaciones.

Pese a varias explicaciones sobre la medición de la velocidad relativa desde diferentes Sistemas de Referencia, algunos estudiantes experimentaron dificultades procedimentales y

conceptuales en la comprensión. En un primer momento, algunos utilizaron incorrectamente la segunda columna de la Tabla 4 para calcular la velocidad relativa del carro 2 con respecto al carro 1, omitiendo la medición respecto de un observador en reposo, lo cual generó confusión en la aplicación correcta de las ecuaciones que dan cuenta dicho evento. Sin embargo, en otros estudiantes se evidencia una comprensión general del proceso, aunque con necesidad de apoyo en la aplicación precisa de las ecuaciones. El principal obstáculo consistía en que comprendieran que las velocidades se miden de manera diferente según el Sistema de Referencia y que la correcta interpretación de las fórmulas es fundamental para la obtención de resultados correctos. La guía incluía tres preguntas sobre el movimiento relativo, siendo la primera de ellas la que se puede observar en la Figura 22.

Figura 22

Pregunta 1: En la situación 1, ¿cuál es la velocidad del carro 2 respecto al carro 1?



La velocidad es lo único que cambia, por que si van a la misma velocidad pues tu piensas que estas quieto

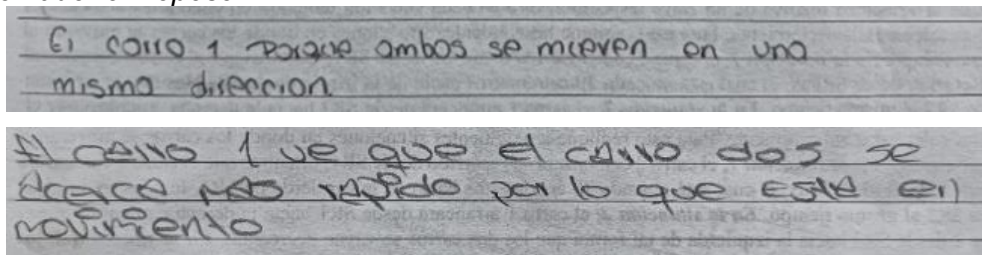
llevan la misma velocidad.

Nota. Dos estudiantes respondieron correctamente, indicando que, si ambos carros se mueven a la misma velocidad, un observador en el carro 1 percibiría que tanto él como el carro 2 están en reposo.

La pregunta presentada en la figura 22 resultó ser la más desafiante para los estudiantes. Muchos de ellos partían de la idea errónea de que la velocidad tiene un carácter absoluto, asumiendo que un cuerpo en movimiento tendría la misma velocidad medida por todos los observadores, independientemente del Sistema de Referencia. Esta concepción equivocada generó confusiones respecto al concepto de velocidad relativa. No obstante, tras varias explicaciones y ejemplos del cálculo matemático, algunos estudiantes lograron entender que la velocidad del carro 2 con respecto al carro 1 sería prácticamente cero, específicamente 0,2 m/s. Este resultado refuerza la idea de que, cuando dos objetos se desplazan con velocidades de magnitud y dirección similares, la diferencia de velocidad entre ellos se vuelve prácticamente imperceptible desde la perspectiva de uno de los objetos en movimiento.

Figura 23

Pregunta 2: En la situación 2, ¿quién percibe que el carro 2 se acerca más rápido: el carro 1 o un observador en reposo?



El carro 1 porque ambos se mueven en una misma dirección.

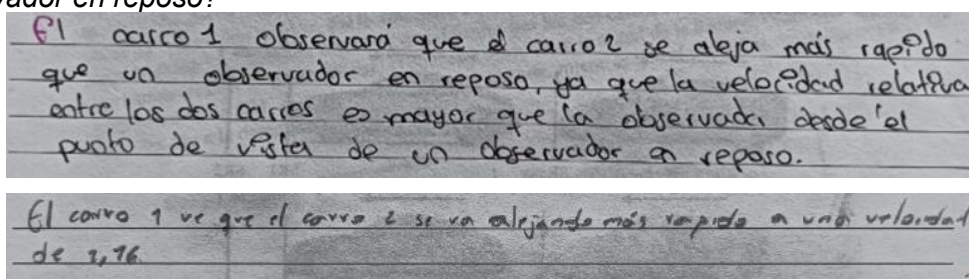
El carro 1 ve que el carro dos se acerca más rápido por lo que está en movimiento

Nota. La respuesta de dos estudiantes demuestra su comprensión de que, a medida que el carro 1 se aproxima al carro 2, un observador ubicado en el carro 1 percibiría que la velocidad del carro 2 es mayor en comparación con la percepción de un observador en reposo.

En la pregunta presentada en la figura 23, algunos estudiantes inicialmente asumieron que un observador en reposo percibiría una mayor velocidad del carro 2, basándose en la significativa diferencia entre las magnitudes de las velocidades del carro 2 y el observador en reposo. Sin embargo, tras analizar algunos ejemplos y realizar observaciones durante la actividad, algunos estudiantes lograron comprender que el carro 1, al estar en movimiento y acercándose al carro 2, percibiría una mayor velocidad relativa del carro 2. Esto se debe a que el carro 1 toma en cuenta tanto su propia velocidad como la del carro 2, lo que aumenta la percepción de la velocidad de acercamiento entre ellos. La última pregunta planteada a los estudiantes en la guía corresponde a la que se muestra en la figura 24.

Figura 24

Pregunta 3: En la situación 3, ¿quién percibe que el carro 2 se aleja más rápido: el carro 1 o un observador en reposo?



El carro 1 observará que el carro 2 se aleja más rápido que un observador en reposo, ya que la velocidad relativa entre los dos carros es mayor que la observada desde el punto de vista de un observador en reposo.

El carro 1 ve que el carro 2 se va alejando más rápido a una velocidad de 3,76

Nota. La respuesta de dos estudiantes refleja su comprensión de que un observador en el carro 1 percibiría una magnitud mayor de la velocidad relativa del carro 2, ya que notaría que este se aleja más rápidamente en comparación con lo que observaría un observador en reposo.

En la pregunta presentada en la figura 24, algunos estudiantes continuaban pensando que, debido a la diferencia en las velocidades, un observador en reposo percibiría una mayor velocidad del carro 2 mientras este se aleja. Sin embargo, mediante ejemplos cotidianos y el uso de carros a control remoto, lograron comprender que el carro 1 vería alejarse al carro 2

mucho más rápido. Por lo tanto, el observador en el carro 1 percibe una velocidad mayor del carro 2 en comparación con la observación de un observador en reposo.

En conclusión, aunque se vio en el inicio de la actividad que algunos estudiantes tenían errores conceptuales sobre el movimiento relativo, la actividad les permitió reflexionar y generar interés a los estudiantes sobre el tema, ya que muchos de ellos no habían escuchado antes sobre el movimiento relativo. El uso de carros a control remoto fue un recurso muy efectivo para explicar el tema, permitiendo mostrar cómo la velocidad puede variar dependiendo del observador. Esto facilitó que los estudiantes comprendieran el concepto de manera más clara y contribuyó para que los estudiantes entendieran como las mediciones de la velocidad dependen del movimiento y posición del observador, consolidando el concepto de movimiento relativo a través de la experimentación y la resolución de problemas.

No obstante, algunos enfrentaron dificultades al realizar cálculos matemáticos relacionados con el tema, ya que no tenían los conocimientos sobre cómo aplicar las fórmulas y sustituir correctamente los valores. Sin embargo, dando las instrucciones necesarias y ejemplos prácticos, lograron realizar los procedimientos necesarios y responder las preguntas planteadas.

Actividad 4: Actividad experimental con prototipo de carro balístico

La actividad tenía como objetivo de aprendizaje que los estudiantes identificarán, a través de la exposición de un prototipo de carro balístico, el Principio de Relatividad de Galileo y el Movimiento Relativo en función de diferentes observadores. La actividad inició con la exposición del material experimental, como se muestra en la figura 25 es un prototipo de carro balístico, donde una canica de cristal es lanzada desde un cañón con el objetivo de que caiga en un carro de plástico que se desplaza a velocidad constante sobre una superficie de madera. Ambos se mueven en la misma dirección y son lanzados simultáneamente.

Figura 25

Exposición de prototipo de carro balístico



Nota. Prototipo de carro balístico para la explicación experimental del Principio de Relatividad de Galileo y el movimiento relativo.

El prototipo de carro balístico, ilustrado en la figura 25, fue construido específicamente para explicar de manera experimental el Principio de Relatividad de Galileo. Gracias a este

prototipo, se puede observar que la trayectoria de la canica es parabólica cuando se analiza desde un Sistema de Referencia externo (en reposo). Sin embargo, para un observador que se encuentra viajando junto con el carro, el proyectil parece moverse en línea recta y caer verticalmente hacia un punto fijo del carro. Durante la actividad, se entregó a cada estudiante una guía con cuatro preguntas relacionadas con el experimento. La primera de estas preguntas, correspondiente a la figura 26, sirvió como punto de partida para reflexionar sobre los fenómenos observados.

Figura 26

Pregunta 1: ¿Cree que un observador situado en el cañón y uno enfrente al material experimental observan la misma trayectoria de la canica?

No creo, xq se está viendo de ángulos completamente diferentes

no por que los observadores se encuentran en diferentes lugares

No, ya que un observador en el carro observa la trayectoria de la canica recta mientras que uno al frente observa la trayectoria de la canica curva.

Nota. Las respuestas de los tres estudiantes revelan una comprensión general de que la trayectoria de la canica es relativa y depende del Sistema de Referencia desde el cual se observa.

En las tres respuestas proporcionadas por los estudiantes en la pregunta correspondiente a la figura 26, se evidencia que analizaron cómo la trayectoria de la canica depende de la posición del observador. De este modo, identificaron que un observador ubicado en el cañón percibe una trayectoria vertical, mientras que un observador externo, situado al frente, observa una trayectoria parabólica.

Figura 27

Pregunta 2: ¿Por qué la canica cae en el carro, a pesar de tener velocidades iniciales y trayectorias diferentes?

Porque continúan moviéndose en la misma dirección y velocidad que el carro

los dos tenemos un movimiento horizontal constante

porque puede ser que la canica y el carro hayan sido lanzados a la misma velocidad y recorran la misma trayectoria.

Nota. Las respuestas de los tres estudiantes demuestran una comprensión de la independencia de los componentes horizontal y vertical del movimiento. Reconocen que el movimiento

horizontal de la canica es independiente de su movimiento vertical y que este componente horizontal es compartido con el carro.

Los estudiantes que respondieron las preguntas en la figura 27 llegaron tuvieron un análisis similar, reconociendo que el movimiento horizontal de la canica y el carro era equivalente, lo que permitía que, aunque la canica tuviera un movimiento parabólico, ambos coincidieran en el mismo punto. Esto fue clave para que entendieran cómo los Sistemas de Referencia inerciales influyen en la percepción del movimiento.

Figura 28

Pregunta 3: ¿Si el carro se moviera con una aceleración constante la canica también caería en el carro?

No porque mientras que la canica va cayendo el carro va a una aceleración constante.

Nota. El estudiante demuestra que comprende que, si el carro se acelera, la canica, al mantener una velocidad horizontal constante, parecerá quedarse atrás respecto al movimiento del carro.

Al analizar la situación hipotética en la cual el carro de plástico acelera, algunos estudiantes, como el que contesto la pregunta en la figura 28, argumentaron que, dado que la canica mantiene una velocidad horizontal constante, sería imposible, que la canica cayera sobre el carro. Esto se debe a que el carro lleva una aceleración constante, dejando a la canica atrás. Estas respuestas indican que, aunque algunos estudiantes aún enfrentan dificultades para integrar todos los conceptos, la mayoría ha demostrado un avance significativo en la comprensión del Principio de Relatividad de Galileo y su relación con los Sistema de Referencia Inerciales.

Figura 29

Pregunta 4: Pregunta de opción múltiple sobre invariabilidad de la aceleración

Señale la respuesta correcta y justifique su respuesta.

Dos observadores que se mueven a velocidad constante miden:

- ☐ La misma velocidad de cualquier objeto.
- ☒ La misma posición de cualquier objeto.
- ☐ La misma aceleración de cualquier objeto.

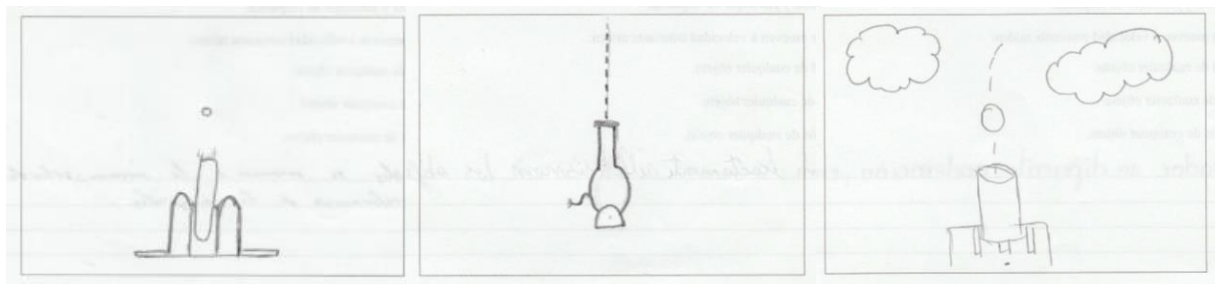
Porque la posición y la velocidad de un objeto son relativos para el observador.

Nota. La respuesta del estudiante presenta una inconsistencia. Si bien identifica erróneamente la posición, su justificación revela una comprensión correcta de la relatividad de la posición y la velocidad, deduciendo implícitamente la invariabilidad de la aceleración.

Con esta cuarta pregunta (figura 29), se buscaba orientar a los estudiantes hacia una comprensión más profunda del Principio de Relatividad de Galileo. No obstante, esta fue la pregunta que presentó mayores dificultades, ya que muchos estudiantes no lograron interpretarla correctamente. En sus respuestas, algunos confundieron conceptos fundamentales, como posición, velocidad y aceleración, llegando a afirmar que la posición y la velocidad eran iguales para todos los sistemas de referencia inerciales. Sin embargo, hubo casos destacados, como el del estudiante cuya respuesta se muestra en la figura 29, que logró comprender el concepto. Este estudiante, basándose en las actividades previas donde se demostró que tanto la posición como la velocidad son relativas al Sistema de Referencia, dedujo correctamente que la aceleración debía ser constante en todos los Sistemas de Referencia Inerciales. Esto fue expresado oralmente por algunos estudiantes durante la clase, tras una breve explicación de las preguntas planteadas y del material experimental mostrado en el aula. Posteriormente, la guía pedía a los estudiantes representar gráficamente la trayectoria de la canica desde diferentes Sistemas de Referencia.

Figura 30

Para un observador situado en el cañón

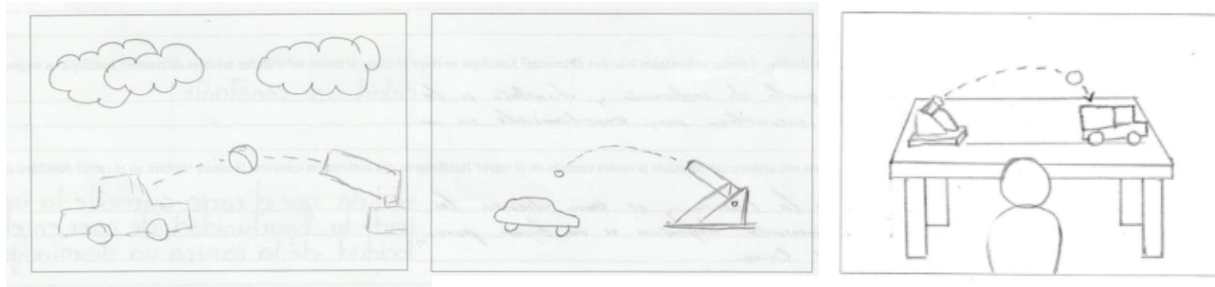


Nota. Las representaciones de los tres estudiantes muestran consistentemente una trayectoria vertical para la canica desde la perspectiva del observador que viaja con el carro.

La figura 30 presenta tres ejemplos de las representaciones que los estudiantes dibujaron sobre la trayectoria de la canica desde la perspectiva de un observador ubicado en el cañón. Según esta perspectiva, el observador percibiría que la canica asciende y luego desciende en un movimiento vertical. Por otro lado, la figura 31 muestra la segunda representación que se solicitó realizar.

Figura 31

Para un observador enfrente al material experimental

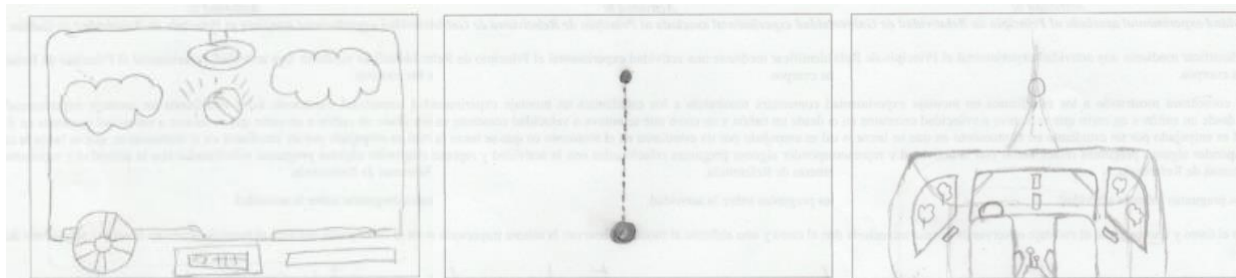


Nota. La respuesta de tres estudiantes revela que el observador percibiría una trayectoria parabólica de la canica, que se descompone en dos componentes: vertical y horizontal.

El movimiento de la canica desde esta perspectiva se vería con una trayectoria parabólica, lo cual es evidente en las representaciones de los estudiantes que se muestran en la figura 31. Sin embargo, la mayoría de ellos no tenían completamente claro cómo debía lucir este tipo de movimiento. En sus dibujos, la canica es representada saliendo del cañón y siguiendo una curva antes de caer en el carro en movimiento. A través de estos esquemas, se puede observar que los estudiantes lograron identificar el movimiento parabólico. La última representación que se pidió fue la que se puede ver en la figura 32.

Figura 32

Para un observador situado en el carro



Nota. La representación de tres estudiantes indica que también se observa una trayectoria vertical. Sin embargo, la canica parecería moverse de arriba hacia abajo, como si estuviera cayendo.

Como se observa en las representaciones de los estudiantes en la figura 32, desde el punto de vista de un observador en el interior del carro, la canica se percibe ejecutando un movimiento vertical, similar a la caída libre, ya que, al compartir el movimiento horizontal con la canica, solo percibe el movimiento vertical descendente. Esta observación, aunque intuitiva, es crucial para comprender la relatividad del movimiento. Las respuestas de los estudiantes demostraron una comprensión significativa del fenómeno, identificando correctamente que la trayectoria observada depende del Sistema de Referencia.

En conclusión, esta actividad fue altamente valiosa, ya que permitió a los estudiantes comprender de manera efectiva el principio de relatividad galileana, un concepto fundamental para abordar temas clave como el movimiento y la mecánica newtoniana en general. Además, subrayó la importancia de los sistemas de referencia en la física, mostrando cómo estos son esenciales para garantizar la coherencia y aplicabilidad de las leyes físicas.

La actividad también facilitó el análisis de conceptos relacionados, como la aceleración y sus efectos en la observación del movimiento de los cuerpos. Esto sirvió como una introducción a las fuerzas de inercia, que son fundamentales tanto en movimientos rotativos como en situaciones cotidianas, dado que todos los cuerpos experimentan aceleración en la vida diaria; de no ser por la fricción, estos no se detendrían.

Los estudiantes lograron asimilar adecuadamente estos temas y respondieron con éxito las preguntas diseñadas para evaluar sus ideas previas y su comprensión de las temáticas tratadas. Esto reflejó una sólida asimilación del principio de relatividad y una visión más integral de la física y el movimiento de los cuerpos. En resumen, los objetivos de la actividad se cumplieron satisfactoriamente, permitiendo a los estudiantes abordar y consolidar todos estos conceptos de manera efectiva.

Actividad 5: Actividad de mapeo y síntesis

El objetivo de esta actividad era identificar las ideas de los estudiantes sobre el movimiento relativo y los sistemas de referencia después de haber participado en las actividades de la secuencia didáctica. La actividad de mapeo comenzó pidiendo a cada estudiante que escribiera una palabra clave en un post it como respuesta a cada pregunta propuesta, y luego los colocarán en el tablero.

Las preguntas propuestas fueron:

- i. Indique un elemento clave de un Sistema de Referencia.
- ii. Indique un rol clave del observador en el estudio del movimiento de los cuerpos.
- iii. Indique un elemento clave que determine si un objeto está en movimiento.
- iv. Indique mediante una palabra clave si el movimiento de un cuerpo es independiente de la posición del observador

Figura 34

Párrafos sobre el movimiento relativo con palabras clave

Para calcular la trayectoria de un objeto, es necesario medir la velocidad inicial y el ángulo de lanzamiento considerando la gravedad y la distancia desde el punto de partida, lo que permite determinar con precisión la curva del movimiento y su velocidad en cada punto recorrido.

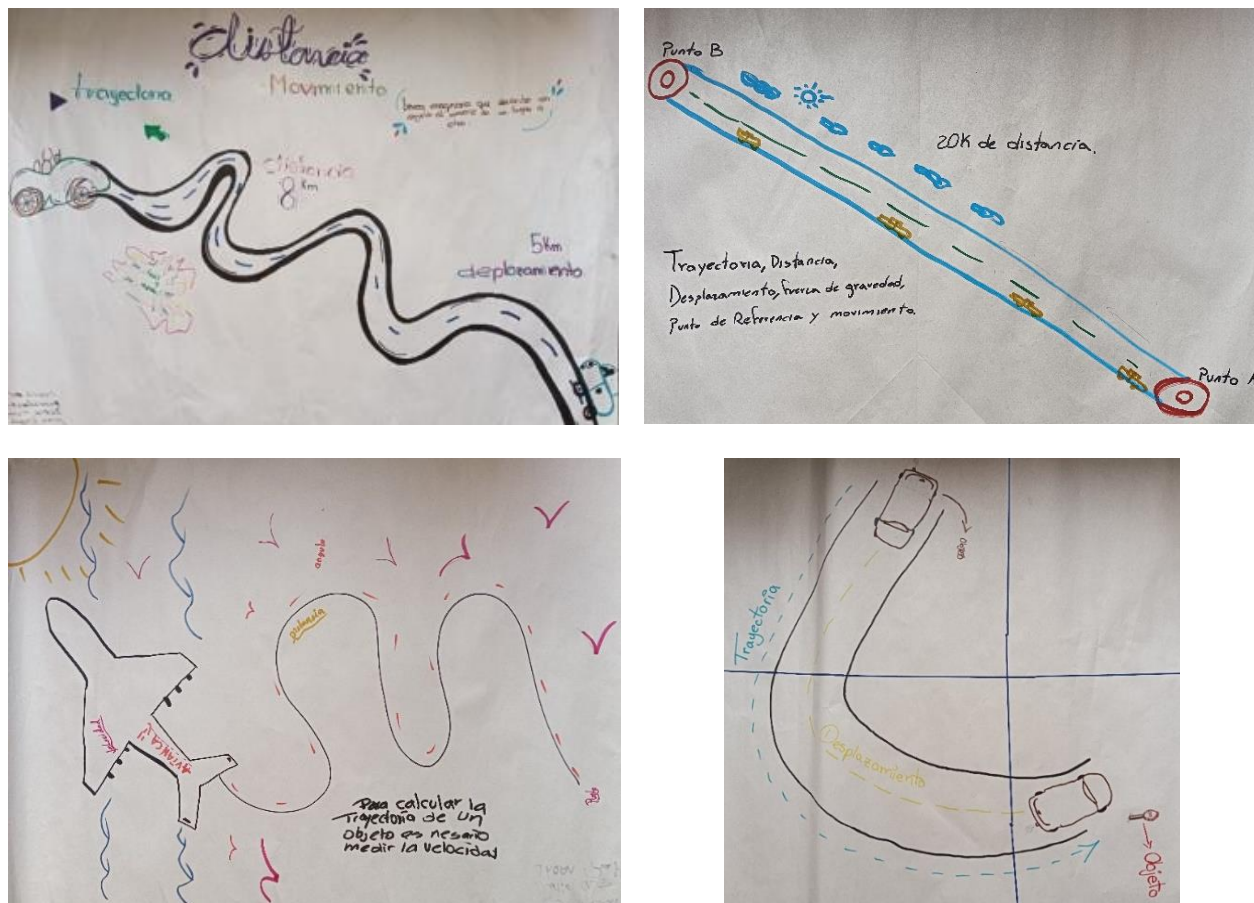
El punto de referencia se puede representar como el punto 0 de un plano cartesiano, donde un objeto puede estar en cualquier coordenada, ese objeto puede estar a una aceleración constante lo que quiere decir que también significa estar quieto, o el objeto puede ir a cualquier velocidad desplazándose así en el espacio y dejando una trayectoria.

Nota. Párrafos redactados por dos grupos utilizando un conjunto de palabras extraídas de los post it, donde plasmaron sus ideas sobre el Movimiento Relativo y los Sistemas de Referencia.

Con cada una de estas oraciones como las que se ven en la figura 34, se propuso que los estudiantes, en un pliego de papel periódico, realizarán una representación gráfica que simbolizará el sentido de la oración redactada y sus ideas sobre el movimiento relativo y los sistemas de referencia.

Figura 35

Representaciones que realizaron cuatro grupos



Nota. Representación gráfica que hicieron cuatro grupos de estudiantes en los cuales se hace referencia a muchos de los conceptos abordados como el de trayectoria, sistema de referencia, movimiento relativo, distancia, desplazamiento, velocidad, fuerzas de gravitación e inerciales.

Teniendo en cuenta las representaciones mostradas en la figura 35, se pueden identificar diversos elementos significativos. En esta figura, los estudiantes buscaron aplicar los conceptos físicos estudiados a situaciones de su vida cotidiana, como el transporte vehicular y aéreo. Por ejemplo, mencionaron conceptos clave como trayectoria, distancia y velocidad, relacionándolos con el desplazamiento diario de las personas. También plantearon posibles experimentos para desarrollar en las clases de Física o problemas teóricos, como el análisis de las fuerzas inerciales que actúan cuando un vehículo toma una curva y que tienden a desviarlo de su trayectoria.

Asimismo, los estudiantes consideraron el concepto de sistema de referencia, estableciendo puntos de partida y llegada (punto A y punto B) para analizar el movimiento, así como observadores externos al movimiento del carro. Esto demuestra que los conceptos físicos

captaron su interés, y es probable que los apliquen en los proyectos que desarrollan en sus líneas de profundización (comunicación social y cuidado medioambiental), en sus clases de Física y otras asignaturas, así como en las pruebas de estado. Estas actividades no solo fortalecen su aprendizaje, sino que también promueven un entendimiento más sólido de la mecánica newtoniana y el movimiento de los cuerpos. En conclusión, la actividad fue altamente satisfactoria, ya que la representación elaborada por los estudiantes evidencia una comprensión sólida de los conceptos trabajados y su conexión con situaciones y movimientos de objetos en la vida cotidiana. Esto permite inferir que, al dominar estos conceptos, es probable que los utilicen en otras áreas de aprendizaje y en proyectos futuros, consolidando así su formación académica.

10. Reflexiones sobre los alcances pedagógicos y didácticos

Esta experiencia didáctica tuvo como propósito principal fomentar el aprendizaje de conceptos fundamentales en la física, como el Movimiento Relativo y los Sistemas de Referencia, mediante un enfoque práctico, participativo y sistemático, destacando su importancia tanto en el ámbito académico como en la vida cotidiana. Los alcances pedagógicos y didácticos que se pueden identificar son:

Indagar las ideas previas de los estudiantes

Esta actividad fue altamente exitosa, ya que permitió indagar las ideas previas de los estudiantes mediante preguntas planteadas, representaciones gráficas y cálculo de datos. Estas ideas se utilizaron como base para desarrollar las actividades posteriores, adaptándolas a los conocimientos iniciales de los estudiantes. Este enfoque resulta innovador, ya que, a diferencia de la educación tradicional, donde las ideas previas no suelen ser tenidas en cuenta, en esta secuencia didáctica dichas ideas desempeñaron un papel fundamental.

En lugar de recurrir a una enseñanza formal y directa de los conceptos, se adoptó un enfoque constructivista, donde los conceptos fueron contruidos de manera progresiva a través de la experimentación y el trabajo guiado. Este método no solo promovió una mayor participación por parte de los estudiantes, sino que también facilitó un aprendizaje más significativo y conectado con su contexto, logrando una comprensión más profunda de los temas tratados.

Aporte en la comprensión del Movimiento Relativo y los Sistemas de Referencia

La experiencia didáctica contribuyó de manera significativa a la comprensión de la noción de Movimiento Relativo y el concepto de Sistema de Referencia, a través de actividades diseñadas para conectar la teoría con situaciones concretas de la vida cotidiana. Este enfoque facilitó una comprensión más profunda de los Sistemas de Referencia y destacó la importancia de analizar los fenómenos físicos desde diferentes perspectivas, subrayando su relevancia en la física clásica.

Las actividades enfatizaron la necesidad de estudiar el movimiento de los cuerpos resaltando la importancia de hacerlo desde distintos Sistemas de Referencia para interpretar correctamente los fenómenos físicos. Además, se integraron referencias a experimentos históricos, como los estudios de Galileo sobre la caída libre y el movimiento de los cuerpos, lo que enriqueció el contenido y contextualizó estos conceptos dentro del desarrollo histórico de la

física. Esto permitió a los estudiantes entender mejor la evolución de los conceptos físicos y su aplicación a lo largo del tiempo. En general, la actividad proporcionó una base sólida para futuros aprendizajes relacionados y fomentó una visión integral de la física, conectando los conceptos fundamentales con aplicaciones prácticas y cotidianas.

Construcción de material para prácticas de laboratorio

Se diseñaron y construyeron materiales didácticos y experimentales específicos para prácticas de laboratorio, orientados al estudio de las temáticas abordadas. Estos materiales ofrecieron a los estudiantes una experiencia práctica enriquecedora, permitiéndoles experimentar y validar conceptos físicos de manera tangible. A través de estas actividades, los estudiantes pudieron construir sus propias ideas sobre el tema, avanzando progresivamente hacia una comprensión más sólida. Este enfoque promueve el aprendizaje autónomo y el razonamiento crítico, integrando los conocimientos previos con los nuevos conceptos adquiridos. Además, el material experimental fue diseñado para facilitar una visualización intuitiva y clara de la relatividad del movimiento. El uso de materiales de bajo costo y fácil acceso convirtió esta propuesta en una herramienta didáctica eficiente, adecuada para la enseñanza de estas temáticas mediante experimentos prácticos, accesibles y significativos.

Insumo para docentes interesados en abordar temáticas relacionadas

El documento resultante de esta experiencia se presenta como un recurso útil para otros profesores interesados en trabajar temas de Movimiento Relativo en sus aulas. Este material puede servir como guía, inspiración y referencia, facilitando la replicación o adaptación de actividades similares en diferentes contextos educativos. En conjunto, esta experiencia no solo favoreció el aprendizaje de los estudiantes, sino que también contribuye al enriquecimiento del trabajo docente, ofreciendo herramientas prácticas y conceptualizaciones claras para la enseñanza de la física en educación secundaria.

Documentación y sistematización de la experiencia didáctica

La experiencia didáctica fue documentada y sistematizada cuidadosamente, recogiendo observaciones, aprendizajes y reflexiones de los estudiantes. Este proceso permitió identificar estrategias pedagógicas efectivas y áreas de mejora, lo que contribuye al perfeccionamiento de futuras experiencias. A través de la actividad, los estudiantes tuvieron la oportunidad de interactuar con estos conceptos de manera práctica, lo que facilitó su comprensión y aplicación.

Aplicación de los conceptos físicos en el contexto del Colegio

Mediante del análisis de situaciones de la vida cotidiana, como el movimiento de un automóvil al tomar una curva, el desplazamiento de un avión o el efecto de la gravedad en la caída libre de los objetos (como se ilustra en la figura 35), se evidenció la importancia de los conceptos de sistemas de referencia y el movimiento relativo para comprender algunos fenómenos físicos de la cotidianidad.

Estas actividades no solo facilitaron la conexión entre teoría y práctica, sino que también fortalecieron el desempeño de los estudiantes en evaluaciones estandarizadas y en el estudio de la física en general al vincular los conceptos físicos con problemas típicos que podrían enfrentar en dichos contextos. Como afirma Vélez (2006, p. 141) "se deben establecer relaciones entre las diferentes fuerzas que actúan sobre los cuerpos, ya sea en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme, así como determinar las condiciones necesarias para la conservación de la energía mecánica". Al comprender las interacciones de las fuerzas, los alumnos desarrollan habilidades críticas para analizar fenómenos físicos, lo que les permite aplicar estos principios en diversas situaciones cotidianas y en el avance hacia niveles más complejos de estudio.

Además, considerando que los estudiantes desarrollan proyectos en el colegio dentro de sus líneas de profundización, como el cuidado ambiental y la comunicación social, las temáticas abordadas proporcionaron un marco de referencia útil. Estos contenidos les permitieran integrar estos conceptos físicos en sus proyectos y les brindaran herramientas para diseñar posibles experimentos relacionados con el tema en las diferentes asignaturas.

11. Referencias

- Addad, R. (2015). Relatividad Clásica: conceptos básicos. Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario.
- Addad, R. (2018). El carácter relativo del movimiento: La importancia de una adecuada conceptualización. Décimo congreso argentino de enseñanza de la ingeniería.
- Alonso, M., Finn, E. (1967). Física. Volumen 1: Mecánica. Capítulo 6: Movimiento Relativo. Fondo Educativo Interamericano S.A.
- Ares, P., Risler, J. (2013). Manual de mapeo colectivo: recursos cartográficos críticos para procesos territoriales de creación colaborativa. 1a ed. Buenos Aires: Tinta Limón.
- Echavarría, M., Muñoz, R., Ospina, V. (2003). Consideraciones acerca del principio de inercia cómo fundamento para el análisis del movimiento y sus aplicaciones didácticas en la enseñanza media. Facultad de Educación. Universidad de Antioquía.
- Lorenzo, F. (2015). Aportes conceptuales para el análisis del movimiento relativo. Revista de enseñanza de la Física.
- Aguirre, F. (2008). Leyes de Newton y Sistemas de Referencias. Capítulo 2. Universidad de Los Andes. República Bolivariana de Venezuela.
- Díaz, A. (2013). Guía para la elaboración de una secuencia didáctica. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ramírez, P., Loizaga, G. (2015). Cinemática del sólido rígido. Open Course Ware.
- Cordero, P., Soto, R. (2009). Mecánica. Capítulo 7. Universidad de Chile.
- Caamaño, A. (2013). Hacer unidades didácticas: una tarea fundamental en la planificación de las clases de ciencias. Didáctica de las ciencias experimentales.
- Alonso, M. (2015). El problema de los Sistemas de Referencia. IES "Leonardo Da Vinci" de Alicante.
- Bautista, M. (2008). Nueva Física 10. Santillana.
- Currea, G. (2003). Proyecto Educativo Institucional. Colegio Campestre Monteverde I.E.D.
- Carvajal, F. (2022). Cinemática y dinámica grado 10º de educación media. Guía de Apoyo Educativo en el área de Ciencias Naturales. Ministerio de Educación Nacional.
- Castro, R. (2008). Física I. Manual Esencial Santillana. Departamento de Investigaciones Educativas de Editorial Santillana.
- Garzón, Y. (2017). Caracterización de la quebrada Morací, realizada con los estudiantes del ciclo IV del I.E.D. Campestre Monteverde, Bogotá D.C.

- Hoyos, E., Pocovi, M. (2014). Explicitación de las Transformaciones de Galileo: el eslabón perdido en los libros de Física básica. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de Salta.
- Lia, N., Fonseca, M. (2016). La velocidad relativa: nuevas contribuciones del laboratorio virtual. Vol. 28. Revista de la enseñanza de la Física.
- Tobón, S. (2010). Secuencias didácticas: Aprendizaje y Evaluación de Competencias. México: Pearson- Prentice Hall.6
- CVG (Campus virtual Global). (2013). Cinemática. Movimiento Relativo. Facultad Regional Haedo. Universidad Tecnológica Nacional.
- Vélez, C. (2006). Estándares básicos de Competencias. Ministerio de Educación Nacional.

12. Anexos

Guía actividad 1: Ubique en pares ordenados los objetos en el tablero



Secuencia didáctica – Movimiento Relativo
 Estudiante: Andrés Nicolás Peña Ardila
 Asesor: Francisco Orozco González
 Licenciatura en Física
 Universidad Pedagógica Nacional



Nombre de Estudiante: _____

Grado: _____

Actividad 1: **Ubique los objetos en el tablero**

Objetivo de aprendizaje: Identificar la importancia del Sistema de Referencia en el estudio del Movimiento de los Cuerpos.

Descripción: La actividad comenzará colocando 5 imágenes de algunos objetos y de 3 puntos de diferentes colores en el tablero. Cada uno de los puntos representa el origen de un Sistema de Referencia. Luego en grupos de 4 estudiantes deberán pasar al tablero y calcular la posición de cada objeto desde el Sistema de Referencia que le indique el profesor.

- a) Calcule las coordenadas x y y , la magnitud (distancia) y dirección del vector posición de cada objeto en el tablero desde el Sistema Referencia que le indique el profesor, utilizando los instrumentos de medida más convenientes y complete la siguiente tabla de datos.

Sistema de Referencia			Balón		Búho		Marcador		Borrador		Carro	
Color Punto	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
			Distancia	Dirección	Distancia	Dirección	Distancia	Dirección	Distancia	Dirección	Distancia	Dirección

- b) Conteste las siguientes preguntas relacionadas con la actividad.

¿Cuál fue la unidad de medida y su equivalencia en centímetros?

¿Hay un Sistema de Referencia que le parezca más conveniente para determinar las posiciones de los objetos? Justifique su respuesta.

¿Qué estrategia utilizó para determinar una coordenada? Justifique su respuesta.

¿Qué estrategia utilizó para determinar la posición de un objeto? Justifique su respuesta.



Secuencia didáctica – Movimiento Relativo
Estudiante: Andrés Nicolás Peña Ardila
Asesor: Francisco Orozco González
Licenciatura en Física
Universidad Pedagógica Nacional



Teniendo en cuenta las coordenadas de posición de los objetos. ¿Qué diferencias puede notar en las medidas y como afecta el Sistema Referencia en estas? Justifique su respuesta.

¿Solo existe una medida única de posición de un objeto? Justifique su respuesta.

Guía actividad 2: Ubique a los jugadores en la cancha



Secuencia didáctica – Movimiento Relativo
 Estudiante: Andrés Nicolás Peña Ardila
 Asesor: Francisco Orozco González
 Licenciatura en Física
 Universidad Pedagógica Nacional



Nombre de Estudiante: _____

Grado: _____

Actividad 2: Ubique a los jugadores en la cancha

Objetivo de aprendizaje: Identificar la importancia del Sistema de Referencia en la medición de la distancia a un Cuerpo.

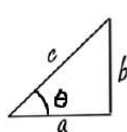
Descripción: La actividad comenzará formando grupos de 3 estudiantes. Un estudiante de cada grupo se ubicará en una posición de la cancha, mientras que los otros dos estudiantes deberán calcular las coordenadas ancho y largo de posición de los estudiantes que tienen una posición fija en la cancha.

a) Conteste las siguientes preguntas relacionadas con la actividad.

¿Cuál fue la unidad de medida y su equivalencia en centímetros?

¿Cuál es la coordenada ancho y largo donde está ubicado, según el Sistema de Referencia que eligió?

b) Calcule las coordenadas ancho y largo, magnitud (distancia) y dirección del vector posición de los estudiantes que tienen una posición fija en la cancha, utilizando el instrumento de medida más conveniente y complete la siguiente tabla de datos. Para realizar estos cálculos se sugiere hacer uso del Teorema de Pitágoras y las Identidades Trigonométricas.



$$a^2 + b^2 = c^2$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\text{sen } \theta = \frac{b}{c}$$

$$\text{cos } \theta = \frac{a}{c}$$

$$\text{tan } \theta = \frac{b}{a}$$

Estudiante	Ancho	Largo	Distancia	Dirección

c) Realice una representación de la posición de los estudiantes en la cancha en un pliego de papel periódico, indicando cual es el Sistema de Referencia que se tomó.

Guía actividad 3: Movimiento Relativo de los carros en una dimensión



Secuencia didáctica – Movimiento Relativo
 Estudiante: Andrés Nicolás Peña Ardila
 Asesor: Francisco Orozco González
 Licenciatura en Física
 Universidad Pedagógica Nacional



Nombre de Estudiante: _____

Grado: _____

Actividad 3: Movimiento Relativo de los carros en una dimensión.

Objetivo de aprendizaje: Identificar la noción de Movimiento Relativo en una dimensión analizando el movimiento de dos carros a control remoto.

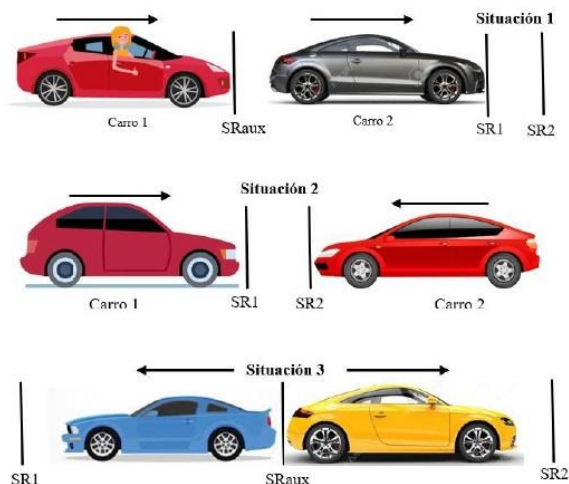
Descripción: La actividad comenzará organizando grupos de 8 personas y dando a cada uno de estos dos carros a control remoto. Se pedirá a cada grupo que calcule la velocidad media a la que se mueve cada uno de los carros y la velocidad relativa del carro 2 respecto al carro 1 y a un observador en reposo en 3 situaciones.

- a) Calcule la velocidad media a la que se mueve cada carro. Para esto se sugiere establecer dos Sistemas de Referencia (SR1 y SR2) distanciados 3 metros uno del otro y contabilizar el tiempo que tardan en desplazarse esa distancia. Se recomienda que los carros comiencen a moverse 30 centímetros antes de cuando pasen por el Sistema de Referencia 1 (SR1) para que la medición de la velocidad sea más exacta y complete la siguiente tabla de datos.

Velocidad media: $v = \frac{d}{t}$

	Desplazamiento	Tiempo	Velocidad media
Carro 1			
Carro 2			

- b) Calcule la magnitud y dirección de la velocidad relativa del carro 2 respecto al carro 1 y a un observador en reposo en cada situación, teniendo en cuenta las velocidades medias calculadas anteriormente. Para esto replique las siguientes situaciones en donde los carros se moverán al mismo tiempo. **En la situación 1**, el carro 2 comenzará su recorrido desde SR1, mientras que el carro 1 comenzará su recorrido desde SRAux, el cual está ubicado 30 centímetros hacia de la izquierda de SR1, los dos se dirigirán hacia SR2 al mismo tiempo. **En la situación 2**, el carro 1 arrancará desde SR1 hacia la derecha, mientras que el carro 2 desde SR2 hacia la izquierda, de tal forma que los dos carros se vayan acercando. **En la situación 3**, los dos carros arrancarán desde SRAux, el cual está ubicado en la mitad de la distancia entre SR1 y SR2. El carro 1 se desplazará hacia SR1, el cual está a la izquierda, mientras que el carro 2 se desplazará hacia SR2, el cual está ubicado a la derecha, de tal forma que se vayan alejando.





Secuencia didáctica – Movimiento Relativo
Estudiante: Andrés Nicolás Peña Ardila
Asesor: Francisco Orozco González
Licenciatura en Física
Universidad Pedagógica Nacional



Complete la siguiente tabla de datos, haciendo los respectivos cálculos matemáticos.

Velocidad relativa entre dos cuerpos: $v_{21} = v_2 - v_1$

Situación	Velocidad carro 2 respecto al carro 1	Velocidad carro 2 respecto a un observador en reposo
1		
2		
3		

c) Conteste las siguientes preguntas relacionadas con la actividad.

¿En la situación 1, cuál es la velocidad a la que se mueve el carro 2 respecto al carro 1? Justifique su respuesta.

¿En la situación 2, quién observa que el carro 2 se acerca más rápido, el carro 1 o a un observador en reposo? Justifique su respuesta.

¿En la situación 3, quién observa que el carro 2 se aleja más rápido, el carro 1 o a un observador en reposo? Justifique su respuesta.

Guía actividad 4: Actividad experimental con prototipo de carro balístico



Secuencia didáctica – Movimiento Relativo
 Estudiante: Andrés Nicolás Peña Ardila
 Asesor: Francisco Orozco González
 Licenciatura en Física
 Universidad Pedagógica Nacional



Nombre de Estudiante: _____

Grado: _____

Actividad 4:

Actividad experimental relacionada al Principio de Relatividad de Galileo

Objetivo de aprendizaje: Identificar mediante una actividad experimental el Principio de Relatividad de Galileo y el Movimiento Relativo de la canica respecto de diferentes observadores.

Descripción: La actividad comenzará mostrando a los estudiantes un montaje experimental, en el cual se da el lanzamiento de una canica desde un cañón. El objetivo es que la canica caiga en un carro que se mueve a velocidad constante sobre un riel en dirección contraria a la canica y de esta forma indagar las ideas sobre el tema y explicar a los estudiantes el Principio de Relatividad Galileano y el Movimiento Relativo. Por último, los estudiantes tendrán que contestar algunas preguntas relacionadas con la actividad y representar la trayectoria de la canica desde diferentes Sistemas de Referencia.

a) Conteste las siguientes preguntas relacionadas con la actividad.

¿Cree que un observador situado en el cañón y uno enfrente al montaje experimental observan la misma trayectoria de la canica? Justifique su respuesta.

¿Por qué la canica cae en el carro, si tienen velocidades iniciales diferentes? Justifique su respuesta.

¿Si el carro se moviera con una aceleración constante la canica también caería en el carro? Justifique su respuesta.

Señale la respuesta correcta y justifique su respuesta.

Dos observadores que se mueven a velocidad constante miden:

☐ La misma velocidad de cualquier objeto.

☐ La misma posición de cualquier objeto.

☐ La misma aceleración de cualquier objeto.

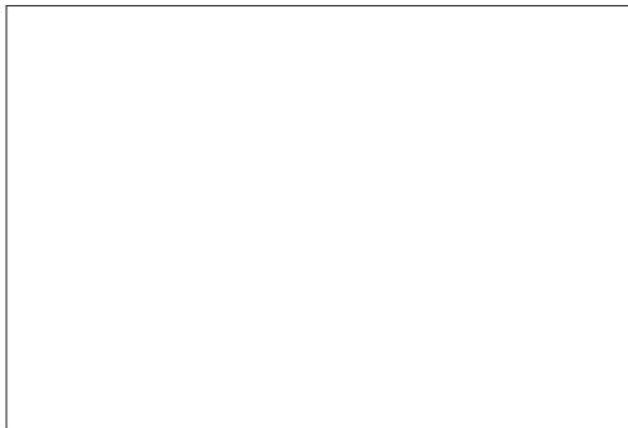


Secuencia didáctica – Movimiento Relativo
Estudiante: Andrés Nicolás Peña Ardila
Asesor: Francisco Orozco González
Licenciatura en Física
Universidad Pedagógica Nacional

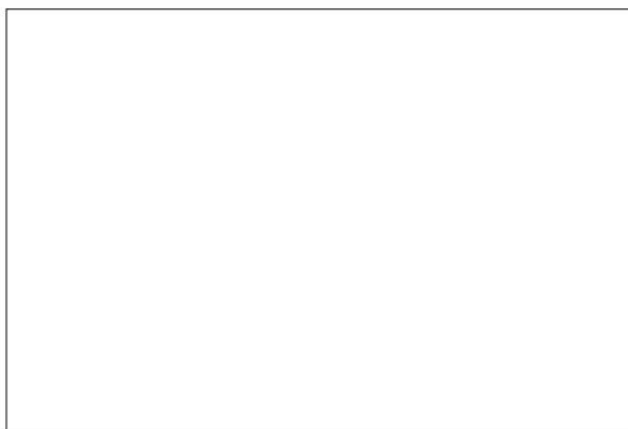


b) Represente la trayectoria de la canica respecto al observador que se indique.

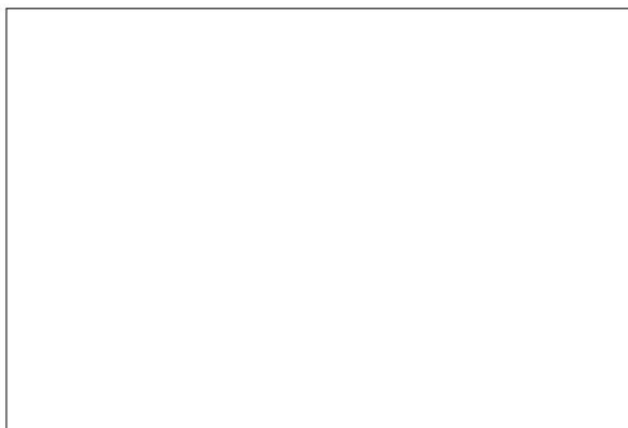
Para un observador situado en el cañón



Para un observador situado enfrente al montaje



Para un observador situado en el carro



Guía actividad 5: Actividad de mapeo y síntesis



Secuencia didáctica – Movimiento Relativo
 Estudiante: Andrés Nicolás Peña Ardila
 Asesor: Francisco Orozco González
 Licenciatura en Física
 Universidad Pedagógica Nacional



Nombre de Estudiante: _____

Grado: _____

Nombre de Estudiante: _____

Grado: _____

Nombre de Estudiante: _____

Grado: _____

Nombre de Estudiante: _____

Grado: _____

Nombre de Estudiante: _____

Grado: _____

Actividad 5: Actividad de mapeo y síntesis.



<https://issuu.com/laurate/docs/como-hacer-un-mapeo-colectivo>

Objetivo de aprendizaje: Identificar las ideas de los estudiantes que caracterizan el Movimiento Relativo y los Sistemas de Referencia después de implementada la secuencia didáctica.

Descripción: La actividad de mapeo comenzará pidiendo a cada estudiante que escriba una palabra clave en un post it como una forma de contestar cada pregunta propuesta y luego los pegue en el tablero. Después se pedirá que se formen grupos de 4 personas y pasen al tablero y organicen 3 grupos de post it, según tengan conexión las palabras escritas en estos. Cada grupo se le asignará un grupo de post it y con las palabras claves de estos se pedirá que se redacte una oración sobre los conceptos abordados en la secuencia didáctica. Con cada una de estas oraciones se propone que en un pliego de papel periódico se haga una representación gráfica que simbolice el sentido de esta oración. Para finalizar la actividad, los estudiantes deberán socializar sus representaciones a los demás grupos.

a) Conteste cada pregunta propuesta con una palabra clave en un post it y péguela en el tablero.

- i. Indique un elemento clave de un Sistema de Referencia.
- ii. Indique un rol clave del observador en el estudio del movimiento de los cuerpos.
- iii. Indique un elemento clave que determine si un objeto está en moviendo.
- iv. Indique mediante una palabra clave si el movimiento de un cuerpo es independiente de la posición del observador.

b) Escriba la oración que redactaron en su grupo con las palabras claves de los post it.

c) Realice una representación que simbolice el sentido de la oración en un pliego de papel periódico y socialícelo con los demás grupos.

Guía actividad 6: Ubique a sus compañeros en el salón



Secuencia didáctica – Movimiento Relativo

Estudiante: Andrés Nicolás Peña Ardila

Asesor: Francisco Orozco González

Licenciatura en Física

Universidad Pedagógica Nacional



Nombre de Estudiante: _____

Grado:

Actividad 6:

Ubique a sus compañeros en el salón

Objetivo de aprendizaje: Identificar la importancia del Sistema de Referencia en la determinación de la posición de los Cuerpos.

Descripción: La actividad comenzará pidiendo a los estudiantes que se sienten en los puestos que deseen. Cada uno de ellos deberá establecer un Sistema de Referencia y desde este calcular las coordenadas fila y columna de posición de sus compañeros en el salón y las de él.

- a) ¿Cuál es la coordenada fila y columna donde está ubicado, según el Sistema de Referencia que eligió?

- b) Calcule las coordenadas fila y columna de la posición de sus compañeros en el salón, según el Sistema de Referencia que eligió y complete la siguiente tabla de datos.

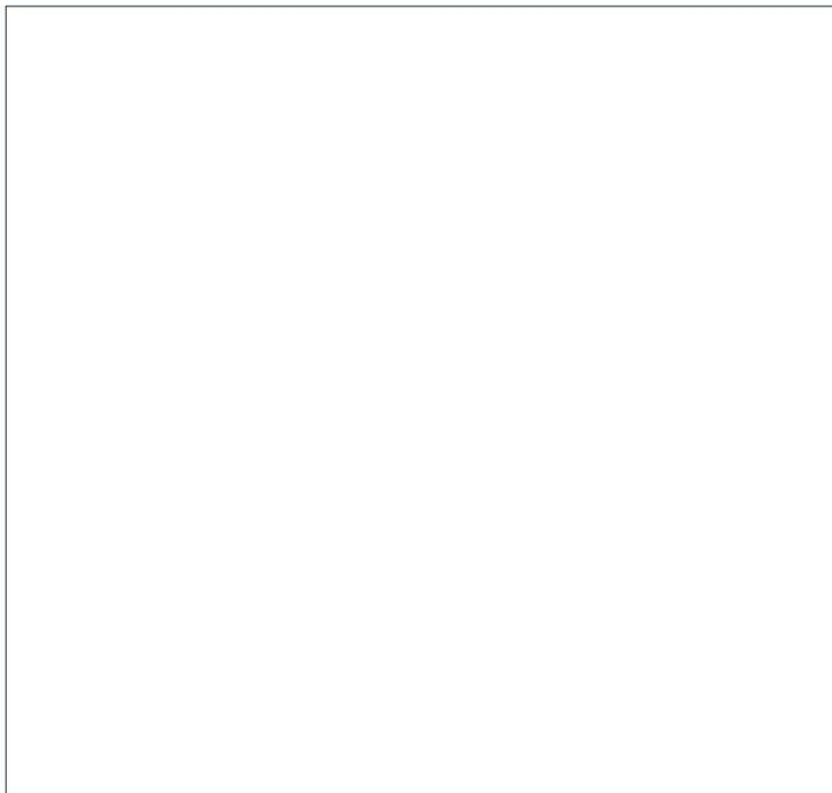
[illegible]



Secuencia didáctica – Movimiento Relativo
Estudiante: Andrés Nicolás Peña Ardila
Asesor: Francisco Orozco González
Licenciatura en Física
Universidad Pedagógica Nacional



- c) Realice en el siguiente espacio una representación de las posiciones de los estudiantes y la suya en el salón, indicando el Sistema de Referencia que eligió.



Guía actividad 7: Movimiento Relativo de los carros en dos dimensiones



Secuencia didáctica – Movimiento Relativo
 Estudiante: Andrés Nicolás Peña Ardila
 Asesor: Francisco Orozco González
 Licenciatura en Física
 Universidad Pedagógica Nacional



Nombre de Estudiante: _____

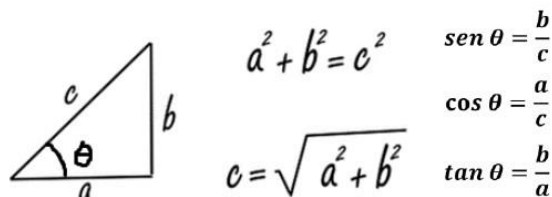
Grado: _____

Actividad 7:

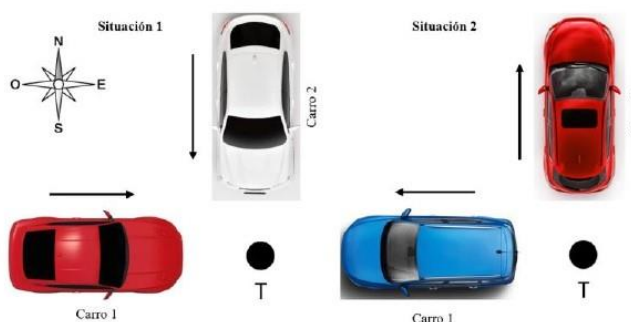
Movimiento Relativo de los carros en dos dimensiones.

Objetivo de aprendizaje: Identificar la noción de Movimiento Relativo en dos dimensiones analizando el movimiento de dos carros a control remoto.

Descripción: La actividad comenzará pidiendo a los grupos de la actividad anterior que determinen un Sistema de Referencia Tierra (SR_T), desde el cual ubicar los cuatro puntos cardinales utilizando una brújula. Luego deberán establecer dos Sistemas de Referencia (SR₁ y SR₂) distanciados 2 metros de SR_T, SR₁ al oeste y SR₂ al norte. Por último, se pedirá que se calcule la velocidad relativa del carro 1 respecto al carro 2 en dos situaciones.



- a) Calcule la magnitud y dirección de la velocidad relativa del carro 1 respecto al carro 2 y a SR_T, utilizando sus conocimientos de suma de vectores, Teorema de Pitágoras e Identidades Trigonométricas. Para esto se sugiere que se repliquen 2 situaciones en donde los carros se moverán al mismo tiempo en diferentes direcciones. **En la situación 1**, el carro 1 se dirigirá desde SR₁ en el oeste hacia el SR_T mientras que el carro 2 ira desde SR₂ en el norte al SR_T, de forma que se vayan acercando perpendicularmente. **En la situación 2**, el carro 1 se dirigirá desde SR_T hacia el SR₁ en el oeste, mientras que el carro 2 ira desde SR_T a SR₂ al norte, de forma que se vayan alejando de SR_T.



Complete la siguiente tabla de datos, haciendo los respectivos cálculos matemáticos.

Situación	Velocidad carro 1 respecto al carro 2		Velocidad carro 1 respecto al SR _T	
	Magnitud	Dirección	Magnitud	Dirección
1				
2				



Secuencia didáctica – Movimiento Relativo
Estudiante: Andrés Nicolás Peña Ardila
Asesor: Francisco Orozco González
Licenciatura en Física
Universidad Pedagógica Nacional



b) Conteste las siguientes preguntas relacionadas con la actividad.

¿En la situación 1 y 2, la adición velocidades relativas entre los dos carros es directa o indirecta? Justifique su respuesta.

¿En la situación 1 y 2, cree que la magnitud y dirección de la velocidad relativa del carro 1 respecto al carro 2 son las mismas o diferentes? Justifique su respuesta.
