



Aportes de la historia y epistemología de las ciencias al desarrollo de habilidades de pensamiento crítico: Una aproximación desde el análisis de los planteamientos de Robert Mayer sobre la conservación de la energía

Yineth Susana Gallego Guzmán

Antonio Santiago Pulgarín Arango

Cristian David Correa Hernández

Trabajo de grado presentado para optar al título de Licenciado en Matemáticas y Física

Asesor

Yirsen Aguilar Mosquera, Magíster (MSc) en Enseñanza de las ciencias

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Licenciatura en Matemáticas y Física

Medellín, Antioquia, Colombia

2022

Cita

(Gallego Guzmán, Pulgarín Arango & Correa Hernández, 2022)

Referencia

Estilo APA 7 (2020)

Gallego Guzmán, Y. S., Pulgarín Arango, A. S. & Correa Hernández, C. D. (2022). *Aportes de la historia y epistemología de las ciencias al desarrollo de habilidades de pensamiento crítico: Una aproximación desde el análisis de los planteamientos de Robert Mayer sobre la conservación de la energía* [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Asesor de prácticas y de trabajo de grado: Yirsén Aguilar Mosquera



Centro de Documentación Educación

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Wilson Bolívar Buriticá.

Jefe departamento: Cártul Vargas Torres.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Agradecimientos

Yineth: Quiero agradecer primeramente al profesor Yirsén Aguilar, por sus enseñanzas, orientaciones, recomendaciones y disponibilidad para atender nuestras inquietudes, su asesoramiento fue vital para la realización de esta investigación. A la Institución Educativa Comercial de Envigado, por permitirme realizar la práctica docente y llevar a cabo el trabajo investigativo. A los profesores María Pía Mosquera y Diego Pareja por ser mis maestros cooperadores, quienes me brindaron la oportunidad de enseñar física en sus grupos de estudiantes, además de brindar guía y consejo para mejorar en la labor docente. A los estudiantes por permitirme enseñarles, estar dispuestos a escuchar y a participar en los espacios de enseñanza propuestos. A mis compañeros de trabajo de grado por su paciencia, acompañamiento, consejos, sugerencias y por todas las experiencias que compartimos durante el desarrollo de este trabajo investigativo. Y, por último, a mi familia, quienes me han apoyado de manera incondicional durante todo mi proceso de formación docente en la Universidad de Antioquia.

Antonio: Estoy profundamente agradecido con Yirsén, mi asesor, por su acompañamiento y apoyo durante todo este proceso, por esta misma razón, también quiero agradecer a Yoko, mi gato.

Cristian: Aunque este trabajo de grado lo realizamos 3 personas, no hay que demeritar que en el trasfondo intervienen muchas otras personas que de alguna u otra manera nos ayudaron. A manera personal, me gustaría agradecer al profesor Yirsén por acompañarnos en el proceso de la práctica y en el desarrollo de la investigación, además por los aportes en sus comentarios, que hacían un llamado a la reflexión como intelectuales de la educación. A mis compañeros Yineth y Antonio por coincidir y vivir este proyecto juntos, pero además por todos los momentos vividos que nos permitió pasar; A la I.E Comercial de Envigado por permitirme tener un acercamiento con la praxis y por ratificar en mi pensar de que los profesores debemos ser sujetos que posibiliten reflexiones; y por último quisiera agradecerle a mi madre Cristina Hernández Ardila por todo el apoyo y por ser quien me ayudara a despertar el deseo de aprender, a todas mis tías y en especial a Ligia Navarro y a mi abuela fallecida por mi formación en valores como persona.

Tabla de contenido

Contenido

| | |
|--|----|
| Resumen | 2 |
| Abstract | 3 |
| Capítulo uno. Contextualización | 4 |
| 1.1 Planteamiento del problema | 4 |
| 1.2 Objetivos | 8 |
| Capítulo dos. Marco Teórico..... | 9 |
| 2.1 La Conservación de la Energía en el Contexto de la Enseñanza | 9 |
| 2.2 Historia y Epistemología en el Contexto de la Enseñanza..... | 11 |
| 2.3 ¿Qué se entiende por Pensamiento Crítico? | 14 |
| 2.4 La Conservación de la Energía desde la Perspectiva de Mayer | 16 |
| 2.4.1 Principios de Causalidad, Indestructibilidad y Convertibilidad como Piedras Angulares para la Formalización del Concepto de la Conservación de la Energía..... | 17 |
| 2.4.2 La Transformación, la Transferencia y la Degradación como Procesos que Evidencian la Conservación de la Energía..... | 20 |
| Capítulo tres. Metodología..... | 23 |
| 3.1 Enfoque | 23 |
| 3.2 Método | 24 |
| 3.3 Contexto | 24 |
| 3.4 Casos y Criterios de Selección | 25 |
| 3.5 Recolección de la Información..... | 26 |
| 3.5.1 Acerca de los Instrumentos..... | 26 |
| 3.6 Sistematización y Análisis | 30 |
| Capítulo cuatro. Hallazgos | 33 |

| | |
|---|----|
| 4.1 La conservación de la energía: una estructuración desde los principios de causalidad, indestructibilidad y convertibilidad..... | 33 |
| 4.2 El desarrollo de habilidades de pensamiento crítico a partir del análisis epistemológico de los planteamientos de Rober Mayer | 44 |
| Capítulo cinco. Implicaciones Didácticas | 51 |
| 5.1 Reflexiones Sobre la Enseñanza de las ciencias | 51 |
| 5.2 Diseño de un Ciclo Didáctico..... | 52 |
| Capítulo seis. Consideraciones Finales | 67 |
| Referencias | 70 |
| Anexos..... | 74 |

Lista de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. <i>Categorías e indicios</i> | 31 |
| Tabla 2. <i>El movimiento de dos canicas de igual masa en una rampa en U</i> | 36 |

Lista de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. <i>El movimiento de dos canicas de igual masa en una rampa en U</i> | 36 |
| Figura 2. <i>Gráfica de energía vs tiempo</i> | 40 |
| Figura 3. <i>Caída de un bloque de masa m a una estaca</i> | 41 |
| Figura 4. <i>Máquina de vapor</i> | 44 |

Siglas, acrónimos y abreviaturas

| | |
|-------------|--|
| MEN | Ministerio de Educación Nacional |
| HCTA | The Halpern Critical Thinking Assessment |
| Epg | Energía potencial gravitatoria |
| k | Energía cinética |
| DBA | Derechos Básicos de Aprendizaje |

Resumen

Esta investigación nace a partir de la necesidad de redirigir la intencionalidad de la educación (formación en ciencias, para este trabajo en concreto), para que el fin de esta no se limite a únicamente transmitir conceptos. Sino que, además, permita desarrollar habilidades como el pensamiento crítico a partir de la construcción de conceptos, potenciando una formación en los estudiantes para que puedan desenvolverse y aportar de manera positiva en la sociedad actual. Es por esta razón que nos preguntamos por los beneficios que trae la historia y la epistemología a la hora de plantear propuestas que permitan responder a la necesidad antes mencionada. Específicamente, nuestro enfoque se centró en la temática de la conservación de la energía y en cómo un acercamiento histórico, a partir de los planteamientos de Mayer a dicha temática, podría ayudar a desarrollar habilidades de pensamiento crítico. Para este propósito realizamos una investigación cualitativa con estudiantes de grado undécimo de la I.E. Comercial de Envigado.

Entre los resultados encontrados, obtuvimos no solo una respuesta positiva ante la pregunta de si es posible desarrollar habilidades de pensamiento crítico a partir de un acercamiento histórico y epistemológico de una temática, sino que también, logramos concebir una propuesta educativa en forma de ciclo didáctico, esta propuesta toma los trabajos de Mayer relacionados con la conservación de la energía y los utiliza de manera tal que posibilitan en los estudiantes una construcción de los conceptos trabajados, a la vez de un desarrollo de habilidades de pensamiento crítico.

***Palabras clave:** Conservación de la energía, enseñanza de las ciencias, pensamiento crítico, Mayer, indestructibilidad, convertibilidad.*

Abstract

This research is born from the need to redirect the intentionality of education (science education, for this particular work), so that its purpose is not to transmit concepts, but to develop skills, from the construction of concepts, that allow students to develop and contribute positively in today's society. It is for this reason that we wondered about the benefits that history and epistemology bring when proposing proposals that allow us to respond to the aforementioned need. Specifically, our focus was on the subject of energy conservation and how a historical approach, based on Mayer's approaches to this subject, could help develop critical thinking skills. For this purpose, we conducted a qualitative research with eleventh grade students of the I.E. Comercial de Envigado.

Among the results found, we obtained not only a positive answer to the question of whether it is possible to develop critical thinking skills from a historical and epistemological approach to a subject, but also, we managed to conceive an educational proposal in the form of a didactic cycle, this proposal takes Mayer's works related to the conservation of energy and uses them in such a way that they enable students to build the concepts worked on, while developing critical thinking skills.

Keywords: *Energy conservation, science teaching, critical thinking, Mayer, indestructibility, convertibility.*

Capítulo uno. Contextualización

En este capítulo se examinan algunas dificultades en el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico en el aula y en el abordaje del principio de conservación de la energía, en particular se muestra como la enseñanza de la conservación de la energía se limita a la energía mecánica. Igualmente, se realiza la formulación del problema y se precisan los objetivos que orientan el proceso investigativo.

1.1 Planteamiento del problema

En las últimas décadas, varias investigaciones señalan la necesidad de reformar la manera en que se enseña la ciencia (Matthews, 1994; Hodson, 2013). Según estas investigaciones, se requiere una enseñanza de las ciencias que forme ciudadanos competentes con capacidad y habilidades para enfrentar los desafíos que impone el mundo actual. Al respecto, el Ministerio de Educación Nacional (en adelante MEN) precisa que “en un entorno cada vez más complejo, competitivo y cambiante, formar en ciencias significa contribuir a la formación de ciudadanos y ciudadanas capaces de razonar, debatir, producir, convivir y desarrollar al máximo su potencial creativo” (MEN, 2004, p.6). En este sentido, resulta apropiado decir que la formación en ciencias debe estar vinculada a los asuntos sociales y que, por tanto, de acuerdo con lo mencionado por el MEN, los estudiantes deben adquirir habilidades relacionadas con el reconocer, codificar y comprender la información que aprenden, emplear habilidades de análisis y reflexión alrededor de las problemáticas de su entorno sociocultural, como también ser partícipes de la construcción de soluciones de los problemas que tienen ocurrencia en su contexto social.

Sin embargo, pese a los intentos de reformar la educación en ciencias, para atender a estos desafíos y a los requerimientos de los lineamientos trazados por el MEN, la realidad en el aula pareciera no cambiar de manera significativa. Según investigaciones analizadas (Romero, 2013; Hodson, 2013; Malagón et al., 2013; Aguilar, 2006) aún persiste predilección por una enseñanza de las ciencias enciclopédica centrada en la memorización de conceptos y en la ejecución mecánica de algoritmos, para responder a los problemas que lleva el profesor al aula. Esta formación en ciencias, centrada en la mera aplicación de algoritmos, pareciera no promover el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico en los estudiantes y, esto, según Sánchez (2013), puede evidenciarse en el bajo nivel de comprensión de la lectura crítica, así como en la baja participación de los estudiantes en la elaboración de argumentos u opiniones críticas en clase.

Sobre lo anterior, es importante resaltar que, la manera como el profesor asume la enseñanza de las ciencias está estrechamente vinculada con la manera como éste asume el conocimiento científico (Mathews, 1991, 1994 ; Aguilar, 2006) y, según estas investigaciones, pareciera que en las perspectivas que privilegian algunos maestros, se evidencia la asunción del conocimiento científico como algo acabado, inmutable, debidamente demostrado sin posibilidad de ser refutado y por tanto, no requiere ser cuestionado o ser analizado desde otras perspectivas y, en consecuencia, la única posibilidad es la de ser transmitido tal cual es presentado por la comunidad científica (Malagón et al., 2013; Aguilar, 2006).

Al asumir el conocimiento como acabado restringe la interpretación, dado que, de esto se deriva que se asuma que solo hay una forma de entender y hacer ciencia, lo que limita las posibilidades en el aula, porque no se generan espacios para que los estudiantes refuten y debatan en torno a

los conceptos y la actividad científica. Estas limitaciones también implican dificultades para que tengan lugar las prácticas discursivas y el desarrollo de habilidades argumentativas e interpretativas en los alumnos, requerimientos inaplazables para los desafíos actuales de la educación en ciencias (Chamorro et al., 2013).

Por otra parte, según los análisis realizados en algunas investigaciones, resulta oportuno decir que los contenidos que se enseñan en el aula son el resultado de una transcripción de conceptos, ejemplos y ejercicios presentados en los libros de texto, dejando de lado las ideas previas de los estudiantes, sus intereses, sus necesidades y su contexto. De modo que, los conceptos no son contextualizados, lo que puede traducirse en dificultades para el aprendizaje y una visión incompleta o parcial de lo que se supone es la ciencia (Ríos y Solbes, 2007).

Adicionalmente, algunos autores coinciden en afirmar que, la enseñanza, en la que subyace una perspectiva positivista de la ciencia, el aprendizaje consiste en la memorización de los contenidos por parte de los estudiantes (García et al., 2013). Por lo tanto, lo habitual desde esta postura, es que el estudiante, al momento de intentar resolver un problema, no se percate de si los datos son o no razonables, dado que, solo se enfoca en qué tipo de problema tiene al frente y recurre a su memoria (no quiere decir esto que la memoria no es importante) para recordar las fórmulas y aplicarlas de una manera mecánica. Así, aprender ciencias es un asunto repetitivo y sin sentido para los alumnos, situación que lleva a que perciban la ciencia y los procesos de

formalización del conocimiento como algo ajeno a ellos y a su realidad; por tanto, se cree que es una actividad propia de una comunidad exclusiva (los científicos).

Respecto a lo anterior, según investigaciones (Romero, 2013; Hodson, 2013; Malagón et al., 2013; Aguilar, 2006) resulta apropiado decir que, una enseñanza de las ciencias bajo los lineamientos del positivismo, en los que se significa a la ciencia como un conjunto de leyes y teorías debidamente verificadas y con un carácter estático de verdades absolutas, no favorece la comprensión y problematización de los fenómenos, sino que por el contrario, desde este enfoque, se limitan los procesos de argumentación y de apertura o flexibilidad de pensamiento de los estudiantes (Perea y Buteler, 2016). Esta situación contradice la forma como históricamente se ha desarrollado la construcción de teorías, dado que se transmite la idea de que las explicaciones científicas son irrefutables, desconociendo que la ciencia es una construcción social que se ha dado en el transcurso del tiempo y que está determinada por consensos o convenciones entre los diversos actores, como aspectos de validación e institucionalización (Furio y Guisasola, 1997).

Lo anterior señala que es necesario hacer una contextualización de conceptos, que tengan en cuenta la historia y epistemología de la ciencia, las experiencias del estudiante y sus construcciones conceptuales (Malagón et al., 2013), que integre situaciones tanto experimentales como experiencias cotidianas que permita que los alumnos se apropien de los contenidos presentados en clase. Lo anterior implica estimular, en los estudiantes, la capacidad de aplicar los conocimientos en la resolución de problemas no solo relacionados con la ciencia sino también relacionados con la vida cotidiana, el orden social y ambiental, lo que supone la formación de estudiantes capaces de interpretar y analizar la información como también, ser partícipes en el mejoramiento de su entorno social.

Bajo estas circunstancias, el estudio de conceptos físicos, tales como la conservación de la energía, son de gran importancia debido a que su carácter unificador de los fenómenos físicos permite abordar problemáticas actuales o situaciones cotidianas que contribuyen a la formación de alumnos críticos, capaces de participar en la toma de decisiones y en la construcción de discursos en pro de una sociedad con prácticas sostenibles y con una profunda conciencia sobre los problemas ambientales (Doménech et al., 2003).

No obstante, la enseñanza del concepto en sí no basta para atender a los desafíos actuales de la educación en ciencias. La conservación de la energía, al ser un tema transversal en la física,

no está exenta de las problemáticas y necesidades de la enseñanza en ciencia que aquí se han planteado.

Examinando la enseñanza del principio de conservación de la energía, se ha podido establecer que, en ocasiones, este se reduce a lo que se entiende por energía mecánica, priorizando la transformación y conservación, lo cual, debe decirse, resulta conveniente solo si se quiere evaluar la conservación de la energía cuantitativamente, sobre todo porque la mayoría de estas propuestas plantean problemas en sistemas aislados que pueden ser resueltos mediante la ejecución de un algoritmo o ecuación matemática (Solbe y Tarín, 1998).

Sin embargo, conviene preguntar, en estas situaciones que se limitan solo a la energía mecánica, ¿en qué se centran los procesos de reflexión y evaluación en el aula? Sobre esta cuestión debe decirse que, en el caso particular de la evaluación, un buen resultado en una prueba que sólo da cuenta de la aplicación de un algoritmo sobre la energía mecánica no puede ser un indicador respecto a la comprensión de este principio (Matthews, 1991,1994), ya que es posible obtener un resultado positivo en la prueba sin la necesidad de desarrollar un concepto propio, como menciona Malagón, Ayala y Sandoval (2013): “Los estudiantes[...], generalmente, manejan algoritmos que si bien les permite operar las relaciones que se establecen entre variables, dichos algoritmos no les aportan mayor información sobre la organización de las fenomenologías abordadas que sintetizan” (p.10).

Esta forma de reducir numérica y conceptualmente la conservación de la energía evita que haya una reflexión del tema por parte del alumno, ya que no es necesario profundizar en ninguna problemática para solucionar las situaciones físicas (Pacca y Henrique, 2004).

Otro problema que resulta del reduccionismo numérico y conceptual es que en la mayoría de los problemas planteados no pueden evidenciarse en la cotidianidad o no coinciden con ésta, razón por la cual hay una clara desconexión entre la cotidianidad y experiencias del alumno con la temática enseñada, provocando así una dificultad en el aprendizaje al no estar vinculado con la experiencia del estudiante (García et al., 2013).

Las consideraciones anteriores motivan a indagar por ¿Cuáles son las posibles contribuciones del análisis histórico-epistemológico de los planteamientos de Mayer sobre el principio de la conservación de la energía que posibilitan un desarrollo de habilidades de pensamiento crítico?

1.2 Objetivos

Objetivo general:

Analizar posibles contribuciones del estudio histórico-epistemológico de los planteamientos de Mayer sobre el principio de la conservación de la energía que posibilitan un desarrollo de habilidades de pensamiento crítico.

Objetivos específicos:

- Identificar los aspectos fundantes de la conceptualización de la conservación de la energía en las obras “Remarks on the forces of inorganic nature” y “Los movimientos de los organismos y su relación con el metabolismo” de Robert Mayer que permiten el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico.
- Caracterizar los discursos de 4 casos en los que se evidencian habilidades de pensamiento crítico cuando reflexionan sobre los fundamentos del principio de conservación de la energía.

Capítulo dos. Marco Teórico

Es necesario señalar, en primera instancia, la importancia del principio de la conservación de la energía en la enseñanza de la física, dado que este es un concepto unificador de la física que favorece la comprensión de fenómenos físicos, además de posibilitar habilidades de pensamiento crítico dada su diversidad de manifestaciones para relacionar fenómenos. Sin embargo, en la revisión bibliográfica realizada y en la experiencia en aula, se observó la persistencia de dificultades de los estudiantes para comprender la conservación de la energía y su relación con situaciones cotidianas.

Por esta razón, se establecieron cuatro puntos clave en esta investigación: el principio de la conservación de la energía en el contexto de enseñanza, que permitió identificar algunas dificultades que persisten en su enseñanza; la historia y epistemológica de las ciencias, como alternativa para abordar los desafíos que imponen esas dificultades, además, de considerarla como una posibilidad para favorecer el desarrollo de pensamiento. El pensamiento crítico, como finalidad educativa que responde a las necesidades mencionadas en el planteamiento del problema y, finalmente, los planteamientos de Mayer (1842, 1845) que permitieron construir y sustentar los instrumentos que se utilizaron para recabar la información que se requería para dar cuenta de los objetivos propuestos.

2.1 La Conservación de la Energía en el Contexto de la Enseñanza

En la revisión bibliográfica acerca de la enseñanza de la energía y su conservación se encontraron investigaciones como las de Solbes y Tarín (1998, 2004, 2008), Doménech et al. (2001, 2003), Michinel y D'Alessandro (1994), López y Katia (2004), que señalan las principales dificultades en la enseñanza y comprensión del principio de la conservación de la energía.

Algunas de estas investigaciones (Solbes y Tarín, 2004, 2008; Michinel y D'Alessandro, 1994) resaltan que la enseñanza de la conservación de la energía es abordada de manera muy general y reducida, relacionándola, principalmente, con la capacidad de realizar trabajo, lo que a veces lleva a que no se examine como un principio unificador de la física y como un concepto que permite comprender la relación entre fenómenos o de explicar un fenómeno en términos de otros; por esto, a veces, en la enseñanza y el aprendizaje, resulta difícil y poco claro, relacionar este principio con otras situaciones físicas.

Pareciera que una de las causas de este problema está relacionada con las fuentes de información a las que acuden los maestros de ciencias para planear sus clases:, no es usual emplear

textos de fuentes primarias escritos por los físicos que han formalizado lo que implica la conservación de la energía, generalmente abordan textos escolares que se limitan a presentar la conservación de la energía en términos de la energía mecánica (Solbes y Tarín, 2004; Michinel y D'Alessandro, 1994), de este modo, la enseñanza del concepto se limita a los procesos de transformación y conservación de las formas de energía potencial y cinética, pasando por alto los procesos de transferencia y degradación de la energía, lo que se puede traducir en una comprensión limitada del principio de la conservación de la energía (Solbes y Tarín, 2008).

Complementario a lo anterior, el lenguaje empleado en los textos escolares y la manera en que desarrollan el concepto se convierte en una fuente generadora de preconcepciones en los estudiantes, debido a que los autores de estos textos expresan la conservación de la energía solo desde términos mecánicos y la teoría del calórico (Michinel y D'Alessandro, 1994), consideramos que este enfoque resulta insuficiente para comprender el concepto de la conservación de la energía y aplicarlo a los diversos contextos.

Otro factor que incide en la enseñanza de la energía está en relación con las preconcepciones de los estudiantes. Estas investigaciones mencionan que los alumnos presentan dificultades para comprender la conservación de la energía debido a que están fuertemente arraigados a sus concepciones previas, resultado tanto de la enseñanza del tema en el aula, producto de la lectura de textos escolares que de por sí ya están influenciados por las preconcepciones de los autores y también de los maestros, que presentan en el aula el concepto permeado por sus propias concepciones de lo que consideran es la conservación de la energía (Michinel y D'Alessandro, 1994). Estas dificultades también se derivan de los contextos socioculturales, en este último puede encontrarse términos como: “gasto o consumo de energía”, “pérdida energética”, “almacenamiento de energía”, “producción energética”, etc. (López y Katia, 2004). Estas preconcepciones, pocas veces son tenidas en cuenta por los maestros, lo que se traduce en dificultades cuando se intenta una significación adecuada de la conservación de la energía, incluso de la energía mecánica que es la que se suele abordar en los cursos, por ejemplo, los estudiantes suelen relacionar la energía potencial con el almacenamiento de energía de un cuerpo y no con la interacción Tierra-masa (Solbes y Tarín, 2008; Doménech et al., 2001). En este sentido, la reducción de la energía a sólo términos de la mecánica y las preconcepciones de los alumnos alimentan la idea de energía como una sustancia, pues en muchas ocasiones se da la ilusión de que la energía es un tipo de combustible que se almacena (López y Katia, 2004), o bien, que la energía

sólo está presente en situaciones en las que se da movimiento y no en un cuerpo que está en estado de reposo, que no efectúa trabajo útil. Al respecto, resulta apropiado decir que, es debido a esta idea de inexistencia o pérdida de energía que dificulta entender el principio de la conservación de la energía (Solbes y Tarín, 1998, 2008).

Por ende, se hace necesario tener en cuenta el contexto de los estudiantes y sus preconcepciones, para abordar de una forma más clara la energía y su conservación, ya que los estudiantes al trasladar sus concepciones, resultado de ver la energía como un conocimiento común, no logran entender que la energía tiene procesos como la conservación, la transformación, la transferencia y la degradación.

Por lo anterior, se considera apropiado la generación de reflexiones en torno a la historia y epistemología en el aula de clases, ya que esta puede ser una estrategia que contribuya a la generación de espacios para la discusión colectiva, dentro de los cuales se construyan y se validen los conocimientos (Aguilar, 2002; Mathews, 1991). Además, el volver a fuentes de primera mano permite establecer relaciones entre los preconceptos de los alumnos con las limitaciones y contradicciones que fueron presentes en los procesos de construcción de la conservación de la energía. Es por esto que desde la historia y la epistemología es posible pensar en alternativas u otras formas de pensar que puedan hacer frente a las problemáticas y necesidades mencionadas a lo largo de este apartado.

2.2 Historia y Epistemología en el Contexto de la Enseñanza

Como se ha venido mencionando, desde el planteamiento del problema, la manera en la que un profesor asume el conocimiento científico influye en la manera de enseñar las ciencias (Mathews, 1991, 1994; Aguilar, 2006). Parece ser que algunos profesores suelen asumir la ciencia como un conocimiento acabado y purista que no necesita ser cuestionado, lo cual se refleja en la enseñanza de las ciencias cuando el docente responde a su labor como transmisor de conocimientos y los estudiantes como receptores pasivos, ubicando así al docente en una perspectiva de enseñanza positivista (Malagón et al., 2013). En esta perspectiva, el conocimiento científico está fuertemente ligado a una imagen de historia en la que se asume que la historia es una acumulación de datos verificados, que una vez reunidos, hablan por sí mismos sin la necesidad de que intervenga la interpretación de algún historiador. Esta perspectiva de historia es a la que Carr (1983) llama sentido común de la historia, perspectiva en la que, tanto historiador como profesor no necesitan

reflexionar o intervenir en los datos o conceptos, su único deber es el de transmitir esas verdades absolutas (Malagón et al., 2013; Matthews, 1994).

Por lo tanto, el hacer uso de esta perspectiva positivista, en la enseñanza de las ciencias, predispone a los estudiantes un razonamiento rígido y con poca capacidad argumentativa, ya que se asume con veracidad y poca reflexión los contenidos abordados en clase, lo que no ayuda o no aporta a la obtención de los objetivos y retos de siglos XXI y, tampoco, está acorde con lo establecido por el MEN (2004) en cuanto a la formación de ciudadanos con habilidades de pensamiento crítico y creativo. Consecuente con esto, en esta investigación se busca generar espacios donde el estudiante pueda expresar ¿qué comprende?, ¿cómo lo comprende?, ¿cómo argumenta y defiende su postura?

En aras de lo expresado anteriormente, se plantea o propone una enseñanza de las ciencias desde una perspectiva que retome aportes históricos y epistemológicos de las ciencias. Se considera que, un enfoque histórico epistemológico le permite al profesor tener otras perspectivas e interpretaciones de la ciencia y puede formar o construir conceptos a partir de la lectura de las obras de primera mano (llamadas en algunos casos, obras originales), rescatando procesos y dificultades que se han dado a lo largo de la construcción de un concepto. Esto, indudablemente posibilita generar espacios donde se examina en detalle la práctica científica y los factores, epistemológicos y no epistemológicos que intervienen en la actividad científica (Malagón et al., 2013; Perea y Buteler, 2016). De esta manera, se pueden propiciar debates donde, tanto docente como el alumno pueden tomar posturas críticas y argumentadas (Aguilar, 2006).

Así, al incorporar un enfoque histórico epistemológico en la enseñanza de las ciencias se humaniza la actividad científica, pues se rescata la idea de ciencia como la construcción de conceptos, resultado de consensos de distintas interpretaciones de los fenómenos (Aguilar, 2006; Malagón et al., 2013); por lo tanto, se hace del aula de ciencias un espacio donde todos pueden intervenir, dejando ver las diversas formas de significar de los estudiantes frente a los contenidos o conceptos. Desde esta perspectiva, la historia y la epistemología cobran un mayor significado, ya que los conceptos no se toman como una verdad absoluta, y lo que se entiende por ciencia pasa de ser “la manera como es el mundo” a “la manera como un grupo de personas interpretan el mundo” (Cassirer, 1979). En línea con lo anterior, se hace importante tener en cuenta el contexto, ya que no hay que olvidar que las elaboraciones en ciencia son productos de personajes que están ligados a contextos particulares y a situaciones propias de ese contexto (Aguilar, 2006; Perea y

Buteler, 2016). En este mismo sentido, los estudiantes deben conocer y discernir las diversas formas en que la ciencia se ha ido gestando a lo largo del tiempo y cómo estas ideas son afectadas por los contextos sociales, culturales, políticos y morales en los cuales se desarrollan los sujetos (Aguilar, 2006; Romero, 2013). De esta forma se favorece una concepción de la ciencia en la que las producciones son cambiantes, desplazando el paradigma de que la ciencia es un cúmulo de conocimientos acabados y que la “mejor” forma de aprender ciencia es memorizar, pero no comprender y mucho menos construir el concepto.

Por otra parte, el tener en cuenta la historia puede ayudar a reorientar los problemas y planteamientos iniciales que se han realizado en la ciencia, para que correspondan con el contexto de enseñanza. Esto, con el fin de fortalecer el componente disciplinar de los estudiantes, puesto que el generar discusiones y reflexiones sobre los temas, ayuda a los estudiantes a desarrollar habilidades de pensamiento crítico a la par que construyen su propio concepto. Por lo tanto, se requiere de la capacidad, por parte del estudiante, de ubicarse en otros sistemas de referencia diferentes a los del común para ver el mundo desde nuevas perspectivas (Malagón et. al, 2013). Esto puede ayudar a configurar respuestas argumentadas y coherentes acordes a los problemas y contextos en los que tienen su ocurrencia. De esta forma, el uso de la historia en la enseñanza cobra un gran significado, ya que los estudiantes conforman sus propios referentes para llegar a la raíz y solución del problema (Castiblanco y Vizcaino, 2006).

De este modo, el uso de la historia y la epistemología en la enseñanza favorece el desarrollo de las capacidades para analizar, procesar e interpretar la información, someter a discusiones, las maneras de pensar del sujeto, etc., debido a que estas permiten acercarse a los procesos de construcción y validación del conocimiento, a desarrollar espacios discursivos para la elaboración de argumentos y la toma de decisiones fundamentadas y, considerar la ciencia como un elemento esencial de nuestra cultura (Cobo et al., 2019; López, 2012).

Por lo tanto, se fomenta una práctica que no solo se limita a la construcción del conocimiento científico, sino que también ayuda al desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, ya que permite generar espacios discursivos y argumentativos que dejan evidenciar las reflexiones que hace el estudiante en torno a la construcción de un concepto, además de su capacidad para comunicar argumentos coherentes que convencan a los otros, como también

favorece la habilidad para evaluar los argumentos propios y de sus compañeros y así establecer acuerdos cuando construyen explicaciones sobre los fenómenos (Malagón et al., 2013). En este sentido, el aprendizaje de la ciencia se transforma en una herramienta que posibilita y aporta a la formación de las personas en el ámbito personal y social. Es de esta manera como la historia y la epistemología de las ciencias contribuyen a la formación de personas críticas y generadoras de cambios, así como lo fueron los grandes científicos a lo largo de la historia; solo cuando estos pensadores decidieron ver el mundo desde otros sistemas de referencia, cuando se osaron a cambiar los esquemas conceptuales de la época, por otros de mayor alcance y se dedicaron a encontrar procedimientos que generan nuevas formas de significar un fenómeno y por lo tanto, nuevas posibilidades de la ciencia, se dieron transformaciones importantes en el mundo; sólo entonces se ha podido generar cambios en el pensar de las sociedades y las culturas. Es en este proceso donde el pensamiento crítico ha sido necesario para las transformaciones sociales y culturales.

2.3 ¿Qué se entiende por Pensamiento Crítico?

El pensamiento crítico es un concepto que no cuenta con una única definición, debido a que este responde a contextos e intenciones específicas de distintos autores (López, 2012; Halpern, 2008; Saiz y Rivas, 2008), por tanto, es definido de distintas maneras como una respuesta a problemas del aprendizaje.

Por ejemplo, para Ennis (2011), el pensamiento crítico se concibe como el pensamiento racional y reflexivo interesado en decidir qué hacer y qué creer, cuya finalidad es el reconocer aquello que es conveniente y lo que es verdadero, es decir, el pensamiento de un ser racional.

Para Saiz y Rivas (2008) el pensamiento crítico es un proceso de búsqueda de conocimiento, a través de habilidades de razonamiento, de solución de problemas y toma de decisiones, que permite obtener resultados deseados con mayor eficiencia.

A pesar de ser definiciones distintas, todas asocian pensamiento crítico y racionalidad (López, 2012). Cuya principal función es revisar ideas, evaluarlas, preguntarse por qué se entiende, cómo se procesa y comunica.

Pese a las diversas significaciones de lo que se asume por pensamiento crítico, esta investigación se opta por la significación de Halpern (2008). Este autor define el término pensamiento crítico como el uso de habilidades o estrategias cognitivas que aumentan la probabilidad de un resultado deseable. Para ser más preciso, Halpern (2008) menciona que:

(...) Es el tipo de pensamiento involucrado en la resolución de problemas, la formulación de inferencias, el cálculo de probabilidades y la toma de decisiones (...). El pensamiento crítico también implica evaluar el proceso de pensamiento: el razonamiento que se utilizó para llegar a la conclusión o los tipos de factores considerados para tomar una decisión. (p. 297)

Halpern (1999; 2008) plantea 5 categorías en las que se pueden clasificar las habilidades de pensamiento crítico, que son: habilidades de razonamiento verbal, habilidades de análisis de argumentos, habilidades de pensamiento como comprobación de hipótesis, uso de la probabilidad y la incertidumbre, y habilidades para la toma de decisiones y la resolución de problemas. Al respecto, precisamos que, esta categorización nos brinda una base de análisis para organizar las maneras de proceder de los participantes. No obstante, si bien estas categorías no deben ser desarrolladas de manera desarticulada, en esta investigación el foco se centra en las categorías de razonamiento verbal, análisis de los argumentos y, la flexibilidad o mentalidad abierta de los estudiantes para evaluar sus argumentos a partir de lo que escucha de sus iguales, al igual que su voluntad para abandonar ideas improductivas y corregir sus discursos.

La categoría de razonamiento verbal, incluye las habilidades para comprender y defenderse de técnicas persuasivas que están muy presentes en el lenguaje cotidiano. La categoría de análisis de argumentos, incluye las habilidades para identificar conclusiones, evaluar la calidad de las razones y determinar la fuerza de un argumento (Halpern, 2008).

Además, Halpern (2008) no solo presenta una categorización de habilidades de pensamiento crítico, sino que también desarrolla un modelo de prueba tipo test para evaluar el desarrollo de estas habilidades mediante situaciones cotidianas, llamada HCTA (The Halpern Critical Thinking Assessment). La prueba consiste en que después de que se proporciona información rica en contexto o situaciones cotidianas creíbles, se le pide al participante que realice una tarea o se le hace una pregunta con una respuesta abierta, seguida de preguntas específicas que indaguen el razonamiento detrás de esa respuesta (Halpern, 2008). Al respecto, emplea un doble formato de pregunta: La parte abierta de la pregunta permite a los examinados demostrar si utilizan o no la habilidad de forma espontánea, en la que el participante debe ofrecer un argumento o explicación o bien su opinión sobre la situación planteada; en el formato de pregunta cerrada el participante debe elegir entre una serie de alternativas o dar una única respuesta que responde mejor la situación planteada. Este tipo de preguntas nos proporciona información sobre la

tendencia o procesos para usar el pensamiento crítico cuando la situación lo requiere y nos permite conocer la capacidad para seleccionar la mejor alternativa de respuesta cuando se debe tomar una decisión (López, 2012).

Como una manera de posibilitar el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y, a su vez, generar actividades que en las que se aplique el modelo del test de Halpern, se ha considerado oportuno realizar un análisis histórico y epistemológico del concepto de conservación de la energía a partir de los planteamientos de Mayer, como caso que permite propiciar espacios de discusión y debate, contexto en el cual se pueden explicitar habilidades de pensamiento crítico de los participantes.

2.4 La Conservación de la Energía desde la Perspectiva de Mayer

Haciendo una revisión bibliográfica de Mayer encontramos los documentos: “Remarks on the forces of inorganic nature”, publicado en 1842, y “Los movimientos de los organismos y su relación con el metabolismo” publicado en 1845. Mayer (1842, 1845) empieza con un análisis de lo que él denota como fuerzas y la relación existente entre sus diferentes tipos de manifestación, seguidamente hace una comparación con el término materia, al cual se precisa con propiedades muy definidas, tales como peso y extensión; mientras que el término fuerzas lo asocia en su mayor parte a la idea de algo desconocido, inescrutable e hipotético.

Con la intención de definir las fuerzas y las relaciones existentes entre ellas, logra un avance significativo haciendo una analogía con los procesos químicos de la materia, en la que precisa que esta cambia la forma, pero no la magnitud, de este modo establece una ruta para demostrar que las diversas formas de las fuerzas pueden transformarse unas en otras manteniendo su magnitud constante. Al respecto expresa:

Lo que la química realiza con respecto a la materia, lo tiene que hacer la física en el caso de la fuerza. La única misión de la física es familiarizarse con la fuerza en sus diversas formas de investigar las condiciones que rigen sus cambios. La creación o destrucción de una fuerza, si es que tienen algún significado, se encuentran fuera del dominio del pensamiento y la acción humana (Mayer, 1845, p.79).

Para lograr sus propósitos de definir las fuerzas y sus relaciones entre ellas, Mayer (1842, 1845) establece una ruta para formalizar sus planteamientos y a partir de estos decir que las fuerzas no surgen de la nada y que estas no pueden terminar en la nada (*Ex hilo nil fit. Nihil fit ad nihilum*), sino que se transforman en otras formas conservando su magnitud. En primera instancia redefine

el principio de causalidad, a partir de este postula el principio de indestructibilidad y el principio de convertibilidad. Teniendo estos postulados, Mayer (1842) logra llegar a la conclusión de que solo existe un tipo de fuerza que va variando en las formas en que se presenta, estas variaciones se evidencian a través de fenómenos. Es importante decir que, esto que en principio para Mayer (1842) se denominó fuerza, es lo que en la actualidad se conoce como energía, dado que en sus trabajos hace la correspondencia (1845) y, en esta investigación, en adelante será sumido como energía.

2.4.1 Principios de Causalidad, Indestructibilidad y Convertibilidad como Piedras Angulares para la Formalización del Concepto de la Conservación de la Energía

Mayer reformuló el principio de causalidad apartándose de la idea de causalidad mecanicista, que es la reducción de todos los fenómenos en términos de movimientos, en el que se entendía que un efecto o fenómeno era resultado de una y solo una causa, por lo tanto, la causa era “aquella que produce en todo tiempo y bajo las mismas circunstancias externas, efectos iguales” (Cassirer, 1979, p.4). Tomando distancia de este modo de significar la causalidad, la considero como el principio que permite estudiar las relaciones de interdependencia entre fenómenos, donde las causas y los efectos son equivalentes, es decir, un efecto puede ser también una causa y ser definido en función de una o más causas.

Así, desde Mayer la causalidad es entendida como una cadena de eventos que se pueden presentar en términos de una función $c=e$ y no como la asignación de una única causa para un efecto. En palabras de Mayer (1842): “Si la causa c tiene el efecto e , entonces $c = e$; si, a su vez, e es la causa de un segundo efecto f , tenemos $e = f... = c$ ” (p.1).

Dicho de otro modo, no es posible distinguir entre lo que es causa y lo que es efecto, es decir, la causalidad puede ser entendida como la multiplicidad de causas y efectos y al ser una función, permite dar cuenta de la interdependencia de fenómenos, por lo cual, fenómenos como el movimiento no solo se explica en función de la fuerza como se suele hacer sino también en función del movimiento mismo porque “el movimiento mueve”(Mayer, 1845), el movimiento de un cuerpo puede ser causado por la transferencia del movimiento de un cuerpo distinto, pero el movimiento también puede ser definido en términos de otro fenómeno como el calor, y este último, se puede explicar en función del movimiento. De este modo, la causalidad desde Mayer permite entender que un efecto puede ser causa y, a su vez, una causa puede ser un efecto.

De la causalidad como la función, “ $e=f\dots=c$ ”, Mayer deriva dos principios: la indestructibilidad y la convertibilidad, los cuales se constituyen en el fundamento de lo que hoy se conoce como principio de conservación de la energía. Esto lo explica diciendo que en la función “ $e=f\dots=c$ ” ningún término puede ser igual a cero, una magnitud ya dada no puede ser igual a cero. En palabras de Mayer (1842): “una vez una fuerza existe, ésta no desaparece sin dejar un efecto” (p.2). El hecho de que ningún término en la ecuación pueda ser cero nos lleva a concluir la imposibilidad de la desaparición de las causas y los efectos, y de acuerdo con Mayer (1845), no hay efecto sin causa, ninguna causa desaparece sin su efecto correspondiente: “Ex nihilo nil fit. Nihil fit ad nihilum (De la nada, nada sale. No pasa nada por nada)” (p.2).

Teniendo en cuenta lo anterior, se tiene como resultado la primera propiedad que describe Mayer (1842), con respecto a la conservación de la energía, que es el principio de la indestructibilidad, el cuál surge como consecuencia de asumir la causalidad como una relación mutua o de interdependencia. Al respecto señala:

Si la causa c tiene el efecto e , entonces $c = e$; si, a su vez, e es la causa de un segundo efecto f , tenemos $e = f\dots = c$. En una cadena de causas y efectos, un término o una parte de un término nunca puede ser, como se desprende claramente de la naturaleza de una ecuación, igual a nada. Esta primera propiedad de todas las causas la podemos llamar su indestructibilidad. (Mayer, 1842, p.1).

Del anterior enunciado, se puede decir que los efectos no pueden desaparecer de la nada, dicho de forma cuantitativa, no puede ser cero, pero, a su vez, ninguna causa puede surgir de la nada, pues la ecuación debe mantenerse. Además, ilustra el dinamismo entre causas y efectos, donde se intercambian entre sí para mantener la magnitud, por tanto, un efecto puede ser causa y viceversa. En términos actuales, la indestructibilidad de la energía corresponde al enunciado: No se crea, ni se destruye.

Mayer (1842) también considera que para que se mantenga la igualdad en la función, una causa no necesariamente tiene un único efecto, sino que puede transformarse en diversos efectos que igualmente responden a la igualdad, como también un efecto puede ser el resultado de varias causas. Sobre este particular Mayer expresa:

Si la causa c ha producido un efecto e igual a sí mismo, este en ese mismo acto ha dejado de ser: c se ha convertido en e ; si, tras la producción de e , c todavía permanece en su totalidad o en parte, deben existir otros efectos correspondientes a esta causa restante: el

efecto total de c por lo tanto sería $>e$, lo cual sería contrario a la suposición $c=e$. (1842, p.1)

En este enunciado, Mayer define que la causa c ha producido un efecto igual a f , entendiéndose que la magnitud de un fenómeno se ha transformado o transferido en totalidad en otro fenómeno. Para explicar esta primera parte del enunciado anterior, Mayer (1845) plantea una situación relacionada con un juego de billar:

Si en el billar la bola blanca colisiona directamente con la roja, la blanca pierde su velocidad y la roja se mueve con la velocidad que la blanca ha perdido. Es el movimiento de la bola blanca que, cuando se gasta, provoca el movimiento de la roja o podemos decir se transforma en este último. El movimiento de la bola blanca es una forma de energía. El movimiento de la roja es un efecto que es igual a la causa; también es una forma de energía. (p. 3)

Mayer también define que si la causa c se ha convertido en e y si hay restos de c , estos restos deben convertirse en otros efectos, y la suma de las magnitudes de todos estos efectos deben dar como resultado la magnitud de c ; en este sentido, cada causa puede manifestarse de muchas formas, una forma de energía hace su aparición en la medida en que otra desaparece, aunque algunas formas son más difíciles de encontrar o sentir que otras, como el caso de que el movimiento se transforme en calor y el calor que se transforma en movimiento.

Un ejemplo que nos plantea Mayer (1842) es el siguiente:

Si se rozan dos placas de metal, vemos que desaparece el movimiento, y por otro lado hace su aparición, el calor, y tenemos ahora sólo para preguntar si el movimiento es la causa del calor. El movimiento no tiene algún otro efecto que la producción de calor y el calor, alguna otra causa que el movimiento. (p. 4)

A partir del principio de indestructibilidad se justifica o se hace necesario el principio de la convertibilidad de las causas y efectos para continuar la cadena de causas y efectos. Mayer define la segunda propiedad de la conservación de la energía como las “diferentes formas bajo las cuales el mismo objeto hace su aparición” (Mayer, 1842, p.1).

Un ejemplo de transformación cualitativa puede observarse también al dejar caer un objeto, en el momento que el objeto cae este tendría una velocidad v , al momento del impacto esa causa desataría varios efectos, entre esos efectos de la caída estarían: el calor, el sonido y la absorción

del impacto del suelo, pero ¿qué pasarías si estuviese una ventana cerca? En esta, se podría notar que queda vibrando, es decir, que el sonido se convertiría de nuevo en movimiento.

Entonces, por el momento se ha mostrado que, a partir de la causalidad, surgen dos propiedades fundamentales que van a dotar de sentido y ser las bases para poder hablar de la conservación de la energía. Mayer (1842) lo concluye de la siguiente manera: Esta capacidad de asumir diversas formas es la segunda propiedad esencial de todas las causas. “Tomando ambas propiedades juntas, podemos decir, las causas son objetos (cuantitativamente) indestructibles y (cualitativamente) convertibles” (p. 1).

2.4.2 La Transformación, la Transferencia y la Degradación como Procesos que Evidencian la Conservación de la Energía

Tomando como punto de partida las propiedades fundamentales que sostienen el principio de la conservación de la energía: indestructibilidad y convertibilidad, las obras de Robert Mayer, permiten evidenciar los procesos de transferencia, transformación y degradación de la energía, al asumir una interdependencia en los fenómenos estudiados.

Para entender la conservación de la energía, se considera, en primera instancia, tener claro el proceso de la transformación; de acuerdo con Mayer (1845), “puede ser demostrado a priori y confirmado en todas partes por la experiencia que las diversas formas de las fuerzas pueden transformarse unas en otras” (p.3), más específicamente: cuando se lanza un cuerpo hacia arriba el movimiento (energía cinética) se transforma en energía de caída (energía potencial), a su vez, cuando se deja caer un cuerpo, la energía de caída se transforma en movimiento, pero de igual forma puede suceder que cuando cesa el movimiento, este se ha transformado en calor o en otros fenómenos, que en muchas ocasiones no son perceptibles por los sentidos de las personas. Se tiene aquí, entonces, un ejemplo de la conservación de la energía, en la medida en que cada fenómeno se está transformando en distintos fenómenos, pero que al sumar las magnitudes de las distintas manifestaciones darán como resultado la magnitud del fenómeno inicial.

Mayer propone otra situación para ilustrar los cambios anteriores, no sin antes acudir a un segundo proceso que es consecuencia del primero. El movimiento es también causa de movimiento; nótese que cuando un cuerpo, que lleva una velocidad, colisiona con un cuerpo en reposo, el proceso que interviene en ese sistema es la transferencia, ya que uno le transfiere movimiento a otro sin que la energía de este tipo se transforme en otra. Así, hay una transferencia de una causa (movimiento) a un efecto del mismo tipo (movimiento); sin embargo, en ese sistema

puede influir otros factores como por ejemplo la fricción y el sonido que daría lugar al proceso de transformación de la energía.

Hasta aquí, con los ejemplos propuestos por Mayer puede interpretarse el principio de conservación de la energía en términos de la transformación y la transferencia de la energía. Pero, aún queda un último proceso que es la degradación, aunque Mayer no menciona este término, si habla del proceso como tal, pero en términos de eficiencia, que lo pone en evidencia a partir del funcionamiento de algunas máquinas importantes para su época, como lo es la máquina a vapor.

Entre los siglos XVIII y XIX la construcción de determinadas máquinas fueron prioritarias en las investigaciones para los pensadores físicos del momento que buscaban la efectividad o eficiencia del trabajo de estas, ya que las novedosas características que componían a unas u otras, se constituían en el modelo ideal para describir el comportamiento de algunos fenómenos. Dichas máquinas, dieron pie para que pensadores como James Joule y Robert Mayer desarrollarán sus estudios en torno a la conceptualización de la energía y el calor de forma casi simultánea.

Mayer (1842), como se ha mencionado anteriormente, establece que el calor es una forma de energía y puede transformarse en energía mecánica; esta conclusión logró establecerla a partir del funcionamiento de la máquina de vapor, ya que en ella podía observar cómo un combustible dentro de una caldera podía aumentar su temperatura y por medio de ésta, lograr que la máquina se moviera de un lugar a otro. Sin embargo, evidencia que no todo el calor se transforma en movimiento, es decir que la transformación de la energía no era tan eficiente como lo menciona en el siguiente ejemplo:

Si comparamos este resultado con el trabajo de nuestras mejores máquinas de vapor, vemos cómo solamente una pequeña parte de calor aplicado debajo de la caldera es realmente transformado en movimiento o el levantamiento de peso (...) Los mejores motores ofrecen una eficiencia de alrededor del 5 por ciento. Cien libras de carbón de piedra en un motor de este tipo no proporcionan una mayor cantidad de calor libre de 95 libras de carbón, quemándola sin hacer algún trabajo (Mayer, 1845, p. 5)

A lo que Mayer (1845) explica: “el calor se distribuye libremente a los alrededores y por lo tanto se pierde para fines mecánicos”. (p.5)

La situación anterior permite comprender que todo el calor suministrado a la locomotora no es aprovechable o convertido en trabajo útil para los usos de la humanidad, ya que se puede transformar en otros tipos de energía diferentes a los fines mecánicos. En el sentido del ejemplo,

la energía se disipa alrededor de los vagones, dándole una concepción a este tipo de fenómenos como poco eficientes o se podría hablar en términos actuales de una degradación de la energía en términos de utilidad para la humanidad. Esta forma de energía, que se disipa o se transforma en formas menos perceptibles, pareciera que se ha perdido pero en realidad está igualmente presente en el sistema, en la cotidianidad de la vida del hombre, sólo se requiere algo de tiempo para poder observar los cambios o efectos que estas producen, respondiendo así a la conservación de la energía y específicamente al planteamiento de Mayer(1845) de no hay efecto sin causa y ninguna causa desaparece sin su efecto correspondiente: “Ex nihilo nil fit. Nihil fit ad nihilum”. (p. 2)

Capítulo tres. Metodología

En este capítulo se abordan las características de esta investigación, las cuales son: el enfoque, el método y el contexto. Además, se describen los procesos de recolección, sistematización y análisis de la información, que en conjunto con el marco teórico, forman los cimientos que sustentan los hallazgos documentados en el capítulo cuatro.

3.1 Enfoque

En este trabajo de investigación, se entiende la ciencia como una construcción social y cultural, por lo tanto, se asume la ciencia como una actividad social y que es susceptible de ser modificada en el transcurso del tiempo de acuerdo con el contexto.

Asumir la ciencia de esta manera, es reconocer que cada persona construye sus propias significaciones de los fenómenos físicos de acuerdo con su contexto social y cultural, por lo tanto, se requería de un análisis e interpretación de aquellos factores que permitan comprender cómo cada uno de los informantes da significado y establece relaciones entre el principio de la conservación de la energía y su realidad y cómo los discursos sobre este principio permitieron explicitar habilidades de pensamiento crítico.

Atendiendo a lo anterior, el proceso se caracterizó por ser flexible, entendiendo que a medida que se analiza e interpretan los datos proporcionados por los informantes y el contexto, estos inciden en el desarrollo de la investigación misma y, por tanto, nos permitió realizar las modificaciones pertinentes que requería la investigación; entenderla de esta forma, nos permitió volver a retomar fases anteriores y redefinirlas con el propósito de hacer un trabajo de investigación coherente con las formas de comprender de los informantes a partir las interacciones con ellos. Al respecto, Hernández, Fernández y Baptista (2010), señalan que:

La indagación cualitativa es flexible y se mueve entre los eventos y su interpretación, entre los datos y el desarrollo de la teoría. Su propósito consiste en “reconstruir” la realidad tal y como la observan los actores de un sistema social previamente definido. (p.20)

Este enfoque nos permite interpretar la realidad en la que se encuentra un grupo de individuos, buscando explicar de manera coherente lo que se evidencia en un contexto específico, centrandose en las maneras de significar, en las percepciones y experiencias de cada uno de los participantes en relación con la conservación de la energía y su influencia en el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico.

Por ello, durante todo el proceso de investigación también adquirimos un papel activo, donde fuimos partícipes en todo el proceso, no asumiéndonos como agentes ajenos del contexto, debido a que se requería ser permeados por las vivencias y problemáticas de los participantes para poder interpretar y analizar los discursos de estos últimos. En este sentido, se buscó evidenciar habilidades y el razonamiento alrededor de experiencias experimentales, debates y actividades que involucraron situaciones cotidianas relacionadas con el principio de la conservación de la energía.

Las consideraciones anteriores, justifican por qué la investigación se desarrolló bajo los lineamientos teóricos de la investigación cualitativa: no se buscaba generalizar ni evaluar hipótesis o teorías preconcebidas que surgieran de una revisión de literatura, sino de interpretar y analizar las habilidades de pensamiento crítico que pudieron explicitar los informantes alrededor del concepto de la conservación de la energía.

3.2 Método

En esta investigación se pretendió analizar y comprender casos particulares para interpretar aquellas significaciones, razonamientos y maneras de analizar que los informantes construyeron alrededor de la conservación de la energía, por lo tanto, consideramos pertinente utilizar un estudio de caso. De acuerdo con Stake (1999) el método se consideró como caso instrumental porque el interés principal está centrado en la conservación de la energía y como la discusión alrededor de esta permitía explicitar habilidades de pensamiento crítico.

3.3 Contexto

La presente investigación se realizó en la Institución Educativa Comercial de Envigado, la cual coincidió con nuestra práctica docente, esta condición posibilitó realizar un análisis en contexto y tener un contacto más frecuente con los Informantes.

La Institución se encuentra ubicada en el barrio La Mina parte alta, en el municipio de Envigado- Antioquia; esta institución se ubica en la dirección Calle 41 Sur # 24C-71. Es una entidad oficial, adscrita a la Secretaría de Educación del municipio de Envigado. Cuenta con tres sedes: sede bachillerato, sede PIO XII y sede San Rafael. Las cuales ofrecen educación desde preescolar hasta media académica y técnica con jornada única diurna y es de carácter mixto. Su población está ubicada en distintos barrios cercanos al centro educativo, por lo que los estratos socioeconómicos de los alumnos oscilan entre el uno y el tres, estas diferencias hacen de la institución un escenario donde se evidencian problemáticas de carácter familiar, social y económico. Lo anterior

permitió entender ciertos comportamientos o actitudes de rechazo de algunos estudiantes por aprender, lo que afecta, en cierto grado, los procesos educativos.

La Institución apunta al trabajo en todas las áreas de conocimiento desde un enfoque constructivista, enfatizando en las estrategias para un aprendizaje basado en la resolución de problemas y el trabajo mediante la realización de proyectos, los cuales cuentan con su propio espacio en el horario académico de todos los grados de bachillerato. Además, la mayoría de las aulas de clase se encuentran dotadas con proyectores y baffles como herramienta de apoyo para maestros, favoreciendo el proceso de enseñanza.

3.4 Casos y Criterios de Selección

Con la intención de recolectar información de utilidad para el cumplimiento de los objetivos de la investigación, fueron seleccionados cuatro estudiantes pertenecientes al grado undécimo como informantes. La selección de los casos fue realizada por uno de los investigadores, ya que este tuvo la oportunidad de dictar clases en el grupo de donde fueron escogidos los casos. Además, en la institución durante las primeras semanas del año escolar, fue desarrollado en el grado undécimo el eje temático relacionado con la energía, debido a las medidas que la institución educativa tuvo que implementar durante la pandemia del covid-19, por esto consideramos pertinente seleccionar los casos en este grado. Los criterios de selección fueron los siguientes:

Asistencia, compromiso, disponibilidad: Debido a la necesidad de que los cuatro casos estuvieran presentes en todas las sesiones para la implementación, así que fue sumamente importante que cada caso pudiera disponer del tiempo necesario para participar de las sesiones, pero que también presentaran un buen récord de asistencia, lo que, a juicio de los investigadores, evidenciaba compromiso para el desarrollo de las actividades de clase.

Participación, capacidad de expresión: dado que la recolección de información se realizó mayormente mediante entrevistas, era necesario que cada caso fuera participativo y presentara fluidez en su manera de expresarse: se consideró que un informante con fluidez verbal podía comunicar con claridad sus ideas. Estas cualidades pudieron ser identificadas durante las clases, es importante mencionar que los casos elegidos no se limitaban a participar únicamente cuando estaban seguros de tener la respuesta correcta, sino que también lo hacían cuando tenían dudas o incluso levantaban la mano para decir que no entendieron y pedir una explicación. Este comportamiento, evidenciado en las clases, era el deseado para las sesiones, ya que la intención

no era saber si podían dar una respuesta correcta, sino tener la certeza de que pudieran responder, hablar u opinar respecto a una temática independientemente si estaban en lo correcto o no.

3.5 Recolección de la Información

Para recolectar la información diseñamos cuatro instrumentos (ver anexo #1) para ser desarrollados en cinco sesiones de aproximadamente 100 minutos cada una. (los instrumentos 1,3 y 4 tomaron una sesión cada uno, para el instrumento 2 fueron necesarias 2 sesiones) Por regla general, estos instrumentos consistieron en una serie de actividades, individuales y grupales, que cada caso debió realizar. Para todas las sesiones procuramos garantizar un lugar y tiempo adecuados para que los casos hicieran las actividades presentes en los instrumentos, además de generar un espacio de reflexión y discusión entre los casos para que, los investigadores, pudiéramos observar el comportamiento de estos, realizar preguntas en formato de entrevista semiestructurada y hacer anotaciones en nuestros diarios de campo que posteriormente nos facilitarían el análisis de la información. Para ayudarnos con el registro de la información, grabamos el audio de todas las sesiones en las que se llevó a cabo la implementación de un instrumento. Cabe mencionar que, para evitar un sesgo a la hora de registrar la información, procuramos que, para cada sesión, estuviéramos presentes al menos dos de los tres investigadores (Stake, 1998; Hernández et al., 2010).

3.5.1 Acerca de los Instrumentos

El diseño de cada instrumento se basó en los trabajos de Rober Mayer (1842, 1845) acerca del principio de conservación de la energía y en los escritos de Halpern (1999, 2008) respecto a las habilidades de pensamiento crítico. Sí bien cada instrumento tuvo un objetivo en particular, el fin último de cada uno fue el de permitirnos recolectar información que nos pudiera ayudar a dar respuesta o alcanzar los objetivos específicos planteados en esta investigación.

Instrumento Uno. La temática central con la que se construyó este instrumento fue la del principio de causalidad, donde se habló de la interdependencia de fenómenos. Se presentó un texto introductorio con información acerca de la perspectiva de Mayer sobre la causalidad, haciendo énfasis en la explicación de un fenómeno en función de otros, a partir de la función $c=e$. Para ello se presentaron dos situaciones ideales con choques frontales elásticos y sin fricción, ambas situaciones extraídas de los experimentos mentales planteados por Mayer (1842, 1845). Estas situaciones estuvieron orientadas por preguntas que los casos debieron responder de manera

escrita. Por último, se realizó una discusión grupal con relación a la pregunta: ¿Crees que un efecto puede ser causa de otro efecto? ¿Por qué?

La primera situación fue una colisión de 3 bolas de billar de color blanco, amarillo y rojo, ubicadas de manera lineal en un sistema sin fricción. La primera bola (blanca) tenía una velocidad de 5 unidades, mientras que la segunda y la tercera estaban en reposo; se planteó que la primera bola impactara con la segunda (amarillo), haciéndola mover mientras que esta primera quedaba en reposo y, de manera análoga la segunda bola chocaba con la tercera. Aquí se preguntó por las causas y los efectos del movimiento de cada bola de billar, por la velocidad que adquiriría cada una de estas en los momentos de colisión y también en sí es posible que una causa sea efecto y un efecto sea causa.

La segunda situación fue la caída libre de una canica de color gris situada a una altura h en una rampa en forma de u que posteriormente choca con una canica de color azul de igual masa y tamaño ubicada en el centro de la rampa a una altura 0 , de manera que al chocar la primera con la segunda esta última empieza a moverse mientras que la primera canica queda en estado de reposo. Las preguntas aquí fueron por las causas y efectos del movimiento de cada una de las canicas, la altura alcanzada por la canica azul y su relación con la altura h , en la que, en un primer momento, se encontraba la canica gris.

Instrumento Dos. En este caso el instrumento tuvo como temática central el principio de indestructibilidad y el principio de convertibilidad, por esta razón fueron necesarias dos sesiones. Se presentó un texto introductorio con información acerca de la perspectiva de Mayer sobre los principios de indestructibilidad y convertibilidad, donde se presentan como principios fundamentales del principio de conservación de la energía, en el que este se caracteriza por ser cuantitativamente indestructible y cualitativamente convertible. Para ello se presentaron dos situaciones, ambas relacionadas con la caída de los cuerpos, una fue a partir de un experimento mental en un sistema ideal sin fricción y la otra a partir de un experimento real. De estas situaciones se establecieron una serie de preguntas abiertas y de selección múltiple que los casos debieron responder, posteriormente se realizó una discusión grupal de las respuestas. La discusión se originó alrededor de sí en un momento dado la energía puede estar presente de distintas formas, además de sí cuantitativamente su magnitud se conserva.

La primera situación fue la caída de un bloque de masa m desde una altura h con respecto al suelo. El bloque se deja caer libremente para que al final choque con una estaca. La situación

fue presentada en cuatro momentos: el primero es el bloque que está sobre una repisa móvil a una altura h del suelo, el segundo momento es cuando se quita la tabla y el bloque empieza a caer, el tercer momento es el momento donde el bloque adquiere la mayor velocidad justo antes de que impacte la estaca y como cuarto momento es el bloque haciendo contacto con la estaca enterrándola en el suelo. Aquí se preguntó por los tipos de energía presentes en cada uno de los momentos, por lo que consideraban que sucede cualitativamente con la energía cuando el bloque choca con la estaca y también por lo que creía que sucedía con la energía si se aumenta la altura h y desde allí se deja caer el bloque. En esta primera situación se discutió alrededor de si en un momento dado la energía puede manifestarse en más de una forma y de qué forma.

La segunda situación fue un experimento de caída libre de una pelota de masa m desde una altura de 2 m respecto al suelo. Para ello se dividió el grupo de participantes en dos subgrupos, cada grupo con ayuda de videocámaras, de móvil, registraron los tiempos que correspondían cuando la pelota estaba a 1.5 m, 1 m, 0.5 m y 0 m de altura. Con esa información los casos llenaron una tabla y respondieron unas preguntas abiertas relacionadas con qué sucedía con la energía potencial y energía cinética a medida que disminuye la altura, que relaciones podían establecer entre estas dos formas de energía y si cuantitativamente se mantuvo la energía en el experimento, para ello se pidió que justificaran sus respuestas; también se realizó una actividad de selección múltiple donde debían elegir el gráfico que consideraban que ilustra mejor la convertibilidad de la energía del experimento.

Instrumento Tres. En este caso la temática central fue la del calor y otras formas de energía, donde se habló del calor como manifestación del movimiento y la convertibilidad de la energía en otras formas distintas a la cinética y potencial. Se presentó un texto introductorio con información acerca de la perspectiva de Mayer con respecto al calor como efecto del movimiento, pero a su vez, está como causa de un movimiento. Además, se analizó cómo todo fenómeno puede convertirse en efectos o en causas. Para ello se presentaron tres experimentos relacionados con calor y movimiento, energía eólica, energía eléctrica, energía lumínica, etc. En estos experimentos se planteó una serie de preguntas para propiciar una discusión grupal.

El primer experimento consistió en verter agua en una botella que no superara la mitad del volumen de esta, luego con un termómetro de mercurio se midió la temperatura del agua al interior de la botella, posteriormente se cerró la botella y se agitó durante 30 segundos para finalmente medir de nuevo la temperatura del agua. En esta experiencia se preguntó por las causas que

consideraban para justificar el aumento de la temperatura, el efecto que causó el movimiento del agua y en lo que sucedería si se agitara la botella por más tiempo. A partir de estas preguntas se realizó una discusión donde cada participante presentó y argumentó sus respuestas con respecto al movimiento como causa del calor.

El segundo experimento fue una máquina de vapor, para ello se empleó una lata con un pequeño orificio donde se introdujo agua, luego se ubicó la lata en un soporte que en su parte inferior tenía velas encendidas y enfrente del orificio de la lata se ubicó un molino. Pasado un tiempo empezó a salir vapor del orificio de la lata, provocando el movimiento del molino. En esta experiencia se les pidió que realizaran una lista de causas y efectos presentes en el experimento, también se les preguntó por las causas del vapor y el efecto o efectos que este provocó, que pasaría al modificar el número de velas y si consideraban que en el sistema se conservaba la energía. A partir de estas preguntas se realizó una discusión donde cada participante presentó sus respuestas, la discusión se centró principalmente en las relaciones que podían hacer con el experimento anterior, debido a que este experimento muestra el calor como causa de movimiento (una causa puede ser efecto y un efecto puede ser causa) y, además, se preguntó por sí toda la energía cinética del vapor se transfería al molino, para tratar el proceso de degradación de la energía.

El tercer experimento fue un molino que al girar con el viento hacía girar unas poleas, éstas a su vez hacían girar los imanes de una dinamo cuyas terminales estaban conectadas a tres bombillos led. Por tanto, al girar el molino se encendían los leds. En este experimento también se les pidió que realizaran una lista de causas y efectos, se les preguntó qué causas consideraban que haría mover el molino y cuál era la mejor manera para hacerlo mover, esta última consistió en que propusieran una causa distinta al movimiento del aire, y por último si consideraban que en este experimento se conservaba la energía.

Por último, se realizó una discusión en torno a la pregunta si una causa puede ser un efecto, si a un efecto le corresponde una única causa y, de los tres experimentos, cuál consideraban que era más eficiente energéticamente, para esta última pregunta los estudiantes no solo mencionaron que experimento les pareció el más eficiente, sino que también tuvieron que argumentar y tratar de convencer a los demás participantes.

Instrumento Cuatro. Para finalizar, el diseño de este instrumento tiene como eje central el establecer relación entre el principio de conservación de la energía con situaciones problemas de la cotidianidad. Se presentó un texto introductorio con información acerca de la perspectiva de

Mayer que retomaba el principio de causalidad, convertibilidad e indestructibilidad, además de la eficiencia y la disipación de la energía. Para ello se presentaron dos actividades, ambas relacionadas con el principio de la conservación de la energía en contextos o problemáticas reales, una a partir de la visualización de un video y la otra con la lectura de un artículo sobre el calentamiento global.

La primera actividad consistió en la visualización del video “Energías renovables y no renovables” del canal de YouTube Ecología Verde, después se les pidió que eligieran una forma de energía que fuera más eficiente para la obtención de energía eléctrica y justificaran su elección, también que escribieran las ventajas y desventajas de las energías renovables y no renovables.

La segunda actividad fue la lectura de algunas partes del artículo “El calentamiento global amenaza el futuro de las energías renovables” de Miguel Barral, divulgador científico español. Las preguntas aquí fue por las causas que consideran que provocan el calentamiento global y justificaran; qué soluciones propondrían para mitigar la problemática planteada en el artículo, como también de situaciones que podrían darse en su contexto, y por último se les pidió que leyeran una situación en que dos chicos discuten si se conserva o no la energía en un contexto real, allí los participantes debían tomar una postura ya fuera estando a favor o generando un argumento distinto al de los implicados.

3.6 Sistematización y Análisis

Dado que el enfoque de la investigación es de carácter cualitativo y que nuestro interés es el comprender cómo comprende cada caso particular, se hizo necesario realizar una transcripción de las grabaciones de audio y video de los encuentros que se realizaron con los casos, con el propósito de sistematizar esa información, organizarla y ordenarla de acuerdo con cada instrumento desarrollado, para facilitar el análisis de la información. Además de transcribir las respuestas obtenidas en material audiovisual, también se transcribieron las respuestas de cada actividad propuesta en los instrumentos para posteriormente ser analizadas y establecer si se posibilitó el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico.

Como estrategias para sistematizar y posteriormente analizar las respuestas, se optó por organizar las respuestas en matrices de doble entrada, en las que se ubican los casos en las columnas y en las filas se ubicaron las respuestas textuales de cada caso que corresponda con las categorías apriorísticas. Las unidades de análisis para este trabajo fueron de párrafos, como un

análisis más global de las respuestas de los casos, y la unidad de líneas, como un análisis más particular de las intervenciones que hace cada caso.

La implementación de la unidad de análisis de párrafos y de líneas, nos permitió ordenar las intervenciones de los alumnos en las categorías apriorísticas obtenidas del marco teórico, tabla 1. También estas unidades de análisis nos permitieron establecer asertos entre las respuestas de cada uno de los casos, que serían ubicadas en la última columna de las matrices.

Tabla 1

Categorías e indicios

| Categoría | Indicios |
|---|--|
| La conservación de la energía: una estructuración desde los principios de causalidad, indestructibilidad y convertibilidad. | <ul style="list-style-type: none"> ● Explican un fenómeno en términos de otros fenómenos ● Identifican que todo efecto puede ser causa y toda causa puede ser un efecto, separándose de la unidireccionalidad de la causalidad mecanicista. ● Explican, identifican o implementan el principio de indestructibilidad, como la conservación de la magnitud de la energía. ● Explican, identifican o implementan el principio de convertibilidad como las diferentes formas en que se hace la energía. |
| El desarrollo de habilidades de pensamiento crítico a partir del análisis epistemológico de los planteamientos de Robert Mayer sobre el principio de la conservación de la energía. | <ul style="list-style-type: none"> ● Interpreta la información suministrada y se defiende de técnicas persuasivas que están presentes en el lenguaje cotidiano. ● Comunica de manera clara su postura y la defiende con argumentos coherentes, con el fin de persuadir a sus iguales. ● Elige la mejor opción entre varias. ● Identifica claramente los datos y los interpreta. ● Identifica conclusiones a partir de la información suministrada y de las discusiones generadas ● Evalúa la calidad de sus argumentos y el de sus compañeros, con el fin de modificar su postura por una más adecuada |

Nota. Categorías e indicios contruidos a partir del marco teórico para identificar hallazgos

Con el propósito de dar validación y confiabilidad a las interpretaciones de la información se aplicó las estrategias de triangulación con el marco teórico, triangulación de investigadores y triangulación por instrumentos. La triangulación de investigadores, entendida como la interpretación de los investigadores, pertenecientes a una misma investigación, a una misma información o suceso (Stake, 1998), por tanto, a partir la información obtenida en los distintos

instrumentos de recolección de información, cada investigador realizó una triangulación con el marco teórico que posteriormente fue discutida con los demás investigadores, de esta discusión se generaron asertos, lo que permitió documentar categorías y ordenar información. La triangulación por instrumentos, a partir del análisis de los instrumentos se generó relaciones entre los registros obtenidos de los instrumentos desarrollados con anterioridad, lo que permitió establecer asertos, que darían cuenta de las puestas en común o de los desarrollos que tuvieron los casos al asistir a los encuentros académicos.

Capítulo cuatro. Hallazgos

En este capítulo se presentan los hallazgos de la investigación, obtenidos a partir del análisis de la información recolectada con la implementación de los instrumentos. En este proceso, los participantes oficiaron como casos y fueron codificados como: C1, C2, C3 y C4. Por su parte, los investigadores fueron codificados como: I1, I2 e I3.

Para el análisis de la información y la categorización de los hallazgos se tuvieron en cuenta dos categorías apriorísticas: Una se centra en el principio de la conservación de la energía, el cual se estructura a partir de los planteamientos de Mayer (1842, 1845), en donde los conceptos de causalidad, indestructibilidad y convertibilidad de los fenómenos son los aspectos fundantes del principio. La otra categoría se refiere al desarrollo del pensamiento crítico a partir de las discusiones en torno a la formalización del principio de conservación.

4.1 La conservación de la energía: una estructuración desde los principios de causalidad, indestructibilidad y convertibilidad

Principio de Causalidad. En el análisis realizado en la obra “Remarks on the forces of inorganic nature” escrita por Mayer (1842), se logró establecer que, para el autor, la causalidad es una cadena de causas y efectos, es decir, las causas y los efectos son intercambiables: según el análisis que se haga del fenómeno, una causa puede ser asumida como efecto o bien un efecto puede ser definido como causa de otro efecto distinto o de igual carácter. Al respecto, Mayer (1845) menciona que “el calor calienta, el movimiento mueve” (p.2). De este modo, fenómenos como el movimiento pueden ser explicados en función de otro movimiento o de otros fenómenos, en consecuencia, su explicación no se limita sólo en términos de fuerza.

Con el propósito de comprender cómo los casos entienden la idea de causalidad, se plantearon distintas actividades extraídas de los experimentos mentales propuestos por Mayer. Con ayuda de textos introductorios, los casos debieron interpretar, analizar y posteriormente explicar las distintas situaciones presentadas, en términos de causas y efectos. Para este propósito, se presentaron dos actividades: una para analizar el choque frontal entre las bolas de un juego de billar; la otra, para analizar el choque frontal de dos canicas situadas en una rampa en U. La intención de estas actividades fue identificar correspondencias entre los planteamientos de los informantes y los propuestos por Mayer (1842), en relación con la explicación de un fenómeno en función de otro fenómeno, a partir de la función $c=e$. (para Mayer c son causas y e son efectos).

La primera actividad consistió en la colisión de 3 bolas de billar de color blanco, amarilla y roja, ubicadas en una superficie completamente lisa (sin fricción) y en la misma línea recta. La primera bola (blanca) tenía una velocidad de 5 unidades, mientras que la segunda y la tercera estaban en reposo; se planteó que la primera bola impactara con la segunda (amarilla), haciéndola mover, mientras que esta primera quedaba en reposo y, de manera análoga, la segunda bola chocaba con la tercera.

Durante esta primera actividad se preguntó a los casos: ¿cuál consideran que es la causa del movimiento de la bola amarilla? Se identifica que el caso C1 explica el movimiento de esta bola como resultado de una fuerza y, a su vez, explican esta fuerza en función del movimiento de la bola que la impacta. Esto se evidencia cuando C1 expresa que “la causa del movimiento de la bola amarilla es la blanca, porque su velocidad y fuerza le da un choque”. Por su parte, C2, C3 y C4 explican el movimiento de la bola amarilla solo en términos del movimiento de la bola blanca. Esto se puede apreciar en respuestas como: “la causa del movimiento de la bola amarilla es el choque con la bola blanca que descarga su impulso en la bola amarilla.” (C2); mientras que C3, expresa que la causa es “el choque de la blanca, ya que la amarilla contaba con velocidad 0 y al chocar con la blanca su movimiento cambio”; por su parte, C4 indica que la causa es “el impacto que tuvo con la bola blanca, ya que esta iba a cierta velocidad”. Nótese que los cuatro casos explican el movimiento de las bolas en términos del movimiento de la bola que la impacta, sin embargo, es oportuno resaltar que C1 lo explica en términos de movimiento y fuerza, por lo que en un primer momento no podríamos categorizar su respuesta como un acercamiento a los planteamientos de Mayer o como un acercamiento a los planteamientos de la causalidad mecanicista, así que se hizo necesario precisar su postura a través de una discusión.

I1: Entonces, en ese choque (La bola blanca choca la bola amarilla), ¿cuál es causa y cuál es efecto?

C1: Causa diría que sería el movimiento de la blanca y el efecto sería el movimiento de la amarilla.

I1: ¿Qué opinan los demás?

C4: Sí, es que ahí se generaría un intercambio del estado de reposo de la amarilla con el movimiento de la blanca.

C3: Estoy de acuerdo con lo que dijo C1, que el movimiento de la blanca es la causa y el movimiento de la amarilla es el efecto.

C2: Claro, es que la bola blanca es la causa porque está en movimiento entonces al chocar con la amarilla hace que se mueva y esto es un efecto.

Durante la discusión grupal se hizo más evidente la asunción de C1 del movimiento como causa del movimiento mismo. Además, se puede notar que C2, C3 y C4, no están en contra de lo mencionado por C1, sino que lo apoyan y reafirman sus respuestas anteriores.

La actividad no solo implicaba el choque frontal de la bola blanca con la bola amarilla, sino que, después la bola amarilla choca con la bola roja. Al preguntar por las causas del movimiento de la bola roja, sus respuestas eran similares a las explicaciones anteriormente mencionadas. Lo único variable fue que, para el impacto de la bola amarilla con la roja, la bola amarilla pasó de ser efecto a ser causa del movimiento de la bola roja, por lo que es posible decir que los casos coincidieron en que se presente un intercambio de causas y efectos, es decir, que una causa puede ser asumida como efecto y un efecto puede ser asumido como causa.

Esto se evidencia en una discusión realizada entre uno de los investigadores y los cuatro casos.

I3: Entonces, en el siguiente momento, cuando la bola amarilla choca con la bola roja. Ahí, ¿cuál sería causa y cuál efecto?

C2: Es lo mismo, solo que la causa es el movimiento de la amarilla y el movimiento de la roja, es el efecto.

C1: La causa es la amarilla golpeando con la roja y el efecto sería la roja con su desplazamiento.

I1: ¿Es posible afirmar que, algo que fue efecto puede ser causa de otro efecto?

C3: Si, un efecto puede ser causa de otro efecto.

C4: Si, porque digamos que el efecto del movimiento y el choque entre ambas causa que la que esté adelante se mueva.

C1: Por ejemplo, la blanca era un efecto que hizo que al chocar con la amarilla fuera una causa.

C4: La causa era el movimiento de la blanca y el efecto, el movimiento de la amarilla y el movimiento de la amarilla es la causa del efecto del movimiento de la roja.

De acuerdo con lo anterior, podemos decir que en la primera actividad los cuatro casos se aproximan a los planteamientos de Mayer al asumir que la causa del movimiento de las bolas es el movimiento de la bola anterior que la impacta, es decir, se aproximan a la idea de que “el movimiento mueve” (Mayer, 1845). Además, de que una causa puede ser efecto como así mismo un efecto puede ser causa, lo que responde a la función $c=e$. Con intención de corroborar si los

casos explicaban fenómenos en términos de otros fenómenos, o bien, si surgía otra postura, se planeó otra situación con movimiento variado por el cambio de altura.

La situación fue la caída de una canica gris situada a una altura h en una rampa en forma de U, que posteriormente choca con una canica azul de igual masa ubicada en el centro de la rampa en la parte más baja (altura cero), de manera que al chocar la primera (gris) con la segunda (azul), esta última empieza a moverse mientras que la primera canica queda en estado de reposo.

Tabla 2

El movimiento de dos canicas de igual masa en una rampa en U

Momento 1.

La canica gris con una velocidad inicial de cero, desciende por la rampa desde la altura h , mientras que la canica azul se encuentra en el punto más bajo de la rampa con velocidad cero, tal como se indica en la figura 1a.

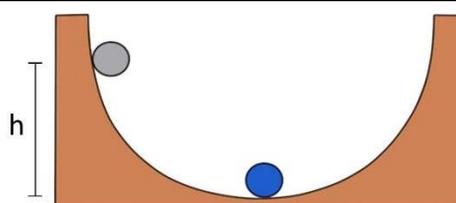


Figura 1a

Momento 2.

La canica gris tiene un choque frontal con la canica azul. Figura 1b.

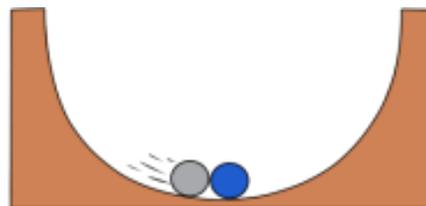


Figura 1b

Momento 3.

La canica gris queda en un estado de reposo (velocidad cero) mientras que la canica azul sale de su estado de reposo y se pone en movimiento. Figura 1c.

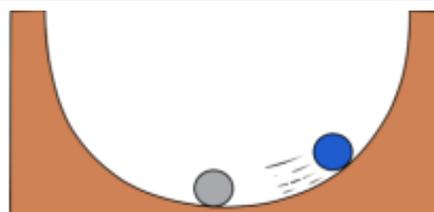


Figura 1c

Nota: Contiene imágenes propias, extraído de actividad propuesta en el instrumento #1.

Al preguntar por la causa del movimiento de la canica gris en los momentos 1 y 2 presentados en la figura 1a y figura 1b respectivamente; C2, C3 y C4 mencionan la altura o distancia de la canica con respecto al suelo como la causa del movimiento de la canica gris, mientras que C1 la asocia con la masa y la fuerza de gravedad. Hasta el momento, teniendo en

cuenta las dos actividades, es oportuno decir que, para cada situación planteada, C1 tiene una tendencia a explicar la causa de un fenómeno en términos de fenómenos y fuerza, esto se evidencia al pedirle a C1 que estableciera una relación entre el movimiento de caída que tenía la canica gris antes del choque y el movimiento que adquiere la canica azul después del choque, este responde que hay “un intercambio de velocidad y fuerza”. Sin embargo, el término fuerza desaparece al entrevistarlo o cuando discute con los demás casos, por lo que podemos interpretar que, es probable que C1 comprenda la causalidad como una cadena de causas y efectos.

Por otra parte, al pedirle a C2, C3 y C4 que establecieran una relación entre el movimiento de caída que tenía la canica gris antes del choque y el movimiento que adquiere la canica azul después del choque. C2 establece una relación en términos de movimiento de las canicas al mencionar que “ambas generaron el movimiento necesario para tener un movimiento”. Mientras que C3, no solo establece la relación con el movimiento, sino que también lo hace con la altura de la bola gris, al decir que, “[...] la (canica) gris estaba a una altura, eso hizo que al bajar adquiriera velocidad e hiciera mover a la azul (canica)”. Sobre esta situación, C4 expresa que: “la relación que puedo establecer es de movimiento perpendicular, ya que ambas canicas se encuentran en una rampa en forma de U”. A C4 se le pidió precisar qué entendía por movimiento perpendicular:

I1: ¿A qué te refieres con movimiento perpendicular? Puedes explicarlo con un ejemplo.

C4: A lo que me refiero es que...en un primer momento la canica gris está a una altura h y cuando se suelta empieza un movimiento de caída, pero como está en una rampa en U entonces, pues, ese movimiento pasa de ser vertical a uno horizontal.

Con la idea de causalidad, se da paso al principio de indestructibilidad y convertibilidad como consecuencia de entender la causalidad en términos de la función $c=e$, ya que entenderla como una función es comprender que debe mantenerse constante, es decir, una magnitud ya dada no puede ser igual a cero, sin embargo, si puede ser expresada de distintas maneras garantizando la magnitud.

Principio de Indestructibilidad. Retomando la actividad del juego de billar, ante una serie de preguntas relacionadas con la velocidad de las bolas, los casos dieron respuestas que se pueden corresponder con las ideas que Mayer (1842) propone en relación con el principio de indestructibilidad, en términos de una igualdad en la magnitud (valor numérico) de los elementos de una cadena de causas y efectos:

Si la causa c tiene el efecto e , entonces $c = e$; si, a su vez, e es la causa de un segundo efecto f , tenemos $e = f \dots = c$. En una cadena de causas y efectos, un término o una parte de un término nunca puede ser cero, como se desprende claramente de la naturaleza de una ecuación, igual a nada. Esta primera propiedad de todas las causas la podemos llamar su indestructibilidad. (Mayer, 1842, p.371)

Retomando parte del juego de billar, en un momento la bola blanca tiene una velocidad de 5 unidades y posteriormente choca con la bola amarilla que se encontraba en reposo. Al respecto se pregunta ¿Cuál crees que es la velocidad de la bola amarilla después del choque? C2 responde: “La bola amarilla adquiere una velocidad de 5 unidades, puesto que al chocar le pasa la velocidad para que avance, pero quizás no con la misma fuerza”. De manera similar, C4 dice: “la velocidad que adquiere la bola amarilla después de chocar con la blanca es de 5 unidades, ya que, aunque la amarilla se encuentre en estado de reposo, el impacto que tuvo con la blanca, estaría implicada cierto tipo de fuerza propulsora que haría mover la amarilla con una velocidad similar”. Ambas respuestas coinciden en que la velocidad de la bola amarilla es de 5, cabe aclarar que los casos sabían que la masa de las bolas eran iguales lo que, en términos actuales, indica que la energía cinética inicial es igual que la final, lo cual está en concordancia con lo propuesto por Mayer para el principio de indestructibilidad, ya que la magnitud de la “causa” inicial (la velocidad de la bola blanca) es igual a la magnitud del efecto final (la velocidad de la bola amarilla).

Para una situación posterior que hacía referencia al mismo juego de billar (la bola amarilla choca con la bola roja, inicialmente en reposo) ante la pregunta ¿Qué velocidad consideras que adquiere la bola roja después del choque que tuvo con la amarilla? C3 da una respuesta que puede corresponderse con las respuestas previamente dadas por C2 y C4: “Adquiere una velocidad de 5, puesto que, si la blanca tenía 5 y al chocar para y se queda en 0, pasa todo su movimiento a la siguiente, pasa lo mismo con la amarilla y la roja”.

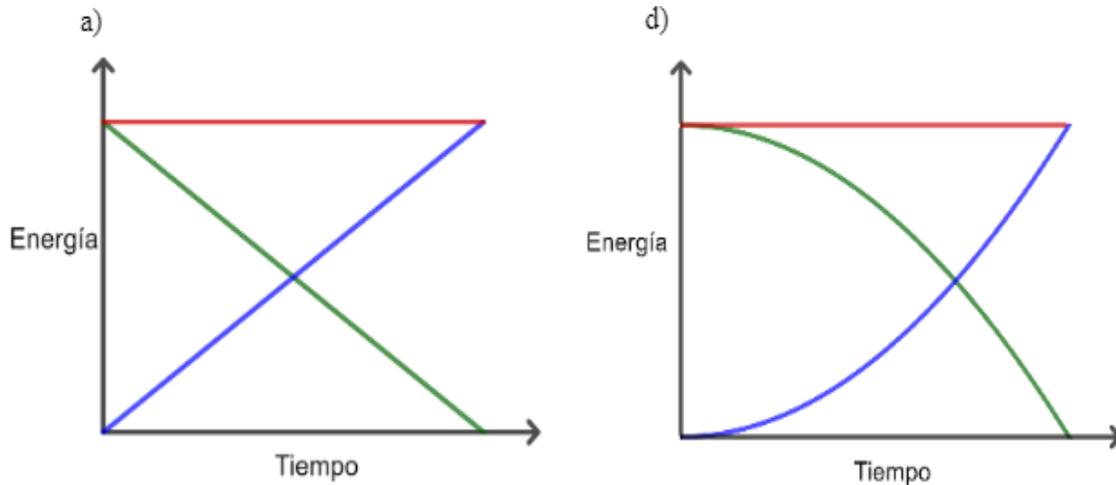
Adicionalmente, en la discusión de la actividad de las canicas (gris y azul) ubicadas en una rampa en U, ante la posibilidad de que no exista fricción en el sistema, se pregunta si en algún momento ambas canicas terminarán en reposo, a lo cual, C1 hace una comparación del movimiento de las canicas en la rampa con el movimiento de un péndulo de Newton: “No, Yo digo que no (terminarán en reposo), porque si es sin fricción entonces va a ser como en ese cosito del péndulo, que uno levanta la bolita y cuando la suelta y pega con la otra, esa sube a la misma altura (en la que uno había subido la bolita (inicial))”. Aquí se puede interpretar que C1 parece

asumir que la energía potencial será igual para ambas bolas (cuando suben), ya que ambas alcanzan la misma altura máxima, manteniéndose de esta forma la magnitud de la energía presente en el sistema del péndulo, coincidiendo así con lo planteado por Mayer (1842) cuando habla de indestructibilidad de la energía: “una vez una fuerza (energía) existe, ésta no desaparece sin dejar un efecto” (p.373). Para el ejemplo concreto que propone C1, una vez el péndulo está en movimiento, continuará estándolo indeterminadamente.

También se propuso un trabajo en parejas (C1 trabajó con C4 y C2 trabajó con C3). Los equipos, con la ayuda de la herramienta Tracker¹, tomaron una serie de datos de la caída libre de una pelota de tenis: la velocidad de la pelota en una altura determinada y la masa de la pelota. Con estos datos los casos calcularon la energía potencial y cinética de la pelota cuando esta se encontraba en distintas alturas. Al preguntarles por la relación que hay entre las formas de energías cuando la altura de la pelota es máxima y cuando la altura es mínima, C1 y C4 expresan que “cuando la pelota pasa por un metro de altura EPG (energía potencial gravitatoria) va perdiendo energía y k (energía cinética) aumenta, y cuando llega a 0 (altura) la EPG pierde su energía completa y k obtiene su energía máxima”. Por otro lado, al preguntar por las conclusiones que podían sacar de esta práctica, C2 y C3 mencionan que: “Aumenta la energía cinética, pero pierde la potencial con la caída, se pierde porque a medida que cae aumenta la velocidad”. De lo anterior podemos decir que C1, C4 y C2, C3 se acercan a la idea de indestructibilidad propuesta por Mayer al explicar cómo cuantitativamente ambas formas de energía se complementan, ya que a medida que aumenta el valor de la magnitud de una forma de energía, el valor de la otra va disminuyendo.

Además, cuando se pidió a las parejas elegir una gráfica que muestre el comportamiento de las energías potencial, cinética y total durante la caída de la pelota, las dos parejas eligieron una gráfica en donde la energía cinética aumenta con el tiempo, la potencial disminuye y la total permanece constante. La elección de una gráfica en donde la energía total sea constante a lo largo del tiempo coincide con la idea de indestructibilidad de Mayer (1842) cuando dice que la causa es igual al efecto y que éste (efecto) no puede llegar a ser cero.

¹ TRACKER es una aplicación que posibilita analizar videos, esto permite seguir el movimiento de un objeto en particular, de esta manera, al analizar fotograma por fotograma, es posible saber la posición del objeto bajo un marco de referencia, su velocidad o aceleración (entre otras magnitudes).

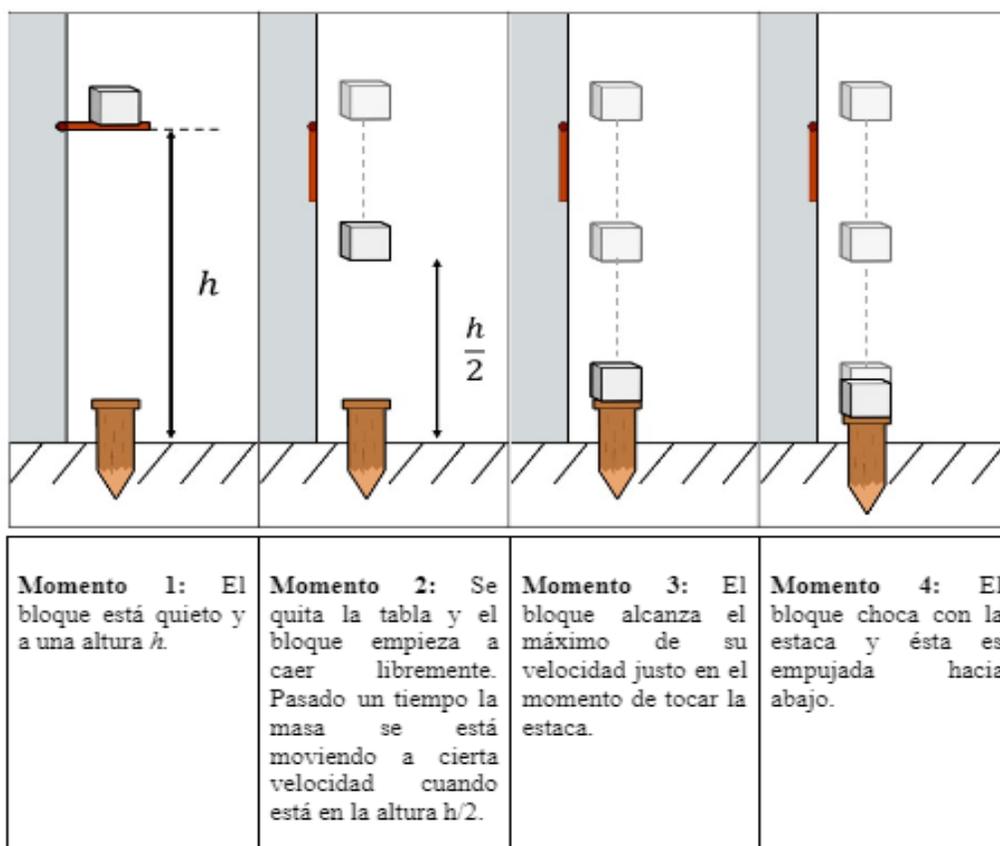
Figura 2*Gráficas de energía vs tiempo*

Nota. Gráficas elegidas por las parejas C1, C4 y C2, C3 respectivamente, donde el color azul representa la energía cinética, el verde la energía potencial y el rojo la energía total.

Como se mencionó anteriormente, el Principio de Causalidad da pie para los principios de Indestructibilidad y Convertibilidad, en donde la Indestructibilidad menciona que la magnitud de la energía se conserva, sin embargo, no hace referencia a las formas en la que dicha energía se puede manifestar, es aquí cuando entra el Principio de Convertibilidad.

Convertibilidad. Mayer define la convertibilidad con base al principio de causalidad. En este sentido, los múltiples efectos y causas se manifiestan en diversas formas de la energía, en palabras de Mayer (1842) “ya que c se convierte en e , y e se convierte en f , y c , debemos considerar esas diversas magnitudes como diferentes formas bajo las cuales el mismo objeto hace su aparición” (p.1).

En una de las actividades, se planteó una situación en donde se dejaba caer un cubo de masa m a una altura h , como se ilustra en la *figura 3*.

Figura 3Caída de un bloque de masa m a una estaca

Nota. Las imágenes son propias. Actividad propuesta en el instrumento #2.

Al pedirle a los casos que indiquen los tipos de energía que identificaban en el momento 1; tanto C1 como C2 y C3 coinciden con su respuesta para el momento 1: “energía potencial” (C1, C2 y C3). Durante la discusión se les preguntó por qué habían elegido ese tipo de energía en el momento 1, C2 expresa que “[...] este tipo de energía está vinculada con la altura a la que están los objetos... Entonces aquí en la imagen (Figura 3) se puede observar que el objeto está a una altura h del suelo”. Es apropiado decir que los casos se han acercado al planteamiento de Mayer (1845), de la energía potencial, como aquella que resulta de distanciar una masa de la superficie de la tierra.

Al preguntar por los tipos de energía en el momento 2 y 3, tanto C1, C2 Y C3 escribieron como respuesta que la energía es de tipo cinética, por otra parte, C4 expresa que en el momento 2 esta presenta la energía gravitacional porque para ambos momentos “el cuerpo es atraído por la gravedad” y para el momento 3 menciona que: “identifico energía cinética” (C3). De esta actividad

es importante destacar que en primera instancia los casos consideraron que para cada momento la energía solo podía estar manifestándose en una forma determinada, pero no en más de un tipo de energía. Si bien mencionaron distintas formas de energía durante los distintos momentos propuestos en la actividad, eso no nos aseguraba que estuvieran acercándose a la idea de convertibilidad, así que durante la discusión se abordaron las preguntas por los tipos de energía que consideraban que se manifestaban en cada momento. De esta discusión llegaron a la conclusión de que en el momento 2 y 3 la energía se manifestaba en forma de energía potencial y cinética, debido a que hay una distancia del suelo que hace que la gravedad mueva el cuerpo.

A continuación, se presentan algunos fragmentos de esta discusión

I3: [...] en el momento que está cayendo, ¿qué consideran que está pasando con ese cuerpo?

C2: cambia, eh... aumenta la energía y la velocidad.

I3: ¿Y por qué aumenta la velocidad?

C2: Por la altura.

C3: A medida que va cayendo va más rápido.

[...]

I2: Tratemos de hacer el experimento en la realidad, entonces colocamos la tabla y colocamos el objeto y lo soltamos, observen qué pasa.

C1: Yo creo que ahí actúan las dos, ¿no? Si ahí actúan las dos.

I3: ¿Por qué?

C1: Por la fuerza gravitacional y el movimiento de la cinética.

C4: Porque el cuerpo no se puede mover si no está a una altura en que la gravedad lo haga caer.

C1: Si, porque al estar a esta altura (levanta un lapicero y lo suelta) hace que el cuerpo baje, al tener masa la gravedad hace fuerza para abajo...y también es cinética debido a su movimiento.

I1: En el momento 3, ¿qué tipos de energías identifican?

C4: Las dos.

C1: Las dos, sería lo mismo que en el momento dos, porque dice que al momento antes de impactar, por lo tanto, aún hay una altura.

En el desarrollo de esta discusión C1 y C2 cambiaron su idea de la manifestación de una sola forma de energía para cada momento, por la de que en un momento puede estar presente la energía en más de una forma, como cuando C1 menciona que en el momento 3 hay energía potencial porque aún hay altura, estas ideas se aproximaron al planteamiento de Mayer (1845) de que si la causa c se ha convertido en e y si hay restos de c , estos restos deben convertirse en otros

efectos, es decir, que cada causa puede manifestarse de muchas formas, de igual carácter o distintas y, además, una forma de energía hace su aparición en la medida en que otra desaparece.

Durante una secuencia de actividades experimentales, los casos, al describir lo sucedido durante las experiencias, expresan una serie de pensamientos que dejan en evidencia la idea de que un tipo de energía se puede manifestar o convertir en otro tipo de energía:

En la primera actividad se pidió a los casos verter agua en una botella hasta llegar a la mitad de ésta, luego, con ayuda de un termómetro de mercurio, medir la temperatura del agua al interior de la botella, posteriormente sacar el termómetro y cerrar la botella, agitar fuertemente durante 30 segundos y medir de nuevo la temperatura del agua.

Finalizada la experiencia, se les preguntó ¿cómo explicarías este resultado? Aquí, se pudo evidenciar que los casos C2, C3 y C4 coinciden al hacer una relación directa entre el movimiento que ellos hacen sobre la botella y el aumento de temperatura. Al respecto C2 dice: “Subía su temperatura debido a que un movimiento alterno le generó un tipo de fuerza para aumentar su temperatura”; C3 expresa: “[...] por el movimiento que ejercimos sobre la botella aumenta su temperatura”. Por su parte, C4 señala que: “Una vez se ejerce fuerza, causante del movimiento del agua, esta hace que la temperatura del agua aumente, esta fuerza se produce por cierto periodo de tiempo para que esto suceda.”

Las respuestas proporcionadas por los casos, coinciden con los planteamientos de Mayer (1842) cuando éste habla de convertibilidad y del calor como una manifestación de la energía:

Si se rozan dos placas de metal, vemos que desaparece el movimiento, y por otro lado hace su aparición, el calor, y tenemos ahora sólo para preguntar si el movimiento es la causa del calor. El movimiento no tiene algún otro efecto que la producción de calor y el calor, alguna otra causa que el movimiento. (p.375)

Continuando con la secuencia experimental, en otra actividad los casos observaron una máquina de vapor (una lata con agua que al ser calentada por unas velas dejaba salir el vapor por un pequeño orificio de tal manera que propulsaba una hélice que se encontraba delante del orificio de la lata).

Figura 4*Máquina de vapor*

Nota. Las fotografías son propias. Corresponde a una de las actividades experimentales propuestas en el instrumento #3.

En medio de la discusión surge la siguiente cuestión: en este sistema, ¿la energía se conserva? Al respecto, C4 responde: “Pues la energía si se conserva en todo el sistema porque la energía se empieza a presentar en el calor de las velas y ese calor se convierte en la ebullición del agua y evidentemente también hay energía presente allí, en el vapor y en el movimiento de la hélice también está presente”. Aquí, C4 menciona una serie de formas en las que se transforma la energía, que sumando cada una de ellas, corresponden con la magnitud del calor de las velas, lo cual se puede asociar con lo planteado por Mayer (1845) cuando habla de indestructibilidad y convertibilidad: “no hay efecto sin causa, ninguna causa desaparece sin su efecto correspondiente” (p.2).

4.2 El desarrollo de habilidades de pensamiento crítico a partir del análisis epistemológico de los planteamientos de Rober Mayer

En esta categoría se retoma la idea de la historia y la epistemología como posibilitadoras del desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, particularmente, el uso de los planteamientos de Mayer sobre la conservación de la energía, esto con el fin de generar espacios discursivos para la construcción de argumentos, la validación del conocimiento y establecimiento de consensos (Matthews, 1994). Lo anterior lo afirmamos con Halpern (2008), al establecer que el pensamiento crítico incluye habilidades para comprender, identificar conclusiones, evaluar la calidad de los

argumentos propios y de otros y determinar la fuerza de un argumento para tomar una postura frente a un problema o una situación determinada.

Teniendo en cuenta lo anterior, durante el análisis de la situación del juego de billar, al preguntar por la velocidad adquirida por la bola amarilla después de que fuera chocada por la bola blanca que tenía una velocidad de 5 unidades. En el análisis se obtuvo que C1 escribió que: “considero que la bola amarilla adquiere una velocidad de 4 porque la blanca descarga toda su fuerza en ella”. No obstante, al participar en la discusión de las respuestas se percató que el ejercicio era propuesto en un sistema sin fricción y modifica su respuesta apoyando la postura de C2, cuya postura fue que “al avanzar y chocar, le pasó la velocidad a la otra para que avanzara, y pues como dice que se supone que la bola blanca quedo en velocidad 0, entonces la velocidad que tenía se la paso a la amarilla, para que la amarilla se la pasara a la roja”.

A continuación, se presenta un fragmento de la discusión:

I1: ¿Por qué crees que al chocar disminuye la velocidad?

C1: Porque... no compartirían la misma fuerza del golpe y velocidad.

I1: Dices que disminuye la velocidad, pero entonces ¿qué pasó con esa velocidad inicial? Es decir, si estaba en 5 y digamos que quedó en 4, ¿qué pasó con el resto de la velocidad, con el uno restante?

C1: Es un restante, digo que a la hora del impacto como que restó ese 1, pero compartió su 4 con la otra bola.

C4: Pero queda en velocidad cero, entonces en cada choque, tin, choque...no hay fricción, ¿cierto? Entonces lo estaría haciendo con la misma velocidad.

C2: Sigo defendiendo mi idea.

C1: Entonces teniendo en cuenta lo que dijeron y que es sin fricción...que, si las unidades son cero, la bola tiene una unidad cero de velocidad, entonces la pasaría toda su velocidad a la siguiente bola, y esa a la siguiente.

En un primer momento, C1 consideró el sistema con fricción, a pesar de que en la actividad ya se había especificado que era un choque frontal entre bolas de igual masa y tamaño en un sistema sin fricción, y teniendo en cuenta ello argumentaba una disminución de velocidad, pero al escuchar los argumentos de los demás casos se percató de que el sistema era sin fricción y reevaluó su interpretación del problema planteado. Según las habilidades propuestas por Halpern (2008), en C1 se evidencia la habilidad de análisis de argumentos, debido a que, para comprender el problema planteado, escuchó y admitió diversos puntos de vista, a partir de los cuales pudo

reevaluar el propio y modificar su postura, lo que, en esta investigación denominamos flexibilidad de pensamiento.

En la situación donde se dejaba caer un cubo de masa m a una altura h , y que al final chocaba con una estaca (ver *figura 3*), se preguntó a los casos: ¿Qué solución propondrías si se desea clavar la estaca con el bloque en un solo intento? ¿En qué te basas para dar esta solución?

En las soluciones propuestas por los casos no hacen referencia a la energía, no obstante, si se puede evidenciar la capacidad para identificar e interpretar datos relevantes como las magnitudes de masa y distancia (altura), que hacen parte la expresión matemática de la energía potencial ($E_{pg}=mgh$), o acercamientos a la transformación de energía potencial a cinética.

Los casos C1 y C2 proponen aumentar una de las magnitudes asociadas con la energía potencial gravitacional, al respecto, C1 expresa: “aumentaría la masa para que con más fuerza gravitacional lo haga”. Por su parte C2 dice que “la solución sería que aumenten la altura en la cual se encuentra el bloque, me baso en que la altura que ya tiene hace que el bloque empuje la estaca, al tener más altura tendrá más fuerza para golpear la estaca”, nótese que en ambos casos la propuesta es razonable y es posible en una situación cotidiana. Además, cabe destacar que C2 hizo una interpretación de los momentos planteados en la actividad del bloque que cae en una estaca (Ver *figura 3*), identificando la magnitud que estaba variando que, para este caso y siguiendo los planteamientos de Mayer, es la magnitud de la posición (altura), y posteriormente usó esa información para construir el argumento de su respuesta, esta identificación e implementación de información de experiencias pasada para la construcción de un argumento es también una demostración de habilidades del pensamiento crítico (Halpern, 1998).

Retomando la pregunta por la solución de qué propondrían para clavar la estaca con el bloque en un solo intento, C3 y C4 propusieron modificar las magnitudes de masa y altura debido a que eso hará que aumente la velocidad del bloque, en estas respuestas se hace evidente que los casos se aproximan a la idea de convertibilidad de la energía gravitatoria (posición) a cinética (movimiento) y que usan esos conocimientos para solucionar problemas, aunque explícitamente no las menciona. Esto último se evidencia cuando C3 dice que para que “el bloque tenga más velocidad, eso podría significar más altura y que el bloque tenga un poco más de peso”; de manera similar, C4 menciona que, “la solución sería aumentar la altura en la que se encuentre el cubo, ya que, a mayor altura, se genera más velocidad en su descenso, por lo tanto, el impacto sería mayor. Otra solución, sería aumentar la masa del cubo, colocando uno más grande”.

En todas las respuestas se logran evidenciar habilidades de pensamiento crítico, tales como la identificación de magnitudes e interpretación de la información para construir discursos argumentativos, que se ve reflejada cuando los casos no sólo sugieren una solución, sino que también la justifican a partir de cómo la modificación de las magnitudes de masa y altura genera modificaciones en otras magnitudes, aunque no mencionaron la energía si refirieron otras como la velocidad o la fuerza.

En el desarrollo de las actividades experimentales, se realizó una actividad que consistió en el agitar una botella con una cantidad de agua durante 30 segundos, en los hallazgos de la categoría anterior se presentó que los cuatro casos mencionan que hubo un aumento de la temperatura del agua como efecto del movimiento de la botella. Sin embargo, durante la discusión se problematiza si todo movimiento genera un aumento de la temperatura, para ello se propuso una situación cotidiana en la que una botella con agua se encuentra dentro de un vehículo que va en línea recta a 70 km/h. A continuación, se presenta un fragmento de la discusión:

I3: [...] ¿Cómo afectaría esto la temperatura de la botella?

C4: Yo diría que no, porque si va dentro de un carro que se mueve en línea recta, entonces el agua (dentro de la botella) solo iría como a este lado (inclina la botella hacia atrás), lo que hace que aumente es como si fuera un ciclo, va y viene, va y viene, sin detenerse.

I2: ¿Entonces dices que para esta situación la temperatura permanece igual?

C4: Es por decir, si va así, si va acostadita no tiene un aumento de temperatura, pero si va y frena, va y frena (agita la botella), entonces es un ciclo constante en que el agua dentro de la botella se mueve.

C2: es por la fricción

C4: Si, el movimiento y la fricción del agua con la botella

De esta actividad podemos destacar que la implementación de problemas que involucran situaciones reales propicia la construcción de relaciones del conocimiento con la realidad. Esta actividad basada en una situación contextualizada de los planteamientos de Mayer, propició un espacio para que C4 razonara no solo en función de los temas trabajados durante las sesiones, sino que también involucrara su experiencia para inferir que el agua dentro del vehículo estaría en un estado de reposo, hizo una abstracción del movimiento del agua en la botella, esta capacidad de razonar e inferir son habilidades de pensamiento crítico, que permiten construir argumentos coherentes.

Otra habilidad de pensamiento crítico es la toma de decisiones, siempre en búsqueda de obtener mejores resultados. Para ello, se plantearon a lo largo de la aplicación de los instrumentos varias preguntas y actividades que consistían en la toma de decisiones entre varias opciones presentadas de manera explícita o implícitamente. Una de las preguntas que involucró toma de decisiones se llevó a cabo después de la realización de tres actividades experimentales: el agitar una botella con agua para elevar su temperatura, una máquina de vapor que hizo mover una hélice y la generación de energía eléctrica a partir del aire que movía un molino; se les preguntó a los casos cuál de los experimentos consideraban que fue el más eficiente energéticamente hablando y que justificaran su elección.

C4: Yo entendí como que tan productivo es un artefacto a la de ser usado o que tan bueno son los resultados que genera. Por ejemplo, el molino de viento o de agua es que, o sea, era más constante o que al momento de usarlo si garantizara que funcionara como tal.

C1: Yo también escogí el molino de viento conectado al led, pero yo lo entendí como que la productividad energética...pues, que siempre se mantenga y no transforme tanto la energía.

C3: Por mi parte escogí la lata (máquina de vapor) porque puede servir para hacer vapor y el vapor puede servir para mover el molinito, o sea, lo que entiendo por eficiencia es en que nos puede servir y cómo nos puede servir.

C2: Yo igual elegí la lata porque el calor genera vapor, lo cual genera un movimiento, o sea, generó que se calentara algo y que movieran otra cosa, mientras que los otros(experimentos) solo prendían leds o calentaban el agua. Entonces para mí es más eficiente porque dio más resultados.

I1: ¿Cuándo te refieres a más resultados, te refieres a que tiene más efectos?

C2: Si.

C4: Pero que dé más efectos no quiere decir que sea más eficiente, eficiente para generar efectos, pero no que estos sean productivos.

Cuando se realizan actividades que involucran la toma de decisiones es recomendable preguntar en el porqué de la elección, pues de esta forma se puede comprender mejor la manera de razonar (Halpern, 2008). En la discusión anterior se puede evidenciar dos maneras de entender el término eficiencia energética que juega un papel importante a la hora de categorizar un experimento como más eficiente energéticamente. Para C1 y C4 es el sistema que tiene menos transformaciones en formas de energía menos útiles, mientras que para C2 y C3 es entendida como el sistema que tiene más transformaciones de energía. Obsérvese que, de esta actividad, que involucra la toma de decisiones, relaciona otras habilidades, pues la toma de decisiones involucra la construcción de

argumentos y la categorización, a partir de la interpretación y análisis de la información, descartando las opciones menos favorecedoras.

Por último, se les planteó una actividad en la que tenían que opinar acerca de dos argumentos presentados a través de dos personajes ficticios, Santiago y David, el primero menciona que ya no es necesario preocuparse por ahorrar energía en su casa, que puede encender varias luces, el televisor, etc., sin preocupaciones porque la energía se conserva, no se destruye y solo se convierte, por tanto, esa energía utilizada debe regresar, y el segundo menciona que se debe ahorrar energía para cuidar los recursos medioambientales porque no son infinitos y que la energía no se conserva en situaciones reales. Ambos argumentos pueden ser escuchados en ambientes cotidianos, y es por ello que realizamos esta actividad para propiciar un espacio en que los casos tuvieran que implementar lo trabajado durante las sesiones para defenderse de técnicas persuasivas que están presentes en el lenguaje cotidiano, como a su vez, generar discursos coherentes.

En esta actividad, C4 expresa que “si bien la energía no se crea ni se destruye, sino que se convierte como dice Santiago, la luz que se usa no volverá a usarse ni regresará a nosotros (de la misma forma) debido a que esta produce una huella de carbono que afecta al medio ambiente”.

De esta respuesta podemos decir que C4 no se pone totalmente a favor de una postura en particular, sino que su opinión es la combinación de algunos argumentos presentados en la actividad, hace una interpretación de estos y presenta su propia opinión al respecto haciendo uso de argumentos justificados que se aproximan a los planteamientos de Mayer, específicamente cuando menciona que la energía se convierte y que no regresara de la misma forma, pero si produce efectos que se reflejan en el medio ambiente, pues allí se puede destacar nociones de convertibilidad e indestructibilidad de la energía.

La capacidad de construir su propia opinión, separándose de argumentos que suelen escucharse en el lenguaje cotidiano como la idea de pérdida energética o la idea de conservación de la energía sin degradación, es una demostración de pensamiento crítico mencionado por Halpern (2008), ya que no solo interpretó e implementó los planteamientos de la conservación de la energía para dar solución a un problema cotidiano, sino que también a partir de esto pudo construir un discurso para defenderse de técnicas persuasivas presentes en el lenguaje cotidiano.

Durante las realizaciones de las actividades y las discusiones realizadas en la aplicación de los instrumentos fue posible notar habilidades de pensamiento crítico, pero en este capítulo hemos presentado las respuestas y discusiones más relevantes. Es posible afirmar que al delimitar las

habilidades de pensamiento crítico en términos de Halpern (1999; 2008), nos permitió identificar como los casos interpretan y analizan de información para tomar una postura en frente de una situación cotidiana con distintas posibles soluciones, también nos permitió identificar habilidades como el análisis y construcción de los argumentos y maneras de comunicar ideas coherentes en discusiones sobre el principio de conservación de la energía, además de la flexibilidad de pensamiento cuando abandonan una idea para apoyar otra que responde de mejor manera a las situaciones planteadas. Todas estas son habilidades que se pudieron desarrollar al contextualizar los planteamientos y procesos metodológicos de Mayer (1842; 1845) sobre la conservación de la energía, en conjunto con las sugerencias propuestas por Halpern, como la realización de actividades que exija al estudiante evaluar distintas posibilidades y justificar su elección, todo esto nos permitió desarrollar, analizar y evidenciar habilidades de pensamiento crítico que en últimas es uno de los objetivos de la formación en ciencias.

Capítulo cinco. Implicaciones Didácticas

En este capítulo se presenta una reflexión sobre la enseñanza de las ciencias que surge de nuestro proceso de investigación, como también en el marco del seminario y de la Práctica educativa. También se presenta una propuesta de ciclo didáctico que posibilita el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico a partir de los aportes de Robert Mayer sobre el principio de conservación de la energía. Este ciclo fue realizado en base a los hallazgos mencionados en el capítulo anterior, y pensado ya no desde una postura como investigadores, sino como docentes.

5.1 Reflexiones Sobre la Enseñanza de las ciencias

Esta reflexión nace a partir de las discusiones que tuvieron lugar en el proceso de investigación, como también en el marco del seminario y de la Práctica educativa. Estas reflexiones giraron en torno a las dificultades de la enseñanza de las ciencias, orientadas hacia la búsqueda de posibles soluciones a interrogantes como: ¿Qué se debe enseñar en las ciencias?, ¿cómo se debería enseñar ciencias?, y ¿por qué se debe enseñar ciencia? Como se ha planteado, estos interrogantes se originaron en escenarios tales como: los seminarios que se desarrollaron durante el proceso de investigación, de los apuntes en los diarios de campos, producto de las clases impartidas en el Centro de Prácticas y durante el desarrollo de la investigación.

En el desarrollo de los espacios de reflexión, hay que resaltar las dificultades o cuestionamientos que planteaba cada maestro en formación, producto de las clases donde se debatía sobre la importancia del componente histórico y epistemológico en las clases de física. Teniendo en cuenta lo anterior, se abre un amplio campo para nosotros, donde ya se empieza a pensar y reflexionar sobre las enseñanzas de las ciencias, pero ya no solamente desde la mirada como estudiantes, sino también como maestros.

A pesar de que el mundo cambia, parece que la enseñanza de la ciencia quedó estancada en un modelo tradicional de carácter positivista, y no es algo que solo notamos en nuestra práctica docente, sino que también la percibimos en el entorno universitario durante nuestra formación como docentes, alimentando así la idea del conocimiento científico y su práctica como un hecho dado, dando como resultado que algunos docentes presentan dificultades para hacer frente a las exigencias de la educación y retos del siglo XXI planteados por el MEN.

Y es de lo anterior, que consideramos que lo más significativo que nos quedó de los seminarios y de nuestras prácticas, es entender que el docente es más que un transmisor de conocimientos, pero para ello se requiere hacer un análisis introspectivo de la manera en que se

entiende la ciencia, porque la manera en que se asume la ciencia y su actividad, influye en la manera en que se plantea, se construye y se evalúa las clases de ciencias, es decir, el modo de asumir la ciencia, determina el qué, el cómo y el para que enseñar. Por ello, entender la ciencia como un hecho con veracidad absoluta, da como resultado clases magistrales donde se descubre el conocimiento, pero no se construye, donde las actividades giran en torno a las respuestas memorísticas o a la solución de algoritmos desconectados de los conceptos científicos.

Por otro lado, el entender la ciencia y su actividad como una construcción humana, es tener en cuenta que los conceptos que se conocen en la actualidad son el resultado de años de modificaciones, discusiones y consensos entre pares, influenciados por su entorno y legado social, cultural y temporal; de este modo las aulas de ciencias se convierten en un espacio, donde como profesores acercamos a los alumnos a la actividad científica, mediante la interpretación y contextualización de las construcciones científicas que ha desarrollado la humanidad en torno a los fenómenos físicos. Asumir la ciencia desde esta perspectiva, es entender que el aula se constituye en el escenario para establecer el diálogo entre el entender o significar de los estudiantes con la interpretación que se tiene de los fenómenos físicos.

De este modo, el garantizar un espacio en el que se cumplan las características mencionadas anteriormente ayuda a desarrollar la racionalidad crítica del estudiante, al mismo tiempo que el estudiante adquiere confianza en la presentación de sus argumentos, porque siente que son tomados en cuenta, ya que se le trata como un igual, y en consecuencia el estudiante manifiesta un interés por el conocimiento reflexivo y autocrítico, que da paso a formar las bases para la acción social que reforme la sociedad y sus prácticas.

5.2 Diseño de un Ciclo Didáctico

El papel del maestro debe transformarse, para los desafíos actuales no debe ser solo un transmisor de conocimientos ya establecidos en los libros escolares, sino que debe ser un investigador, un constructor de conocimiento y de su propia labor, por ello debe involucrarse en la realización de sus propuestas de clases, hacer de ellas un espacio dinámico e innovador donde no solo participa él, sino que también le permita a sus estudiantes construir sus conocimientos y desarrollar habilidades necesarias para enfrentar los retos de la actualidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, como una primera recomendación es no olvidar que la evaluación de los procesos de los alumnos es más que actividades a las que se les puede asignar una nota cuantitativa, la evaluación involucra todos aquellos aspectos que permitan entender cómo

comprende el alumno antes y después de la intervención docente, por lo que llevar una bitácora es una buena herramienta para registrar los procesos e incluso reformular el ciclo didáctico.

Algunas recomendaciones relacionadas con el diseño del ciclo didáctico son:

→ Realizar distintos tipos de actividades. Nuestro objetivo es desarrollar habilidades de pensamiento crítico, por lo tanto, realizar actividades que involucren la toma de decisiones, el análisis de información, la construcción de respuestas y la argumentación a través de discusiones o debates grupales.

→ Diseñar actividades que estén relacionadas con los planteamientos de Mayer y la manera en que la presenta. De esta forma se garantiza que cada actividad esté relacionada con la anterior, manteniendo el hilo conductor de la construcción del concepto.

→ Diseñar actividades que relacionen situaciones cotidianas o problemáticas actuales con la conservación de la energía, haciendo énfasis en notar las formas en que se manifiesta la energía y su degradación cualitativamente, pero que cuantitativamente se mantiene.

Ciclo Didáctico

Objetivo: Plantear una ruta de enseñanza para el principio de conservación de la energía, mediante la cual se analicen situaciones basadas en planteamientos de Robert Mayer para posibilitar el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico.

Pregunta: ¿Por qué debemos “ahorrar energía” si la energía se conserva?

Grado: 10°.

Número de Sesiones: siete (7) aproximadamente.

DBA: Comprende la conservación de la energía mecánica como un principio que permite cuantificar y explicar diferentes fenómenos mecánicos: choques entre cuerpos, movimiento pendular, caída libre, deformación de un sistema masa-resorte.

Estándares:

- Explico la transformación de energía mecánica en energía térmica.
- Analizo el potencial de los recursos naturales en la obtención de energía para diferentes usos.

Fase de Exploración. Esta fase tiene como objetivo indagar sobre que saben los estudiantes de algunos conceptos relacionados con el principio de conservación de la energía. Para

ello se haría una evaluación de conocimientos antes de estudiar (evaluación KPSI) y finalmente que los alumnos a partir de un conversatorio compartan que conceptos comprenden más y cuáles menos.

Tiempo: 45 min (1 sesión)

- **Actividad 1.** Inventario de Conocimientos para la inmersión.

Indicaciones:

Esta actividad inicial tiene como propósito el darse cuenta de algunos aspectos de la unidad que comenzaremos a trabajar; tus aprendizajes previos, con esa información podremos saber tu punto de partida, para posteriormente saber cuánto hemos aprendido.

Utilizando las siguientes categorías, marca con una X en el recuadro que lo represente.

Categorías:

| | | | |
|---|--|--------------------|------------------------------------|
| 1. Lo sé y sé cómo se lo podría explicar a alguien. | 2. No estoy seguro de saber, no podría explicárselo a alguien. | 3. No lo entiendo. | 4. Nunca he escuchado ese término. |
|---|--|--------------------|------------------------------------|

| Nivel Conceptual | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|---|---|---|---|
| Energía Potencial. | | | | |
| Energía cinética. | | | | |
| Energía térmica. | | | | |
| Fricción. | | | | |
| Conservación de la energía. | | | | |
| Convertibilidad. | | | | |
| Transferencia. | | | | |
| ¿Entiendes que significa un sistema cerrado? | | | | |
| ¿Entiendes que significa un sistema abierto? | | | | |

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| Nivel procedimental | | | | |
| Clasifico tipos de energía en términos de renovables y no renovables. | | | | |
| Identifico distintas causas para la aparición de calor. | | | | |
| Identifico distintos tipos de energía presentes en una situación. | | | | |

Espacio de Discusión. Conversa con tu profesor y compañeros, los conceptos que más entiendes y que menos entiendes, y el por qué.

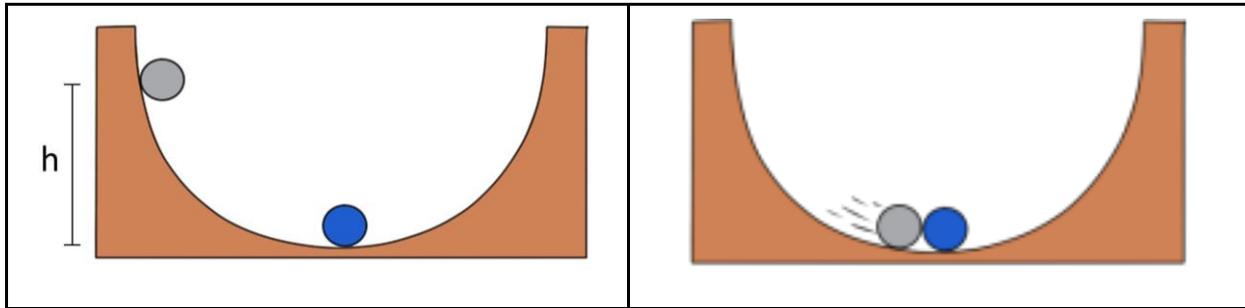
Fase de Nuevos Modelos Explicativos. En esta fase se busca acercar a los estudiantes a los planteamientos de Mayer sobre los principios de indestructibilidad y convertibilidad de la energía, de manera que permita a los estudiantes organizar sus ideas sobre los conceptos, a la par que se presentan e incorporan nuevos modelos explicativos y procedimentales con el fin de construir conocimiento que sea significativo para los estudiantes.

Tiempo: 270 min (3 sesiones de 90 min)

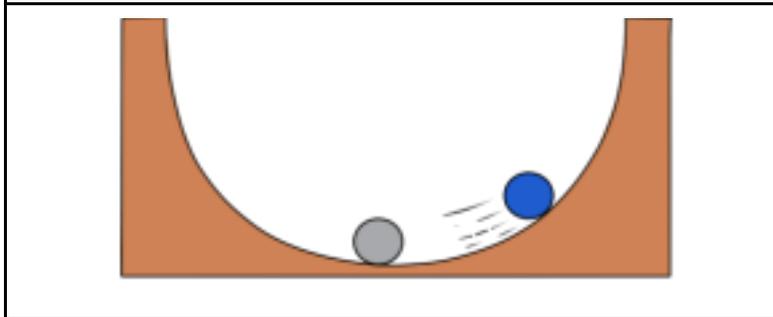
Primera parte

- **Actividad 1.** En una rampa en forma de U se ubican dos canicas: una azul y una gris, ambas de igual masa y tamaño, además, no hay fricción con la rampa ni con el aire. Observa y analiza los tres momentos que se presentan en las gráficas.

| | |
|--|--|
| <p>Momento 1.</p> <p>La canica gris con una velocidad inicial de cero, se desliza desde cierta altura h de la rampa, mientras que la canica azul se encuentra en el punto más bajo la rampa, tal como se muestra en la imagen.</p> | <p>Momento 2.</p> <p>La canica gris tiene un choque frontal con la canica azul.</p> |
|--|--|

**Momento 3.**

La canica gris queda en un estado de reposo (velocidad cero) mientras que la canica azul sale de su estado de reposo y se pone en movimiento.



A partir de la situación descrita, responde las siguientes preguntas:

- ¿Qué ha provocado que la canica gris se mueva?
- ¿Cuál es la causa del movimiento de la canica azul?
- ¿Crees que la canica azul pueda alcanzar una altura mayor a la altura en que se dejó deslizar la canica gris (altura h)? Si___, No___ Justifica tu respuesta
- ¿Qué crees que sucederá con la bola azul después de que alcance su máxima altura? Explica tu respuesta.

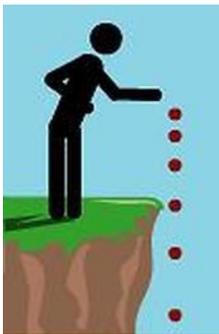
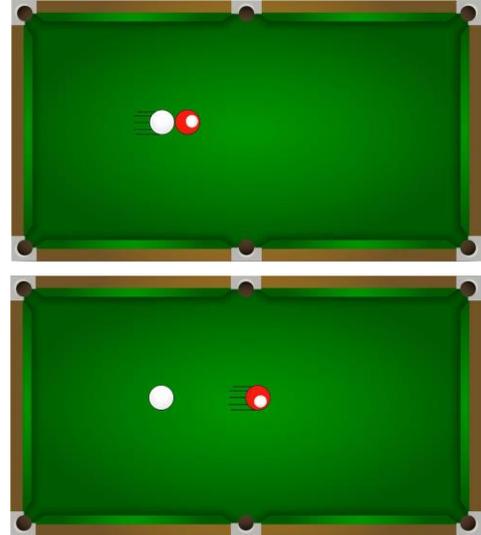
Intervención del Profesor. En este espacio el profesor puntualizará el término causalidad desde la perspectiva de Mayer, a partir de las percepciones de los alumnos al realizar la actividad.

Nota: En equipos de 3 integrantes, lean y realicen las actividades 2, 3 y 4.

- **Actividad 2.** Lean los siguientes fragmentos extraídos de los planteamientos de Robert Mayer para describir la energía cinética, energía potencial y el calor.

Después, escriban con sus propias palabras, un párrafo que explique estos tipos de energía y también un ejemplo donde se hace presente cada una de estas formas de energía.

- ❖ “Cuando una masa móvil se encuentra otra en reposo, esta última se pone en marcha, mientras que la primera pierde algo de movimiento. Si en el billar la bola blanca colisiona directamente con la roja, la blanca pierde su velocidad y la roja se mueve con la velocidad que la blanca ha perdido. Es el movimiento de la bola blanca que cuando se gasta provoca el movimiento de la roja o podemos decir se transforma en este último. El movimiento de la bola blanca es una forma de energía. El movimiento de la roja es un efecto que es igual a la causa; también es una forma de energía. [...] La magnitud de la fuerza viva (energía cinética) de todo el sistema, sin embargo, sigue siendo el mismo antes y después de la colisión” (Mayer, 1845).



- ❖ “Una masa en reposo a cualquier distancia arbitraria por encima de la superficie de la tierra y luego puesta en libertad, de inmediato se pone en movimiento y llega a la tierra con una velocidad que es fácilmente calculable. El movimiento de esta masa no puede surgir sin el gasto de energía. ¿Qué es esta última energía? Si nos restringimos no a los supuestos tradicionales, sino a los simples hechos de la experiencia, nos damos cuenta fácilmente de que es la elevación del peso, la causa del movimiento del peso”

(Mayer, 1845)

- ❖ “Se rozan dos placas de metal, vemos que desaparece el movimiento, y el calor por otro lado, hace su aparición, y tenemos ahora sólo para preguntar si el movimiento es la causa del calor. El movimiento no tiene algún otro efecto que la producción de



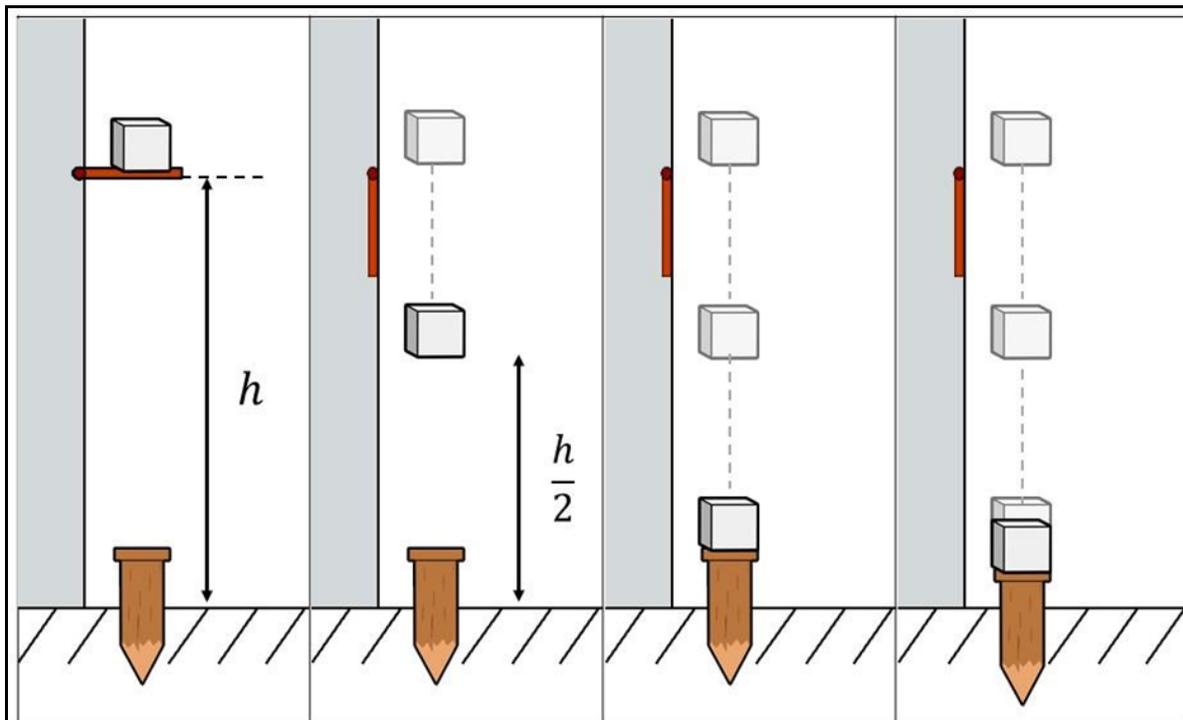
calor y el calor alguna otra causa que el movimiento” (Mayer, 1842)

Segunda parte

- **Actividad 3.** Convertibilidad de la energía.

Lean la siguiente situación y respondan las preguntas.

Se tiene un bloque de masa m y se le aplica una fuerza para llevarlo a la repisa móvil ubicada en una altura h con respecto al suelo, altura en la cual se deja caer el bloque libremente y al final choca con una estaca como se muestra en la figura.



| | | | |
|---|--|---|--|
| <p>Momento 1: El bloque está quieto y a una altura h.</p> | <p>Momento 2: Se quita la tabla y el bloque empieza a caer libremente. Pasado un tiempo la masa se está moviendo a cierta</p> | <p>Momento 3: El bloque tiene una velocidad mayor al del momento 2, en un instante antes de tocar la estaca.</p> | <p>Momento 4: El bloque choca con la estaca y ésta es empujada hacia abajo.</p> |
|---|--|---|--|

| | | | |
|--|---|--|--|
| | velocidad cuando está en la altura $\frac{h}{2}$. | | |
|--|---|--|--|

Según lo anterior, responde a las siguientes preguntas:

- ¿Qué tipo o tipos de energía identificas en el primer momento?
- ¿Qué tipo o tipos de energía identificas en el segundo momento?
- ¿Qué tipo o tipos de energía identificas en el tercer momento?
- Describe lo que sucede con la energía en el momento 4 cuando el bloque choca con la estaca.
- ¿Consideras que hay un momento donde la energía total es mayor? Si ___ No ___ ¿En qué momento? ¿Por qué?
- ¿Qué crees que sucede con la energía si se aumenta la altura h y desde allí se deja caer el bloque?
- ¿Qué solución propondrías si se desea clavar la estaca en un solo intento con el bloque? ¿En qué te basas para dar esta solución?

Tercera parte

- **Actividad 4.** Indestructibilidad de la energía en la caída de los cuerpos.

Materiales: Pelota, flexómetro, cinta de enmascarar, videocámara(celular), balanza analítica.

En equipos de tres personas, establece un marco de referencia con una altura de 2 m, haz una marca con cinta y reduce 0.5 m haciendo otras marcas con la cinta hasta llegar a 0 m. Deja caer libremente una pelota desde la altura de 2 m, mientras otro de tus compañeros registra la caída libre con una cámara. Con los datos registrados, llena la siguiente tabla y posteriormente responde las preguntas.

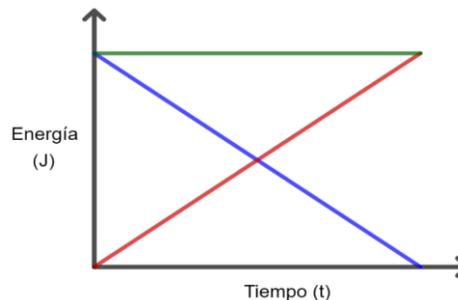
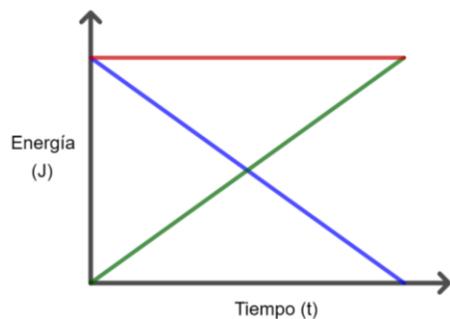
| Altura(h) | Tiempo (t) | Velocidad (v) $v = v_i + g*t$ | Energía potencial (E _{pg}) $u = m * g * h$ | Energía cinética (k) $k = \frac{mv^2}{2}$ |
|-----------|------------|----------------------------------|---|--|
| 1.5 m | | | | |
| 1 m | | | | |
| 0.5 m | | | | |
| 0 m | | | | |

Con los datos obtenidos en la tabla, discute con tus compañeros de equipo para responder las siguientes preguntas

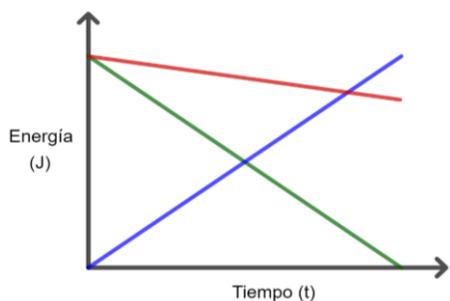
- A. ¿Qué sucede con la energía potencial a medida que disminuye la altura? Explica
- B. ¿Qué sucede con la energía cinética a medida que disminuye la altura? Explica
- C. ¿Qué relación hay entre la energía cuando la altura es máxima y cuando la pelota toca el suelo? ¿Qué tipo de relación encuentras?
- D. Elige dos momentos o alturas y calcula la energía total en cada caso. ¿Cómo se relacionan las energías si las comparas?
- E. ¿Por qué crees que el resultado dio de esa manera?
- F. ¿Qué pueden concluir con respecto a los datos obtenidos para la energía total del sistema en relación con su conservación? ¿Cuantitativamente se mantiene? ¿Se pierde energía? Explica tu respuesta.
- G. Teniendo en cuenta la actividad anterior, escoge la gráfica que consideras que mejor representa la convertibilidad de la energía en la práctica experimental. Justifica porque para ti es esa gráfica y porque las demás no son las adecuadas.

| | |
|---|-------------------|
|  | Energía Total |
|  | Energía Cinética |
|  | Energía Potencial |

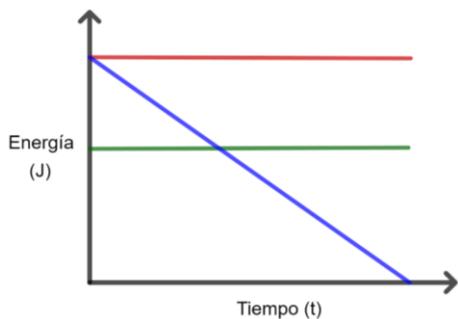
a)



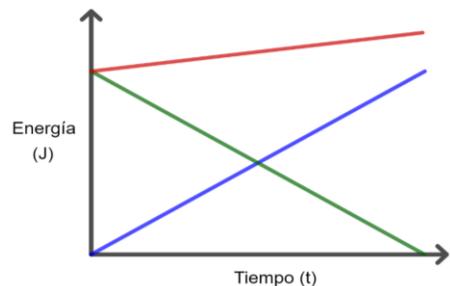
c)



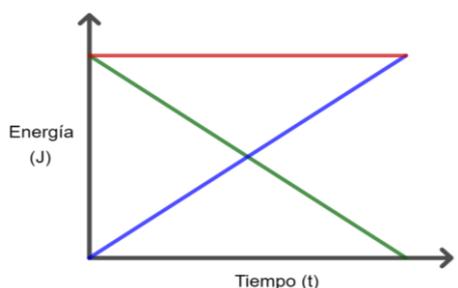
d)



e)



f)



b)

Intervención del profesor. En este espacio el profesor contextualizará y puntualizará los principios de indestructibilidad y convertibilidad desde la perspectiva de Mayer, a partir de las percepciones de los alumnos al realizar la actividad.

Fase de Estructuración. Esta fase tiene como objetivo acercarse al principio de conservación de la energía desde los conceptos de indestructibilidad y convertibilidad aplicados a experimentos reales, no idealizados.

Tiempo: 180 min (2 sesiones de 90 min)

Introducción: “En innumerables casos vemos el movimiento cesar sin haber causado otro movimiento o el levantamiento de un peso, pero una fuerza una vez existente no se puede aniquilar, sólo puede cambiar su forma; y por lo tanto surge la pregunta, ¿Qué otra forma es capaz de asumir

la fuerza, que hemos conocido como la fuerza de caída y movimiento? Solo la experiencia nos puede llevar a una conclusión sobre este punto”. Mayer (1842, p3)

- **Actividad 1:** Experiencia de la botella de agua

Materiales: Botella de plástico, termómetro de mercurio y agua.

Procedimiento: Vierte agua en una botella hasta llegar a la mitad de esta, luego con ayuda de un termómetro de mercurio mide la temperatura del agua al interior de la botella, posteriormente saca el termómetro y cierra la botella, agítala fuertemente durante 30 segundos, mide de nuevo la temperatura del agua.

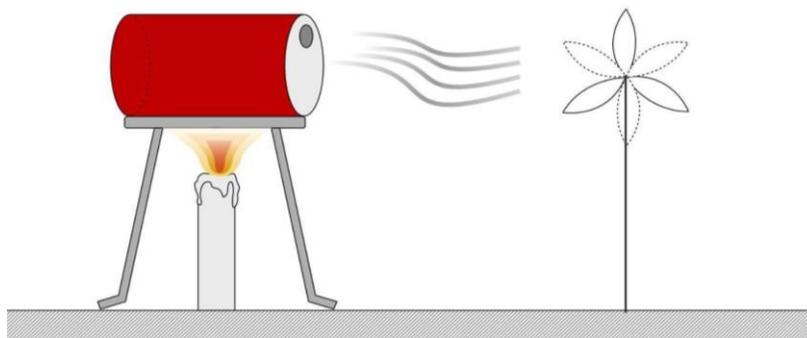
Temperatura del agua en reposo _____

Temperatura del agua después de agitarla _____

- ¿Hay alguna diferencia entre las mediciones? Si ___ No__
- ¿Basándote en el texto introductorio, cómo explicarías este resultado?
- ¿Qué efecto causó el movimiento del agua? Justifica tu respuesta.
- ¿Qué consideras que sucedería si se agita el agua por más tiempo?

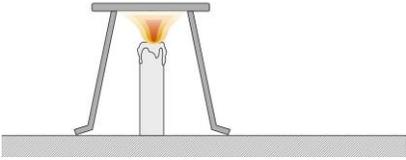
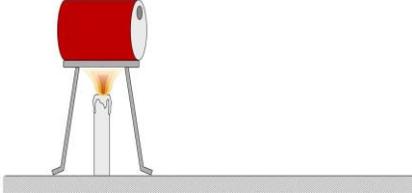
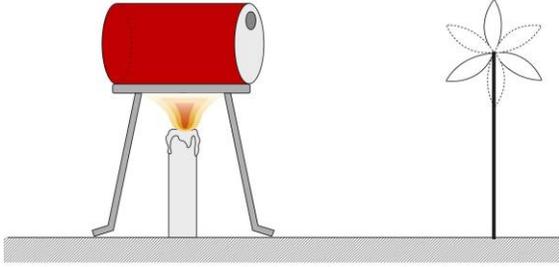
Espacio de discusión. Conversa con tu profesor y compañeros los resultados de esta experiencia. Aquí se centrará la discusión en si aumentó o no la temperatura, y el porqué.

- **Actividad 2:** Molino y lata (Máquina térmica)



Materiales: Lata de aluminio, vela, soporte para la lata, molino, agua, clavo y jeringa.

Pasos para el montaje experimental:

| | |
|---|---|
|  |  |
| <p>Momento 1: ubica la vela encendida debajo del soporte para la lata.</p> | <p>Momento 2: ubica la lata en el soporte, con un poco de agua en su interior.</p> |
| |  |
| | <p>Momento 3: Ubica el molino frente a la lata.</p> |

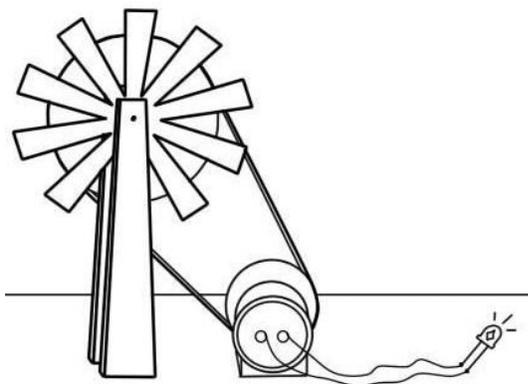
A partir de este experimento:

- A. Describe las causas y efectos presentes en el experimento, desde la vela encendida hasta el movimiento de las hélices del molino.
- B. De acuerdo con la experiencia anterior, responde las siguientes preguntas:
 1. ¿Cuál o cuáles crees que son la(s) causa(s) de que se genere el vapor? Justifica tu respuesta.
 2. ¿Cuál o cuáles consideras que son los efectos del vapor? Justifica tu respuesta.
 3. ¿Qué crees que pasaría si se cambia el número de velas? Justifica tu respuesta.
 4. ¿Consideras que se conserva la energía en el sistema? Justifica tu respuesta.

Espacio de Discusión. Conversa con tu profesor y compañeros los resultados de esta experiencia. Aquí se centrará la discusión en las causas y los efectos presentes en el experimento y en la pregunta ¿Toda la energía del vapor que sale por el orificio se transfiere al molino?

- **Actividad 3:** Movimiento y luz

Observa, explora y analiza el siguiente artefacto



Se construye un molino, conectado a él hay un sistema de poleas que a través de una correa lo une con una dinamo (generador eléctrico). De la dinamo se conecta dos cables de cobre que a su vez están conectados a un bombillo led.

Responde las siguientes preguntas

- A. Describe las causas y los efectos presentes en el experimento, desde que el molino se pone en movimiento hasta que se encienden las luces
- B. De acuerdo con la experiencia anterior, responde las siguientes preguntas:
 1. El movimiento del molino es un efecto, ¿qué causas consideras que podrían provocar este efecto?
 2. ¿Cuál consideras que es la mejor forma de poner en movimiento el molino? Justifica tu respuesta.
 3. ¿Crees que se conserva la energía en este sistema? Justifica tu respuesta.
- C. Teniendo en cuenta los tres experimentos.
 1. ¿El movimiento puede generar un único efecto? Justifica tu respuesta
 2. De los tres experimentos, ¿cuál consideras que es el más eficiente energéticamente (o en el que la energía menos se degrada)? ¿Por qué?

Espacio de Debate. El profesor formará equipos de acuerdo con la respuesta de la pregunta C.2 de la actividad 3. Los grupos conformados debatirán sobre que experimento tiene menor

degradación de la energía, presentando sus argumentos para convencer a los demás compañeros. El profesor hará de moderador del debate.

Intervención del Profesor. El profesor profundizará y contextualizará aspectos como conservación, transferencia, transformación, degradación de la energía y otras formas de energía.

Fase de Aplicación a Nuevos Contextos. En esta fase se busca que los conocimientos adquiridos en las fases anteriores sean aplicados a nuevas situaciones, especialmente relacionadas con problemáticas actuales como el calentamiento global, para posibilitar el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico como la toma de decisiones, la argumentación y la flexibilidad de pensamiento.

Tiempo: 90 min (1 sesión de 90 min)

- **Actividad 1**

En una vereda ubicada en Envigado, se quiere proporcionar energía eléctrica a la comunidad, mediante una fuente de energía renovable. Las condiciones geográficas y climáticas de la vereda son fuertes lluvias en gran parte del año, vientos esporádicos que vienen en todas las direcciones y la vereda está ubicada en la ladera de una montaña cerca de un lecho fluvial.

De acuerdo con las condiciones mencionadas:

¿Cuál crees que es la mejor opción para generar energía eléctrica en dicho lugar? Justifica tu respuesta

- **Actividad 2**

A continuación, se presentan algunas partes del artículo de “El calentamiento global amenaza el futuro de las energías renovables” de Miguel Barral, divulgador científico. (Ver Anexo #2)

Si quieres consultar el artículo completo, entra a:

<https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/medioambiente/calentamiento-global-amenaza-futuro-de-las-energias-renovables/>

Teniendo en cuenta los fragmentos del artículo anterior, responde las siguientes preguntas:

- A. ¿Qué causas crees que provocan el calentamiento global? ¿Por qué?
- B. ¿Qué solución o recomendaciones propondrías en la actualidad frente a la problemática de la implementación de las energías renovables? Justifica tu respuesta.

- C. ¿Qué relación encuentras entre el fenómeno del calentamiento global y el principio de conservación de la energía?

Capítulo seis. Consideraciones Finales

Durante las últimas décadas se ha reflexionado en torno a la labor del docente, en su manera de planear y realizar sus clases como una actividad investigativa e innovadora, donde éste debe adquirir un papel activo y generar espacios propicios para que los alumnos puedan construir conocimientos significativos mientras desarrollan habilidades y capacidades para asumir los retos de la actualidad. No obstante, es usual que los docentes sigan utilizando una metodología de la enseñanza tradicional, centrado en la transmisión de los conceptos físicos, la aplicación de fórmulas y algoritmos matemáticos para la solución de problemas que en su mayoría están centrados en aspectos cuantitativos y no cualitativos de la ciencia, sin aportar de manera significativa el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico.

Es debido a esta problemática educativa, que optamos por una perspectiva de enseñanza diferente a la tradicional, una que permita al docente cuestionarse acerca de su labor, lo que enseña a sus alumnos y la manera en cómo lo hace; una perspectiva que rescate aspectos de la ciencia como una actividad humana y que, a su vez, posibilite el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico. Es por ello que la construcción y elaboración de esta investigación fue pensada desde una perspectiva de la enseñanza de las ciencias que tenga en cuenta aspectos históricos y epistemológicos.

El realizar esta investigación, desde los aspectos histórico-epistemológicos de la conservación de la energía, implicó el acercamiento al teórico Robert Mayer a través de la lectura de sus obras, lo cual no solo nos relacionó con el conocimiento disciplinar, sino que también nos permitió analizar los aspectos metodológicos, conceptuales y procedimentales que llevaron a Mayer a construir el principio de conservación de la energía. De este análisis logramos identificar una serie de experimentos mentales y reales que dan forma a los principios de causalidad, indestructibilidad y convertibilidad, los cuales en conjunto permiten formalizar el principio de conservación de la energía. La identificación e interpretación de estos aspectos importantes en los planteamientos de Mayer, nos ayudó a formular una serie de actividades intencionadas que posibilitaron el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, tales como la toma de decisiones, la argumentación, el análisis de información, etc.

Para ilustrar lo anterior, podemos traer a colación un caso puntual en donde utilizamos los cuestionamientos que hace Mayer (1842) en su obra “Remarks on the forces of inorganic nature” al respecto de las causas que provocan un aumento de temperatura (causas del calor), a partir de lo

propuesto por Mayer pudimos presentar cuestionamientos similares que condujeron a los estudiantes a reflexionar la situación haciendo uso de sus presaberes, incitando así espacios de discusión y creación en donde los estudiantes pudieron construir la idea de que el calor es otra forma de manifestación de la energía, a la vez que ponen en práctica habilidades como el análisis de argumentos y la flexibilidad mental.

A partir del análisis de la información recolectada en la aplicación de los instrumentos, evidenciamos que tener en cuenta la historia y la epistemología a la hora de planificar encuentros, resulta ser una alternativa viable para desarrollar habilidades de pensamiento crítico y la comprensión de fenómenos físicos. Las actividades basadas en los planteamientos de Mayer, posibilitaron espacios de discusión que fueron adecuados para que los participantes desarrollaran habilidades de pensamiento crítico; como el análisis de la información, la argumentación y la flexibilidad de pensamiento, pues en las discusiones se puede apreciar la capacidad por parte de los casos de generar discursos argumentados y coherentes a partir del análisis e interpretación de las situaciones y lecturas propuestas en los instrumentos, la habilidad para evaluar la calidad de los argumentos propios y de los demás, para abandonar ideas erróneas y reformular el discurso, como también la capacidad para construir conocimiento colectivo a través del consenso entre pares.

Si bien los hallazgos nos permitieron identificar el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico en los participantes, es importante mencionar que la intencionalidad de esta investigación no era el desarrollo pleno de las habilidades de pensamiento, sino al menos evidenciar algunas de estas en los encuentros realizados, por lo tanto, consideramos que el cumplimiento de este objetivo fue satisfactorio al identificar que los cuatro casos analizados emplearon habilidades de pensamiento crítico durante la implementación de los instrumentos.

Con respecto al saber específico, logramos presentar la temática de la conservación de la energía de manera tal que los casos, en sus participaciones, respuestas y discusiones, pudieron relacionar los conceptos presentados con sus experiencias cotidianas, de esta manera evidenciamos que los conceptos que los casos fueron formando acerca de la temática coincidían en gran parte con las ideas propuestas por Mayer. Sin embargo, hallamos algunas dificultades principalmente con el principio de la indestructibilidad de la energía cuando se planteaba en situaciones cotidianas, pues en tres de los cuatro casos sigue persistiendo la idea de que la energía se pierde en lugar de sufrir un proceso de degradación. No obstante, reiteramos que esta investigación se elaboró con el objetivo de implementar planteamientos de Robert Mayer que permitieran desarrollar habilidades

de pensamiento crítico, pero no como tal en la construcción del propio concepto conservación de la energía.

Desde nuestra experiencia en este proyecto investigativo, podemos decir que la historia y la epistemología permiten desarrollar propuestas que dotan de significado e intencionalidad el currículo de física. Para el caso particular de la conservación de la energía, el análisis de los trabajos de Robert Mayer y el análisis de la información proporcionada por los casos nos permitió hacer una evaluación de la planeación de los encuentros y en el cumplimiento de los objetivos, y de allí generar una propuesta de enseñanza en manera de ciclo didáctico, para la construcción del concepto de conservación y el desarrollo del pensamiento crítico.

Consideramos que el ciclo didáctico presentado en el capítulo cinco, es una posible ruta de enseñanza que puede enfrentar las necesidades y dificultades de la educación en ciencias mencionadas en el planteamiento del problema, al posibilitar espacios discursivos para la construcción de conocimientos, acercar al estudiante a los teóricos, relacionar problemáticas actuales y plantear actividades que requiere la toma de decisiones. Sin embargo, este ciclo no es una receta para ser repetida, no es la llave maestra para desarrollar habilidades de pensamiento crítico, es solo una propuesta que puede y debería ser modificada y adaptada de manera que responda al contexto en que se quiere desarrollar.

En síntesis podemos decir que el cumplimiento de nuestros objetivos se ve reflejado en el capítulo cuatro, donde se enuncian como algunas de las habilidades de pensamiento crítico fueron evidenciadas en los casos al resolver algunas situaciones físicas a partir de los planteamientos de Mayer; y en el capítulo cinco donde se presentan un ciclo didáctico para la enseñanza de la conservación de la energía en el aula que posibilite el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, producto de la interpretación y contextualización de los planteamientos de Mayer y del análisis de la información proporcionada por los casos.

Referencias

- Aguilar, Y. (2002). A propósito de las cosmovisiones: realista y fenomenológica. *El movimiento desde la perspectiva de sistema, estados y transformaciones*. (pp. 30-43).
- Aguilar, Y. (2006). *El Concepto de presión desde la perspectiva euleriana*. Tesis de Maestría inédita. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Carr, E. (1961). El historiador y los hechos. En: *¿Qué es la historia?* Ed. Ariel.
- Cassirer, E. (1979). Fin y método de la física teórica. En: *El problema del conocimiento*. México: Fondo de cultura económica.
- Castiblanco, O., & Vizcaino, D. (2006). *Pensamiento crítico y reflexivo desde la enseñanza de la física*. Revista Colombiana de Física. (38 ed., Vol. 2, pp,674-677).
- Chamorro, D., Barletta, N. y Mizuno, J. (2013). *El lenguaje para enseñar y aprender las Ciencias Naturales: Un caso de oportunidades perdidas para la formación ciudadana*. Revista signos, 46(81), 3-28.
- Cobo, C., Abril, A., y Romero, M. (2019). *Propuesta didáctica en la formación de profesorado para trabajar naturaleza de la ciencia y pensamiento crítico*. Revista de Educación Científica. (3 ed., Vol. 1, pp. 15-28). Ápice.
- Doménech, J., Gil, D., Gras, A., Martínez, J., Guisasola, G. y Salinas, J. (2001). *La enseñanza de la energía en la educación secundaria. Un análisis crítico*. Enseñanza de la Física, Vol. 14, pp. 45- 60.
- Doménech, J., Gil, D., Gras, A., Guisasola, J., Martínez, J., Salina, J., Trumper, R y Valdés, P. (2003). *La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Vol. 20, n. 3, pp. 285-311.

-
- Ennis, R. H. (2011). The nature of critical thinking: An outline of critical thinking dispositions and abilities. *Presentation at the Sixth International Conference on Thinking at MIT.*
- Furió, C. y Guisasola, J. (1997). *Deficiencias epistemológicas de la enseñanza habitual de los conceptos de campo y potencial eléctrico.* Enseñanza de las Ciencias, 15(2), pp. 259-271.
- García, A., Lara, A. y Cerpa, G. (2013). *Enseñanza de la física y desarrollo del pensamiento crítico: un estudio cualitativo.* Revista de Educación y Desarrollo, 24, 67-76.
- Halpern, D. (1999). Teaching for Critical Thinking: Helping College Students Develop the Skills and Dispositions of a Critical Thinker. *New Directions for Teaching and Learning.*
- Halpern, D. (2008). *Is the intelligence critical thinking? Why we need a new definition of intelligence in Extending intelligence. Enhancement and new constructs.* (1 ed.) por Taylor & Francis Group, LLC.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación.* Editorial McGraw Hill.
- Hodson, D. (2013). *La Educación en Ciencias como un llamado a la acción.* Archivos de Ciencias de la Educación. (7 ed., Vol. 7).
- López, G. (2012). *Pensamiento Crítico en el aula.* Revista Docencia e Investigación.
- López, P. y Katia, H. (2004). *Dificultades y estrategias para la enseñanza del concepto de energía.* Enseñanza de las Ciencias. (Vol. 22, pp. 159-166).
- Malagón, J., Ayala, M. y Sandoval, S. (2013). *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización: un sentido para la enseñanza de las ciencias.* Editorial Universidad Pedagógica Nacional.
- Matthews, M. (1991). *Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias.* Comunidad, Lenguaje y Educación.

-
- Matthews M. (1994). *Historia y epistemología de las ciencias*. Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. Educ Dep Auckl Univ Auckland, New Zealand.
- Mayer, R. (1842). *Remarks on the Forces of Inorganic Nature*. En: Magie, E.F. (1963) (ed). *A Source Book in Physics*. Cambridge, Harvard University Press.
- Mayer, R. (1845). *El movimiento orgánico en su relación con la transformación de la materia*. Reimpreso por R. B. Lindsay, *Men of physics: Julius Robert Mayer, Prophet of Energy*, Pergamon Press, Oxford.
- MEN. (2004). *Formar en ciencias: ¡el desafío! Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*.
- Michinel, J. L. y D'Alessandro, A. (1994). *El concepto de energía en los libros de texto: de las concepciones previas a la propuesta de un nuevo sublenguaje*. Enseñanza de las ciencias. (Vol. 12, pp. 369-380).
- Pacca, J. y Henrique, K. (2004). *Dificultades y estrategias para la enseñanza del concepto de energía*. Enseñanza de las ciencias. (22 ed., Vol. 1, pp. 159–166).
- Perea, M. y Buteler, L. (2016). *El uso de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física: una aplicación para el electromagnetismo*. Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias.
- Porlán, R. y Martín, J. (1999). *El diario del profesor. Un recurso para la investigación en el aula*. 7º Edición, Sevilla, España: Díada.
- Ríos, E. y Solbes J. (2007). *Las relaciones CTSA en la enseñanza de la tecnología y las ciencias: una propuesta con resultados*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. (6 ed., Vol. 1, pp. 32-56).
- Romero, A. (2013). Reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias como fundamento de propuestas de enseñanza: el caso de la experimentación en la clase de ciencias en A. E. Romero Chacón et

al. (Ed.), *La argumentación en la clase de ciencias: Aportes a una educación en ciencias en y para la civildad fundamentada en reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias* (pp. 71-98). Editorial Artes y Letras S.A.S.

Saiz, C & Rivas, S. (2008). Intervenir para transferir en pensamiento crítico. *Conferencia internacional: Lógica, Argumentación y Pensamiento Crítico*.

Sánchez, H. (2013). *La comprensión lectora, base del desarrollo del pensamiento crítico*. Segunda parte. *Horizonte de la Ciencia*, 3(5), pp. 31-38.

Solbes, J. y Tarín, F. (1998). *Algunas dificultades en torno a la conservación de la energía*. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 16(3), 387-398.

Solbes, J., & Tarín, F. (2004). *La conservación de la energía: un principio de toda la física. Una propuesta y unos resultados*. *Enseñanza de las ciencias*, 22(2), 186-187.

Solbes, J. & Tarín, F. (2008). *Generalizando el concepto de energía y su conservación*. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 22, 155-180

Stake, R. E. (1998). *Investigación con estudio de casos*. Ediciones Morata.

Stake, R. (1999). *Investigación con estudio de casos*. (2º edición) Ediciones MORATA, S. L. Madrid.

Anexos

Anexo 1. Instrumentos de recolección de información

Instrumento #1

Objetivo: Identificar maneras de razonamiento y argumentación de los casos con relación al principio de causalidad y conservación de la energía. En especial con el concepto de causalidad.

Causalidad

Introducción:

Robert Mayer fue un médico cirujano y físico alemán, llevó a cabo la determinación del equivalente mecánico del calor y enunció el principio de conservación de la energía

Desde la perspectiva de Mayer la causalidad puede ser entendida como una cadena de eventos, de manera que si una causa c tiene el efecto e tenemos $c=e$, pero si a su vez el efecto e produce una causa f , tenemos $e=f...=c$. Por tanto, la causalidad es una cadena de causas y efectos o interdependencia de fenómenos, por lo cual un fenómeno se explica en función de otro fenómeno.

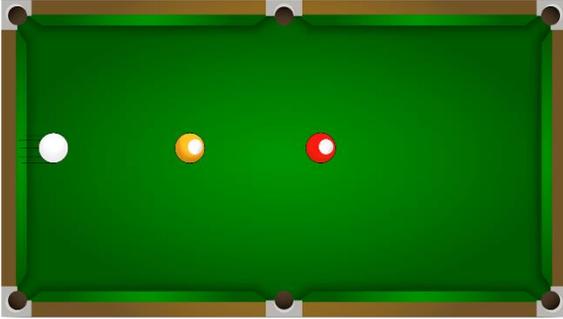
Entiéndase la causa como aquello que produce el efecto, y lógicamente, el efecto será aquello que depende de la causa para existir u ocurrir.

Actividad 1.

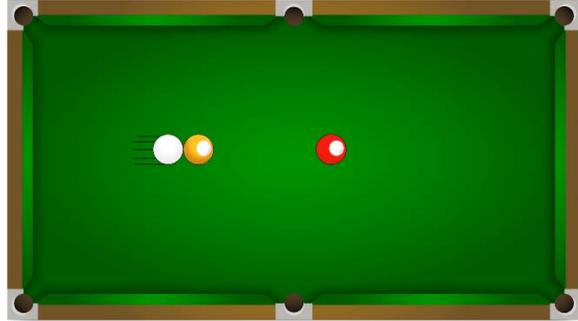
En el siguiente juego de billar se cuenta con tres bolas: una bola blanca, una amarilla y una roja, las tres tienen igual masa y tamaño, además, no hay fricción con la mesa. En un momento dado, dos de las tres bolas interactúan(chocan). El primer choque ocurre entre la blanca y la amarilla, y el segundo entre la amarilla y la roja.

Observa y analiza los cinco momentos que se presentan en las siguientes gráficas.

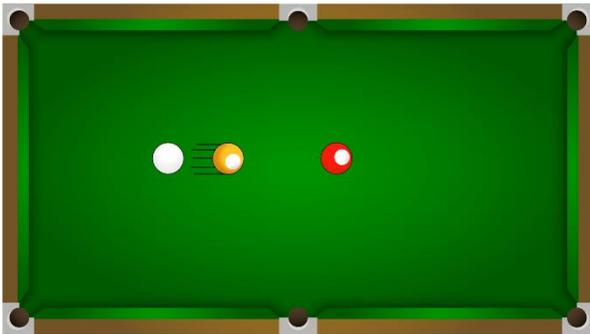
Momento 1. La bola blanca se encuentra en movimiento con cinco (5) unidades de velocidad, mientras que las bolas amarilla y roja se encuentran en reposo con cero (0) unidades de velocidad.



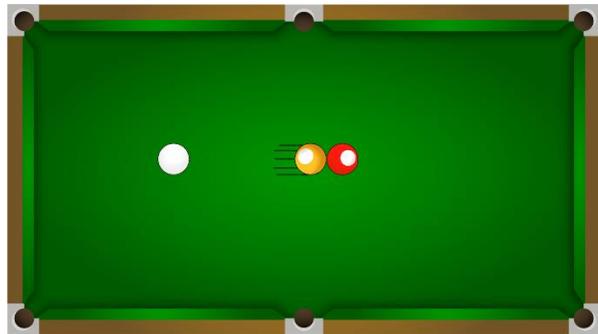
Momento 2. En este momento la bola blanca tiene un choque frontal con la amarilla.



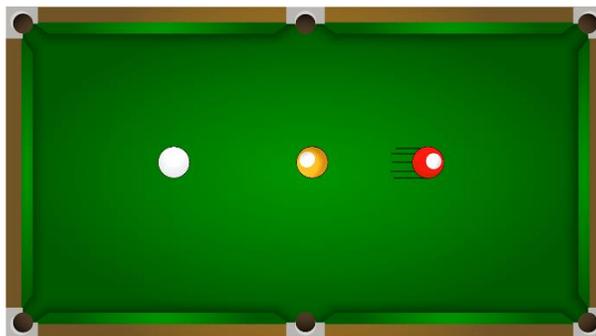
Momento 3. Luego del choque se observa que la bola blanca queda con velocidad cero mientras que la bola amarilla se pone en movimiento, la bola roja continua en reposo.



Momento 4. La bola amarilla tiene un choque frontal con la roja.



Momento 5. Luego del choque se observa que la bola amarilla queda con velocidad cero mientras que la bola roja se pone en movimiento.

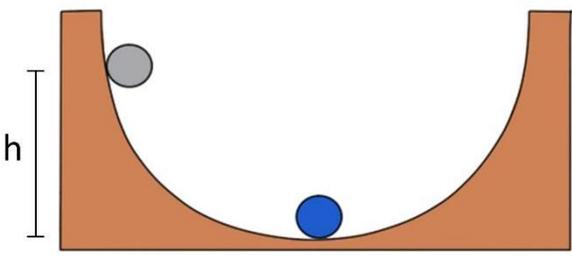
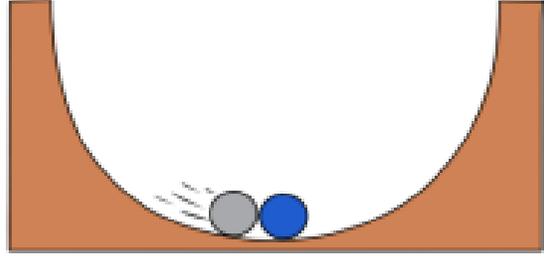


A partir de la situación descrita, responde las siguientes preguntas:

- ¿Qué velocidad consideras que adquiere la bola amarilla después del choque que tuvo con la blanca?
- ¿Qué relación puedes establecer entre la velocidad que tenía la bola blanca antes del choque y la velocidad que adquiere la bola amarilla después del choque?
- ¿Cuál crees que es la causa del cese de movimiento de la bola blanca?
- ¿Cuál consideras que es la causa del movimiento de la bola amarilla?
- ¿Qué velocidad consideras adquiere la bola roja después del choque que tuvo con la amarilla?
- ¿Qué relación puedes establecer entre la velocidad que tenía la bola amarilla antes del choque y la velocidad que adquiere la bola roja después del choque?
- ¿Cuál crees que es la causa del cese de movimiento de la bola amarilla?
- ¿Cuál consideras que es la causa del movimiento de la bola roja?
- Teniendo en cuenta la causalidad presentada en la introducción, en esta situación, es decir en cada uno de los 5 momentos. ¿Cuál es la causa y cuál es el efecto?
- En esta situación, ¿es posible afirmar que un efecto puede ser causa? Si__No__ Explica

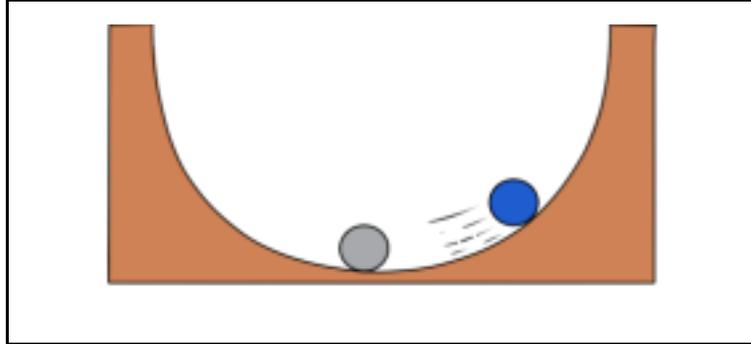
Actividad 2.

En una rampa en forma de U se ubican dos canicas: una azul y una gris, ambas de igual masa y tamaño. Observa y analiza los tres momentos que se presentan en las gráficas.

| | |
|---|---|
| <p>Momento 1. La canica gris con una velocidad inicial de cero, se desliza desde cierta altura h de la rampa, mientras que la canica azul se encuentra en el punto más bajo la rampa, tal como se indica.</p> | <p>Momento 2. La canica gris tiene un choque frontal con la canica azul.</p> |
|  |  |

Momento 3.

La canica gris queda en un estado de reposo (velocidad cero) mientras que la canica azul sale de su estado de reposo y se pone en movimiento.



A partir de la situación descrita, responde las siguientes preguntas:

- ¿Qué ha provocado que la bola gris se mueva?
- ¿Qué relación puedes establecer entre el movimiento que tenía la bola gris antes del choque y el movimiento que adquiere la bola azul después del choque?
- ¿Crees que la bola azul pueda alcanzar una altura mayor a la altura en que se dejó deslizar la bola gris (altura h)? Si___, No___ Justifica tu respuesta
- ¿Qué relación puedes establecer entre la altura inicial de la bola gris y la altura que alcanza la bola azul?
- ¿Qué crees que sucederá con la bola azul después de que alcance su máxima altura? Explica tu respuesta.

Socialización:

Discute con tus compañeros las respuestas de las actividades anteriores. Además, a partir de todo lo desarrollado, discutir las siguientes preguntas ¿Crees que un efecto puede ser causa de otro efecto? ¿Por qué?

Instrumento # 2

Objetivo: Identificar las maneras de razonamiento y argumentación que tienen los casos, en relación con el principio de conservación de la energía. En especial con los conceptos de indestructibilidad y convertibilidad de la energía.

Indestructibilidad y convertibilidad

Lee los siguientes fragmentos, a partir de ellas realiza las actividades

En los fenómenos físicos, si la causa **c** tiene el efecto **e**, entonces $c = e$; si, a su vez, ese efecto **e** es la causa de un segundo efecto **f**, tenemos entonces $e = f = \dots = c$. En una cadena de causas y efectos, un término o una parte de un término nunca puede, como claramente aparece en la naturaleza de una ecuación, ser igual a nada (cero), por ejemplo, $2=0$ no tiene sentido. Esta primera propiedad de todas las causas la llamamos indestructibilidad. (Mayer, 1842)

Si la causa **c** ha producido un efecto **e** igual a sí mismo, este en ese mismo acto ha dejado de ser **c** y se ha convertido en **e**; si, tras la producción de **e**, **c** todavía permanecía en su totalidad o en parte, debe haber aún más efectos correspondientes a esta causa restante: el efecto total de **c**, por lo tanto, sería $c > e$, lo cual sería contrario a la suposición $c = e$, así que $c = e + g$, siendo **g** otro efecto producto de **c**. Por consiguiente, ya que **c** se convierte en **e**, y **e** se convierte en **f**, debemos considerar esas diversas magnitudes como diferentes formas bajo las cuales la energía hace su aparición. Esta capacidad de asumir diversas formas es la segunda propiedad esencial de todas las causas, la **convertibilidad**. Tomando ambas propiedades juntas, podemos decir que, la energía es (cuantitativamente) indestructible y (cualitativamente) convertible. (Mayer, 1842)

Energía potencial gravitatoria:

Este tipo de energía está vinculada con la altura a la que están los objetos y la atracción de la gravedad sobre ellos. Por lo tanto, esta forma de energía se asocia con las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, de tal manera que esto sólo depende de la posición del cuerpo respecto al punto de referencia.

Energía cinética:

Es aquella energía que posee un cuerpo o sistema debido a su movimiento, es decir, es la cantidad de trabajo realizado por todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo con una masa determinada, necesario para acelerarlo desde una velocidad inicial hasta otra velocidad final.

1. Convertibilidad de la energía

Lee la siguiente situación y responde las preguntas.

Situación

Se tiene un bloque de masa **m** y se le aplica una fuerza para llevarlo a la repisa móvil ubicada en una altura **h** con respecto al suelo, altura en la cual se deja caer el bloque libremente y al final choca con una estaca como se muestra en la figura 1.

| | | | |
|---|---|--|--|
| | | | |
| <p>Momento 1: El bloque está quieto y a una altura h.</p> | <p>Momento 2: Se quita la tabla y el bloque empieza a caer libremente. Pasado un tiempo la masa se está moviendo a cierta velocidad cuando está en la altura $h/2$.</p> | <p>Momento 3: El bloque alcanza el máximo de su velocidad justo en el momento de tocar la estaca.</p> | <p>Momento 4: El bloque choca con la estaca y ésta es empujada hacia abajo.</p> |

Según lo anterior, responde a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué tipo o tipos de energía identificas en el primer momento?

0. ¿Qué tipo o tipos de energía identificas en el segundo momento?

0. ¿Qué tipo o tipos de energía identificas en el tercer momento?

0. Describe lo que sucede con la energía en el momento 4 cuando el bloque choca con la estaca.

0. ¿Consideras que hay un momento donde la energía total es mayor? Si ___ No ___ ¿En qué momento? ¿Por qué?

0. ¿Qué crees que sucede con la energía si se aumenta la altura h y desde allí se deja caer el bloque?

0. ¿Qué solución propondrías si se desea clavar la estaca en un solo intento con el bloque? ¿En qué te basas para dar esta solución?

Integrantes: .

1. Indestructibilidad de la energía en la caída de los cuerpos

Materiales: Pelota, flexómetro, cinta de enmascarar, videocámara(celular), balanza analítica.

En equipos de tres personas, establece un marco de referencia con una altura de 2 m, haz una marca con cinta y cada 0.5 m haz otras marcas con la cinta. Deja caer libremente un objeto desde la altura de 2 m, mientras otro de tus compañeros registra la caída libre con una cámara. Con los datos registrados, llena la siguiente tabla y posteriormente responde las preguntas.

| Altura(h) | Tiempo (t) | Velocidad (v) $v=v_i+g*t$ | Energía potencial (E _{pg}) $u=m*g*h$ | Energía cinética (k) $k=mv^2$ |
|-----------|------------|------------------------------|---|----------------------------------|
| 1.5 m | | | | |
| 1 m | | | | |
| 0.5 m | | | | |
| 0 m | | | | |

Con los datos obtenidos en la tabla, discute con tus compañeros de equipo para responder las siguientes preguntas

a. ¿Qué sucede con la energía potencial a medida que disminuye la altura? Explica

b. ¿Qué sucede con la energía cinética a medida que disminuye la altura? Explica

c. ¿Qué relación hay entre la energía cuando la altura es máxima y cuando la bola toca el suelo? ¿Qué tipo de relación encuentras?

d. Elige dos momentos o alturas y calcula la energía total en cada caso.

- ¿Cómo se relacionan las energías si las comparas?

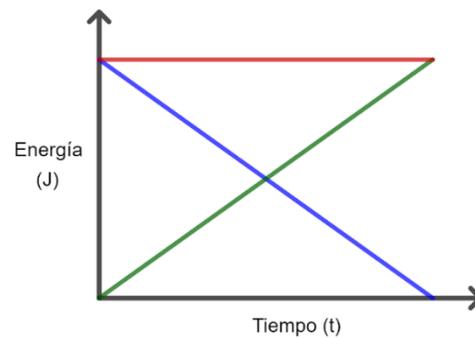
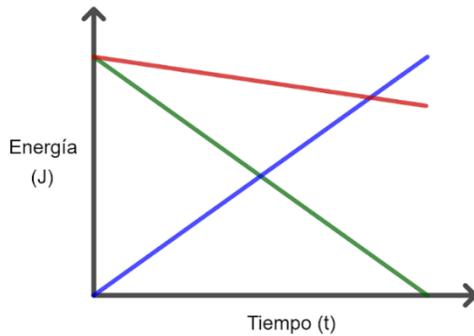
-
-
-
-
-
-
- ¿Por qué crees que el resultado dio de esa manera?

e. ¿Qué pueden concluir con respecto a los datos obtenidos para la energía total del sistema en relación con su conservación? ¿Cuantitativamente se mantiene? ¿Se pierde energía? Explica tu respuesta.

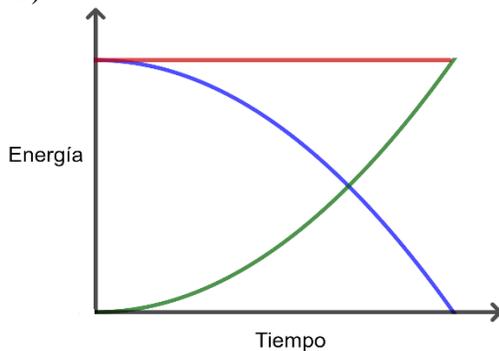
3. Teniendo en cuenta la actividad anterior, escoge la gráfica que consideras que mejor representa la convertibilidad de la energía en la práctica experimental. Justifica porque para ti es esa gráfica y porque las demás no son las adecuadas.

| | |
|---|-------------------|
| ■ | Energía Total |
| ■ | Energía Cinética |
| ■ | Energía Potencial |

a)

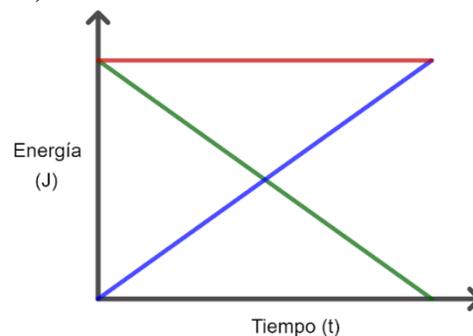


b)



c)

d)



Espacio de socialización: Comparte tus respuestas y discute con tus compañeros las respuestas de las actividades anteriores.

Instrumento # 3

Calor y otras formas de energía

Objetivos:

- Identificar las maneras de razonamiento y argumentación que tienen los casos, en relación con el principio de conservación de la energía a partir de experimentos que involucren la convertibilidad.
- Reconocer los diferentes tipos de energía y los procesos de transferencia y degradación de la energía.

Introducción:

“En innumerables casos vemos el movimiento cesar sin haber causado otro movimiento o el levantamiento de un peso, pero una fuerza una vez existente no se puede aniquilar, sólo puede cambiar su forma; y por lo tanto surge la pregunta, ¿Qué otra forma es capaz de asumir la fuerza, que hemos conocido como la fuerza de caída y movimiento? Solo la experiencia nos puede llevar a una conclusión sobre este punto”. Mayer (1842, p3)

Actividad 1: Experiencia de la botella de agua

Materiales: Botella de plástico, termómetro de mercurio y agua.

Procedimiento: Vierte agua en una botella hasta llegar a la mitad de esta, luego con ayuda de un termómetro de mercurio mide la temperatura del agua al interior de la botella, posteriormente saca el termómetro y cierra la botella, agítala fuertemente durante 30 segundos, mide de nuevo la temperatura del agua.

Temperatura del agua en reposo _____

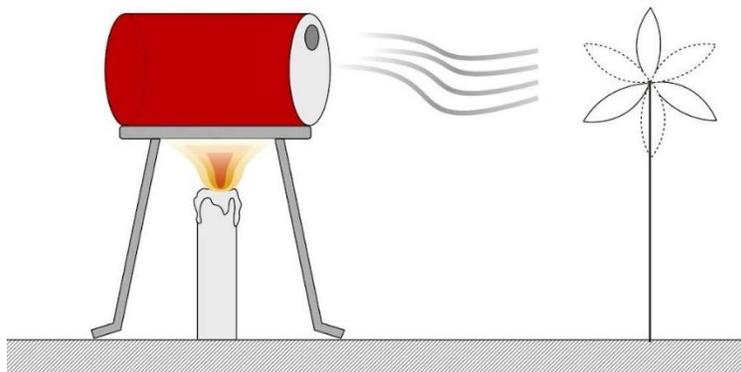
Temperatura del agua después de agitarla _____

¿Hay alguna diferencia entre las mediciones? Si ___ No ___

¿Basándote en el texto introductorio, cómo explicarías este resultado?

¿Qué efecto causó el movimiento del agua?

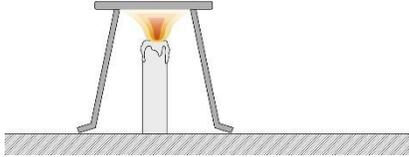
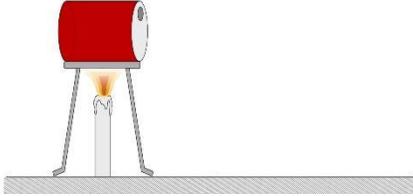
¿Qué consideras que sucedería si se agita el agua por más tiempo?

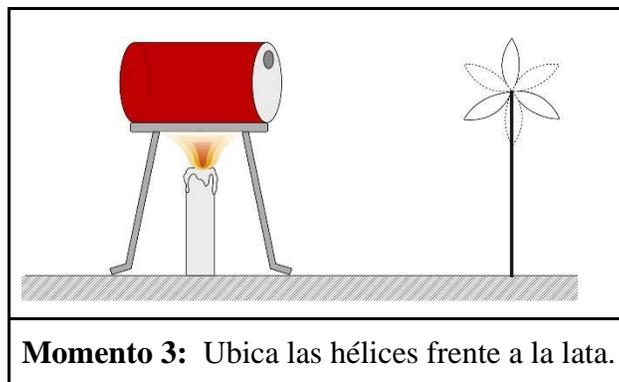
Actividad 2: Molino y lata (Máquina térmica)**Materiales:**

- Lata de aluminio
- Vela
- Soporte para la lata

- Hélices
- Agua

Pasos para el montaje experimental:

| | |
|---|---|
|  |  |
| <p>Momento 1: ubica la vela encendida debajo del soporte para la lata.</p> | <p>Momento 2: ubica la lata en el soporte, con un poco de agua en su interior.</p> |



A partir de este experimento:

1. Describe las causas y efectos presentes en el experimento, desde la vela encendida hasta el movimiento de las hélices.

0. De acuerdo con la experiencia anterior, responde las siguientes preguntas:
 - ¿Cuál o cuáles crees que son la(s) causa(s) de que se genere el vapor? Justifica tu respuesta.

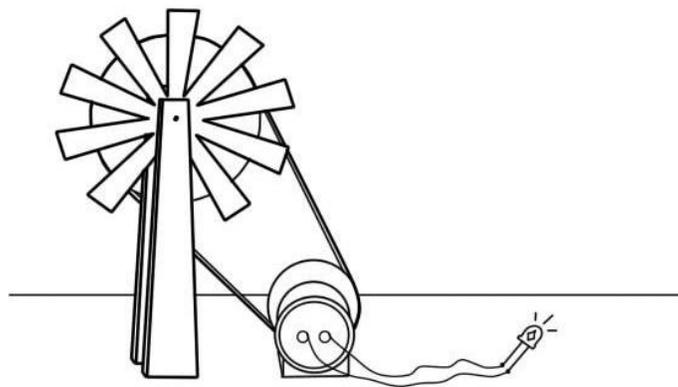
b. ¿Cuál o cuáles consideras que son los efectos del vapor? Justifica tu respuesta.

c. ¿Qué crees que pasaría si se cambia el número de velas?

d. ¿Consideras que se conserva la energía en el sistema? Justifica tu respuesta.

Actividad 3: Movimiento y luz

Observa, explora y analiza el siguiente artefacto



Se construye un molino, conectado a él hay un sistema de poleas que a través de una correa lo une con una dinamo (generador eléctrico). De la dinamo se conecta dos cables de cobre que a su vez están conectados a un bombillo led.

Responde las siguientes preguntas

1. Describe las causas y los efectos presentes en el experimento, desde que el molino se pone en movimiento hasta que se encienden las luces

0. De acuerdo con la experiencia anterior, responde las siguientes preguntas:
- El movimiento del molino es un efecto, ¿qué causas consideras que podrían provocar este efecto?

- b. ¿Cuál consideras que es la mejor forma de poner en movimiento el molino? Justifica tu respuesta.

- c. ¿Crees que se conserva la energía en este sistema? Justifica tu respuesta.

Teniendo en cuenta los tres experimentos.

- d. ¿El movimiento puede generar un único efecto? Justifica tu respuesta

- e. De los tres experimentos, ¿cuál consideras que es el más eficiente? ¿Por qué?

Instrumento # 4

Conservación de la energía

Objetivos:

- Identificar las formas de razonamiento, toma de decisiones y argumentación de los casos frente a problemáticas socioambientales estableciendo relaciones con la conservación de la energía.

Introducción:

En el año 1769 Watt patentó la máquina de vapor como tal. Con su máquina, Watt introdujo mejoras sustanciales a máquinas anteriores que utilizaban la fuerza del vapor de forma muy pobre (poco eficiente). Fue esa eficiencia mejorada la que permitió llevar la máquina de vapor al mundo del transporte y al sector industrial.

Durante estos años, la sociedad pasó de ser una economía principalmente basada en la agricultura y el comercio, a desarrollar una economía urbana, industrializada y basada en el uso de máquinas.

Para el año 1842, Robert Mayer publicaba su obra “Comentarios sobre las fuerzas de la naturaleza inorgánica”, allí describe como la conservación de la energía se puede definir a partir de la convertibilidad de fenómenos, en la que un cambio de energía puede generar otro cambio y este cambio a su vez generar otra clase de energía. Así explica que toda causa tiene un efecto, estableciendo una cadena de causas y efectos, y que un fenómeno o una parte de este nunca puede ser reducida a cero, por lo que se puede resumir la conservación de la energía como cuantitativamente indestructible y cualitativamente transformable. (Robert Mayer, 1842)

No obstante, hay formas de energía que son menos perceptibles a primera vista, que pareciese que se ha perdido y no puede provocar un efecto nuevo, una de estas es el calor. Sin embargo, el calor puede ser transformado en movimiento y en otros efectos.

Mayer (1842) retoma la máquina de vapor, muy empleada ya en su contexto, para explicar las transformaciones del calor en trabajo útil:

“[...] el calentamiento de un peso dado de agua de 0 °C a 1 °C corresponde a la caída de un peso igual a la altura de unos 365 metros. Si comparamos este resultado con el trabajo de nuestras mejores máquinas de vapor, vemos como solamente una pequeña parte de calor aplicado debajo de la caldera es realmente transformado en movimiento o el levantamiento de pesos; y esto puede servir de justificación a los intentos de la producción provechosa de movimiento por algún otro método distinto que el gasto de la diferencia química entre el carbono y el oxígeno” (Mayer, 1842)

Actividad 1. Energías renovables y no renovables.

Observa el siguiente video sobre energías renovables y no renovables, luego responde las siguientes preguntas.

Video: Energías renovables y no renovables

<https://www.youtube.com/watch?v=Og6C1HyeaBs>

De acuerdo con la información suministrada anteriormente, responde las siguientes preguntas.

¿Cuál consideras que es la forma más eficaz de obtener energía eléctrica?

¿Cuáles crees que son las ventajas y desventajas que tienen las energías no renovables?

¿Cuáles crees que son las ventajas y desventajas que tienen las energías renovables?

Actividad 2.

A continuación, se presentan algunas partes del artículo de “El calentamiento global amenaza el futuro de las energías renovables” de Miguel Barral, divulgador científico.

Si quieres consultar el artículo completo, entra a:

<https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/medioambiente/calentamiento-global-amenaza-futuro-de-las-energias-renovables/>

El calentamiento global amenaza el futuro de las energías renovables

El cambio climático y la energía solar no son tan buenos socios como podría decirnos el sentido común. Un reciente estudio publicado en Nature pone en evidencia cómo el calentamiento global está haciendo disminuir la irradiación solar —o en términos coloquiales, los días soleados— precisamente en las regiones del planeta que hoy en día ofrecen mayor rendimiento fotovoltaico. Por eso el cambio climático afecta negativamente, y va a seguir haciéndolo en el futuro inmediato, a la producción de energía solar a escala global. Estas conclusiones se han visto además respaldadas por otra investigación publicada poco antes, y que muestra cómo, en el caso concreto de Australia, en las últimas décadas ya ha disminuido la producción local de energía solar y eólica.

La verdadera trascendencia de ambos estudios es que ponen el foco en un problema más amplio: el tránsito a las energías renovables es una de las claves para mitigar y minimizar el cambio climático; pero es posible que antes de que se llegue a eso, el propio calentamiento global produzca unas alteraciones críticas en las dinámicas atmosférica y oceánica que pongan en jaque la viabilidad de este tipo de energías limpias. Su talón de Aquiles es, precisamente, su gran dependencia del clima y del tiempo. Y las condiciones meteorológicas cada vez son más cambiantes y difícilmente predecibles por los modelos climáticos —aumentando, además, los eventos extremos, que son una amenaza latente para cualquiera de estas tecnologías.

Otro análisis, publicado por investigadores españoles en 2019, que resume las principales amenazas climáticas (y su impacto en cada caso) para las energías renovables más importantes:

Energía solar fotovoltaica

1. El incremento de la temperatura global afecta negativamente a la eficiencia y rendimiento de las células fotovoltaicas. En este sentido, un estudio efectuado por investigadores del MIT cifró en 0,45% la pérdida estimada de eficiencia por cada aumento de un grado en la temperatura. A ello, además, habría que sumar un aumento del gasto energético para garantizar la correcta y necesaria refrigeración de los equipos e infraestructuras, para evitar sobrecalentamientos y averías (una necesidad común para cualquier tecnología). Esto redundaría en un menor rendimiento energético neto.

2. El aumento en la cantidad de partículas en suspensión en la atmósfera, que al depositarse sobre las placas solares las cubren parcialmente y les restan eficiencia. En este caso el progresivo calentamiento intensifica la evaporación del agua —y por consiguiente, la formación de nubes, las precipitaciones, las nieblas y las calimas— y además aumenta la aridez de los terrenos, lo que provoca una mayor presencia de polvo en suspensión.

3. La disminución de la irradiación solar y su mayor intermitencia, debido a variaciones en la circulación atmosférica, a la mayor nubosidad y, de nuevo, a la presencia de partículas en suspensión que bloquean y dispersan los rayos solares.

Energía eólica

1. Las variaciones en la velocidad del viento y en su direccionalidad —tanto diaria como estacional— repercuten negativamente, ya que las turbinas están diseñadas para operar de forma óptima para un rango de velocidades y una orientación determinadas.

2. El aumento de la temperatura global disminuye la potencia generada, dado que el aire caliente es menos denso. Además, aumenta las necesidades de refrigeración de las instalaciones y favorece tanto la condensación de agua en las turbinas como su erosión, debido a la mayor presencia de partículas en suspensión.

Energía hidroeléctrica

1. Los cambios en los patrones y regímenes de precipitaciones provocan periodos de sequía y erosión del suelo, así como episodios de lluvias torrenciales, crecidas e inundaciones. Todo ello altera el caudal y el cauce de los ríos.

2. El aumento de la temperatura global favorece la evaporación intensa y afecta, por tanto, al caudal y a los niveles de agua en los embalses, alterando la potencia generada en las centrales hidroeléctricas.

Miguel Barral

Teniendo en cuenta los fragmentos del artículo anterior, responde las siguientes preguntas:

1. ¿Qué causas crees que provocan el calentamiento global? ¿Por qué?

0. ¿Qué solución o recomendaciones propondrías en la actualidad frente a la problemática de la implementación de las energías renovables?

0. En una vereda ubicada en Envigado, se quiere proporcionar a la comunidad de energía eléctrica mediante una fuente de energía renovable. Las condiciones geográficas y climáticas de la vereda son fuertes lluvias en gran parte del año, vientos esporádicos que vienen en todas las direcciones y la vereda está ubicada en la ladera de una montaña cerca de un lecho fluvial.

De acuerdo con las condiciones mencionadas, ¿cuál crees que es la mejor opción para generar energía eléctrica en dicho lugar?

Lee la siguiente situación

Santiago habla con su amigo David durante el recreo, le menciona que ya no es necesario preocuparse por ahorrar energía en su casa, que puede encender varias luces, el televisor y el computador al mismo tiempo sin preocupaciones porque la energía se conserva, no se destruye y solo se convierte, por tanto, esa energía utilizada debe regresar. David se molesta, dice que eso no es cierto, que se debe ahorrar energía para cuidar los recursos medioambientales porque no son infinitos y que la energía no se conserva en situaciones reales. No llegan a un acuerdo, por lo que piden tu opinión al respecto.

- ¿Con cuál de los dos (Santiago o David) estás de acuerdo o tienes una opinión diferente? Explica tu respuesta.
-
-

*Recuerda que debes dar tu opinión y llegar a un acuerdo, para ello debes persuadir a ambos.

Anexo 2. Fragmentos del artículo “El calentamiento global amenaza el futuro de las energías renovables” propuesto en el ciclo didáctico

El calentamiento global amenaza el futuro de las energías renovables

El cambio climático y la energía solar no son tan buenos socios como podría decirnos el sentido común. Un reciente estudio publicado en Nature pone en evidencia cómo el calentamiento global está haciendo disminuir la irradiación solar —o en términos coloquiales, los días soleados— precisamente en las regiones del planeta que hoy en día ofrecen mayor rendimiento fotovoltaico. Por eso el cambio climático afecta negativamente, y va a seguir haciéndolo en el futuro inmediato, a la producción de energía solar a escala global. Estas conclusiones se han visto además respaldadas por otra investigación publicada poco antes, y que muestra cómo, en el caso concreto de Australia, en las últimas décadas ya ha disminuido la producción local de energía solar y eólica.

La verdadera trascendencia de ambos estudios es que ponen el foco en un problema más amplio: el tránsito a las energías renovables es una de las claves para mitigar y minimizar el cambio climático; pero es posible que antes de que se llegue a eso, el propio calentamiento global produzca unas alteraciones críticas en las dinámicas atmosférica y oceánica que pongan en jaque la viabilidad de este tipo de energías limpias. Su talón de Aquiles es, precisamente, su gran dependencia del clima y del tiempo. Y las condiciones meteorológicas cada vez son más cambiantes y difícilmente predecibles por los modelos climáticos —aumentando, además, los eventos extremos, que son una amenaza latente para cualquiera de estas tecnologías.

Otro análisis, publicado por investigadores españoles en 2019, que resume las principales amenazas climáticas (y su impacto en cada caso) para las energías renovables más importantes:

Energía solar fotovoltaica

1. El incremento de la temperatura global afecta negativamente a la eficiencia y rendimiento de las células fotovoltaicas. En este sentido, un estudio efectuado por investigadores del MIT cifró en 0,45% la pérdida estimada de eficiencia por cada aumento de un grado en la temperatura. A ello, además, habría que sumar un aumento del gasto energético para garantizar la correcta y necesaria refrigeración de los equipos e infraestructuras, para evitar sobrecalentamientos y averías (una necesidad común para cualquier tecnología). Esto redundaría en un menor rendimiento energético neto.

2. El aumento en la cantidad de partículas en suspensión en la atmósfera, que al depositarse sobre las placas solares las cubren parcialmente y les restan eficiencia. En este caso el progresivo calentamiento intensifica la evaporación del agua —y, por consiguiente, la formación de nubes, las

precipitaciones, las nieblas y las calimas— y además aumenta la aridez de los terrenos, lo que provoca una mayor presencia de polvo en suspensión.

3. La disminución de la irradiación solar y su mayor intermitencia, debido a variaciones en la circulación atmosférica, a la mayor nubosidad y, de nuevo, a la presencia de partículas en suspensión que bloquean y dispersan los rayos solares.

Energía eólica

1. Las variaciones en la velocidad del viento y en su direccionalidad —tanto diaria como estacional— repercuten negativamente, ya que las turbinas están diseñadas para operar de forma óptima para un rango de velocidades y una orientación determinadas.

2. El aumento de la temperatura global disminuye la potencia generada, dado que el aire caliente es menos denso. Además, aumenta las necesidades de refrigeración de las instalaciones y favorece tanto la condensación de agua en las turbinas como su erosión, debido a la mayor presencia de partículas en suspensión.

Energía hidroeléctrica

1. Los cambios en los patrones y regímenes de precipitaciones provocan periodos de sequía y erosión del suelo, así como episodios de lluvias torrenciales, crecidas e inundaciones. Todo ello altera el caudal y el cauce de los ríos.

2. El aumento de la temperatura global favorece la evaporación intensa y afecta, por tanto, al caudal y a los niveles de agua en los embalses, alterando la potencia generada en las centrales hidroeléctricas.

Miguel Barral

Anexo 3. Protocolo ético

ACTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Estimados alumnos y padres de familia y/o acudiente.

Su acudido ha sido invitado a participar en la investigación *La historia y epistemología de las ciencias como una posibilidad para desarrollar habilidades de pensamiento crítico: La conservación de la energía desde la perspectiva de Robert Mayer*, investigación desarrollada por Cristian Correa Hernández, Yineth Gallego Guzmán, Antonio Pulgarin Arango (investigadores principales), estudiantes de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia y Yirsén Aguilar Mosquera (Asesor),

Este estudio se realizará con estudiantes de grado once de la Institución Educativa Comercial de Envigado. En particular, es de interés para la investigación conocer cómo en el marco de prácticas y discursos los estudiantes logran dar solución a ciertas situaciones y cómo estos modos de proceder desde una mirada histórico-epistemológica posibilitan el desarrollar habilidades de pensamiento crítico.

Tenga presente que al aceptar participar en el estudio:

Se le solicitará que participe junto con otras personas para desarrollar algunas actividades que servirán de instrumento de recolección de información de interés para la investigación. Es importante aclarar que no habrá respuestas correctas ni incorrectas, y que éstas no afectarán el rendimiento académico, solamente se quiere conocer las consideraciones de los participantes acerca del tema de investigación.

Las discusiones que se den dentro de estos encuentros académicos serán registradas en formato de audio y/o video, con la finalidad de tener registrada toda la información para su posterior análisis. La información obtenida en la investigación será de carácter confidencial y se guardará el anonimato.

Su participación en este estudio no involucra ningún riesgo o peligro para su salud física o mental. Si alguna de las preguntas o temas que se traten le hicieran sentir incómodo(a), tiene derecho de no comentar al respecto. Por otra parte, es importante precisar que no recibirá pago alguno por participar en este estudio.

Su participación en este estudio es voluntaria. Si usted decide participar, es libre de cambiar de opinión y retirarse en el momento que usted lo requiera, sin recibir ningún tipo de sanción.

Agradecemos su colaboración.

Yo _____, identificado con C.C. _____, acudiente del alumno _____, identificado con T.I. _____, autorizo su participación voluntaria en la investigación La historia y epistemología de las ciencias como una posibilidad para desarrollar habilidades de pensamiento crítico: La conservación de la energía desde la perspectiva de Robert Mayer, desarrollada por Cristian Correa Hernández, Yineth Gallego Guzmán y Antonio Pulgarin Arango, estudiantes de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia.

Declaro haber sido informado/a de los objetivos y procedimientos del estudio y del tipo de participación. Con relación a ello, mi acudido acepta participar en las actividades individuales y en el grupo de discusión, y consiento que se realicen grabaciones en audio y vídeo.

Participante
T.I.

Padre de familia o acudiente
C.C.

Investigador principal
C.C.

Para su constancia se firma a los ____ días del mes de _____ de 2022.

Datos de contacto:

Cualquier pregunta que usted desee hacer durante el proceso de investigación podrá contactar al profesor en formación Cristian Correa Hernández, cel: 305 8505693, e-mail: cristian.correah@udea.edu.co

Anexo 4. Matriz de análisis construida a partir de la aplicación del primer instrumento

| La conservación de la energía: una estructuración desde los principios de causalidad, indestructibilidad y convertibilidad | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|
| Caso Preguntas | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 | Aserto |
| ¿Qué velocidad consideras que adquiere la bola amarilla después del choque que tuvo con la blanca? | Considero que adquiera la bola amarilla una velocidad de 4 porque la blanca descarga toda su fuerza en ella. | La bola amarilla adquiere una velocidad de 5 unidades, puesto que al chocar le pasa la velocidad para que avance, pero quizás no con la misma fuerza. | Yo creo que la velocidad es mayor a la de la blanca ya que la amarilla estaba en reposo y si tiene un choque con algo va a aumentar su velocidad. | Considero que la velocidad que adquiere la bola amarilla después de chocar con la blanca es de 5 unidades, ya que, aunque la amarilla se encuentre en estado de reposo, el impacto que tuvo con la blanca, estaría implicada cierto tipo de fuerza propulsora que haría mover la amarilla con | Los casos 2 y 4 coinciden en afirmar que hay una transferencia de velocidad, además que la velocidad de la bola amarilla es igual a la bola blanca, lo que cumple con los planteamientos de Mayer cuando define la indestructibilidad. Mientras que para C1 la velocidad de la bola amarilla es menor que la blanca, y por el contrario, C3 menciona que la velocidad es mayor. |

| | | | | | |
|--|--|--|---|---|---|
| | | | | una velocidad similar. | |
| ¿Cuál consideras que es la causa del movimiento de la bola amarilla? | El choque con la bola blanca que descarga su impulso en la bola amarilla. | El choque con la bola blanca que descarga su impulso en la bola amarilla. | El choque de la blanca ya que la amarilla contaba con velocidad 0 y al chocar con la blanca su movimiento cambio. | El impacto que tuvo con la bola blanca, ya que esta iba a cierta velocidad | Los casos logran establecer el movimiento de la bola amarilla en términos del movimiento de la bola blanca. |
| ¿Qué velocidad consideras adquiere la bola roja después del choque que tuvo con la amarilla? | Considero que tuvo una velocidad de 3, ya que desde la blanca descarga la velocidad en la amarilla y después en la roja su fuerza y velocidad disminuye. | Adquiere una velocidad de 5, puesto que si la blanca tenía 5 y al chocar pasa y se queda en 0, pasa todo su movimiento a la siguiente, pasa lo mismo con la amarilla y roja. | La velocidad que adquiere es más alta de la que tenía la amarilla y la blanca | Considero que la velocidad que adquirió la bola roja, si es un poco menor a la de las anteriores, porque en cierta medida, se podría decir que la bola amarilla absorbió gran parte de la fuerza empleada para causar movimiento en la blanca, por ende, el impulso que genera la amarilla en la roja es mucho menor. | C2 afirmar que la velocidad de la bola roja es igual a la amarilla, por lo que se puede evidenciar que se aproxima al planteamiento de Mayer de que el movimiento mueve, mientras que C1 y C4 expresa que en las unidades de movimiento son menores, por lo que se puede establecer que están haciendo uso de su experiencia para responder al no tener en cuenta que es un sistema sin fricción. |
| ¿Qué relación puedes establecer entre la velocidad que | La relación de la bola amarilla y la roja es que su | Ambas antes de ser chocadas tenían una | La relación antes del choque es que las dos | Que ambas en cierta medida, absorben | Se evidencia ideas de transferencia, en este caso |

| | | | | | |
|--|---|--|--|---|---|
| <p>tenía la bola amarilla antes del choque y la velocidad que adquiere la bola roja después del choque?</p> | <p>velocidad disminuye una a la otra.</p> | <p>velocidad de 0 y cuando las chocaron adquirieron la velocidad de la anterior a ellas.</p> | <p>tenían velocidad 0 y después del choque es que las dos adquirieron movimiento.</p> | <p>velocidad de la anterior para salir de su estado de reposo.</p> | <p>transferencia del movimiento.</p> |
| <p>¿Cuál consideras que es la causa del movimiento de la bola roja?</p> | <p>Considero la misma causa de movimiento con la bola amarilla y la roja con lo que explique anteriormente.</p> | <p>La causa es que la bola anterior le dio un choque frontal lo que hizo que adquiriera dicho movimiento.</p> | <p>El impacto que tuvo cuando la bola amarilla choco.</p> | <p>El impacto tuvo con la bola amarilla, ya que esta iba a cierta velocidad y que al chocar se generó una fuerza y/o impulso que le permitió a la roja ganar velocidad.</p> | <p>Todos los casos describen el movimiento de la bola roja en términos del choque que a su vez es por el movimiento de la bola amarilla</p> |
| <p>En esta situación, ¿es posible afirmar que un efecto puede ser causa? Si__No__ Explica</p> | <p>Si, porque el efecto de un choque natural de las bolas puede ocasionar la velocidad de las otras.</p> | <p>Si, puesto que ambos dependen del otro hay una causa que genera un efecto y un efecto que fue generado por una causa.</p> | <p>Puede ser pero el efecto necesita de algo más para ser efecto.</p> | <p>Si, porque la fuerza inicial que empleo el factor externo puede ser un efecto y lo que causaría el movimiento de las bolas blanca, amarilla y roja.</p> | <p>C1 y C2 establecen una dependencia entre las velocidades de las bolas. C4 establece como causa una fuerza externa y como efectos el movimiento de las bolas, por lo que parece tener una idea de causalidad más cercana a la mecanicista</p> |
| <p>¿Crees que la bola azul pueda alcanzar una altura mayor a la altura en que se dejó deslizar la bola gris (altura h)? Si___,</p> | <p>No porque las canicas son de igual masa y tamaño y ejecutara una velocidad igual o menor.</p> | <p>Por supuesto ya que la canica gris al bajar adquiere mucha velocidad, ya que está en una pendiente,</p> | <p>Creo que si para el impacto que pueda tener ya que la altura hace que pueda tener más</p> | <p>Si, ya que la primera oscilación iría con su mayor velocidad, pero con el tiempo o más</p> | <p>C2 y C3 coinciden en afirmar que la bola azul alcanzara en altura mayor, C4 menciona que la altura</p> |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|--|
| No___ Justifica tu respuesta | | entonces agarra mucha fuerza para pegarle a la azul y que la azul tome la velocidad de la gris. | velocidad la bola inicial. | oscilaciones, esta velocidad se iría perdiendo | ira disminuyendo ya que lo está considerando en un sistema con fricción, mientras que C1 logra acercarse al concepto de indestructibilidad al mencionar que ambas alcanzaran la misma altura, no obstante, deja como opción también el que alcance una altura menor. |
| ¿Qué crees que sucederá con la bola azul después de que alcance su máxima altura? Explica tu respuesta. | Tendrá que devolverse ya que su desplazamiento y fuerza se acaba y se reencontrará en un choque con la gris | Se va a devolver ya que al ser una estructura en U hace que lo que suba vuelva a su lugar. | Volverá a su estado el cual sería reposo por la gravedad. | La canica azul va a descender, impactando así con la canica gris, y quedando la canica azul nuevamente en estado de reposo. | C4 logra afirmar que la canica azul le transfiere la energía a la canica gris |

Anexo 5. Matriz de análisis construida a partir de la aplicación del segundo instrumento

| Caso Preguntas | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 | Aertos |
|---|------------------|------------------|------------------|-------------------------------------|--|
| ¿Qué tipo o tipos de energía identificas en el segundo momento? | energía cinética | energía cinética | energía cinética | Identifico la energía gravitacional | Los cuatro casos coinciden en que en el momento dos solo hay una forma de energía. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ¿Qué tipo o tipos de energía identificas en el tercer momento? | energía cinética | energía cinética | energía cinética | Identifico la energía cinética | Los cuatro casos coinciden en que en el momento dos solo hay una forma de energía. |
| Describe lo que sucede con la energía en el momento 4 cuando el bloque choca con la estaca. | Todas las fuerzas actuaron con el cuerpo e hicieron que tuviera su velocidad final con la estaca. | Suelta la energía que alcanza en la está la cual hace que la estaca baje | En este momento la estaca baja porque el bloque viene con mucha velocidad y eso hace que la estaca cambie su posición | Lo que sucede con la energía en el momento 4 es que esta, en el momento que el cubo chocó con la estaca, produjo cierto tipo de fuerza haciendo que la estaca se incrustara más | C2 y C4 se acercan a un modelo explicativo tomando la interacción en términos de transferencia, por otro lado, C1 expresa la energía en términos de fuerza mientras que por otro lado C3 lo explica en términos del movimiento. |
| ¿Qué crees que sucede con la energía si se aumenta la altura h y desde allí se deja caer el bloque? | La energía sería la misma pero este caso tomaría más tiempo en llegar a su velocidad final. | Obtiene un poco más de energía y velocidad puesto que va a caer con más fuerza. | El bloque puede llevar a tener más velocidad y tener más impacto. | Creería que esta energía produciría un aumento de la velocidad cuando el cubo se dejará caer | C2, C3 y C4 entienden la energía solamente como movimiento y no logran detectar la energía potencial |
| ¿Qué solución propondrías si se desea clavar la estaca en un solo intento con el bloque? ¿En qué te basas para dar esta solución? | aumentaría la masa para que con más fuerza gravitacional lo haga. | la solución sería que aumenten la altura en la cual se encuentra el bloque, me baso en que la altura que ya | En que el bloque tenga más velocidad eso podría significar más altura y que el bloque tenga un | La solución sería aumentar la altura en la que se encuentre el cubo, ya que, a mayor altura, se | C1 y C2 entiende a energía en términos de fuerza, mientras que C3 y C4 expresan la energía en |

| | | | | | |
|--|--|--|-------------------|---|-------------------------|
| | | tiene hace que el bloque empuje la estaca, al tener más altura tendrá más fuerza para golpear la estaca. | poco más de peso. | genera más velocidad en su descenso, por lo tanto el impacto sería mayor. Otra solución, sería aumentar la masa del cubo, colocando uno más grande. | términos de movimiento. |
|--|--|--|-------------------|---|-------------------------|

| Casos Preguntas | Caso 1 y Caso 4 | Caso 2 y Caso 3 | Asertos |
|--|--|---|--|
| ¿Qué sucede con la energía potencial a medida que disminuye la altura? Explica | Va disminuyendo su energía potencial ya que la altura disminuye la aceleración gravitacional aumenta | Va disminuyendo su valor, ya que si hay más poca altura se encuentra más poca energía potencial | Los casos logran establecer una relación directamente proporcional entre la energía potencial y la altura. |
| ¿Qué relación hay entre la energía cuando la altura es máxima y cuando la bola toca el suelo? ¿Qué tipo de relación encuentras? | En su altura máxima la (epg) es máxima y mientras que (k) es mínima y cuando la bola toca el suelo (epg) es mínima y (k) es máxima. | Que ambos terminan en 0 | C1 y C4 establecen una relación inversa entre la energía cinética y la energía potencial. Mientras que para C2 y C3 No es posible interpretar cómo lo asume. |
| ¿Cómo se relacionan las energías si las comparas? | Que cuando la pelota pasa por un metro de altura epg va perdiendo energía y k aumenta y cuando llega a 0 epg pierde su energía completa y k obtiene su energía máxima. | Cada que disminuye la altura su energía es mayor | C2 y C3 conciben la energía meramente como movimiento mientras que para C1 y C4 la relación de las energías es de convertibilidad e |

| | | | |
|--|--|--|---------------------|
| | | | indestructibilidad. |
|--|--|--|---------------------|

Anexo 6. Matriz de análisis construida a partir de la aplicación del tercer instrumento

| Caso Preguntas | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 | Aserto |
|---|---|---|---|--|---|
| ¿Basándote en el texto introductorio, cómo explicarías este resultado? | La fuerza que ejercí durante 30 segundos pudo haber cambiado la temperatura | Subía su temperatura debido a que un movimiento alterno(externo) le generó un tipo de fuerza para aumentar su temperatura | Que por el movimiento que ejercimos sobre la botella aumenta su temperatura | Una vez se ejerce fuerza, causante del movimiento del agua, esta hace que la temperatura del agua aumente, esta fuerza se produce por cierto periodo de tiempo para que esto suceda. | Los casos se acercan al relacionan el fenómeno, en términos de convertibilidad. |
| ¿Qué efecto causó el movimiento del agua? | La fuerza que ejercí a la botella de plástico | Causo un aumento de temperatura | Que cambiara de temperatura | El movimiento del agua constante y con fuerza, causo que su temperatura aumentara. | C2, C3 y C4 logran establecer acertadamente que el movimiento generó el aumento de la temperatura |
| ¿Cuál o cuáles crees que son la(s) causa(s) de que se genere el vapor? Justifica tu respuesta | El fuego hace que se evapore el agua de la lata | El vapor se comienza a generar por el calor de las velas, el cual comienza a hervir el agua y por el orificio sale vapor | La causa principal es la temperatura que hace que se convierta en vapor. | La causa de que se genere el vapor es el aumento de la temperatura que causan las velas encendidas. | Para C1, C2 y C4 la causa inicial es debido a la vela, mientras que C3 no explicita la causa |
| Describe las causas y los efectos presentes en el experimento, | La causa del movimiento es el aire que hace efecto a que se | La causa es el viento y el efecto es el movimiento el cual comienza | La causa es lo que pone en movimiento al molino y el efecto es que | La causa del viento que choca en las cucharitas, y su | C2, C3 y C4 describen el fenómeno en términos de convertibilidad y |

| | | | | | |
|---|---|---|--|--|--|
| desde que el molino se pone en movimiento hasta que se encienden las luces | encienda las bombillas | a generar la energía para la luz | hace encender unos bombillos, o sea que se genera luz. | movimiento, hace que los bombillos se enciendan | además dan su postura de manera más detallada |
| El movimiento del molino es un efecto, ¿qué causas consideras que podrían provocar este efecto? | El viento en este caso es una causa que se mueva el molino. | El viento podría ser una causa debido a que es lo que hace que se mueva y comience a dar luz. | No respondió | Las causas sería el viento, ya que este es el que impulsa al molino a moverse. En otro caso un movimiento externo, siempre y cuando contenga la suficiente fuerza para que este se mueva | Los Casos C1, C2 y C3 presentan dificultad al momento de pensar en otras causas que generen el movimiento del molino |
| ¿El movimiento puede generar un único efecto? Justifica tu respuesta | Si, puede generar diferentes energías. | El movimiento genera diversos efectos como el aumento de la temperatura, movimiento de hélices y generar luz. | Puede haber una o varias, por ejemplo, lo que genera el movimiento es la causa y el efecto es como genera energía y también la temperatura | No, el puede generar varios efectos que producen un estado total porque la energía va fluyendo y transformándose | Los casos concuerdan en afirmar que el movimiento puede generar diversos efectos |