



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3

**Facultad de Educación**

**Análisis de los procesos energéticos desde una perspectiva histórica y epistemológica: aportes para su enseñanza.**

**Trabajo presentado para optar el título de Licenciado(a) en Matemáticas y Física**

**JONATAN VÉLEZ GUTIÉRREZ**

**STEFANY RÍOS VÁSQUEZ**

**ALEJANDRA MARÍN RÍOS**

**Asesores**

**YIRSEN AGUILAR MOSQUERA**

**Magíster en Enseñanza de las Ciencias**

**DANY ESTEBAN GALLEGO QUICENO**

**Magíster en Investigación en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias Experimentales,  
Sociales y Matemáticas**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**

**DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS Y LAS ARTES**

**LICENCIATURA EN MATEMÁTICAS Y FÍSICA**

**MEDELLÍN**

**2015**



Copyright © 2015 por Jonatan Vélez, Stefany Ríos & Alejandra Marín. Todos los derechos reservados.



# UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

## Agradecimientos

A nuestras familias, por su apoyo incondicional en este proceso, su acompañamiento y su motivación para continuar y dar lo mejor de nosotros.

A nuestros asesores Yirsén Aguilar Mosquera y Dany Esteban Gallego Quiceno por orientar nuestro proyecto investigativo y a nuestras compañeras de seminario de investigación, que con sus aportes ayudaron a fortalecer las bases del proyecto.

A la Institución Educativa Comercial de Envigado por posibilitar el espacio para vivir la experiencia tanto de docentes como de investigadores.

A la Universidad de Antioquia, por ser la principal fuente de conocimientos académicos que nos inspiran a seguir investigando y fortaleciendo nuestra vocación docente.

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

## Resumen

Las problemáticas de la enseñanza y el aprendizaje de la energía han estado en el foco de muchas investigaciones, las cuales aún detectan deficiencias en su comprensión tanto por parte de los estudiantes como de los profesores, quienes continúan con una visión deformada e incompleta de algunos aspectos cualitativos de la física. Entre otras razones, se encuentra que las nociones sobre energía han sido tomadas de los libros de texto, algunos de los cuales, tampoco han adoptado una postura más global e integrada en la presentación del tema de la energía, particularmente, el principio de la conservación y sus procesos de transformación, transferencia y degradación.

Ante este panorama y con el propósito de construir rutas alternativas para la enseñanza, se realiza un análisis histórico y epistemológico de la perspectiva de Robert Mayer, lo que posibilitó una resignificación de los conceptos y procesos asociados a la energía; por otra parte, se realizó un estudio de casos, con el cual se buscó analizar los conocimientos que tienen los casos acerca de la energía. Los hallazgos, en su conjunto, contribuyeron al diseño de una propuesta didáctica para la enseñanza que incorpora los procesos energéticos. En el proceso se encontraron tanto convergencias como divergencias entre el pensamiento del teórico clásico y los casos; con respecto a este último hecho, se evidenció que los casos, en la mayoría de oportunidades, atribuyen a las fuerzas la causa última y casi única de los fenómenos, se les hace difícil asimilar la energía potencial gravitacional y en algunas situaciones no reconocen las transformaciones de la energía producidas debido a la interacción entre (sub) sistemas.

**Palabras claves:** Enseñanza de las ciencias, Energía, Principio de Conservación de la Energía, Procesos Energéticos.

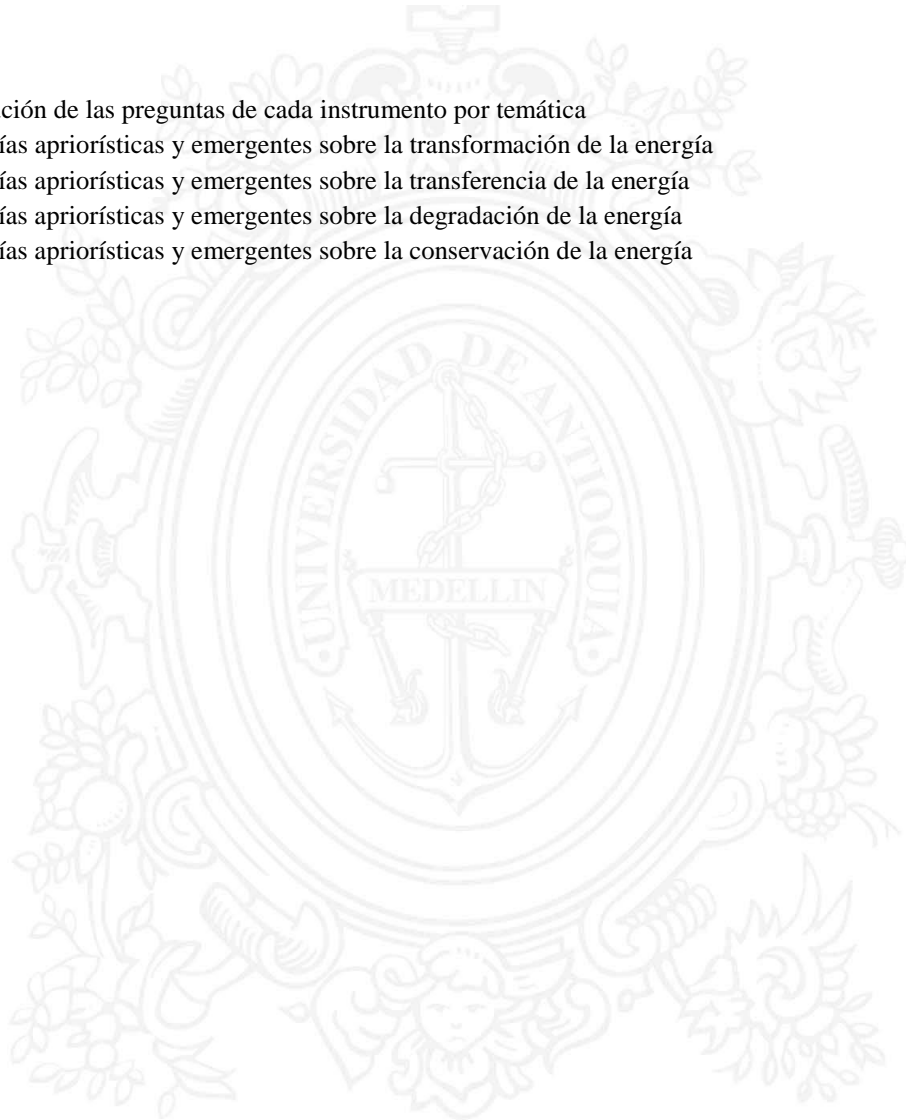
## Tabla de Contenidos

<b>Capítulo 1. Introducción</b> .....	1
1.1 Planteamiento del problema .....	2
1.2 Objetivos .....	5
<b>Capítulo 2. Marco Conceptual</b> .....	6
2.1 Los procesos de transferencia, transformación, degradación y conservación de la energía en la enseñanza de la física .....	6
2.2 Aportes de la historia y la epistemología a la enseñanza de la física .....	9
2.3 Los procesos energéticos desde la perspectiva de Julius Robert Mayer .....	12
2.3.1 Contextualización de la obra de Mayer: una época de nuevas propuestas para la física teórica y experimental .....	12
2.3.2 Resignificación de la fuerza: una ruta para la conceptualización de la energía .....	15
2.3.3 La indestructibilidad y la convertibilidad como axiomas estructurantes en la formulación del Principio de Conservación de la Energía .....	17
2.3.4 Transformación, transferencia y degradación de la energía desde la perspectiva de Robert Mayer .....	21
<b>Capítulo 3. Marco metodológico</b> .....	26
3.1 Contextualización de la investigación .....	26
3.2 Caracterización de la investigación .....	27
3.3 Sobre el estudio de casos .....	29
3.3.1 Los casos y los criterios para su selección .....	32
3.4 Recolección de los datos: métodos e instrumentos .....	34
3.5 Sistematización, análisis e interpretación de los datos .....	37
3.6 Validación del proceso investigativo .....	39
<b>Capítulo 4. Análisis, hallazgos y discusión</b> .....	42
4.1 La transformación de la energía .....	43
4.2 La transferencia de energía .....	52
4.3 La degradación de la energía .....	58
4.4 La conservación de la energía .....	65
<b>Capítulo 5. Implicaciones didácticas</b> .....	70
5.1 Recomendaciones para la enseñanza .....	73
5.2 Diseño de la propuesta de intervención didáctica .....	76
5.2.1 Secuencia didáctica .....	78
<b>Capítulo 6. Consideraciones finales</b> .....	96
<b>Anexos</b> .....	102
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	125



## Lista de tablas

Tabla 1. Distribución de las preguntas de cada instrumento por temática	40
Tabla 2. Categorías apriorísticas y emergentes sobre la transformación de la energía	45
Tabla 3. Categorías apriorísticas y emergentes sobre la transferencia de la energía	54
Tabla 4. Categorías apriorísticas y emergentes sobre la degradación de la energía	62
Tabla 5. Categorías apriorísticas y emergentes sobre la conservación de la energía	67



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

## Capítulo 1

### Introducción

En la actualidad, la educación en ciencias tiene un papel fundamental en la sociedad. La necesidad de interpretar la información científica y tecnológica en la vida cotidiana, ha llevado a incluir en los currículos institucionales, diversas ciencias como la química, la biología y la física, ya que, “todos necesitamos ser capaces de implicarnos en discusiones públicas acerca de asuntos importantes que se relacionan con la ciencia y la tecnología” (National Research Council, 1996, citado en Garritz, 2006, p.128). En particular, la física, se convierte en un puente para acercar, cada vez más, al ser humano a la reflexión continua sobre las manifestaciones en su entorno; de allí que la comprensión de los conceptos físicos tenga un carácter relevante, no solo en la construcción de productos científicos, sino también para el sujeto como partícipe del mundo natural.

Lograr una comprensión de los fenómenos físicos implica que se lleven a cabo unos adecuados procesos de enseñanza y aprendizaje; sin embargo, en Colombia persisten dificultades en el ámbito educativo que ameritan ser investigadas con el ánimo de proponer y concretar alternativas en la práctica. Algunas problemáticas son señaladas por Hernández (2001) en términos de: el aprendizaje memorístico de los estudiantes que no lleva a una comprensión de las teorías y las explicaciones científicas; su incapacidad para resolver verdaderos problemas, distintos a los que mecánicamente se resuelven en las clases; el fracaso en los exámenes y el desconocimiento, por

parte de los maestros, de los modos de conocimiento de los estudiantes, entre otros. Además, se toma en consideración la prematura matematización de situaciones que pertenecen al campo de la física; en este sentido, Pulido (2009) sostiene que existen incoherencias a la hora de enseñar ciencias, lo que se debe entre otras cosas a la reducción de los fenómenos físicos a tratamientos de algoritmos matemáticos.

### **1.1 Planteamiento del problema**

Las dificultades en la enseñanza de la física mencionadas anteriormente también están presentes en la enseñanza del principio de la conservación de la energía (en adelante PCE) y de los procesos energéticos: transformación, transferencia y degradación de la energía; su enseñanza se ha reducido a la resolución de ejercicios de manera mecánica. Complementario a esto, se encuentra que la manera algorítmica y procedimental que se utilizan de manera exclusiva en su enseñanza, se traduce en un impedimento para la conceptualización y la comprensión de los procesos energéticos (Gallego 2011), cuyo formalismo se halla desprovisto de significado para los estudiantes (Assis & Baierl, 2003). Estas circunstancias, traen consecuencias como la incompreensión de la conservación de la energía, debido al limitado tratamiento que se da a los procesos presentes en las situaciones que implican un análisis en términos energéticos.

En la revisión de la literatura también se ha evidenciado que “al igual que ocurre con los libros de texto, los profesores tienen en cuenta en mayor medida la conservación de la energía y, en menor medida, su transformación, transferencia y degradación” (Solbes & Tarín, 2004, p.187), lo que implica que los estudiantes presenten dificultades en la comprensión del concepto de energía,



ignorando o confundiendo los procesos energéticos. Diversos autores (Duit, 1981,1984; Kesidou & Duit, 1993; Solomon, 1985) citados en Solbes y Tarín (1998) precisan que estos problemas se evidencian, cuando se considera entre otras cosas que: “la energía puede gastarse o almacenarse, confundir la cantidad de calor y temperatura, y no activar los esquemas de transformación, conservación, transferencia y degradación de la energía” (p 387).

Por otro lado, desde los Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales (MEN, 1998) de Colombia, se propone abordar, desde el grado cuarto, el tema de energía y sus distintos componentes, desde las fuentes de energía, las transformaciones de la energía en sistemas familiares y simples hasta su relación con las máquinas. Pero además, sus sugerencias trascienden de la enseñanza de este contenido por sí mismo, a una comprensión que se justifica por la relevancia del tema en nuestras sociedades actuales caracterizadas por una tendencia altamente tecnológica pero al mismo tiempo que promueve un desarrollo sostenible, lo cual es abordado por Assis y Baiertl (2003); en este sentido, el Ministerio de Educación Nacional (1998) plantea que: “los graves problemas de energía y de recursos naturales que los ciudadanos de un futuro muy cercano tendrán que enfrentar y que actualmente estamos ya enfrentando, necesitan un enfoque científico que permite entender nuestro universo como sistema” (p.39).

De acuerdo con lo anterior, es oportuno señalar que, los contenidos relacionados con energía merecen atención especial, pero existen muchas dificultades para conceptualizarlo, incluyendo la posibilidad de transferencia, transformación y sus propiedades esenciales: conservación y degradación en todos sus procesos reales (Pérez – Landazábal, Varela y Favieres, 2000). En este

sentido, es necesario resaltar que la energía no aparece de la nada (de la nada, nada surge), sino que la posibilidad de visibilizarla o formalizarla tiene lugar en la interacción entre sistemas con ciertas características que permiten el establecimiento de relaciones, dando lugar a los procesos de transformación y transferencia de energía, lo que comúnmente llamamos producción de energía.

Algunas investigaciones señalan que, en ocasiones, las propuestas de enseñanza no propician reflexiones en las que considere la diferenciación de estos procesos y en consecuencia se conceptualiza sobre ellos de forma confusa; sumado a esto, también están, por una parte, las concepciones sobre el saber disciplinar y la enseñanza que tienen algunos docentes, en las que se propende por una transmisión de conocimiento y por otra, la dificultad intrínseca de formalizar los conceptos conlleva a reforzar determinadas ideas poco adecuadas de los estudiantes desde el punto de vista científico (Bacas, 1997 citado por Mellado, 2000).

Con base en los anteriores planteamientos, se propone una investigación que ofrezca respuesta a la pregunta acerca de ¿cómo recontextualizar los procesos energéticos, mediante un análisis histórico y epistemológico de las obras Robert Mayer, que posibilite la enseñanza de dichos procesos y del principio de conservación de la energía?

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

## 1.2 Objetivos

### Objetivo General

Recontextualizar los procesos energéticos, mediante un análisis histórico y epistemológico de la perspectiva de Julius Robert Mayer, que posibilite una enseñanza del principio de conservación de la energía vinculada a la transformación, transferencia y degradación de la energía.

### Objetivos Específicos

- Caracterizar los procesos energéticos a partir del análisis de los planteamientos de Robert Mayer, considerados en sus obras: *Comentarios sobre las fuerzas inorgánicas de la naturaleza* (1842) y *El movimiento de los organismos y su relación con el metabolismo* (1845).
- Analizar los modelos explicativos de cuatro casos sobre los procesos de conservación, transformación, transferencia y degradación de la energía.
- Diseñar una secuencia didáctica en la que se desarrollen los procesos energéticos a partir de los planteamientos teóricos de Robert Mayer y de los modelos explicativos construidos de los cuatro casos.

## Capítulo 2

### Marco Conceptual

Es importante destacar la relevancia que durante décadas se le ha dado al principio de conservación de la energía en diversos campos de las ciencias, ya que su estudio ha contribuido a la comprensión de múltiples fenómenos de la naturaleza; sin embargo, a esta característica de la energía subyacen otras que no son menos importantes pero quizá se les ha dado poca relevancia, uno de los factores ha sido la imposibilidad de articularlas a la experiencia con facilidad.

Frente a este hecho y con el fin de hacer una recontextualización de los denominados procesos energéticos, se buscó en primer lugar, identificar el estado de la discusión en las investigaciones en didáctica de las ciencias, sustentar la línea de investigación en la que se enmarca este estudio y posteriormente, se configuró una cosmovisión en la cual los procesos energéticos fueron tomados como punto de referencia para la comprensión de la conservación de la energía. En todo este proceso, la historia y la epistemología de las ciencias se tornaron no solo como las rutas para situar estos conceptos en un contexto histórico, sino también como los ejes estructurantes para su interpretación.

#### **2.1 Los procesos de transferencia, transformación, degradación y conservación de la energía en la enseñanza de la física**

En la revisión bibliográfica se ha encontrado una extensa cantidad de investigaciones que apuntan a la enseñanza de la energía y la conservación de la energía (Assis y Baierl, 2003; Bañas,

Pavon, Ruiz y Mellado, 2011; Doménechet al., 2003; Duit, 2012; Pintó, Couso y Gutiérrez, 2004; Solbes & Tarín, 1998; Trumper, 2006). En ellas, se analiza las razones por las que persisten dificultades en la comprensión de estos conceptos, su aplicación a problemas comunes y algunas posibles vías para su solución.

De manera general, se destaca el hecho de que los estudiantes trasladan las concepciones comunes en las que afirman que la energía literalmente se *gasta*, se *consume* y se *almacena* sin comprender lo que significan los procesos de transformación, transferencia y degradación de la energía; se consideran la conservación y la degradación como elementos opuestos y se plantea esta última como sinónimo de transferencia; no se considera el principio de conservación de la energía como un eje articulador de toda la física; y además, no se han hecho los suficientes esfuerzos, en la enseñanza, para mostrar la importancia de las transformaciones de la energía (y en general de los procesos) en fenómenos cotidianos con los que los estudiantes están familiarizados, tomando en consideración las ideas que estos poseen.

Adicionalmente, en los libros de texto se menciona el PCE sobre este principio, restringido al campo de la mecánica y tanto los procesos de transferencia como de degradación son poco utilizados (Solbes & Tarín, 1998); estos resultados reafirman el hecho de que aún no exista un consenso en cuanto a lo que se entiende por energía y por lo tanto se presentan múltiples formas de ser abordadas atendiendo a su naturaleza y complejidad. Una idea que se ha fortalecido, es aquella que sustenta que una aproximación a la naturaleza del concepto de energía se logra por medio del entendimiento del principio de conservación; en tanto que, la transformación, la transferencia y la



degradación de la energía, se convierten en los procesos fundamentales que complementan y contribuyen a la comprensión del PCE.

Por otra parte, para atender a la problemática mencionada, algunos autores, han señalado la importancia de volver a la historia de las ciencias, no sólo para intentar develar los significados que dieron los científicos de diferentes épocas a la energía y sus procesos, sino también para proponer reorganizaciones en la forma de presentar los contenidos de tal manera que se oriente hacia la comprensión del concepto. Solbes y Tarín (1998) sostienen que una propuesta consiste en “seguir el desarrollo histórico del concepto de *energía* mostrando sus limitaciones, e incluyendo los nuevos aspectos que han aumentado la potencia del concepto” (p. 396) y en esta línea, proponen una ruta metodológica que se genera a partir de las ideas que tienen los estudiantes y aspectos de tipo social, posibilitando la presentación de la energía como un concepto unificador de las diferentes ramas de la física, dando lugar, también, al desarrollo conceptual de los procesos energéticos (Solbes & Tarín, 2004).

De esta manera, la historia y la epistemología de las ciencias, así como las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) pueden resultar ser dos factores fundamentales para justificar la importancia de dominar la temática, para profundizar en el conocimiento disciplinar y proponer alternativas pedagógicas. No obstante, como se mencionó anteriormente, se hace necesario reorganizar la enseñanza de manera que no se conduzca deliberadamente al PCE expresado en su forma matemática olvidando esclarecer, mediante un análisis cualitativo, la función de los procesos energéticos en la constitución del PCE, también para evitar la reducción de la

conservación de la energía a la mecánica atendiendo a su carácter de “principio” e identificando la problemática así como las estrategias didácticas que resulten más apropiadas para su enseñanza, de acuerdo a las particularidades del aula.

## 2.2 Aportes de la historia y la epistemología a la enseñanza de la física

Los retos que tienen hoy día los profesores de ciencias son tan diversos e importantes que se ha requerido poner en el plano del debate el tema de la reestructuración curricular de los programas de formación inicial, con el fin de lograr una profesionalización integral. Los aspectos de tipo *disciplinar*, demandan un conocimiento profundo de la ciencia considerando además los aportes que hacen la historia y la epistemología a la comprensión de la naturaleza del conocimiento científico; en relación con lo *pedagógico* se plantean cuestiones sobre la enseñabilidad, la educabilidad, la formación y sus relaciones con las ciencias de la educación, así como los aspectos *cognitivos* que exigen el conocimiento del cómo se dan los procesos de aprendizaje; adicionalmente, las consideraciones de tipo *didáctico*, implican la organización de los contenidos, el currículo, las metodologías, estrategias, la organización y gestión del aula de clase.

Se reconoce hoy que el panorama es complejo, demanda multiplicidad de saberes a los enseñantes de la ciencia e invita a construir comunidades académicas para hacer frente a diversas dificultades. Se ha señalado la necesidad de cambiar el paradigma que ha demarcado la enseñanza de las ciencias, en particular, retornar a la pregunta sobre *qué es saber física* (Ayala, 2006) y en esa dirección, se reorganicen las experiencias que viven los futuros maestros en su formación, se reflexione acerca del *para qué enseñar y cómo enseñar ciencias* en la educación secundaria.

Desde una visión de la ciencia que se resignifica desde la comprensión histórica, se considera que tener un dominio de la física implica conocer:

[...] los problemas que han posibilitado la formación y el desarrollo de los conceptos de la física, las condiciones en que tales problemas se plantean, las respuestas y formas de abordarlos que se han elaborado, la forma como evolucionan los conceptos, los elementos comunes y las diferencias básicas entre las diferentes teorías, etc. (Ayala, 2006, p.25)

En este sentido, se hace relevante estudiar la ciencia física con un lente histórico y epistemológico, ya que permite a los profesores: adquirir un “conocimiento crítico de su asignatura” (Shulman, 1986 citado por Matthews, 1994, p.266), conocer la estructura de la ciencia, alertarlos sobre “la necesidad de una aproximación fenomenológica a las idealizaciones [y de este modo] ayudar a los estudiantes a entender cómo esta capta y no capta el mundo real, subjetivo, vivo” (Matthews, 1994, p. 264).

Adicional a lo anterior, el reconocimiento de un carácter dinámico e interpretativo y no estrictamente acumulativo del conocimiento, tal como se ha transmitido con la historia tradicional anecdótica (Kuhn, 1982), y el adoptar una postura frente a la historia como la “interacción entre el historiador y sus hechos” (Carr, 1983, p.40), le propone al maestro ser investigador de esa historia, lo que le permitirá tomarla como una fuente primaria para recuperar problemas y métodos olvidados, realizar una *reorganización conceptual* que requiere una reflexión de la didáctica, pero también de la disciplina (Aguilar, 2006).

De manera similar, Matthews (1994) planteó la importancia de una práctica de la enseñanza de las ciencias que incorpore, cada vez más, la historia y la filosofía de las ciencias de una manera *contextualizada*, en la cual se “enseñe ciencias en su contexto social, histórico, filosófico, ético y tecnológico” (p.256), en aras de que los estudiantes de la educación media no sólo se instruyan *en* la ciencia sino también *sobre* ella.

Por su parte, Ayala (2006) estableció las bases para viabilizar una propuesta que propende por implementación de la historia de las ciencias en la enseñanza mediante un proceso de *recontextualización de saberes*. Para llevar a cabo esta tarea, distingue tres momentos o fases: 1) el análisis histórico-crítico de las obras originales; 2) el diseño de una propuesta didáctica atendiendo a los puntos esenciales, como problemáticas de interés y las condiciones cognitivas de los estudiantes; 3) el trabajo práctico en el aula, en el que se realiza un proceso de ajuste a la propuesta de acuerdo a las necesidades y especificidades del grupo.

De esta manera, se considera que un enfoque adecuado para asumir la enseñanza de los procesos energéticos puede significarse de manera distinta y particular al retomar la historia como un factor determinante en la identificación y construcción de los problemas que encierran la comprensión de estos objetos de la física. Además, puede hallarse en ella claves para su enseñanza al conectarlos tanto con las preocupaciones iniciales que posibilitaron su emergencia, así como los intereses actuales que justifican su tratamiento en las clases de física.

### 2.3 Los procesos energéticos desde la perspectiva de Julius Robert Mayer

El estudio del proceso de formalización del PCE puede ser realizado mediante un análisis histórico-crítico de las obras, la biografía y el contexto de los pioneros en dicho campo que permitan explorar concepciones del mundo y maneras de abordar problemas (Ayala, 2006); además, dicho estudio provee herramientas que posibilitan una reinterpretación de la disciplina e incluso una reorganización curricular de dicho conocimiento para su enseñanza.

Para la elección del caso aquí presentado, Robert Mayer, se consideraron las características de su obra y su método para abordar el problema de la formalización del PCE. Es de destacar que este autor, fue minucioso y metódico a la hora de explicar su teoría en términos abstractos, pero siempre recurrió a ejemplos prácticos como el movimiento de las bolas de billar, el funcionamiento de los molinos, las máquinas de vapor, y la caída de los cuerpos; este último, es un fenómeno que ya había sido estudiado desde otras perspectivas como la de Galileo y Newton, por lo que resulta más familiar y sencilla en términos didácticos si lo que se quiere es conceptualizar los procesos energéticos y el PCE.

#### 2.3.1 Contextualización de la obra de Mayer: una época de nuevas propuestas para la física teórica y experimental

Entre 1830 y 1850 se dieron las condiciones necesarias que permitieron a los científicos e ingenieros de la época intuir que en varios fenómenos se manifestaba una cantidad que se conservaba y que fue considerada como una fuerza, o una entidad metafísica conocida como la *vis viva*, introducida por Huygens en 1660, cuando estudiaba el choque de dos objetos en movimiento.



De acuerdo con Kuhn (1996), la disponibilidad de los procesos de conversión, el interés por las máquinas proveniente de una tradición ingenieril y la filosofía de la ciencia, específicamente la *Naturphilosophie*, una corriente fundamentada en la convicción de la existencia de una relación entre diferentes fenómenos de la naturaleza, dieron lugar al intento de generalización y cuantificación de lo que ahora concebimos como el principio de conservación de la energía, la conceptualización del trabajo y la búsqueda de las relaciones entre las diferentes ramas de la física, que hasta el momento parecían estar totalmente inconexas.

La enunciación del principio de conservación de la energía, tiene tantas vertientes como precursores e intencionalidades, las cuales convergen inevitablemente a su formulación como un principio de toda la física. Las investigaciones en torno a este principio, implicaron no solamente la exploración de un campo más de la física como ya lo eran la óptica y la termodinámica, sino que marcó un paradigma en la historia de la ciencia, puesto que se propuso una nueva metodología de investigación científica, se cuestionó los conceptos de sustancia y causalidad fundamentales en la mecánica que se había impuesto como el ideal de conocimiento y obligó a la física a cuestionar los objetos, métodos y fines que tenía hasta el momento. Si bien, no se pretende plantear que la *energética* como la llama Cassirer (1979), fue la única causante del jaque al estatus de la mecánica como la rama superior de la física en los inicios del siglo XIX, esta sí contribuyó a la apertura del debate entre científicos sobre el problema del conocimiento y su validez.

Los nombres de Colding, Hirm, Faraday, Grove, Mohr, Carnot, Séguin, Holtzmann, Liebig, Helmholtz, Joule y Mayer, aparecen en la historia construida por Kuhn (1996) como ejemplo característico del *descubrimiento simultáneo*; todos estos hombres, con sus particularidades y experiencias en diferentes campos, unos desde su interés por las máquinas y la ingeniería, otros por razones de tipo filosófico y sus concepciones sobre la naturaleza misma, aportaron a que en la época se difundiera una nueva visión de la ciencia física en la que, como enunció Mary Sommerville (citada por Kuhn, 1996, p.99) parecía que existiese un lazo de unión entre campos que estaban aislados. Al parecer, esta última, fue una de las razones por las que Robert Mayer, un caso muy particular entre los anteriores, trasladó sus inquietudes fundadas en la fisiología e intentara buscarles una explicación física que resultó en una generalidad tal, que se considera uno de los precursores de la conservación de la energía.

Sólo Mayer, Joule y Helmholtz, entre los 12 teóricos que según Kuhn indagaron alrededor de la temática, lograron establecer la relación numérica que yacía en los casos analizados. El primero de ellos, Robert Mayer, halló sus respuestas estudiando el caso especial de la *caída libre* y otros fenómenos antiguos ya conocidos, consideró los aportes de la ingeniería del agua, el vapor, el viento y asoció las máquinas a los procesos de conversión, en las cuales, se transformaba el trabajo en una forma útil que se transmitía a la carga (Kuhn, 1996); particularmente, concluyó que “las causas son cuantitativamente indestructibles y cualitativamente convertibles [...] Las *fuerzas* son por tanto, entidades indestructibles y convertibles” (Solbes y Tarín, 2008, p.165).

Robert Mayer era un médico alemán, que según relata en su primer artículo (1840) encontró la inspiración de su trabajo al observar que la sangre intravenosa de las personas era mucho más brillante en los trópicos; explicó este hecho por la relación entre las temperaturas del ambiente, de las personas y el oxígeno que les era suministrado. Según Heimann (1976), el lenguaje utilizado y la manera de interpretar dicho fenómeno muestran la afinidad de Mayer con la teoría del calor animal de Liebig, quien incluso postuló de manera más general la transformación e indestructibilidad de las entidades naturales; sin embargo, la idea de que existiese una fuerza vital que explicaba la actividad corporal, no fue aceptada por Mayer.

El hecho anteriormente mencionado hace pensar que definitivamente Robert Mayer se vio influenciado por las teorías de la época, pero no necesariamente coincidió en todos sus aspectos fundamentales. Lo que hasta el momento se desconoce es, (por falta de fuentes históricas primarias, según Heimann, 1976) cómo Mayer pasó de sus estudios originarios en el campo de la fisiología, a un estudio de los fundamentos de las fuerzas en la física, punto de partida para su enunciación del principio de conservación de la energía.

### **2.3.2 Resignificación de la fuerza: una ruta para la conceptualización de la energía**

En su segundo artículo: *Comentarios sobre las fuerzas de la naturaleza inorgánica*, publicado en 1842, Robert Mayer comienza exponiendo su intención de definir las fuerzas y las relaciones existentes entre ellas; claramente para iniciar su estudio, aunque novedoso, no introduce un nuevo término, sino que dispone del concepto de fuerza que hasta ese momento se había usado

para denominar la causa física, y sin embargo, sus resultados toman un rumbo diferente al mecanicista.

Al preguntarse por las relaciones entre las diferentes fuerzas, hace que el concepto mismo de *fuerza*, entendido clásicamente como el centro de la mecánica, se cuestionara. La fuerza debía ser la causa única y última encontrada para cualquier fenómeno, en consecuencia el fin de la física según Helmholtz (1847, citado por Cassirer, 1979) era “reducir los fenómenos naturales a fuerzas inmutables de atracción y repulsión [lo cual era] condición necesaria para poder llegar a comprenderse plenamente la naturaleza” (p.4).

Su preocupación por definir la fuerza y llegar a un punto tal de precisión como se había logrado con el concepto de materia, se funda en una analogía de los postulados de la química con aquellos que deberían concebirse como los principios de la física, para hacer de esta una ciencia tan exacta como la primera (Weyrauch, 1893 citado por Heimann, 1976, p.286). Así, ya para la época, se asumía que la materia podía transformarse cualitativamente durante procesos químicos mientras que su magnitud cuantitativa permanecía constante (ley enunciada por Lomonósov en 1745 y Lavoisier en 1785); además, se consideraban muy bien definidas sus propiedades: peso y extensión, mientras que la fuerza era un ente hipotético e incognoscible (Mayer, 1862).

Al respecto, conviene resaltar que Mayer reconceptualizó la fuerza como una causa y a su vez le dio el carácter de efecto; además reformuló el principio de causalidad, ya no como aquel que dictaba la necesidad de penetrar en la última causa de cierto fenómeno, aquella que “produce en todo tiempo



y bajo las mismas circunstancias externas, efectos iguales” (Cassirer, 1979, p.4), en cambio, significó la causalidad como el principio que permite estudiar las relaciones locales y de interdependencia entre fenómenos, donde las causas y los efectos son equivalentes. Así, la fuerza se convirtió en un término más de una ecuación y no, como anteriormente, el antecedente en una implicación: “Si la causa  $c$  tiene el efecto  $e$ , entonces  $c = e$ ” (Mayer, 1862, p.371)<sup>1</sup>

Si bien Mayer (1862) hace una analogía entre la materia y la fuerza al decir que ambas son causas, desde su concepción dual de la naturaleza, no podrían mezclarse ambos tipos de causa; de esta manera, para  $c = e$ , si  $c$  era una fuerza,  $e$  también lo era y si  $f$  era materia en la relación  $f = g$ , entonces  $g$  pertenecía a esta misma clase. Sin embargo, la igualdad  $c = e$  no implica que ambos fenómenos sean de la misma naturaleza (ambos mecánicos, eléctricos o magnéticos) aunque sean causas y particularmente hagan parte de la clase *fuerzas*, sino que se trata de una igualdad matemática que entraña la existencia de cierta equivalencia numérica que puede encontrarse teórica y/o experimentalmente, definiendo así, una relación constante entre ellas.

### 2.3.3 La indestructibilidad y la convertibilidad como axiomas estructurantes en la formulación del Principio de Conservación de la Energía

Otro aspecto que ofrece un nuevo sentido al principio de causalidad y rompe con su concepción clásica, es el hecho de que Mayer define las fuerzas como causas relacionadas entre sí

---

<sup>1</sup>Las obras originales de Robert Mayer que se encuentran en alemán fueron traducidas al inglés por otros autores; en este trabajo se retomaron: *Remarks on the forces of inorganic nature*, original de 1842 traducido por Foster en 1862 y *The motions of organisms and their relation to metabolism*, publicada por primera vez en 1845 y traducida por Lindsay en 1973. Para estos casos, la manera de citar llevará el año de la obra traducida y su respectiva numeración. La traducción de citas del inglés al español de las obras anteriores, así como la traducción de dos cartas que Robert Mayer envió a Gresenger, un amigo médico, a finales de 1842, fueron de elaboración propias.



y sin establecer distinción entre estas y sus efectos; Mayer (1862), dice que una causa produce un efecto igual a ella, pero este efecto, a su vez, es causa de otro efecto también igual, lo que llevaría directamente a pensar en una multicausalidad, de aquí que  $c$  no necesariamente siempre tendrá como efecto a  $e$ , sino que también puede pasar directamente a ser  $f$  o este convertirse en la causa de  $e$ . Esto se ilustra al decir:

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, 1862, p.371).

Dos cuestiones fundamentales se derivan del enunciado de esta propiedad de las fuerzas, ninguna fuerza puede surgir de la nada porque el término de la ecuación que simboliza la causa nunca puede ser cero; así mismo, la segunda parte de la igualdad correspondiente al efecto nunca puede ser nula, matemáticamente sería inconsistente, por ejemplo que  $2 = 0$ . El hecho de que toda causa tiene un efecto y todo efecto una causa, puede enunciarse como: la fuerza no se crea ni se destruye de la nada. Este razonamiento le da pie a Mayer para pensar en que si existe una causa, aunque no sean perceptibles sus efectos, estos indiscutiblemente deben existir; lo contrario también ocurre. Así sucede por ejemplo con el calor, el cual es la causa de que el movimiento de un cuerpo cese y no es tan fácil de detectar en la experiencia, a menos de que se haga una búsqueda minuciosa que dé cuenta de su existencia.

En esta manera de resignificar el principio de causalidad teniendo como referente la idea de multicausalidad, Mayer también ha considerado que no necesariamente una causa tiene un único efecto sino que se producen tantos efectos como sean necesarios para cumplir la igualdad:

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  $c = e$ . (Mayer, 1862, p.371)

En la afirmación de que  $c$  ha dejado de existir para convertirse en  $e$ , dicha causa no podría interpretarse como un ente material que se ha transformado literalmente en otro; no está presente aquí una sustancia que fluye de un cuerpo a otro como una fuerza *viva* que se transforma y causa en todos los cuerpos el efecto del movimiento y este a su vez se transforma en otras formas como el calor o la electricidad; lo que más bien se interpreta, en términos de Mach es que “[...] si hay algún elemento de la experiencia al que puede atribuirse verdadera sustancialidad son precisamente estas relaciones constantes” (Cassirer, 1979, p.3). De hecho, este carácter fenomenológico del pensamiento de Mayer, puede extraerse además, cuando en una carta dirigida a su amigo Griesinger a finales de 1842 afirma que “lo que el calor, la electricidad, etc., son en su esencia no lo sé, lo conozco tan poco como conozco la esencia interior de la sustancia material” (Weyrauch 1893 citado por Heimann, 1976, p.289).

Lo que sí defiende Mayer es que la causa  $c$  se ha convertido en  $e$  y si hay restos de  $c$  deben convertirse en otros efectos, todos ellos *fuerzas*; en este sentido, cada causa puede manifestarse de muchas formas, una fuerza hace su aparición en la medida en que otra desaparece, aunque algunas son más difíciles de encontrar que otras, como el caso de que el calor se transforme en movimiento o en electricidad. Se concluye, por lo tanto, que la segunda cualidad de todas las causas es su *convertibilidad*, se presentan como “diferentes formas bajo las cuales el mismo objeto hace su aparición” (Mayer, 1862, p.371).

Ese *mismo objeto* en el que se convierten los diferentes tipos de fuerzas, ha sido fuente de controversia entre algunos historiadores, porque tal como lo enuncia en su artículo *Sobre las determinaciones cuantitativas y cualitativas de las fuerzas* en 1842, de la *Urkraft* (fuerza básica) se pueden derivar todos los demás fenómenos (Heimann, 1976), lo cual parece contradictorio con su perspectiva fenomenológica, más aún, parece volver al mecanicismo; no obstante, sin pretender caer en anacronismos se defiende la idea de dicho *objeto* no como sustancia, como se dijo anteriormente, sino como el concepto mismo de *energía* o en términos de Mayer, *fuerza*, como aquella relación que permanece constante a pesar de las diferentes conversiones.

De esta manera, Mayer caracteriza la fuerza por medio de las propiedades de indestructibilidad y convertibilidad, así como la materia las poseía, pero siendo la fuerza imponderable: “las causas son objetos (cuantitativamente) indestructibles y (cualitativamente) convertibles” (Mayer, 1862, p.371). Son estos principios los que allanan el camino para asumir

lo que en la actualidad se comprende por conservación de la energía desde una perspectiva funcional.

### **2.3.4 Transformación, transferencia y degradación de la energía desde la perspectiva de Robert Mayer**

Partiendo de las propiedades fundamentales que sostienen el principio de la conservación de la energía (indestructibilidad y convertibilidad), las obras de Robert Mayer *Comentarios sobre las fuerzas de la naturaleza inorgánica* (1842) y *Los movimientos de los organismos y su relación con el metabolismo* (1845), permiten evidenciar los procesos de transferencia, transformación y degradación de la energía, al asumir una multicausalidad en los fenómenos estudiados.

Para presentar claramente cada uno de estos procesos, es importante mencionar que en dichas obras, Mayer plantea tres tipos de energía: movimiento, energía de caída (potencial) y calor; lo interesante y fundamental de este sistema es que “el efecto mecánico total es constante” (Mayer, 1973, p.80), es decir, aunque haya un gasto de energía, esta no desaparece, toma inmediatamente otra forma, que en términos cuantitativos es igual a la cantidad gastada.

Para entender la conservación de la energía, se considera en primera instancia la transformación; de acuerdo con Mayer (1973), “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.286), más específicamente: el movimiento se transforma en energía de caída (cuando se lanza un objeto hacia arriba), la energía de caída se transforma en movimiento (cuando se deja

caer el cuerpo), pero también puede suceder que cuando cesa el movimiento y no se identifica la energía de caída, se ha transformado en calor o en algo más, que en muchas ocasiones no es tan perceptible. Se tiene aquí entonces un ejemplo de la conservación de la energía, en la medida en que cada fenómeno está dando cuenta de la misma cantidad por medio de la transformación.

Posteriormente, Mayer propone otra situación para ilustrar los cambios anteriores además de otros y aquí se hará referencia a ellos, no sin antes acudir a un segundo proceso que es consecuencia del primero desde la óptica tratada. 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, pero haciendo la salvedad de que en dicho suceso se despreja el sonido y el calor que pueda ser producido.

Otro ejemplo utilizado por Mayer (1973) es la colisión de las bolas de billar. La bola blanca que lleva una velocidad choca con la bola roja que se encuentra inicialmente en reposo, ¿qué sucede con ambas velocidades?, la blanca pierde velocidad, mientras que la roja gana la misma velocidad que la blanca ha perdido, sin cambiar el tipo de energía, es decir, habría transferencia; sin embargo, en ese sistema influyen otros factores como por ejemplo la fricción, que daría lugar al proceso de transformación de la energía. Puede observarse que el movimiento de cualquiera de las bolas se reduce por efecto de la fricción y se transforma en calor, al igual que con la colisión una parte del movimiento se transforma en sonido.



Hasta aquí, en los escritos de Mayer pueden interpretarse alusiones a la transformación y la transferencia de la energía. Un último proceso, la *degradación*, se considera a partir del funcionamiento de algunas máquinas importantes para su época.

En el siglo XVIII y XIX la construcción de determinadas máquinas fue el hito de investigación para los pensadores físicos del momento, ya que las novedosas características que componían a unas u otras se prestaban como el modelo ideal para describir el comportamiento de algunos fenómenos, entre estas se pueden destacar las máquinas de vapor (locomotoras), los molinos de viento y las ruedas Pelton de las turbinas, por mencionar solo algunas; dichas máquinas, dieron pie para que pensadores como James Joule y Robert Mayer desarrollaran sus estudios en torno a la conceptualización de la energía y el calor de forma casi simultánea.

Mayer (1973), como se ha mencionado anteriormente, establece que el calor es una forma de energía y puede transformarse en energía mecánica; esta inferencia 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, también plantea que no todo el calor se transforma en movimiento: “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” (Mayer, 1862, p.376); lo cual es explicado como sigue: “el calor se distribuye libremente a los alrededores y por lo tanto se pierde para fines mecánicos” (Mayer, 1973, p.289).

Lo anterior permite comprender que todo el calor suministrado a la locomotora no es eficiente para su movimiento, dando lugar a una *degradación*; sin embargo, el asumir que esta forma de energía se degrada en otros fenómenos adicionales al movimiento, implica tener como base los axiomas de indestructibilidad y convertibilidad, de lo contrario todos estos fenómenos que se dan por demás, se pasarían por alto sin ninguna importancia.

Es así, como luego de caracterizar cada proceso a partir de una aproximación a la mirada de Robert Mayer, se resumen las siguientes concepciones de los procesos energéticos:

La *transformación de la energía* como una característica de su conservación: la convertibilidad; es decir, que la energía se *convierte* de una forma a otra. Si un primer tipo es la causa de un cambio o efecto, este último puede ser cualitativamente diferente del primero.

La *transferencia de energía* como un caso particular de la transformación, en el que una forma de energía provoca un efecto en otro sistema o subsistema, pero de su mismo tipo.

La *degradación de la energía* como la transformación de energía en otros tipos no deseados; es decir, la imposibilidad de transformar toda la energía de un tipo a otro para producir un efecto útil en una actividad humana específica.

La *conservación de la energía* como la conjunción de dos propiedades fundamentales: la indestructibilidad y la convertibilidad.



# UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

## Capítulo 3

### Marco Metodológico

El proceso de recontextualización que se ha pretendido llevar a cabo en este estudio, implicó la caracterización de los procesos estudiados tanto en las obras de los originales como de los propios estudiantes, con el objetivo de establecer los puntos de contacto entre su propio conocimiento y el conocimiento científico; a sugerencia de Ayala (2006), estos acercamientos se logran mediante estudios de caso. A continuación, detallamos el contexto y los presupuestos metodológicos asumidos en esta investigación.

#### 3.1 Contextualización de la investigación

A poco menos de 3 kilómetros del parque principal del municipio de Envigado - Antioquia, en dirección suroriental, en el barrio La Mina, zona residencial de condición socioeconómica media – baja, se encuentra ubicada la Institución Educativa Comercial de Envigado sede Bachillerato con nomenclatura de ubicación CRA 41 sur N° 24 c 71 B, lugar en el que se desarrolló una parte de esta investigación; esta institución es una entidad pública, avalada por la Secretaría de Educación del Municipio de Envigado y enmarcada en un proyecto de Sistema de Gestión de Calidad.

La Institución cuenta con jornada única diurna y es de carácter mixto. Su población se encuentra ubicada entre los estratos sociales uno y tres, que de una u otra manera permite entrever diversas particularidades como problemáticas sociales y familiares, que se reflejan de forma

manifiesta en la parte actitudinal de algunos estudiantes, afectando, en cierta medida, los procesos educativos.

Esta Institución cuenta con diversos escenarios complementarios a las aulas de clase, tales como: canchas de baloncesto, microfútbol y voleibol, zonas verdes, una biblioteca, tres aulas de informática, un aula taller de matemáticas, un aula de robótica, laboratorios de física y química, y se encuentra en proyecto el establecimiento de una pequeña base meteorológica. Todos estos espacios, en especial el laboratorio de física y las aulas de informática, facilitaron los encuentros y actividades desarrolladas con los estudiantes que participaron en esta investigación.

La Institución se rige bajo políticas organizacionales que apuntan 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 (ABP) y el trabajo mediante la realización de proyectos. La mayoría de las aulas de clase se encuentran dotadas con pizarras táctiles como herramienta de apoyo para maestros y estudiantes en la conceptualización de temáticas, favoreciendo la orientación de clases en un sentido no convencional; estas condiciones también favorecieron la aplicación de los instrumentos vía la recolección de los datos.

### **3.2 Caracterización de la investigación**

En el presente estudio, se abordó un problema educativo, en el que se reconoce a los estudiantes como sujetos que se desarrollan cognitivamente influenciados por sus interacciones sociales en contextos particulares; por esta razón, se asume esta investigación de una manera



amplia, en la que no se intenta suprimir aspectos singulares de los participantes para enfatizar en los aspectos disciplinares de interés para los investigadores, sino que por el contrario, en este proceso, se tiene en cuenta la complejidad de las relaciones humanas observadas en condiciones específicas y sus implicaciones en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, en este caso, de la física.

Se consideró en esta investigación, que las problemáticas en torno a la enseñanza de la física, no son tan sencillas que para ello sea suficiente tratar de identificar con precisión las causas comunes y generalizables que ocasionan dificultades en las relaciones pedagógicas y en las propuestas didácticas que no repercuten positivamente en el aprendizaje. Es por esta razón que se lleva a cabo un estudio contextualizado y delimitado, en el que se examinan eventos en situaciones naturales: interacción en aulas de clase regular, laboratorios y actividades tanto académicas como culturales; además se propusieron situaciones en las que los investigadores, mediante prácticas experimentales, plantearon a los estudiantes diálogos individuales y tareas escritas.

Es así como el investigador se encuentra inmerso en el proceso y es partícipe desde su inicio, no es ajeno a las vivencias y problemáticas presentes en el aula, cuestión que se considera importante para lograr el objetivo de recontextualizar los conceptos propuestos. Como parte de dicho proceso de recontextualización se hizo necesario reconocer de antemano cómo son concebidos los procesos energéticos por los estudiantes y qué significados coinciden con los hallazgos históricos ya expuestos, con el fin de entablar un diálogo intencionado entre el objeto de enseñanza, el sujeto que enseña y quienes aprenden.

De acuerdo con las consideraciones anteriores, se ha seleccionado un enfoque de investigación cualitativo, mediante el cual se pretende comprender las concepciones que tienen los estudiantes sobre la conservación, transformación, transferencia y degradación de la energía y cómo son utilizados por los estudiantes en diferentes situaciones; también se intentó develar los posibles factores que conducen a ideas de los estudiantes contradictorias con las definiciones científicas.

En este sentido, la perspectiva cualitativa en esta investigación se asumió como un proceso que se desarrolla entre eventos observados en ambientes naturales y su interpretación. Tal como lo enuncian Hernández, Fernández y Baptista (2010): “su propósito consiste en reconstruir la realidad tal y como la observaron los actores de un sistema social previamente definido” (p.9); intenta encontrar sentido a los fenómenos en términos de los significados que le otorgan los sujetos y comunicarlos al lector mediante una *descripción densa* (Stake, 1999). Así pues, los participantes proporcionaron información que fue analizada e interpretada por los investigadores, con el fin de contribuir con la presentación de una forma alternativa para la enseñanza de los procesos energéticos en dicho contexto.

### **3.3 Sobre el estudio de casos**

Acorde con los planteamientos anteriores, la particularidad que se pretendía describir y analizar, se abordó mediante un estudio de casos, el cual, brindó la posibilidad de estudiar situaciones en un contexto concreto y recopilar los datos necesarios para lograr los objetivos propuestos en la investigación. Según Durán (2002, citado por Rodríguez & Valdeoriola, 2009),

los estudios de casos permiten postular conceptos nuevos y sus posibles relaciones, comprender fenómenos, situaciones o personas que se estudian de manera intensiva y profunda; además, para Yin (1989, citado por Martínez, 2006) con este tipo de investigación se puede examinar un fenómeno o situación contemporánea en su entorno natural, en la cual no se distinguen sus fronteras con el contexto y se obtienen los datos de diversas fuentes.

De modo similar, Stake (1999) describe los estudios cualitativos como aquellos que buscan modelos de relaciones entre casos o fenómenos complejos de manera imprevista y por lo tanto no son controladas por los investigadores; por consiguiente, “de los estudios cualitativos de casos se esperan descripciones abiertas, comprensión mediante la experiencia y realidades múltiples”. (Stake, 1999, p.46) y no una respuesta única y definitiva ante el problema planteado.

Una ventaja de este tipo de estudio radica en su carácter crítico, “en la medida en que el caso permite la confirmación, modificación o ampliación de una teoría o conocimientos disponibles sobre el objeto de estudio” (Yin, 2009, citado por Rodríguez & Valdeoriola, 2009, p.59). Gracias a la información adquirida por el investigador, es posible describir y explicar de manera causal realidades complejas de manera detallada, con la posibilidad de generar posturas teóricas e incluso algunas soluciones para dicha situación u otras similares (Jiménez, 2012); es decir, el estudio de casos admite una *replicabilidad* en contextos que se asemejan (Yacuzzi 2005, citado por Álvarez & Maroto, 2012).

Según la revisión de la literatura, presentada brevemente en el primer capítulo, la descripción de cómo comprenden los estudiantes los procesos energéticos, ha sido poco explorado, ya que los estudios se han centrado en el concepto de energía propiamente, su conservación y en los últimos años se ha puesto la atención en la degradación; por esta razón, se considera pertinente la realización de este estudio de casos que presenta un *carácter revelador*, permitiendo “observar y analizar un fenómeno o hecho particular relativamente desconocido en la investigación educativa y sobre el cual pueden realizarse aportaciones de enorme relevancia” (Rodríguez Gómez & otros, 1996, citado por Alvarez & Maroto, 2012, p.4).

La intención de esta investigación no consiste en la evaluación de propuestas educativas ni verificar una hipótesis con la intención de generalizar sobre una proposición teórica, sino que más bien, lo que se buscó fue un análisis profundo del discurso de cada caso y basados en ello diseñar una propuesta de enseñanza de los procesos energéticos inspirada en el trabajo histórico (disciplinar), con una mirada pedagógica de dichos contenidos en la enseñanza y bajo la concepción de la didáctica de las ciencias como una disciplina que ha de construir el maestro luego de conocer los diversos juegos de lenguaje presentes en el contexto de los estudiantes y de la ciencia (Palacio, Machado & Hoyos, 2008).

El papel de los estudiantes fue clave en el proceso, y le dan a este estudio de casos un carácter *instrumental* según la clasificación de Stake (1994); en este tipo de estudio, no es de interés particular estudiar los sujetos informantes en sí mismos, sino lo que ellos puedan decir acerca del objeto estudiado, y en esa medida, según Álvarez y Maroto (2012), permiten la formulación de proposiciones teóricas acerca de dicho objeto. Además, acorde con los planteamientos de Pérez-

Serrano (1994, citado por Álvarez & Maroto, 2012), se trataría de un estudio de casos *interpretativo*, ya que “los datos se utilizan para desarrollar categorías conceptuales o para ilustrar, defender o desafiar presupuestos teóricos defendidos antes de recoger los datos” (p.6), los cuales serán contrastados con la información obtenida de la literatura internacional.

### 3.3.1 Los casos y los criterios para su selección

En esta investigación, la elección de los casos se hizo atendiendo a ciertos criterios definidos de antemano por los investigadores; el principal criterio estaba en relación con el hecho de que el caso pudiera brindar información necesaria y relevante que contribuyera al cumplimiento de los objetivos proyectados. Esta fase de selección no fue una tarea fácil, sin embargo, se apoyó de los registros del diario pedagógico, en el que se consignaron los posibles casos, se les hizo seguimiento, hasta decidir quiénes de ellos podrían participar de manera comprometida..

De conformidad con lo anterior, Neuman (2009, citado por Hernández, Fernández & Baptista, 2010) afirma que:

En la indagación cualitativa, el tamaño de muestra no se fija a priori (previamente a la recolección de datos), sino que se establece un tipo de unidad de análisis y a veces se perfila un número relativamente aproximado de casos, pero la muestra final se conoce cuando las unidades que van adicionándose no aportan información o datos novedosos. (p.395)

Es por esto que con los criterios elaborados conforme a los propósitos de la investigación, se hizo la elección de unos casos de forma tentativa y posteriormente se aplicaron varios filtros. La



cantidad no responde a una necesidad de representatividad porque como lo reseña Hernández et al. (2010): “en los estudios cualitativos el tamaño de muestra no es importante desde una perspectiva probabilística, pues el interés del investigador no es generalizar los resultados de su estudio a una población más amplia” (p.394); a lo que sí atiende esta selección es a ciertos factores señalados por estos autores en relación con la capacidad operativa de recolección y análisis de información, una cantidad suficiente para comprender el fenómeno, al tiempo requerido y la accesibilidad de los casos.

Los cuatro casos seleccionados se eligieron bajo los siguientes criterios:

- *Pertenecer al grado décimo.* Con esto se pudo garantizar que los casos no hubieran recibido una enseñanza formal del contenido, ya que la intención era indagar sobre su conocimiento y no dar apreciaciones acerca de los procesos de enseñanza de sus profesores de ciencias.
- *Ser participativo y estar interesado.* Se estima que los casos con estas cualidades pueden explicitar con mayor facilidad sus opiniones o explicaciones ante diferentes situaciones que darán cuenta de cómo comprenden el tema en cuestión.
- *Tener compromiso y disponibilidad.* Los casos con estas características podrían garantizar la continuidad y evitar retrasos en la investigación, teniendo en cuenta el limitado tiempo que se tenía disponible y porque se requería aplicar algunos instrumentos en jornadas extracurriculares.

Esta elección se hizo durante la inmersión en el campo, donde se realizaron observaciones que fueron sistematizadas en un Diario Pedagógico, como se mencionó anteriormente; se tuvo acercamiento a tres grupos de estudiantes desde sus perfiles académicos y comportamentales, lo que ayudó a un primer filtro de los casos seleccionados; frente a esto Hernández et al. (2010) mencionan que “[...] en el muestreo cualitativo es usual comenzar con la identificación de ambientes propicios, luego de grupos y, finalmente, de individuos” (p.402).

### **3.4 Recolección de los datos: métodos e instrumentos**

La recolección de la información se realizó en 3 sesiones con cada participante, cada una con una duración de 2 horas aproximadamente. Las entrevistas se realizaron de manera individual y las otras actividades eran explicadas en parejas, pero cada caso trabajó individualmente en su hoja de respuestas. A continuación se describirán cada uno de los métodos e instrumentos utilizados en este estudio.

*Entrevista semiestructurada.* Fue un método abierto y flexible para recolectar información, estuvo de acuerdo con los planteamientos de Hernández et al. (2010) en el sentido de ser “una reunión para conversar e intercambiar información entre una persona (el entrevistador) y otra (el entrevistado)” (p.418); su principal objetivo fue, por medio de una serie de preguntas, generar una comunicación constante entre los casos y los investigadores, se buscó que el entrevistado se expresara libre y naturalmente, con el ánimo de reconstruir las interpretaciones globales acerca de los procesos energéticos en un momento posterior.

La entrevista semiestructurada (ver anexo 1) tuvo como centro el análisis de tres situaciones físicas propuestas por Robert Mayer (1862, 1973): la caída de los cuerpos, la colisión de bolas de

billar y el frotamiento de placas metálicas; se elaboraron algunas preguntas con base en las categorías construidas a partir de la lectura del teórico (categorías apriorísticas) y posteriormente, las respuestas dadas por los estudiantes, dieron lugar a otras categorías (categorías emergentes). También, los investigadores, durante dicha entrevista, profundizaron en algunos tópicos enunciados por los informantes que no resultaron lo suficientemente claros y que no permitían la construcción coherente de interpretaciones. Las entrevistas fueron grabadas para posteriormente transcribirlas y de esta manera facilitar el análisis.

*Actividad de simulación y actividad experimental.* Dado que los instrumentos no fueron aplicados en las clases regulares, los investigadores generaron unos encuentros donde se reunieran solo con los participantes (casos) del estudio. En estos espacios se aplicaron dos instrumentos, el primero consistía en una serie de preguntas en formato escrito, relacionadas con la transformación de la energía (Ver anexo 3), en la cual, los estudiantes también debían responder esta de manera escrita, a partir de la interacción con un applet, el cual puede ser descargado de la dirección <https://phet.colorado.edu/es/simulation/energy-forms-and-changes>.

En otro momento del trabajo de campo se utilizó un experimento, cuyo principal objetivo era estudiar las maneras como los casos comprendían la transferencia de energía (ver anexo 5). Cada uno de los instrumentos fue diseñado bajo las orientaciones del marco teórico y eran posteriormente validados; si bien cada uno tenía un centro de atención, al estar estos procesos tan vinculados entre sí, de alguna manera se indagaba por todos al mismo tiempo.

*Bitácora de observación.* La bitácora de campo o de observación participante es un medio para la recolección de información proveniente de la observación, descripción e interpretación que hace el investigador en el campo, mientras se enfoca en el estudio de los fenómenos en el contexto particular. Según Hernández et al. (2010) estos registros “evitan que se nos olviden aspectos que observamos, especialmente si el estudio es largo [...] el investigador decide qué es conveniente observar o qué otras formas de recolección de los datos es necesario aplicar para obtener más datos” (p.414).

En este estudio, el manejo de las anotaciones fue útil para adecuar algunos aspectos relevantes para la enseñanza que se desconocerían si se hubiera limitado a recoger solo información de tipo académico; las conclusiones de todas ellas se tuvieron en cuenta en el diseño de la secuencia didáctica. Por lo dicho anteriormente, el formato de observación tuvo como foco algunas características de los casos mostradas durante la interacción con los investigadores, tales como: las actitudes frente a las actividades, la familiarización con la temática y las dificultades que presentaron durante su desarrollo (Ver anexo 7).

*Diario de campo.* De acuerdo con Porlán y Martín (1999), el diario del profesor se constituye en una herramienta que facilita la investigación en el aula, que permite identificar problemáticas, sistematizar información y acceder a esta constantemente para su revisión, reflexión, análisis, contraste con las teorías y evaluación; la ejecución consciente de este proyecto, el diario pedagógico, le provee al maestro ideas para plantear propuestas de enseñanza que redunden en procesos más fructíferos de aprendizaje.

En este estudio se hizo necesario registrar en el diario pedagógico las experiencias más relevantes halladas durante la observación no participante, para identificar la problemáticas al interior del aula de clase, para caracterizar los estudiantes y realizar un seguimiento a aquellos que posteriormente asumieron el rol de participantes en el estudio de casos de acuerdo al perfil requerido.

### **3.5 Sistematización, análisis e interpretación de los datos**

Partiendo de la construcción de los instrumentos mencionados con anterioridad, se trató de organizar la información de tal manera que se pudiera interpretar y configurar en un patrón las respuestas de los participantes; de este modo, el análisis de éstos, se tornó en una estructuración de significados coherentes, analizados bajo las consideraciones expuestas en el planteamiento del problema, dando lugar, en algunos casos, a la emergencia de nuevas categorías. No obstante, la recolección y el análisis ocurrieron, como era de esperarse, prácticamente en paralelo y además, no estuvieron previamente establecidas a manera estándar, ya que cada estudio requiere de un esquema propio de análisis (Hernández et al., 2010, p.439).

Dado que en esta perspectiva de investigación el análisis de los datos no se rige bajo unas reglas universales, se optó por sistematizar la información recolectada usando matrices, el ítem que se ubicó en las filas o en las columnas se determinó atendiendo a la organización y optimización del espacio para facilitar el manejo de los datos. Para la actividad de simulación se hizo una categorización de las preguntas y al ser el concepto transformación el centro de interés, se optó por



realizar una matriz donde solamente se analizó dicho concepto, mientras que, los conceptos de conservación, transferencia y degradación, que también se exploraron pero en menor medida, se agruparon en otra matriz.

Para el tratamiento de los datos se utilizaron hojas de cálculo de Excel. En cada celda se colocaron las frases textuales o una paráfrasis de las ideas plasmadas por los estudiantes; en la columna final, los asertos que los investigadores inferían a partir de las respuestas de todos los casos a una misma pregunta y en la última fila, los asertos por caso, es decir, una descripción de cómo cada caso entiende el concepto de acuerdo con los términos y ejemplos utilizados al contestar las preguntas.

Se eligieron las líneas como unidad de análisis (Hernández et al., 2010). Esta estrategia resultó adecuada para analizar la información, ya que si bien, la frecuencia en el uso de los términos es importante para darse cuenta desde qué marco conceptual hablan los estudiantes para explicar variados fenómenos, el contexto de la palabra, es el que le da su significado y permite a los investigadores generar una posible explicación en torno a ellas, además de contrastar dichas cada idea con otras subcategorías.

Después de realizar el proceso anteriormente mencionado con cada instrumento de recolección de datos, se definió una matriz, en la que se contrastaron las categorías emergentes por cada tema, con aquellas que fueron establecidas a partir del análisis del teórico; este análisis permitió configurar las bases para la secuencia didáctica que tiene por objetivo abordar los procesos

energéticos. Sobre las categorías apriorísticas y las emergentes, se profundizará en el capítulo cinco, cuando se describa en detalle el análisis de la información.

### 3.6 Validación del proceso investigativo

Uno de los requisitos para garantizar el cumplimiento del proceso en un estudio de casos es que antes de emitir cualquier tipo de conclusiones sobre la información codificada se debe realizar un proceso de *triangulación*, el cual se constituye en una estrategia para la validación y confiabilidad de la investigación. Al respecto, Stake (1999, citado por Solano 2005) manifiesta que la triangulación ha sido considerada como “un proceso de uso de múltiples percepciones para clarificar significados, verificando la repetición de observaciones o interpretaciones” (p.116).

Una triangulación de investigadores se realizó mediante la puesta en común de los significados que cada investigador extrajo de los datos, la verificación de las interpretaciones realizadas por expertos, en los que se destacó el maestro asesor y las constantes socializaciones con pares investigadores pertenecientes a la línea de historia y epistemología de las ciencias. Por otro lado, al utilizar diferentes maneras de obtener información, tales como la observación, el discurso oral y el escrito, se llevó a cabo una triangulación de métodos. Adicionalmente, debido a las características con las que fueron construidas los instrumentos, en los cuales, se podía indagar por todas las temáticas de interés en la misma actividad, se realizó una triangulación de instrumentos (Álvarez & Maroto, 2012), en ellos se indagó por las ideas que tenían los estudiantes acerca de cada proceso tanto en la entrevista, como en la interacción con el simulador y las reflexiones surgidas

durante la actividad experimental (ver tabla 1). De esta manera, se analizó la coherencia de los discursos y se validaron las categorías emergentes.

Tabla 1.

*Distribución de las preguntas de cada instrumento por temática*

<b>Instrumento</b> <b>Tema</b>	<b>Actividad</b> <b>simulación</b>	<b>de</b> <b>Actividad experimental</b>
<b>Conservación</b>	P2: b	P2: 3, 5
<b>Degradación</b>	P2: d	P1: 6, P3: 1
<b>Transformación</b>	P1, P2:a	P1: 5, P2: 2
<b>Transferencia</b>	P2: c	P1: 1-4; P2: 1, 4; P3: 2

En la tabla 1 se muestra la presencia de las diferentes temáticas en cada instrumento, la entrevista se omitió porque no se realizó de manera sistemática una división de momentos que atendieran al propósito de indagar por cada proceso en particular, allí las discusiones se presentaron entorno a varias situaciones físicas. Ambos instrumentos fueron orientados en tres momentos P1, P2 y P3, que significan parte uno, parte dos y parte tres respectivamente, y en cada uno de ellos se construyeron enunciados ordenados con los números arábigos y a sus respectivas preguntas se les enumeró o asignó un orden alfabético. En la actividad de simulación virtual por ejemplo, aparece la degradación en P2:d, lo que quiere decir que hubo una pregunta (literal d) del único enunciado que se construyó para la segunda parte del instrumento.



# UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

## Capítulo 4

### Análisis, hallazgos y discusión

A continuación se presentan los hallazgos de la investigación, por medio del análisis sistemático de la información recolectada con los instrumentos descritos anteriormente. Los participantes de la investigación serán llamados informantes, participantes, casos, o C1, C2, C3, y C4 cuando sea necesario particularizar, esto con el fin de hacer más fluida y amena la lectura. Con respecto a las citas de los informantes, estas han sido tomadas de todos los instrumentos analizados, pero en el texto no se indicará a cuál de ellos pertenece; si se quiere revisar en detalle, el lector puede remitirse a los anexos.

Para este análisis se tuvieron en cuenta algunos elementos relevantes encontrados en la literatura internacional, unas categorías apriorísticas construidas a partir de los planteamientos de Robert Mayer en las obras mencionadas y unas categorías emergentes que corresponden al resultado de la interpretación de las respuestas de los casos. Para construir las categorías emergentes, se organizó la información en matrices (ver anexo 9), en las cuales se facilitó hallar las coincidencias de los casos con respecto a cada temática (transformación, transferencia, degradación y conservación de la energía) y cuando no se encontraron similitudes, se explicó la interpretación realizada a cada caso de acuerdo con los hallazgos, los presupuestos teóricos y se contrastó con los reportes de la literatura. Adicionalmente, cabe advertir, que si bien se hizo un intento por ubicar en las filas de las tablas que resumen las categorías, las ideas que tuvieran cierta correspondencia, esto no siempre fue posible.



#### 4.1 La transformación de la energía

A partir de la indagación con cada uno de los instrumentos acerca del funcionamiento de sistemas como el molino, experimentos con el calor, situaciones de caída de los cuerpos, entre otros, la transformación es explicada por los casos a partir de los cambios que se evidencian en dichos sistemas; por ejemplo C1 utilizó palabras como: *generar, hacer un efecto y proporcionar*. Para este caso, esto es más notorio cuando la causa o el efecto es el movimiento; al respecto C2 hace referencia a la transformación como el hacer, particularmente *hacer mover* y expresó, por ejemplo, que “el movimiento se convierte en calor”. Por otra parte, C4, afirma que "podemos obtener varias energías de una sola", lo cual con respecto al funcionamiento del molino ilustra de la siguiente manera: “a partir de la caída de agua, se puede mover el molino y este a su vez evaporar agua, en una cadena de procesos.”

En los datos obtenidos se pudo interpretar, especialmente en la actividad de simulación y en la entrevista, que el movimiento es asumido como la causa y al mismo tiempo como el efecto de la energía que se ha generado en la caída del agua o el movimiento del molino. Sin embargo, el movimiento no es considerado un tipo de energía en sí mismo, contrario a los planteamientos de Mayer (1973), quien considera que “el movimiento es una forma de energía” (p.79), al cual, le concede además, el primer lugar entre todas ellas. Lo anterior se interpreta de los siguientes fragmentos:

*El movimiento como causa de la energía: "si el objeto en el movimiento produce mucha energía, la cantidad de calor aumenta." (C3)*

*El movimiento como efecto de la energía:* "la energía proporcionada por la distancia (altura) es mayor, entonces al otro extremo la bola se va a mover a la misma distancia que se puso a la primera." (C1)

De lo anterior surgió una categoría que fue denominada: la transformación de la energía como los cambios producidos en un sistema (ver tabla 2). En palabras de Mayer, estos cambios se le atribuyen a la propiedad de la energía de ser cualitativamente convertible, es decir, según Mayer (1862), la energía en un mismo sistema puede manifestarse de diferentes formas, permaneciendo inalterada en términos cuantitativos.

Los hallazgos en esta investigación, contrastan con lo argumentado por Núñez, Maturano, Mazzitelli y Pereira (2004) con respecto a la afirmación de que: "en pocos casos, la energía se relaciona con la capacidad de producir cambios" (p.114). Se evidencia en el análisis realizado que estos casos sí logran explicar la transformación en términos de los cambios que observan; algunos de los casos dicen al respecto que: "la energía cambia constantemente [...] transformar es cambiar" (C1); "el movimiento del molino se convierte en calor" (C2); "una cosa produce la otra... el movimiento del molino provocó el calor en el recipiente con agua" (C4).

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Tabla 2.  
*Categorías apriorísticas y emergentes sobre la transformación de la energía*

Categorías apriorísticas	Categorías emergentes	Revisión de la literatura
<p>La transformación de la energía como una característica de su conservación: la convertibilidad.</p>	<p>La transformación de la energía como los cambios producidos en un sistema. la</p>	<p>En pocos casos, la energía se relaciona con la capacidad de producir cambios (Núñez, Maturano, Mazzitelli y Pereira, 2004).</p>
<p>La energía se <i>convierte</i> de una forma a otra. Si un primer tipo es la causa de un cambio o efecto, este último puede ser cualitativamente diferente del primero.</p>	<p>La multicausalidad como explicación para la transformación de la energía.</p>	<p>No se encuentra la transformación de la energía en el caso de un objeto que cesa movimiento (Tobin, et al. 2011).</p>
<p></p>	<p>La transformación de la energía permite establecer relaciones proporcionales entre las variables de los (sub) sistemas en interacción.</p>	<p>La energía es analizada en cuerpos aislados y no como una interacción entre ellos formando un sistema (Solbes y Tarín, 1998; Constantinou y Papadouris, 2012)</p>

Una perspectiva energética de los modelos explicativos de los casos frente a los fenómenos físicos, permitió configurar una categoría emergente denominada: la multicausalidad como explicación para la transformación de la energía, ya que con la información obtenida en los

instrumentos aplicados, se hizo manifiesto el hecho de que una causa produce determinados efectos atendiendo al principio de causalidad; pero también, como este efecto se convierte a su vez en causa de otro, se logra establecer que los efectos también pueden constituirse en causas y en tal sentido es posible hablar de multicausalidad y de una cadena de transformaciones.

A partir de las interacciones de los casos con la actividad de simulación, se interpreta que C2, C3 y C4 coinciden en las descripciones que realizan del comportamiento de un sistema; esto lo hacen desde el caudal de agua que pasa por el grifo hasta el medidor de temperatura, una expresión que ilustra la situación es: "el agua que cae hace mover el molino [...] y que el tanque se caliente".

Los casos procuran establecer una asociación entre los distintos fenómenos con la relación que existe entre diferentes tipos de energía: C2 expresa que "el agua del grifo tiene energía mecánica... hace mover el molino convirtiendo la energía en eléctrica... llega al recipiente con agua y se convierte en energía térmica" estableciendo de esta manera una causalidad entre los diferentes tipos de energía y expresando como una causa como el movimiento del agua, dejando ver de este modo que se comprende el proceso de transformación de la energía en términos de "conversión". De igual forma C3 manifiesta que "al abrir el grifo, esta suelta una energía mecánica con el agua como vehículo, ésta hace que el molino se mueva y produzca energía eléctrica... la temperatura sube y hace que se produzca energía térmica".

Al tomar como referente los planteamientos anteriores y en vista de que algunas transformaciones se dan de forma unidireccional, la interacción de determinados sistemas, plantean

una equivalencia cualitativa de comportamientos que de acuerdo a ciertas limitaciones del programa (applet), no se permite evidenciar una reciprocidad del proceso multicausal que dé cuenta sobre cómo algo que fue causa puede convertirse en efecto al invertir el proceso. Frente a esto Solbes y Tarín (2008) plantean que “la energía es una magnitud que se asocia al estado de un sistema, que permite analizar los cambios o transformaciones -no sólo mecánicos- a los que está sometido en su evolución temporal” (p.178); en este sentido, las transformaciones energéticas que sufre un determinado sistema (en este caso el simulador virtual), se particularizan en la medida en que el sistema se encuentre conformado, de igual forma considerar la inversión del proceso para indagar sobre las transformaciones del sistema, hacen de este un estado diferente así comprenda los mismos elementos, puesto que aunque las transformaciones se asemejen, estas no necesariamente se dan en las mismas proporciones.

Aunque a partir de los presupuestos de Mayer y las apuestas de la literatura en relación con la identificación de las diferentes formas de energía, reconocer algunas de ellas como el calor, no siempre es sencillo. Este hecho, se podría considerar como consecuencia de la poca familiarización que se tenga con los diferentes tipos de energía y además, el tomar un cuerpo aislado para analizar su estado; es decir, al omitir los cuerpos o medios con los que el objeto interactúa y sobre los cuales podrían notarse ciertos efectos. En este sentido, ante la pregunta por el cese del movimiento, los casos afirman que la energía simplemente desapareció a causa de la fricción, pero no saben a dónde ha ido, o de qué otras maneras se ha manifestado.

Un ejemplo del hecho mencionado anteriormente, es proporcionado por Solbes y Tarín (1998), quienes presentan a un grupo de estudiantes una situación en la que involucran el sistema



pelota-suelo; en su estudio encuentran que “casi todos [los estudiantes] se centran en examinar, de manera exclusiva, las variaciones de la energía de la pelota. De esta forma, se reconoce que dicha energía disminuye porque cada vez rebota menos o porque pierde *fuerza*” (p.394-395)

En los casos C1, C3 y C4, especialmente durante la entrevista, pudimos notar que sus análisis se centran en objetos individuales; según C1 los cambios son explicados por las fuerzas que actúan sobre ellos, por su calidad de vivo o inerte, mientras que todos asocian la energía casi exclusivamente con el movimiento y no a su posible potencialidad para ocasionar efectos en otro cuerpo. En contraste, C2, aunque en primera instancia no pone de relieve las causas de la interacción entre un objeto (bloque de madera) y la tierra, luego asocia el movimiento del objeto con el hundimiento de una montaña de arena, provocado por el bloque, es decir, a un efecto en otro cuerpo debido a la interacción. Esta situación se ilustra en el siguiente diálogo extraído de la entrevista con el caso:

I (investigador): [Levanto un bloque de madera]... lo tengo quieto, elevando a cierta altura desde el suelo ¿tú crees que tiene energía?

C2: no, la que está gastando energía es usted.

I: ¿por qué no tiene energía?

C2: porque si está a una altura o si está sobre algo, no se está moviendo, entonces creo que no tiene energía.

I: y por ejemplo, si tú ves una pila sola por ahí.... ¿tú dirías que tiene energía?

C2: sí, porque la pila está como hecha como para tener energía adentro, para causar energía...

Para algunas cosas que la necesitan

I: [...] y esto [el bloque], ¿no puede causar nada, ahí dónde está?

C2: no.

I: y si yo lo suelto y este empieza a caer, ¿en algún momento tendrá energía?

C2: mientras está cayendo y mientras choca.

I: y mientras está cayendo ¿qué energía tiene?

C2: usted la soltó. Está moviéndose.

I: y cuando choca ¿qué?

C2: causa una energía, digamos que usted la deja caer contra arena, por lo que se hundirá, entonces causa energía.

En situaciones en las cuales no se especifican los elementos que conforman el sistema como en la actividad presentada sobre la caída libre de un bloque, los casos presentan diferentes explicaciones, sobretodo en términos de fuerzas y movimiento para justificar que los cuerpos no tienen energía; en cambio, en experiencias donde se muestran claramente las partes que conforman el sistema, tal como ocurrió en la actividad de simulación, sí mencionan diferentes relaciones causales, al evidenciar la aparición de una propiedad (cambio) en uno de los subsistemas. Adicionalmente, los informantes presentan relaciones de proporcionalidad entre algunas variables características de los sistemas en interacción, tales como altura, masa, velocidad y temperatura; lo

que para nosotros, indica que ante unos cambios cualitativos, los casos brindan una estimación acerca de las relaciones cuantitativas entre la causa y el efecto.

Al respecto, Mayer (1862), mediante algunos experimentos, relacionó distintas cantidades involucradas en el desarrollo de fenómenos que analizaba desde una perspectiva multicausal, asumió la convertibilidad y la indestructibilidad. Un ejemplo de ello se encuentra en el apartado en el cual intenta resolver el asunto de la relación entre, la hoy llamada energía potencial y el calor:

La caída de un peso es una real disminución de la masa de la tierra y debe por lo tanto, sin duda, ser relacionada con la cantidad de calor así desarrollada; esta cantidad de calor debe ser proporcional a la grandeza del peso y su distancia a la tierra. Desde este punto de vista fácilmente somos conducidos hacia las ecuaciones entre la fuerza de caída, el movimiento y el calor. (Mayer, 1862, p.375)

La relación de proporcionalidad entre el movimiento y el calor, fue identificada por nuestros informantes, aunque usaban indistintamente los términos: calor, temperatura y energía térmica; además, relacionaron el movimiento con la energía de caída, asociándolo con la altura y la masa de un cuerpo, lo cual hizo parte del análisis realizado por Mayer (1862), que condujeron a su intento de establecer las ecuaciones que mostrarían las equivalencias entre ellas. Los siguientes fragmentos de los discursos de C1 y C4, respectivamente, ilustran lo que interpretamos de sus respuestas en relación con esta temática: “su masa [del agua] es más grande, entonces su fuerza al hacer contacto con el molino aumenta el movimiento”; “entre más distancia tenga la esfera, más velocidad y fuerza obtenida al impactar con las otras esferas”.

Si bien, en los instrumentos utilizados no se enfatizó en las relaciones cuantitativas que se pudieran establecer entre los fenómenos, C1 y C2, ante algunos cuestionamientos durante la entrevista intentaron utilizar sus conocimientos en física (cinemática o dinámica) en este sentido, para ejemplificar sus razonamientos de manera aproximada, es decir, sin hacer cálculos reales. Por otro lado, Mayer (1862) le otorga un papel fundamental al planteamiento de las relaciones matemáticas que pudieran establecerse a partir de algunas ya conocidas (como las del movimiento en caída libre); de esta manera, a partir de sus presupuestos teóricos y con el ánimo de encontrar el equivalente mecánico del calor se plantea:

¿Cuán grande es la cantidad de calor que corresponde a una determinada cantidad de movimiento o fuerza de caída? [Y añade] El intento de mostrar que tal ecuación es la expresión de una verdad física puede ser considerado como la esencia de las observaciones anteriores. (Mayer, 1862, p.376)

De los hallazgos presentados anteriormente podemos concluir que la transformación de la energía es definida por los casos en términos de los cambios presentados en un sistema, los cuales son generados o causados por la energía que posee un objeto en acción o en movimiento. Los casos y Mayer coinciden, según la interpretación realizada, en que la transformación se evidencia solo cuando hay cambios cualitativos de la energía, sin embargo no afirman directamente que un cuerpo en movimiento tiene energía de algún tipo, sino que esta se genera por el movimiento y que el movimiento mismo es originado por alguna fuente de energía. Además de notar estas relaciones

cualitativas, los casos establecen proporciones entre ciertas variables que caracterizan cada parte de un sistema, pero sin llegar a cuantificarlas directamente.

#### 4.2 La transferencia de energía

Cuando una persona o un objeto están en movimiento, se suele atribuir dicho movimiento a la cantidad de energía que posee. Sin embargo, al preguntar a los casos de dónde surge esa energía, las respuestas más comunes tienen que ver con el impacto o contacto que haya tenido dicho objeto con otro, en un suceso anterior. En pocas palabras, según la interpretación realizada, esto quiere decir que un objeto le ha cedido energía a otro.

Lo anterior se evidencia cuando se les indaga a los casos, durante la entrevista, acerca de las razones por las cuales las bolas de billar se mueven, las expresiones más comunes entre C1, C2 y C4 son: “el golpe de la bola blanca produce el movimiento de la bola roja” (C1); “de pronto la bola blanca va con más fuerza y más aceleración y eso hace que la bola roja gire” (C4). De lo anterior, se puede interpretar que la transferencia de energía se produce cuando la energía se pasa de un cuerpo a otro, sin experimentar cambios en los efectos, los casos la definen con expresiones como: “un cuerpo transfiere energía al otro, por ejemplo el calor calienta el agua” (C1), “Dar a los demás objetos energía, regalar y que ya haga parte del objeto” (C2), “transferencia de energía es pasar energía de un cuerpo a otro” (C3 y C4).

Como se ha podido ver, el concepto de transferencia de la energía que tienen los estudiantes de transferencia de energía coincide con la interpretación que se ha realizado en Mayer (1862) sobre el concepto, no solo por el hecho de considerar la transferencia como una relación de causa y efecto,



en la cual los efectos no se distinguen de las causas, sino también, al considerar que la energía que se ha cedido es siempre la misma, es decir, conservando su magnitud; este hecho lo manifiesta C4 de la siguiente manera:

I: ¿En dónde se repartirá la velocidad?

C4: en el momento del impacto. Una [bola] para la [bola] roja y la que quede en la [bola] blanca, es que la blanca como que le cede un poquito a la roja

I: si le cede un poquito a la roja, ¿la otra velocidad que no le cedió dónde queda?

C4: en la blanca [...] o digamos que sí le cede toda

Cuando concluimos que los informantes consideran que “La energía que genera un objeto, sirve para provocar efectos similares en otros” (ver tabla 3) se reafirma la transformación de la energía en términos de la causalidad, en el sentido de que una acción que se puede identificar con algún tipo de energía, causa modificaciones en otro objeto del sistema, pero para este caso, dicho cambio se exterioriza de la misma manera que el causante, es decir, cualitativamente la causa es igual al efecto, por ejemplo: el calor causa calor. Además, en el plano de lo perceptivo es más reconocible que dichos fenómenos se conserven de manera cuantitativa por tratarse del mismo, es decir, se deja menos opción para creer que algunos efectos simplemente desaparecen.

Tabla 3.

*Categorías apriorísticas y emergentes sobre la transferencia de la energía*

<b>Categorías apriorísticas</b>	<b>Categorías emergentes</b>	<b>Revisión de la literatura</b>
La transferencia de energía como un caso particular de la transformación en el que una forma de energía provoca un efecto en otro sistema, pero de su mismo tipo.	Transferencia de energía es pasar energía de un cuerpo que la posee a otro cuerpo, conservando su magnitud.	Los estudiantes tienden a identificar calor con energía interna y, por tanto, concebir el calor como la cantidad de energía que posee un cuerpo en lugar de su proceso de transferencia (Constantinou y Papadouris, 2012, p.172)
	La energía que genera un objeto, sirve para provocar efectos similares en otros objetos del mismo sistema cuando hay un contacto.	Algunos estudiantes consideran la energía como un tipo de sustancia material transferida en algunos procesos (Trumper, 2006; Zamorano, Moro y Gibbs 2011)
	La fuerza (de choque) como causa de transferencia del movimiento.	Tendencia de los estudiantes a atribuir exclusivamente al aumento de la temperatura al calor (Constantinou y Papadouris, 2012, p.172)

Al respecto, Mayer, en una carta dirigida a su amigo Griesinger el 30 de noviembre de 1862 explica:

“Lo que el calor, la electricidad, etc., son en su forma interna no lo sé, tan poco como conozco la forma interna de la materia [...] pero yo veo la conexión de muchos fenómenos más claramente que lo que hasta ahora se ha visto, y que yo puedo dar conceptos buenos y claros sobre lo que es la fuerza”. (Mayer, 1862, p.11-12)

Y posteriormente, en una publicación, declara su rechazo incondicional a la naturaleza material del calor y la electricidad (Mayer, 1973). De esta manera, se reitera que para Mayer, lo fundamental en el estudio de la física son las relaciones entre fenómenos para describir cualitativa y cuantitativamente el mundo físico y no necesariamente lo que estos conceptos *realmente* son en el mundo material.

En el plano de las investigaciones en didáctica de las ciencias, Trumper (2006) y Zamorano, Moro y Gibbs (2011), entre otros, han señalado que algunos estudiantes consideran la energía como una entidad material, en especial cuando su forma es la electricidad; para nuestro caso podría revisarse esta concepción en relación con la idea de calor, aunque sin pretender agotar aquí esta problemática. En este estudio, si bien, los casos no manifiestan explícitamente que la energía o el calor sean fluidos, sí puede evidenciarse que ellos manifiestan la necesidad de que exista un contacto entre el calor o la energía térmica de un objeto con otro para transmitirla o con un medio que permita transferirla de uno a otro; estas aserciones pueden ser interpretadas a partir de las expresiones de los casos:

“La cafetera genera energía térmica que hace contacto con el recipiente” (C1)

“Entre más cerca, más calor transfiere (a la bomba) por su llama o fuego; el fuego le da calor a la bomba, esa es la energía” (C2)

“De la cafetera sale energía térmica [...] sus partículas cubren la superficie y no permite que el aire tenga contacto con el calor” (C3)

“El globo tiene un contacto con la emisión de calor que produce la vela, por medio del calor que produce la vela en el ambiente cercano al globo” (C4)

Las expresiones anteriores también pueden ser analizadas desde el punto de vista de las formas de transferencia de calor: conducción, convección y radiación, las cuales son mencionadas por Mayer en su artículo de 1973; sin embargo, es importante precisar que no hace parte de los objetivos de este estudio analizar exhaustivamente la problemática del calor o su naturaleza, aunque reconocemos que investigaciones en esa dirección adquieren relevancia en el progreso del estudio de la termodinámica y de otros campos de la física.

Ahora bien, tomando como referencia la exposición de Mayer (1973) respecto a la energía, en particular, ejemplos que ilustran con el billar, se evidencia que al haber contacto entre las diferentes bolas se efectúa un movimiento producto de la interacción, este hecho y los análisis de los modelos explicativos ante una situación de este tipo que fue propuesta durante la entrevista, dan pie para proponer una categoría la cual se ha denominado: la fuerza (de choque) como causa de transferencia del movimiento (energía).

A partir de este planteamiento, se puede decir que los casos usan términos como por ejemplo *impulso* o *fuerza del golpe* para hacer alusión a la manifestación que representa la interacción entre

las bolas de billar y lograr que aquellas que se encuentran estáticas cambien su condición para ponerse en movimiento; esto se puede evidenciar cuando los casos expresan:

“El taco le tuvo que haber dado como un impulso a la blanca... entonces con la trayectoria y el impulso se lo traspasa a la roja y permite que la roja se desplace” (C3)

“[...] Va perdiendo la fuerza del golpe” (C2)

“Al golpear la blanca con la roja disminuiría la velocidad, por la fuerza que está produciendo al chocar las dos fuerzas, ahí se repartiría más la velocidad [...] es que la blanca como que le cede un poquito a la roja” (C4)

De lo anterior se puede interpretar que la bola que se encuentra en movimiento cede algo de su energía a la otra logrando así que la segunda gane velocidad mientras la primera pierde algo de la que traía; es decir, el movimiento se traduce en movimiento lo que se podría comprender como transferencia de movimiento o transferencia de energía; esto concuerda con las consideraciones de Mayer (1973) cuando expresa que “el calor calienta, el movimiento mueve” (p.78).

A partir estos hallazgos relacionados con la transferencia de energía, se puede concluir, según interpretación realizada, que este proceso es definido por los casos como la acción que realiza determinado objeto (moverse, calentarse), la cual pasa a otro objeto por medio del contacto, sin presentar cambios; es decir, la causa es igual al efecto en términos cualitativos. En este sentido, Mayer deja ver claramente esta percepción a través de una situación con las bolas de billar, y es en este punto donde existe una coincidencia entre los casos y Mayer.



Particularmente en el estudio de la transferencia del calor se nota una conciencia importante entre los planteamientos del teórico y los informantes, en lo que respecta a su permanencia cuantitativa; es decir, hay un reconocimiento de que el calor se puede dispersar por el aire y a otros cuerpos, lo cual evidencia que no todo el calor es transferido de un sistema a otro, pero que en estos múltiples procesos de transformaciones y transferencias, la cantidad total medida antes y después debe ser la misma.

Adicionalmente, se observa una coincidencia entre los discursos de los casos y los resultados de un estudio en el que se afirma que “los estudiantes tienden a identificar calor con energía interna y, por tanto, concebir el calor como la cantidad de energía que posee un cuerpo en lugar de su proceso de transferencia” (Constantinou & Papadouris, 2012, p.172), en el sentido de que los casos hablan indistintamente de calor y energía interna y más allá de esto, establecen relaciones de causalidad entre la energía y el calor y algunas veces aseveran que estas son equivalentes.

#### **4.3 La degradación de la energía**

Hablar sobre gastar energía es común en el lenguaje cotidiano de las personas, al hacer referencia específicamente al uso de cierto tipo de energía, por ejemplo la electricidad o la energía lumínica, las cuales desaparecen en cuanto se desconecta el enchufe del electrodoméstico o se apagan los bombillos de la casa. Las formas en que se transforman estos tipos de energía no son fácilmente reconocibles, porque uno de los posibles cambios tiene que ver con la transferencia en forma de calor al medio circundante y, por tanto el restablecimiento continuo del equilibrio térmico,

que al tener como efecto un aumento tan bajo en la temperatura, no se asume directamente como consecuencia de estos fenómenos (electricidad o la radiación).

En este sentido, Zamorano et al. (2011) manifiestan que algunos de los estudiantes que participaron en una investigación realizada por ellos no explicaron el gasto o la disminución de la energía a partir de la interacción y el intercambio entre los cuerpos de un sistema, debido a que solo analizan uno de los cuerpos, tal como se ha explicado anteriormente. Como un ejemplo cotidiano podría considerarse un computador de escritorio, el cual requiere de energía eléctrica para funcionar; esta energía parece que no se sigue transformando en otras luego de su uso, sino que simplemente se gastó. Llegar a esta conclusión es común cuando no se busca minuciosamente las relaciones términos energéticos que tiene este aparato con el medio y por tanto al ignorar las diferentes transformaciones que se dan al interior del computador y sus posibles efectos, tales como el calor.

Es así como en ocasiones se reconocen los mecanismos por los cuales un tipo de energía particular *desaparece*, pero la dificultad reside en la identificación de los efectos producidos, que en cualquier circunstancia deben dar cuenta de la conservación, para mantener el axioma de la indestructibilidad; por ejemplo, los estudiantes mencionan que la energía del sol se agota por la fusión nuclear que ocurre al interior de cualquier estrella (Zamorano, Moro & Gibbs, 2011) o que la fuerza de gravedad y de rozamiento son las responsables de frenar una pelota que rebota en el suelo (Solbes & Tarín, 1998), pero no trascienden de estas explicaciones.

La degradación de la energía, fue objeto de análisis en la obra de Mayer (1842b), particularmente en sus apartados sobre el movimiento. En primer lugar, con respecto al cese del movimiento de un cuerpo sobre una superficie, afirma que desde tiempos inmemorables es aceptada la desaparición del movimiento con la fricción y para la ciencia basta confirmar este hecho mediante la experiencia aunque sea inexplicable el por qué sucede, simplemente así sucede, lo que se constituye en un aspecto axiomático, vía la organización de los fenómenos energéticos. Consecuentemente, dado el interés de Mayer por las medidas de las causas y los efectos, propone la siguiente experiencia:

Si, por ejemplo, se rozan dos placas de metal, vemos que desaparece el movimiento, y por otro lado hace su aparición, el calor [...] Por la fricción continua de dos placas metálicas durante un tiempo largo, podemos causar gradualmente el cese de una inmensa cantidad de movimiento; pero ¿alguna vez se nos ocurriría buscar hasta el más mínimo rastro de la fuerza que ha desaparecido en el polvo metálico que podríamos recoger, y tratar de recuperarla de allí? Repetimos, el movimiento no puede haber sido aniquilado. (Mayer, 1842b, p.374)

Esta búsqueda minuciosa que propone Mayer para justificar la conservación de energía, no es difícil para los casos cuando se les presenta la misma situación de las placas; particularmente C1 y C2 lo asocian con experiencias propias, simulan el ejercicio y por medio de sus sentidos detectan la presencia del calor: “le estamos aplicando una fuerza a cada placa [...] se crea una determinada energía de fricción. Estas quedan calientes por la energía creada [...] una energía es aplicada con las manos, por eso es que quedamos calientes y cansados” (C1).

Por el contrario, durante la entrevista, al presentarles la situación de la colisión de bolas de billar r(de igual masa), también propuesta por Mayer (1973), para explicar por qué se detienen las bolas, ningún caso identifica la transformación del movimiento en calor; lo cual se puede ilustrar cuando expresan: “[la bola] se... desaceleró [...] digamos que la fuerza de fricción la paró” (C1); “[la bola] va perdiendo velocidad cada vez que vaya pegando contra algo” (C3).

Al continuar con el ejercicio de las bolas de billar, se nota que no todo el movimiento que proporciona la bola blanca (la que golpea a las demás) es transferido a la bola roja (la que es golpeada), sino que debido a la irregularidad de la superficie de la mesa de billar la primera bola pierde algo de su velocidad y posteriormente la bola roja también perderá su velocidad debido a la fricción con la mesa y a los golpes proporcionados a los bordes de la mesa, por lo tanto no todo el movimiento se transforma en movimiento conservando su magnitud, se ha degradado. Si bien en este experimento mental no se logró evidenciar la conservación del movimiento (energía) porque hay una continua transformación en calor, lo esperado en una situación ideal, es que absolutamente toda la velocidad que tenía al principio la bola blanca sea exactamente aquella que se le mida luego a la bola roja.

En situaciones como esta, en la que no se identifica el calor como el efecto producido por el cese de movimiento, se podría interpretar que la energía (movimiento), como ya lo manifestamos anteriormente, se pierde porque la fuerza de fricción la frena, dando a entender que ahí terminó la cadena de transformaciones, porque no siempre se reconoce el calor como el efecto producido.

En este sentido, la degradación es considerada como la energía que se descompone, es decir, cuando no existen cambios perceptibles tales como el movimiento o el calor, no se considera una conservación de la energía, por el contrario, la energía desaparece, tal como lo expresa C1. Esta situación se evidencia en las siguientes expresiones: “La energía que genera la vela es térmica, esta al hacer contacto con la bomba no se transforma en ningún otro tipo de energía, simplemente se descompone” (C1), sin embargo frente al movimiento y choque de esferas en el péndulo de Newton, este caso afirma: “...las esferas se siguen moviendo indefinidamente después del impacto [...] porque en este caso la energía no se descompone y su magnitud al ser siempre igual hace que el péndulo no pare” (C1), asumiendo en este último caso una posición ideal de la situación, quizás por lo imperceptible que fue para C1 reconocer el calor como un efecto del movimiento en la colisión de las esferas.

Por otro lado, este gasto de energía (descomposición) se justifica en términos de la interacción entre elementos de un sistema, así, un cuerpo va perdiendo energía en la medida en que tiene contacto con otros, en palabras del C3: “[la bola roja] va perdiendo velocidad cada vez que vaya pegando contra algo”, y C4 expresa que: “[la bola roja] pierde energía al golpear cada morrito [irregularidad de la superficie]”. A partir de lo anterior surgen dos categorías: la transformación en calor como manifestación de la degradación de la energía y la energía se degrada porque al interactuar con otros elementos se descompone (ver tabla 4).

Tabla 4.

*Categorías apriorísticas y emergentes sobre la degradación de la energía*



Categorías apriorísticas	Categorías emergentes	Revisión de la literatura
<p>La degradación de la energía como la transformación de energía en otros tipos no deseados; es decir, la imposibilidad de transformar toda la energía de un tipo a otro, para producir un efecto útil en una actividad humana específica.</p>	<p>La energía se degrada porque al interactuar con otros elementos se descompone.</p> <p>La transformación en calor como manifestación de la degradación de la energía.</p> <p>La degradación de la energía como la transformación en energías poco aprovechables y como transferencia de energía que puede despreciarse o no es fácilmente perceptible.</p>	<p>La degradación es confundida con la transferencia a otras partes (la energía se disipa, se dispersa por el aire) (Pintó, Couso y Gutierrez, 2004)</p> <p>Diferencia entre gastar energía y la interacción de un cuerpo con otros. Algunos estudiantes no tienen en cuenta el intercambio de calor al explicar ciertos fenómenos (Zamorano, Moro y Gibbs 2011)</p> <p>La disipación de formas perceptibles de energía en energía térmica en el medio ambiente es uno de los obstáculos conceptuales más difíciles. (Tobin, et al. 2011, p.639)</p>

Lo anterior, es una muestra de cómo los casos manifiestan una pérdida de energía de las bolas al contacto con determinadas superficies, sin embargo, no se hace explícita la transformación

que se da a partir de esta interacción, lo cual es argumentado por Tobin, et al. (2011), cuando expresan: “la disipación de formas perceptibles de energía en energía térmica en el medio ambiente es uno de los obstáculos conceptuales más difíciles” (p. 639). Esta situación se da, debido a que en diversos momentos dichas transformaciones se desprecian, bien sea por la condición de imperceptibles, porque se convierten en un fenómeno que es de poco interés en un estudio particular, o por el hecho de que se transformaron en fenómenos poco aprovechables.

Los planteamientos anteriormente descritos permiten plantear una categoría la cual se ha denominado: la degradación de la energía como transformación en energías poco aprovechables y como transferencia de energía que puede despreciarse o no es fácilmente perceptible. En esta categoría se manifiesta que es poca o nula la interpretación que los casos realizan sobre transformaciones como el calor debidas a la fricción, tal como se ha expuesto anteriormente y tampoco, en estos análisis se tienen en cuenta el fenómeno del sonido, producido durante el contacto de dos bolas de billar, como una de las posibles transformaciones de energía que se produce en esa interacción.

Por otra parte, pensar en el aprovechamiento de una determinada energía en toda su magnitud, es una consideración que puede desligarse de cualquier tratamiento mecánico que intente dársele, puesto que de acuerdo con el sistema en el que tenga aplicación, se darán diversas transformaciones de poca utilidad y como caso típico está el calor. Frente a este hecho, Mayer (1973) en uno de sus escritos tomaba como ejemplo el uso de combustible (carbón) para el funcionamiento de una máquina de vapor, al cual le atribuía un porcentaje de aprovechamiento en

movimiento de un 5%, expresando que “es un problema tecnológico minimizar tanto como sea posible el indeseado efecto de la combustión, esto es la liberación de calor en el espacio (sin que haga trabajo útil)” (p.85).

#### **4.4 La conservación de la energía**

En la perspectiva de Mayer (1862), se puede inferir que para hablar de la conservación de la fuerza (la energía como se le conoce actualmente), no es suficiente con mencionar que una magnitud permanece constante, sino que, además, para remitirse a este principio fundamental de la física, es necesario tener en cuenta dos aspectos: la indestructibilidad y la convertibilidad. Estos dos axiomas se constituyen en la base para comprender la conservación de la energía. En consecuencia, al tratar de analizar cómo los casos comprenden el PCE, se requirió examinar en profundidad lo relativo a estas dos propiedades; para esta parte del análisis, se tiene como prioridad la indestructibilidad, ya que la convertibilidad nos garantiza la transformación de la energía, proceso que ya ha sido analizado en otro apartado de este capítulo.

Se indagó por la conservación por medio de situaciones cotidianas como la colisión de bolas de billar o el movimiento de las esferas en el péndulo de Newton. Frente a esta último, los casos C1 y C2 coincidieron en que el movimiento continuaba indefinidamente, para C1 la razón era que “no se pierde energía, siempre es igual”, en lo que se interpreta que, aunque se desconocen las diversas formas que puede tomar la energía en determinados procesos como la colisión de cuerpos, sí se tiene una idea de conservación, especialmente cuando los casos dan cuenta de cambios que son fácilmente perceptibles; por ejemplo el movimiento de una bola provoca el movimiento de otras y

el proceso sigue indefinidamente porque la energía no se pierde, en palabras de C1 “[..] Porque en este caso la energía no se descompone y su magnitud al ser siempre igual hace que el péndulo no pare”.

En condiciones ideales, como el péndulo de Newton, se espera que, tal como lo supusieron los casos, aunque en otros términos, que toda la energía cinética de una esfera se transforme en la energía cinética de otra esfera, incluso, esta primera energía cinética es cuantitativamente igual a la energía potencial de la última esfera, este hecho supone la conservación de la energía; todos los casos coincidieron en ello y, C2, C3 y C4, lo explicaron en términos de las fuerza producidas en el momento en que chocan las esferas. La situación fue mostrada en un video, pero los casos C1 y C2 no observaron cuando el movimiento de las bolas disminuía, factor que pudo haber influenciado su respuesta inicial. Si para examinar la conservación se propusiera esta situación con una observación más prolongada, se deberían encontrar otras transformaciones del movimiento como el calor o el sonido, e intentar cuantificarlas para verificar el cumplimiento del PCE, cuestión que representa una limitación en esta investigación, cuyo énfasis ha sido la conceptualización de los procesos energéticos.

Por otro lado, con respecto al movimiento de las bolas de billar, C4 manifiesta que “la velocidad que lleva la [bola] blanca es como si se la pasara a la [bola] roja”, cuando se les indaga por la relación entre las velocidades de cada bola antes y después de la colisión. A partir de lo anterior, establecimos una categoría, que se denominó: la conservación de la energía es evidente en el movimiento de los objetos (Ver tabla 5).

Estos conceptos estructurantes que propone Mayer (1862): indestructibilidad y convertibilidad, constituyen la ruta de configuración de cada proceso relacionado con la energía, sin embargo, el principio de la conservación desde sus raíces se ha tornado como un referente para la comprensión de los demás procesos energéticos; esto se puede considerar al momento de analizar las transformaciones que experimenta un determinado sistema, en cada una de las interacciones se intenta justificar cómo cualitativamente, una serie de fenómenos son equivalentes a los otros fenómenos que los producen, lo que posibilita establecer una equivalencia en términos de energía.

Aunque en ocasiones tratar de escrutar hasta el más mínimo fenómeno como efecto de una determinada causa se torna complejo de analizar, según sea la situación, generalmente no se escatiman esfuerzos en hacerlo para dotar de sentido el tratamiento cuantitativo que se le da a la conservación de la energía. No obstante, existen diversas transformaciones de la energía que son imperceptibles principalmente para nuestros sentidos y a medida que se evidencia una disminución de energía, que no puede ser sustentada con gran facilidad bajo algún fenómeno, se podría llegar a considerar un gasto o pérdida de energía; al respecto, Tobin et al. (2011) plantean que “la idea de la disipación de energía es extremadamente difícil y es un gran obstáculo para el pleno desarrollo de la comprensión y la creencia de que la energía se conserva” (p.638).

Tabla 5.

*Categorías apriorísticas y emergentes sobre la conservación de la energía*

---

<b>Categorías apriorísticas</b>	<b>Categorías emergentes</b>	<b>Revisión de la literatura</b>
---------------------------------	------------------------------	----------------------------------

---



---

La conservación de la energía como la conjunción de dos propiedades fundamentales: la indestructibilidad y la convertibilidad

La conservación de la energía se hace evidente en la velocidad de los objetos del movimiento.

“No se presenta la noción de conservación pues la energía puede surgir de repente de algo que no tenía energía” (Solomon, 1987, citado en Assis y Baierl 2003, p.46)

La energía (fuerza) que se transmite a otros elementos, no se pierde al ser dispersada o trasladada a otro cuerpo, su magnitud total permanece constante.

“[...] La idea de la disipación de energía es extremadamente difícil y es un gran obstáculo para el pleno desarrollo de la comprensión y la creencia de que la energía se conserva.” (Tobin, et al. 2011, p.638)

---

La confusión entre conservación y degradación, destacado en la literatura revisada, es tratado en este estudio desde otras ópticas, no tan profundas, debido a que se abarcaron todos los procesos energéticos; sin embargo, algunos hallazgos en esta investigación, son contrario a lo que reportan investigaciones como la de Tobin et al. (2011). Para ilustrar, en una de las situaciones, que consistía en la interacción con un applet, se le preguntó a los casos si ¿Toda la cantidad de vapor que sale de la cafetera se convierte en movimiento del molino?, estos manifestaron que no todo el vapor era utilizado para mover el molino porque la parte restante se esparcía, y debido a que su atención no se centró exclusivamente en el molino, no se consideró dicha pérdida de vapor como una degradación sino como el inicio de otra cadena de transformaciones, paralela al movimiento del molino.

En lo anterior, se infiere la conservación en la medida en que se identifican otros cuerpos o medios con los que el vapor hace contacto, aunque en algunas circunstancias no se reconozcan las otras transformaciones, como el calor y a pesar de que el aspecto cuantitativo permanezca implícito. Es por estas razones que, se interpretó, en los casos, una postura en la que la degradación no contradice el PCE, porque degradar es transformar. Esta última afirmación está en consonancia con la sugerencia de Zamorano et al. (2011) sobre la importancia de clarificar la relación entre la degradación y la conservación, para que dichos procesos, en la enseñanza, no parezcan conceptos que se contradicen, sino que se complementan.

En este capítulo se han descrito cada uno de los procesos y se da cuenta de ellos de manera inseparable; se nota lo unificador y estructurante que resulta ser la conservación de la energía, al implicar la transformación en diferentes tipos de energía, la transferencia de una forma de energía a diferentes medios y objetos, manteniendo su magnitud constante en los diversos ciclos. Por otra parte, consecuente con las consideraciones anteriores, es lícito pensar que, el PCE más que ser un enunciado que concreta comportamientos de la energía, se constituye en una manera de ver y de organizar los fenómenos, es decir, se constituye en una estrategia que orienta y fundamenta maneras de resolver situaciones físicas.

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

## Capítulo 5

### Implicaciones didácticas

A partir del proceso de reflexión teórica sobre los procesos energéticos desde un punto de vista histórico y epistemológico se logra poner en evidencia las valiosas herramientas y saberes que logra construir un maestro mediante los estudios histórico-críticos, tales como: la claridad conceptual y metodológica frente a la ciencia como actividad humana; el estudio profundo de algunos objetos de conocimiento a la luz de las problemáticas del pasado y las que atañen al presente; y la adquisición de un nuevo discurso frente a la pedagogía, la didáctica, la historia, la epistemología y la física de manera articulada, guiando el proceso de intervención en el aula de clase.

Se ha reconocido muy fructífera la profundización en lo disciplinar, en el *saber física*, lo que para Ayala (2006), implica un conocimiento sobre “la concepción de mundo físico, [...] la forma como se puede, a partir de ella, derivar los diferentes conceptos y leyes, [...] los fenómenos inscritos en el dominio de esta y establecer los nexos con la experiencia sensible” (p.25). De esta manera, saber una teoría física no se reduce al dominio de los conceptos, leyes, ecuaciones matemáticas y experiencias del mundo natural que pueden ser descritas con ella, sino que va más allá; compromete el conocimiento sobre su origen, cómo fue construida por los científicos en una determinada época, qué problemas pretendían resolver, cómo influyeron en el pensamiento y las prácticas cotidianas de las sociedades a las que pertenecían, cuál fue el papel otorgado al experimento y cómo se validó dicha teoría.

El acercamiento a los conceptos desde un teórico clásico ha dado como resultado, la experiencia de estudiar la física desde otra óptica, en la cual se evidencia su constitución histórica y cultural, orientada por intereses políticos, sociales y económicos que permean la actividad científica. Su contribución a la toma de una postura crítica, por parte de los profesores, frente a la asignatura que enseñan y a un mejor conocimiento sobre la estructura de la ciencia (Matthews, 1994), es indudable. Así mismo, ha provocado en los investigadores otras imágenes sobre la enseñanza de las ciencias, su fin en la educación media y secundaria, así como las maneras de proceder metodológicamente en el aula, puesto que, la concepción de ciencia de los maestros juega un papel importante en su labor pedagógica (Ayala, 2006).

Las consideraciones epistemológicas que son construidas acerca del saber disciplinar, se constituyen pues, en lineamientos teóricos para que los profesores tomen decisiones en relación con las disposiciones didácticas, en consecuencia, la intervención en el aula no es vista como un problema que requiere únicamente de la organización de contenidos y la planificación de la enseñanza (Aguilar, 2006) para llegar a buen término; esta forma de pensar, supondría que la física es un producto verdadero, acabado, que solo requiere ser comunicado a los estudiantes, sus interlocutores. Contrario a esta postura, se considera que el problema de la enseñanza de las ciencias debe ser pensada conjuntamente desde lo conceptual y metodológico, con miras a construir nuevos puentes entre el conocimiento científico y el conocimiento de los estudiantes. En este proceso se ha reconocido la recontextualización de saberes científicos (Ayala, 2006) como una manera de lograr estos objetivos.

La idea de retomar la historia como punto de partida para que los profesores se conecten de manera íntima con la materia no es nueva, ya había sido propuesta por otros autores, entre ellos Roth (1970), quien sugiere además, tener en cuenta en la planificación de la enseñanza unas consideraciones pedagógicas, psicológicas y metódicas, que aunque no se han llamado de manera semejante, han sido integradas en este trabajo. De esta manera, el acercamiento primario entre el maestro y la disciplina es fundamental para el resto del proceso que encierra la enseñanza; de hecho, se afirma que las concepciones que adquiere el profesor sobre la filosofía de la ciencia influyen en sus prácticas, más aún, que “los modelos utilizados en la didáctica también tienen raíces en la filosofía de las ciencias” (Mellado & Carracedo, 1993, p.334).

De igual manera, significar la física como un sistema cultural construido por el hombre, implica que la enseñanza sea concebida desde una perspectiva constructivista; esta idea ha sido justificada en el cómo aprenden los estudiantes las nociones científicas y con el objetivo de transmitir una imagen de la ciencia cercana a la que es actualmente aceptada en la comunidad académica. Al respecto, Mellado y Carracedo (1993), afirman que:

La teoría constructivista del aprendizaje considera que el estudiante construye de forma activa su propio conocimiento, en el contexto social en el que se desenvuelve, y partiendo de su conocimiento anterior. Las teorías elaboradas por los estudiantes tienen también para ellos coherencia y utilidad, y se corresponden con las experiencias intuitivas que han tenido a lo largo de sus vidas (p.336).

De ahí la necesidad de reconocer los saberes que poseen los estudiantes sobre el mundo físico y encontrar los puntos de encuentro entre sus experiencias y el conocimiento



científico, para que dichos contenidos puedan ser asimilados por ellos de manera significativa.

Todos estos presupuestos le dejan como tarea a los investigadores y en general a los profesores, generar las condiciones necesarias para que los estudiantes establezcan relaciones adecuadas entre el conocimiento científico y las situaciones “en la[s] que resulte posible al estudiante organizar y ampliar su experiencia, estableciendo una relación de diálogo con los aportes de otros pensadores y, en general, con la información que circula en su medio cultural” (Ayala, 2006, p.28).

El resultado de reflexionar sobre todos estos factores que inciden en la enseñanza, ha sido la construcción de una secuencia didáctica para la enseñanza de los procesos energéticos, orientada tanto desde los presupuestos teóricos sobre la física y su constitución, la construcción teórica sobre los procesos energéticos realizada por Robert Mayer, las ideas que los estudiantes se han formado sobre ellos y las disposiciones didácticas que se consideran pertinentes para la aprehensión de estos conceptos, según los hallazgos del estudio de casos.

### **5.1 Recomendaciones para la enseñanza**

En cualquier proceso de investigación, en especial aquel que tienen como fin hacer propuestas de innovación educativa, se debe sistematizar todos aquellos aspectos que caractericen, o involucren a los participantes, ya que estas pueden confirmar hipótesis comunes sobre las

actitudes de los estudiantes en ambientes de aprendizaje o quizás sean novedosas para la investigación educativa; en todo caso, estas pueden ser de utilidad para la intervención pedagógica.

En el presente estudio se utilizó la bitácora de observación como instrumento de recolección de toda la información relativa al ambiente de ejecución de la investigación: las sensaciones, opiniones y dificultades de los participantes. La mayoría de estas recomendaciones tienen que ver con el diseño de propuestas didácticas y la organización del aula y al final se hacen dos recomendaciones en relación con la metodología de investigación. Por lo tanto, se espera que estas apreciaciones no solo sirvan para el diseño de la secuencia didáctica que se presentará a continuación, sino también a profesores en formación y en ejercicio que se interesan en la enseñanza de la energía y de los procesos energéticos.

Las consideraciones que se proponen son las siguientes:

- Realizar distintos tipos de actividades: individuales y grupales, que equilibren las preferencias de estudio de los estudiantes.
- Proponer espacios de discusiones en diferentes contextos: analíticas y prácticas.
- Diseñar actividades en las que se relacionan la energía con temáticas anteriores como las transformaciones de la energía y otras que estén relacionadas con la participación de este tema en la cotidianidad, como en noticias, documentales, comerciales, etc.
  - Crear situaciones en las que los estudiantes contrasten algunas visiones que han formado sobre la energía, como por ejemplo su nexo incondicional con los seres vivos, ya que en un inicio se les dificulta atribuir energía a objetos inertes.

- Seleccionar y adaptar situaciones cotidianas para explicar ciertos aspectos de la energía, aunque sin esperar que estas, por el hecho de ser conocidas, sean de interés para los estudiantes, ya que ellos no siempre encuentran una justificación clara al por qué tienen que analizar acontecimientos de la vida diaria desde la física, si las respuestas a ellos, como el caso del juego de billar, son naturales, con reglas que provienen de la experiencia; en otras palabras, no han necesitado la física para jugarlo.
- Aclarar a los estudiantes que existen diferentes marcos teóricos mediante los cuales puede analizarse un fenómeno físico y que en ocasiones mezclarlos no es tan conveniente; tal es el caso de la mecánica clásica, donde las explicaciones se basan fundamentalmente en las fuerzas y la energética donde se hace uso de los diferentes tipos de energía.
- Esclarecer en la intervención por qué un cuerpo a cierta altura tiene energía potencial a pesar de que no se mueva, como análogamente sucede con una pila que *almacena* energía y es utilizada para mover objetos. Esto se hace necesario porque ninguno de los casos reconoció que un objeto en reposo elevado del suelo tiene energía.
- Tener en cuenta que en las explicaciones a los fenómenos (por ejemplo de la caída libre) los estudiantes no acudirán en primera medida a la energía sino a otras conceptualizaciones que han sido tratadas en sus clases de física, por lo que a la hora de hacer las actividades de exploración de las ideas de los estudiantes, es conveniente explicitar que los análisis se realicen en términos energéticos.
- Realizar ciertos análisis antes de iniciar una actividad experimental, exponiendo las problemáticas o factores que van a intervenir; para esto se pueden hacer preguntas orientadoras que faciliten los trabajos prácticos e incluso puede pedirse a los estudiantes que de antemano formulen otras preguntas y planteen sus propias hipótesis para luego ser comprobadas.

- Confirmar la disposición de los recursos necesarios como los computadores con los software para llevar a buen término las actividades.
- Procurar un ambiente de más confianza durante las entrevistas y otros momentos de recolección de datos, donde los casos no se vean coaccionados para responder al saber que son grabados; es ideal que ellos puedan expresar con más tranquilidad aquellos conceptos que han desarrollado mediante sus experiencias y no necesariamente en sus clases de física, sin temor a equivocarse y que no pretendan ofrecer las respuestas que el entrevistador desea escuchar.
- Elegir un espacio adecuado para la aplicación de los instrumentos, particularmente de la entrevista, en el cual no se presenten perturbaciones que puedan distraer tanto al informante como al investigador o influenciar las respuestas de los casos.

## 5.2 Diseño de la propuesta de intervención didáctica

A partir de los hallazgos y los planteamientos teóricos asumidos en esta investigación, se diseñó una secuencia didáctica que intenta responder a las necesidades de la educación científica mencionadas en el planteamiento del problema, específicamente en la enseñanza del PCE y los procesos energéticos. Esta secuencia contiene las principales características identificadas en el teórico clásico que han sido resaltadas anteriormente, sin pretender que los estudiantes las aprendan reproduciendo tal cual las experiencias y razonamientos de Mayer, sino involucrándolos en situaciones en las que dichas propiedades están inmersas.

Adicional a lo anterior, con el conjunto de actividades planteadas se pretende transmitir una mirada distinta de la física, en la que se considera, en primer lugar, el acercamiento a los fenómenos

desde la experimentación, y posteriormente, su formalización, matematización, sin olvidar el tratamiento de las problemáticas actuales de interés científico y social que se relacionan con dicha temática.

La secuencia didáctica está basada en el ciclo didáctico propuesto por Gómez, San Martí y Pujol (2003), el cual, consiste en cuatro fases que se consideran cíclicas y requieren una constante evaluación por parte del profesor. Dichas etapas están estructuradas de tal manera que el proceso se inicia a partir de los conocimientos de los estudiantes y a medida que se avanza, se espera que ellos mismos organicen sus ideas, adquieran otras nuevas y apliquen los conceptos formalizados a contextos diferentes.

La *primera fase* del ciclo didáctico consiste en indagar lo que conocen los estudiantes del tema, contextualizarlo y representarlo; la *segunda fase* pretende organizar tanto las ideas científicas como las de los estudiantes con el fin de construir aprendizajes significativos; en la *tercera fase* se proponen situaciones específicas sobre la temática para fortalecer ideas más abstractas; y finalmente, en la *cuarta fase*, se aplica lo aprendido en situaciones relativas a otros contextos.

Particularmente, en esta investigación, el desarrollo de las actividades que componen cada fase del ciclo, estuvieron inspiradas en los instrumentos aplicados a los casos, en las ventajas y limitaciones que se encontraron en su realización, y también se diseñaron otras actividades que se estimaron como pertinentes para cumplir los objetivos previstos. Su ejecución se planeó para 7



sesiones aproximadamente, pero en el intermedio de las actividades, el profesor puede solucionar dudas conceptuales, resolver más ejercicios y plantear problemas que requieran mayor dedicación y vinculación de temática anteriores, así como de la cotidianidad del alumnado.

En relación con la organización de la clase se sugiere que algunas de las actividades puedan realizarse de manera grupal, favoreciendo la reflexión y discusión entre pares, pero también es conveniente que los estudiantes se enfrenten a situaciones de forma individual. Por último, se recomienda que la evaluación no solo sea cuantitativa y sumativa, sino más bien, que sea pensada como un proceso formativo, en el que cada estudiante pueda evaluarse a sí mismo, a sus compañeros y al docente; esta práctica de evaluación permite que todos saquen provecho de ella, al identificar problemas de aprendizaje y posibles reestructuraciones a la secuencia didáctica.

### 5.2.1 Secuencia didáctica

#### SECUENCIA DIDÁCTICA

##### Objetivo:

Plantear una ruta de enseñanza del principio de la conservación de la energía, mediante la cual se analicen los procesos energéticos: transformación, degradación y transferencia, como conceptos fundamentales para su comprensión.

**Pregunta:**

¿Cómo pueden ser analizadas situaciones de carácter científico, tecnológico y social a partir de los procesos energéticos?

**Actividad de exploración**

**Tiempo:** 45 minutos

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Nombre:** \_\_\_\_\_ **Grado:** \_\_\_\_\_

**Objetivo:**

Describir fenómenos a partir de la observación y los conocimientos ya adquiridos por medio de la experiencia.

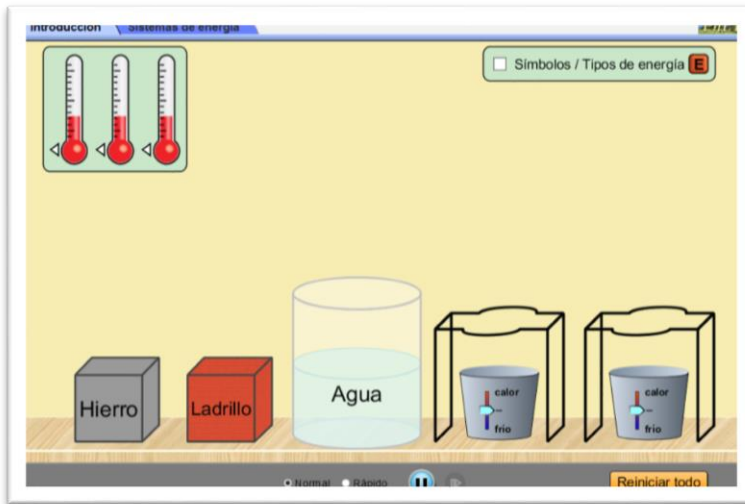
**Orientaciones:**

1. Observa con atención e interactúa con el siguiente sistema:

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

<https://phet.colorado.edu/es/simulation/energy-forms-and-changes>



2. A partir de los siguientes sistemas responde (activa el botón de los símbolos tipos de energía):

**Sol - Panel solar -agua**

- ¿Por qué la parrilla puede calentar el agua?
- ¿Qué sucede cuando aumentamos o disminuimos la cantidad de nubes?

**Tetera- molino- agua**

- ¿Qué es lo que provoca el movimiento del molino?
- ¿Todo el vapor hace que el molino se mueva? Justifica tu respuesta.

**Grifo- molino- bombilla**

- ¿Qué es lo que permite que la bombilla se encienda?
- ¿Hay la misma cantidad de energía en el grifo que en la bombilla encendida? Justifica tu respuesta.
- Describe todo lo que sucede en el sistema y especifica que cambios hay y que permanece constante.

3. **Socialización:**

1 8 0 3

Discute con tus compañeros y luego con tu profesor qué entienden por transferencia, transformación, degradación y conservación de la energía, a partir de lo que respondiste en el punto anterior.

### Actividades experimentales

#### 1. “El globo que no explota”

**Tiempo:** 90 minutos

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Equipos:** 5 integrantes

**Grado:** \_\_\_\_\_

**Integrantes:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Objetivo:** Comprender los conceptos de conservación y transferencia de energía, a partir de experimentos caseros.

#### Materiales:

- 1 Vela
- 1 Globo
- Agua
- Fósforos



## Ejes conceptuales

- El calor y la energía
- Transformación, transferencia y conservación de la energía

## Preguntas orientadoras


Estas preguntas sirven para orientar las prácticas a realizar, no las tienen que responder, solo se deben interiorizar y tratar de solucionar para sí mismos.

- ¿Cómo se transfiere la energía de un objeto a otro?
- ¿Cómo se observa la conservación de la energía en los diferentes sistemas a trabajar?
- ¿Cuáles son las transformaciones que sufren estos sistemas?

## Procedimiento:

Inicialmente, tomen el globo y llénelo de agua con una cantidad considerable, es decir, hasta una tercera parte de lo que resiste al inflar con aire, esto para evitar accidentes o derramar líquidos durante la práctica; luego saquen todo el aire que pudo haber quedado y hagan un nudo de modo que el agua no se salga; enciendan la vela y acerquen el globo con agua a ella, permitan que la interacción se dé durante aproximadamente 5 a 10 segundos; por último, apaguen el fuego.

### Sabías que ...



El hombre, a lo largo de su historia evolutiva ha realizado mediante su propio esfuerzo físico innumerables actividades que consumían energía, apoyándose adicionalmente en los animales domésticos como los caballos, bueyes y demás!!!

## A partir de este experimento responde las siguientes preguntas:

1. ¿Bajo qué condiciones la vela le transfiere calor a la bomba? Explica



2. Si la vela le transfiere calor a la bomba con agua, ¿Qué factores determinan que esta no estalle inmediatamente?
3. ¿Qué crees que pase con el agua de la bomba si tiene contacto durante un rato con la vela?
4. Asumiendo que el calor es una forma de energía, ¿en qué otra forma de energía se transformó después del contacto con la bomba?

### **Espacio de conceptualización y aclaración de conceptos**

Intervención del maestro para explicar lo que se comprende por cada uno de los procesos energéticos que se discuten en este trabajo experimental desde la perspectiva de Robert Mayer; espacio para discutir sobre la percepción que se genera luego de llevar a cabo la actividad y discusión de posibles preguntas alternas sobre lo esperado.

## **2. “Alambre, clips y energía”**

### **Materiales**

- Alambre de cobre o en su defecto dulce, calibre 12-16 (50 cm de longitud)
- 5 clips
- Una vela
- Encendedor
- Mantequilla
- Soporte de laboratorio.

### **Procedimiento**

Coloquen el alambre de cobre o dulce en el soporte de forma que estos queden orientados perpendicularmente, luego tome pequeños fragmentos de mantequilla para adherir los clips al alambre de cobre, procurando dejar un espacio de aproximadamente 3 a 4 cm entre cada clip; proceda a encender la vela y acerque la llama a una distancia de 3 cm del primer clip procurando que la parte azul de la llama sea quien se encuentre en contacto con el alambre de cobre.



**A partir de este experimento responde las siguientes preguntas:**

1. ¿Qué condiciones deben ser necesarias para que la vela le transfiera calor a los clips?
2. ¿Porque los clips caen de forma progresiva y no todos al mismo tiempo?

3. ¿Se puede establecer una relación entre el calor como forma de energía que está en contacto y el movimiento de los clips cuando caen? explique
4. Describir de que forma se conserva la energía en este sistema.
5. ¿Cómo se relaciona este experimento con el anterior? Determine similitudes y diferencias de la forma como se dan los procesos de transformación, transferencia y degradación de la energía.
6. Escriba algunas conclusiones de ambos experimentos

### **Socialización de actividades**

Expresa en un párrafo corto en cuál de los dos experimentos se hace más evidente cada uno de los procesos de transformación, transferencia y conservación, y de qué forma se caracterizan.

### **Actividades de estructuración**

**Tiempo:** 90 minutos

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Equipos:** 2 integrantes

**Nombres:** \_\_\_\_\_ **Grado:** \_\_\_\_\_

### **Objetivo:**

- Reconocer los diferentes tipos de energía y cada uno de los procesos energéticos, mediante el análisis de algunas situaciones propuestas por el científico Robert Mayer.

- Evidenciar la conservación de la energía por medio del estudio de una situación de caída libre.

## Parte 1

Sabías  
que...

Julius Robert Von Mayer fue un médico Alemán que, aunque su interés inicial fue la fisiología, sus estudios en el campo de la física, lo llevaron a ser uno de los precursores del principio de la conservación de la energía.

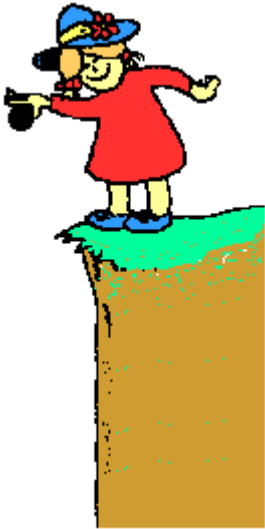
Lee y analiza las situaciones que se plantean a continuación; estas fueron utilizadas por Robert Mayer para describir los procesos de transformación, transferencia, degradación y conservación de la energía:

1. *“Cuando una masa móvil se encuentra una [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. Una bola de billar por la colisión puede colocar muchas otras*

*bolas en movimiento y aún permanecer en movimiento. La magnitud de la fuerza viva (vis viva - energía cinética) de todo el sistema, sin embargo, sigue siendo el mismo antes y después de la colisión” (Mayer, 1845).*



2. *“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)*

3. *“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)*



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA



4. *“Cantidades iguales de material combustible en las mismas condiciones dan cantidades iguales de calor. Sin embargo, el carbón quemado en la caldera proporciona menos calor libre cuando el motor está funcionando, luego cuando no está funcionando. El calor se distribuye libremente a los alrededores y por lo tanto se pierde para fines mecánicos. El aparato más eficiente por el cual mucho menos calor será transferido a los alrededores. 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)*



### **Actividad**

A partir de la lectura y el análisis de las situaciones anteriores, construye un mapa conceptual, donde enuncies y describas los diferentes tipos de energía y los procesos energéticos que lograste identificar.

### **Parte 2**

1. Realiza los siguientes experimentos basados en las experiencias de Robert Mayer con la caída libre, luego contesta las preguntas:

### **Materiales:**

1. Plastilina (o material moldeable blando)
2. Canicas grandes
3. Recipiente con arena

### **Procedimientos:**

### 1. Bolas de plastilina:

- Forma dos bolas de igual tamaño con la plastilina. Deja caer ambas bolas desde alturas diferentes y observa las deformaciones que tiene cada una de ellas ¿Qué semejanzas y diferencias encuentras en ambos casos?

---

---

### 2. Canicas en la arena:

- Deja caer sobre un recipiente con arena una canica grande. ¿Qué sucede en la arena?\_\_\_\_\_ . Luego deja caer la canica desde una altura diferente. ¿Hay algún cambio en la arena? De ser así, ¿por qué crees que se produjo el cambio?

---

---

---

### Conclusiones

Se puede decir que la energía potencial gravitacional es una magnitud que cuantifica la posibilidad que tiene un cuerpo para moverse en caída libre, tomando en cuenta tres variables: la masa, la altura y la gravedad. Por su parte, la energía cinética mide el movimiento de un objeto que tiene determinada masa.

Resume en un párrafo las observaciones que se hicieron en las experiencias anteriores, tomando en cuenta las semejanzas y diferencias relacionadas con la altura, la velocidad de caída y sus

respectivos efectos (deformación de los cuerpos, hundimiento de la arena, etc.). Además, describa qué sucede con la energía potencial gravitacional y la energía cinética de los objetos en dichas situaciones, ¿considera que puede haber otro tipo de energía en la caída? Apóyese en gráficas si lo requiere.



### Actividades de aplicación a nuevas situaciones

#### Parte 1

**Tiempo:** 45 minutos

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Nombre:** \_\_\_\_\_

**Grado:** \_\_\_\_\_

#### Objetivos:

- Aplicar los conocimientos obtenidos: los tipos de energía y el principio de conservación, a otras situaciones, para lo que se requiere obtener datos experimentalmente, reflexionar los fenómenos a partir de la teoría y analizar los resultados.
- Conocer un nuevo tipo de energía, la potencial elástica, y cómo se relaciona esta con las anteriores, mediante la solución de problemas y el análisis de juguetes de cuerda.

**Materiales:** juguetes de cuerda, resorte, carro de juguete, báscula, metro, cronómetro, cinta adhesiva.

### Orientación

1. Introducción del docente sobre un nuevo tipo de energía, la energía potencial elástica; explica su expresión matemática y resuelve ejemplos como el que sigue:

Un carro es impulsado por un resorte que está pegado a una pared. La superficie por la que se desliza el carro es muy lisa, por lo que se desprecian los efectos de la fricción. Si puede medir la velocidad promedio del carro, así como su masa y por tanto su energía cinética, ¿cómo se puede encontrar el valor de la constante de elasticidad (k) del resorte? ¿A cuánto equivale?



Energía potencial elástica	Energía cinética	Principio de Conservación de la Energía
$E_{pe} = \frac{1}{2} kx^2$	$E_k = \frac{1}{2} mv^2$	
X= dato experimental	M= dato experimental	
K= ¿?	V = dato experimental	

### Actividad

1. Imagina que el carro, luego de ser impulsado por el resorte impacta una pelota que sube por un plano inclinado hasta cierta altura, es decir, que adquiere energía potencial.



- a) Predice la altura que debería poder alcanzar la pelota. Para registrar los datos se propone llenar la siguiente tabla:

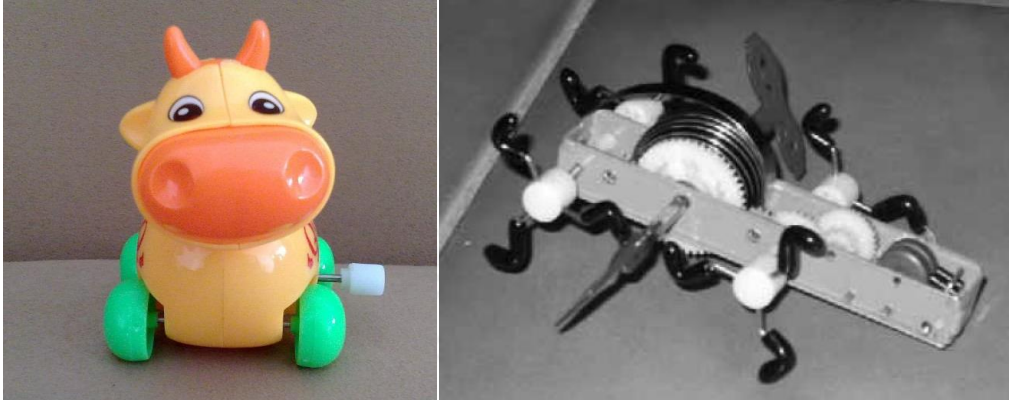
Energía cinética	Energía potencial gravitacional	Principio de Conservación de la Energía
$E_k = \frac{1}{2}mv^2$	$E_{pg} = mgh$	
M= dato experimental	M= dato experimental	
V = dato experimental	H = ¿?	

- b) ¿Se presentó alguna otra transformación de la energía no registrada? ¿A cuánto equivale?

2. Por parejas tomar un juguete de cuerda y ponerlo a funcionar. Responder las preguntas basados en las observaciones, la toma de datos y la teoría estudiada.

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA





- Abra con cuidado el juguete, describa todas las transformaciones de la energía posibles en el sistema y especifique cómo se nota allí la degradación de la energía.
- Encontrar el valor de la energía potencial elástica basados en otro tipo de energía que se logre cuantificar en el objeto análogamente al ejemplo presentado (la velocidad podría ser la magnitud más sencilla de medir, por lo tanto, se identificaría la energía cinética).

## Parte 2

**Tiempo:** 45 minutos

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Nombre:** \_\_\_\_\_

**Grado:** \_\_\_\_\_

## Objetivo:

- Sintetizar los procesos energéticos aprendidos y establecer relaciones con situaciones de la actualidad, su relación con temáticas científicas, sociales, económicas y ambientales.

### Actividad

1. En grupos de 3 estudiantes lea los siguientes fragmentos de noticias relacionadas con la energía, discútalos y posteriormente conteste las preguntas.
2. Explique en sus palabras las frases que han sido resaltadas. Tenga en cuenta el contexto en el que se utilizan, así como los conceptos físicos estudiados.
3. Según la primera noticia, ¿a qué se refiere una crisis energética?
4. En su opinión, ¿en qué medida las propuestas planteadas en las últimas dos noticias contribuyen a subsanar la crisis energética?
5. En el contexto de la física, ¿la energía se pierde o se gasta? Si \_\_\_ No\_\_\_ Explica.
6. ¿Por qué según la primera noticia se debe ahorrar energía si, según la física, la energía se conserva?
7. Escriba un texto de una página (individual) en el que relacione el contenido de las tres noticias con la conservación, transformación, transferencia y degradación de la energía.

<p><b>La crisis energética de Costa Rica comienza a golpear a las familias</b>27/07/2014</p>	<p><b>Estudiante en Manizales diseña prototipo para cargar dispositivos móviles pedaleando</b>04/12/2014</p>	<p><b>Para soñar en grande</b> 11/12/2014</p>
		
<p>La crisis energética de Costa Rica ha entrado ya al recibo de las casas y las empresas de este pequeño país.</p> <p>Sin petróleo propio, con una moratoria de exploración recién ampliada hasta el 2021 y con los caudales fluviales golpeados por el cambio climático, los costarricenses se enfrentan al encarecimiento de la energía eléctrica.</p> <p>Con el 90% de su <b>energía generada por hidroelectricidad</b>, los niveles de agua en ríos y represas quedan a expensas del cambio climático... A esto se ha unido la falta de inversión pública en embalses que suplan las necesidades energéticas en el verano. La geotermia, que no depende de las lluvias o las sequías, también tiene sus ataduras. La mayoría de fuentes están en los volcanes dentro de los parques nacionales, protegidos por ley y por el cabildeo de sectores ambientalistas vigilantes ante posibles reformas legales.</p> <p>...El gobierno de Luis Guillermo Solís insiste en pedir 18 meses para abrir un debate nacional sobre la matriz energética y lanzar una agresiva campaña de <b>ahorro energético</b>, sin garantías que los sectores empresariales y las familias en sus casas le tengan suficiente paciencia.</p> <p>Fragmento extraído de: <a href="http://internacional.elpais.com/internac">http://internacional.elpais.com/internac</a></p>	<p>Un prototipo diseñado por estudiante de la Universidad Nacional Sede Manizales permite que montar bicicleta se convierta en una nueva opción de <b>energía libre</b> para cargar dispositivos móviles como celulares o tabletas. Con esta iniciativa, Juan Felipe Botero pretende que el acoplamiento de un cargador para dispositivos móviles sea un servicio constante para las personas que usan la bicicleta como medio de transporte.</p> <p>“Cuando montamos bicicleta se produce una fuerza al pedalar para poner en movimiento la cicla. El prototipo que diseñé busca <b>darle un manejo adicional a esa energía, puese está desaprovechando</b>”, comenta el estudiante de Ingeniería Electrónica de la Sede Manizales... La carga se tarda aproximadamente tres horas, como si estuviera conectado a una fuente de energía eléctrica.</p> <p>Según los antecedentes que encontró, solo una empresa Suiza fabrica cargadores acoplados a bicicletas para países en los que esta es un medio de transporte masivo. Para Felipe, posicionar este prototipo en el mercado se le ha convertido en una idea de negocio que espera desarrollar, ya que en ciudades como Medellín y Bogotá este recurso de movilidad es importante.</p> <p>Fragmento extraído de: <a href="http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/">http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/</a></p>	<p>Wiesner Alfonso Osorio, instructor colombiano del Sena, se alzó con el primer puesto en La competencia de HistoryChannel con un generador de energía eléctrica por combustión de hidrógeno.</p> <p>Wiesner Alfonso Osorio Ocampo sabe que nunca es tarde para cumplir los sueños. Que las dificultades sólo son un impulso, un sople, un respiro para alentar el progreso y anticiparse al futuro... No se sentía en competencia. Más bien, complementando los proyectos de un chileno que busca acceso a agua potable para los hogares; un peruano inventor de una máquina tipo cabina para limpiar el aire... y el mexicano que trabajó para convertir los desechos plásticos en combustible.</p> <p>La máquina en la que ensayó 1.000 veces en los últimos cinco años y la que tiene paneles prestados fue elegida como “Una Idea para Cambiar la Historia”. El generador de energía eléctrica por combustión de hidrógeno separa el hidrógeno del oxígeno para obtener energía sin necesidad de combustibles y extiende su utilidad a motos, automóviles y vehículos para uso agropecuario.</p> <p>Su emoción en la gala de finalistas, significó para Wiesner Osorio la graduación definitiva como Ingeniero Mecánico de la Universidad Autónoma de Cali.</p>

<a href="http://www.elspectador.com/noticias/cultura/sonar-grande-articulo-532653">ional/2014/07/26/actualidad/1406399320-459467.html</a>	<a href="http://www.elspectador.com/noticias/cultura/sonar-grande-articulo-532653">ndetalle/articulo/pedaleando-se-recargan-dispositivos-moviles.html</a>	Fragmento extraído de: <a href="http://www.elspectador.com/noticias/cultura/sonar-grande-articulo-532653">http://www.elspectador.com/noticias/cultura/sonar-grande-articulo-532653</a>
---	---	---

## Capítulo 6

### Consideraciones finales

En este proceso de recontextualización de los procesos energéticos se han obtenido diversos aprendizajes. En primer lugar, en relación con el conocimiento disciplinar, porque el estudio implicó el acercamiento al teórico clásico desde sus propias obras así como de las interpretaciones que otros autores hicieron sobre él. Dicho conocimiento ha sido inseparable de las consideraciones epistemológicas, porque en el análisis realizado se destacaron aspectos metodológicos y presupuestos filosóficos que orientaron a Mayer en su construcción teórica sobre la energía y su principio de conservación; además, fue necesario tomar postura frente a la ciencia como una construcción humana y asumir la historia como un constructo humano determinado por los contextos socioculturales e influenciado por las intencionalidades del historiador, descartando así la posibilidad de una historia objetiva (Carr, 1983).

Un logro importante ha sido la conceptualización de energía y de los procesos energéticos, aun cuando en los libros de texto y en algunas investigaciones se manifiesta la complejidad del concepto y se aplaza la tarea de delimitarlo. En esta investigación, la energía, que en tiempos de Mayer se conceptualizaba como fuerza, es considerada como una causa, una entidad indestructible, convertible e imponderable, en cuya esencia reside el carácter de equivalencia matemática entre los fenómenos estudiados y solo puede ser detectada cuando hay un cambio en



una magnitud conocida de un sistema, es decir, cuando se notan efectos; de ahí la importancia del principio de causalidad en la propuesta de Mayer.

La declaración de que la energía se conserva, es deducible de dos presupuestos básicos: la indestructibilidad y la convertibilidad. Asumir el primero como su máxima, implica pensar en que una fuerza no se crea ni se destruye, sin que necesariamente cambie su forma, bien podría simplemente permanecer eternamente sin cambio alguno a pesar de que interactúe con otros cuerpos; o si por el contrario, se piensa únicamente en términos de la convertibilidad, en el enunciado no reside una precisión tal, que permita garantizar que la cantidad que se transforma permanezca constante en cada cambio. Por consiguiente, la conservación de la energía es garantizada por las implicaciones de estos dos axiomas en su conjunto: una cantidad que no es creada de la nada como tampoco destruida, pero que sí puede tomar varias formas.

Mayer razona de manera *funcional* los fenómenos y como se dijo antes, rompe el paradigma mecanicista que concebía el principio de causalidad como el medio por el cual podría reducirse todo efecto a una única causa. Así, la energía es una función determinada por la relación entre dos cualidades características de los cuerpos que interactúan y entre las cuales se establece una equivalencia numérica que permanece constante. En la caída libre, por ejemplo, debe existir la condición de que el objeto se encuentre a una altura diferente de cero medida desde el planeta tierra, o para que un bloque de cualquier material dispuesto sobre una superficie produzca calor, debe moverse, de lo contrario no existe una diferencia de velocidades y una energía cinética que se convierta en calor.



Por otra parte, es importante resaltar que el proceso de recontextualización ha significado un fortalecimiento en la formación en investigación tanto a nivel teórico como práctico; en este aspecto se logró cumplir el objetivo de analizar las concepciones de los casos frente a los procesos energéticos mediante diferentes técnicas de recolección de información, cuyos resultados fueron descritos en el capítulo cuatro. De manera similar, esta experiencia como investigadores también enriqueció aspectos del *ser* maestros, al realizar aproximaciones a los discursos de los estudiantes frente a fenómenos y conceptos físicos, algunos de los cuales son comunes aún en diferentes contextos y es tarea del maestro vincularlos de alguna manera a la enseñanza de las ciencias.

Una de las coincidencias entre los casos y Mayer en este estudio, fue el reconocimiento de la causalidad para explicar fenómenos, aunque los casos se remitían finalmente a la fuerza como elemento definitivo en el análisis de las situaciones. Otro aspecto que pareció ser intuitivo en los casos, es la transferencia de energía, la cual consiste en el paso de un tipo de energía de un cuerpo a otro; de esta manera, para el calor sucede que un objeto puede calentar a otro mediante el contacto o a través de un medio y en el caso del movimiento, un objeto puede poner otro en movimiento al transferirle velocidad.

Particularmente, en los episodios presentados sobre la transferencia, los casos resaltaron la conservación de la energía con mayor naturalidad; más aún, cuando se les presentó situaciones que implicaban una aparente pérdida de energía, en la mayoría de ocasiones, los casos identificaron la aparición de otro fenómeno, lo cual permite confirmar la interpretación de la

degradación como una transformación de energía que no siempre es deseada en un sistema y no tanto como un gasto, descomposición o desperdicio de energía.

Adicional a lo anterior, se encontraron algunas divergencias y la ausencia de algunos elementos claves en los modelos explicativos de los casos con respecto a la teoría de Mayer; así sucedió con la indestructibilidad y la convertibilidad, debido a que estos conceptos están referidos a una entidad abstracta; en este sentido, en un inicio se notó la dificultad para asimilar la transformación de la energía o el cómo es que la energía no desaparece sino que necesariamente se produce un efecto como evidencia de su conversión; pero poco a poco los casos incorporaron ideas que permitieron complejizar aún más el asunto de la energía. Tanto las dificultades como las facilidades que mostraron los casos en el desarrollo de la investigación fueron repensadas para el diseño de la secuencia didáctica.

Por último, en relación con el cumplimiento de los objetivos, en el capítulo cinco se presentó una secuencia didáctica que intentó aunar los hallazgos conceptuales a partir del acercamiento a Robert Mayer y de los modelos explicativos de los cuatro casos. Adicionalmente, se tuvieron en cuenta algunas percepciones de los investigadores sobre las actitudes y dificultades de los casos durante la aplicación de instrumentos que fueron registradas en bitácoras. Una tarea pendiente, pero no menos importante, para enriquecer dicha secuencia didáctica es llevarla a la práctica, incluir otros aspectos que no hayan sido detectados en el estudio y estar continuamente adecuándola a los contextos particulares de enseñanza. En esto consiste la labor investigativa del

maestro, detectar nuevos problemas e incorporar acciones que coadyuven a su solución mediante un proceso reflexivo de la disciplina, la pedagogía y la didáctica.

Con todo lo expuesto anteriormente, en esta investigación se ratifica que estudiar la física desde la historia y la epistemología de las ciencias permite a los profesores: adquirir un “conocimiento crítico de su asignatura” (Shulman, 1986 citado por Matthews, 1994, p.266); posibilita el reconocimiento del carácter dinámico e interpretativo y no estrictamente acumulativo del conocimiento (Kuhn, 1982); recuperar problemas, métodos olvidados, hacer una reorganización conceptual y curricular (Aguilar, 2006) y en general, le permite al maestro realizar una *recontextualización de saberes* (Ayala, 2006).

En este sentido, ofrecer una nueva orientación hacia el concepto de energía, el principio de conservación y los procesos de transformación, transferencia y degradación de la energía, mediante un análisis histórico y epistemológico, puede permitir tanto a estudiantes como a maestros concebir la energía como un concepto estructurante de la física, aquel que posibilita la interconexión entre distintas ramas de la física e incluso de la química o la biología; y además, facilita su vinculación con los discursos actuales sobre la implementación de la energía al campo de la ingeniería y su importancia para las sociedades, asumiendo una postura crítica y reflexiva.

Finalmente, en el análisis presentado, se ha situado a Robert Mayer en un contexto donde la lucha de cosmovisiones permite ver el conocimiento como una entidad dinámica y cambiante, y no como un conjunto acabado y estático. Es también por esta razón que se reconoce en la historia

y la epistemología una herramienta de gran importancia para la enseñanza y el aprendizaje de los saberes científicos, porque permite no solo comprender con más profundidad los fenómenos de la naturaleza, sino que proporciona una mirada diferente de lo que ha sido la construcción y validación del conocimiento científico.

### **Perspectivas futuras de investigación**

A partir de este estudio, quedan abiertas algunas preguntas que surgieron en su desarrollo, pero que debido a limitaciones de tiempo y a los objetivos inicialmente trazados no pudieron darse más que acercamientos a dichas temáticas sin entrar en detalles; estos interrogantes, entonces, pueden constituirse en objeto de interés para futuras investigaciones no solo para la enseñanza secundaria sino también a nivel universitario:

- Si se considera que el calor y el sonido son otras manifestaciones de las transformaciones de la energía, ¿cómo vincular estos fenómenos en el estudio de la conservación y degradación de la energía, tanto cualitativa como cuantitativamente?
  
- Al apreciarse la importancia del calor, el calor específico, el calor latente, la temperatura y la energía térmica en el estudio de la termodinámica, vale la pena indagar ¿cuál es la relación que existe entre estos conceptos y la transferencia de energía? ¿qué estrategias de enseñanza son viables para formalizar estos conceptos en la enseñanza media y superior?

- A partir de la conceptualización de energía como una entidad abstracta que se conserva numéricamente, ¿cómo se podría conceptualizar el trabajo? Y ¿cuáles son las relaciones que se pueden establecer entre energía y trabajo?

## Anexos

### Anexo 1



Universidad de Antioquia  
1803

## PROTOCOLO DE COMPROMISO ÉTICO Y ACEPTACIÓN DE LOS PARTICIPANTES EN LA INVESTIGACIÓN

### Nombre de la Investigación:

Análisis de los procesos energéticos desde una perspectiva histórica y epistemológica: aportes para su enseñanza.

**Investigadores:** Alejandra Marín Ríos, Jonatan Vélez Gutiérrez y Stefany Ríos Vásquez.

Señora \_\_\_\_\_ en el marco de la investigación que arriba se nombra, quisiera contar con la participación del estudiante \_\_\_\_\_ para realizar algunas actividades que nos permitirán obtener la información requerida para el propósito de investigación que nos hemos planteado.

Se precisa que la participación del estudiante no compromete en nada los asuntos académicos y personales. Asumimos en este proceso el compromiso ético de hacer uso adecuado y discrecional de la información recolectada en el marco de este trabajo; el manejo y tratamiento de la información será exclusivamente académico en relación con el tema de investigación.

La participación del estudiante \_\_\_\_\_ será autorizada con la firma de este protocolo.



FIRMA DEL PADRE: \_\_\_\_\_

FIRMA DEL PARTICIPANTE: \_\_\_\_\_

## Anexo 2

### Protocolo de entrevista sobre los procesos energéticos

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Lugar: \_\_\_\_\_

Entrevistador(a): \_\_\_\_\_ Entrevistado: \_\_\_\_\_

#### Introducción

Buenas tardes \_\_\_\_\_. Agradecemos tu disponibilidad para participar en esta serie de encuentros para hablar un poco de física. Somos estudiantes de La licenciatura en Matemáticas y Física de la Universidad de Antioquia y hacemos parte de un proyecto que tiene como objetivo conversar con algunos estudiantes sobre las ideas que tienen de algunos temas de física; fuiste elegido para participar en este proceso porque observamos tu interés, motivación o empeño al estudiar la materia y podrás contarnos un poco, en tus palabras sobre algunos fenómenos físicos.

Más que un interrogatorio o una evaluación, se trata de que discutamos sobre algunas preguntas que he traído, te sientas en confianza y respondas a ellas de acuerdo con tu experiencia, a lo que has consultado por tu propia cuenta, o a lo que creas simplemente. Para tener nuevamente la información que obtendremos aquí, grabaremos, pero cuando presentemos nuestras conclusiones nunca se hará referencia a tu nombre.

**Objetivo:** Indagar acerca de los modelos explicativos de los estudiantes, con respecto a la energía y sus propiedades, a partir del análisis de los fenómenos de caída libre, la colisión entre bolas de billar y el rozamiento de placas.

**1. Supongamos que te vas a jugar billar pool y tienes que meter la bola roja, la última que queda. Al golpear la bola blanca, esta choca directamente con la bola roja en el centro:**

- ¿Qué piensas que sucede?
- ¿Cómo es el movimiento de ambas bolas antes y después de la colisión?
- ¿Por qué consideras que esto se puede dar?
- ¿Qué ha provocado que la bola blanca se mueva?
- ¿Qué sucede con la bola roja?
- ¿Qué ha producido el movimiento de la roja?
- ¿Cuál de las dos velocidades es mayor, la que tenía la blanca antes de chocar a la roja, o la roja después de ser golpeada? ¿por qué?
- ¿Qué ha sucedido con el movimiento de la bola roja? (¿a dónde se ha ido el movimiento de la bola roja?)

**Ahora considera el hecho de jugar con varias bolas en la mesa de billar, al hacer el lanzamiento de la bola blanca de modo que esta golpee varias bolas, ésta provocará que las demás se muevan y de igual forma la bola blanca perderá velocidad...**

- ¿Consideras que hay una relación entre la velocidad que ganan las demás bolas y la velocidad que pierde la bola blanca? ¿Por qué?
- ¿Podrías describir los cambios que han tenido las bolas antes y después del golpe inicial?
- Asumiendo que en ningún caso se puede reducir un movimiento a cero de la nada (las cosas en movimiento no se paran “porque sí”) y que en las superficies rugosas, el movimiento de un objeto se prolonga por menos tiempo que en una superficie lisa, ¿qué crees ha sucedido con el movimiento de estas bolas? en tu opinión, ¿en qué se convirtió el movimiento de las bolas?

**2. Levante y deje caer un cuerpo desde diferentes alturas...**

- ¿Qué condiciones se deben cumplir para que el cuerpo caiga?
- Sabemos que un objeto que esté quieto, no se moverá por sí mismo, sino que necesita algo para cambiar su estado. ¿Cuál crees que es la causa de los cambios de estado de un cuerpo?

- Se tiene un cuerpo en el suelo y luego se lleva hasta cierta altura... ¿qué posibilidades de movimiento tiene cuando está en el suelo? ¿qué posibilidades de movimiento tiene cuando está a cierta altura?
  - ¿Qué diferencia crees que hay en un objeto cuando está en el suelo y cuando se ha levantado a cierta altura? ¿Sigue teniendo las mismas propiedades?
  - ¿Qué crees que ha cambiado en el objeto durante ese proceso?
  - La energía está relacionada con el movimiento (en este caso de caída libre) y con la posibilidad de movimiento... ¿crees que el objeto tiene energía cuando está en el suelo? ¿y cuando está a cierta altura?
  - ¿De qué otra manera sería posible levantar no solo este bloque, sino otros más pesados, sin que necesariamente lo tenga que hacer una persona?
  - ¿Se podría utilizar el hecho de que un cuerpo caiga desde una gran altura para producir un efecto diferente?
3. **Realice un escrito corto en el que describa detalladamente y justifique lo que sucede cuando frota rápidamente dos placas metálicas.**

#### Observaciones

Agradecimientos, insistir en la confiabilidad de la información presentada, así como de su identidad y acordar el horario para el próximo encuentro.

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

### Anexo 3

#### **Fragmento de la transcripción de una entrevista sobre los procesos energéticos**

**Fecha:** 23/10/2014      **Hora:** 12:30 pm

**Lugar:** Institución Educativa Comercial de Envigado

**Entrevistador(a):** Jonatan Vélez      **Entrevistado:** Caso 4

#### **Introducción**

Buenas tardes C4. Agradecemos tu disponibilidad para participar en esta serie de encuentros para hablar un poco de física. Somos estudiantes de La licenciatura en Matemáticas y Física de la Universidad de Antioquia y hacemos parte de un proyecto que tiene como objetivo conversar con algunos estudiantes sobre las ideas que tienen de algunos temas de física; fuiste elegido para participar en este proceso porque observamos tu interés, motivación o empeño al estudiar la materia y podrás contarnos un poco, en tus palabras sobre algunos fenómenos físicos.

- 1. Supongamos que te vas a jugar billar pool y tienes que meter la bola roja, la última que queda. Al golpear la bola blanca, esta choca directamente con la bola roja en el centro:**

**Entrevistador:** ¿Qué piensas que sucede?

**Entrevistada:** Pues la bola blanca le da como el impulso que le había dado el palito ese “eso se llama taco”, bueno el taco le tuvo que haber dado como un impulso a la blanca cierto!, entonces con la trayectoria y el impulso se lo traspasa como a la roja y permite que la roja se desplace.

**Entrevistador:** ¿A qué te refieres con lo de impulso?

**Entrevistada:** Pues es como una fuerza para porque como la blanca estaba en movimiento neutro, pues las dos entonces uno al hacer el movimiento con el taco uno le está impulsando como una fuerza.

**Entrevistador:** digamos mi cuerpo tiene fuerza ¿cierto? Y yo tengo el taco en la mano y yo tengo la fuerza y la bola está ahí, no creerías que de pronto podría requerir de algo diferente a una fuerza porque la fuerza digamos es algo.

**Entrevistada:** de un movimiento

**Entrevistador:** ah! entonces necesita de un movimiento en este caso según tú, entonces recopilemos, entonces lo primero, lo que necesita para que se desplace la bola blanca en este caso es que haya un movimiento

**Entrevistada:** de parte del cuerpo humano

**Entrevistador:** entonces el cuerpo humano digamos como sería en este caso, no se el cuerpo hace el movimiento

**Entrevistada:** y se lo pasa a la bola blanca

**Entrevistador:** se lo pasa, entonces estamos hablando como de una relación como del movimiento que yo tengo en el cuerpo se lo traspasa a la bola blanca y entonces ahí que crees que continua?, cual es el procedimiento que sigue?

**Entrevistada:** entonces la blanca pues adquiere fuerza y una trayectoria que es la que uno le da con la dirección que tenía el taco y es lo que le da el impulso a la roja para llegar al huequito

**Entrevistador:** pero entonces supongamos pues que entonces ya hablamos de que el cuerpo es el que le traspasa el movimiento a la bola, pero tú dices que la bola gana una fuerza, pero si digamos que yo soy la bola y yo tengo la fuerza no crees que requeriría de otra cosa, de pronto de algo que me ayude a que la otra bola tenga un desplazamiento porque digamos yo tengo la fuerza pero estoy quieto dentro de mi hay una fuerza pero estoy quieto entonces no crees que si ya el cuerpo le traspasa eso como dices el movimiento a esa bola, que puede hacer esa bola para que la otra bola también se mueva, necesariamente tiene que ser que le traspase una fuerza? ¿Tú crees?

**Entrevistada:** sí

**Entrevistador:** una fuerza, y si de pronto ya estamos hablando de que mi cuerpo con el taco cierto, le está traspasando a esa bola un movimiento, quizá no se pueda dar de manera similar algo entre la bola blanca que es la que golpea y la roja



**Entrevistada:** sí

**Entrevistador:** entonces ya

**Entrevistador:** ¿Cómo es el movimiento de ambas bolas antes y después de la colisión?

**Entrevistada:** el cuerpo humano es el que le va pues a trasportar la fuerza y el movimiento a la bola blanca, igual tiene que tener una dirección y esa bola blanca tiene que hacer lo mismo con la bola roja y ya

**Entrevistador:** entonces sería ya más como en términos de movimiento

**Entrevistador:** ¿Qué ha provocado que la bola blanca se mueva?

**Entrevistada:** el movimiento que ha trasportado el cuerpo humano

**Entrevistador:** ¿Que sucede con la bola roja?

**Entrevistada:** eh sufre un cambio... el movimiento de la bola blanca

**Entrevistador:** ah sufre un cambio! entonces si la bola esta quieta, si esta bola está quieta, si no hay nada que actúe sobre ella, osea no hay ningún cambio

**Entrevistada:** ujum

**Entrevistador:** entonces nada se mueve sin que uno le aplique nada.

**Entrevistador:** ¿Cuál de las dos velocidades es mayor, la que tenía la blanca antes de chocar a la roja, o la roja después de ser golpeada?

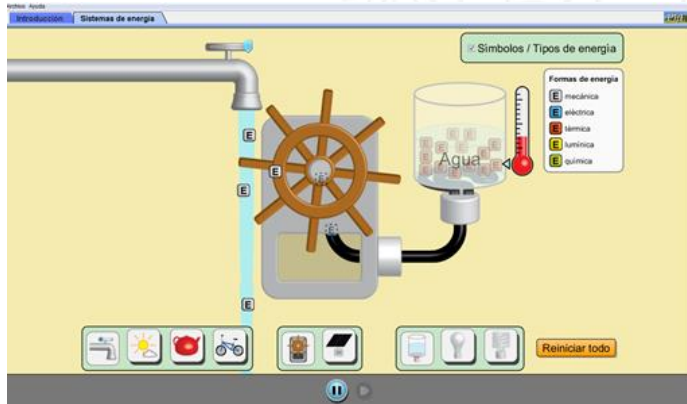
**Entrevistada:** la roja

**Entrevistador:** ¿por qué?

**Entrevistada:** ¡ah no! la blanca, porque la blanca es la que recibe el primer impacto del movimiento...

## Anexo 4

### Actividad de Simulación virtual



**Tema:** Energía

**Grado:** 10°

**Duración:** 60 – 80 minutos aproximadamente

**Objetivos:**

- Describir detalladamente lo que sucede en diferentes situaciones, reproducidas en un applet, en las que está implicada la energía.
- Identificar las causas que provocan la ocurrencia de ciertos fenómenos y los efectos que estos mismos pueden provocar en otros, de acuerdo a los ejemplos abordados con el simulador.

**Materiales:** Un computador con la aplicación descargada o acceso a internet, hojas y lapicero.

**Acerca del applet:**

En esta ocasión solo utilizaremos la pestaña **Energy Systems**. En esta podrás encontrar una serie de objetos que permitirán realizar varios procesos, en pantalla solo podrás colocar 3 de ellos en la combinación que quieras, sin querer decir por esto que todas funcionen. ¡Pruébalo tú mismo!

Por ejemplo, el primer objeto en el lado izquierdo del applet puede ser la canilla, el sol, una tetera o una bicicleta (En algunas de estas podrás controlar la intensidad); el segundo puede ser

una rueda (molino?) o un panel solar. Finalmente, pueden ponerse en el tercer lugar un recipiente con agua, un bombillo o un bombillo “ahorrador”. Cada uno de estos, los puedes visualizar en la pantalla solo dando clic al objeto que deseas.

Dando clic en  Energy Symbols podrás ver el tipo de energía que está presente en cada parte de la situación propuesta, según su color. En cada punto de las actividades se te indicará si debes activar o desactivar esta opción para responder las preguntas.

*¡Es hora de interactuar con el applet! explora todas las herramientas que éste te ofrece, Selecciona los sistemas que deseas que interactúen, observa lo que sucede, piensa sobre eso y escribe un poco acerca de por qué se da el proceso elegido.*

### Parte 1

**Realiza las siguientes actividades y contesta las preguntas basándote en lo que conoces y en lo que puedes observar en el applet:**

1. Ubica el siguiente montaje conformado por los siguientes sistemas: Grifo – molino – recipiente con agua.

- Describe detalladamente todo el proceso que observas en términos de los cambios en los 3 sistemas (grifo – molino – recipiente con agua).
- ¿En qué cambiaría el fenómeno si varía la altura de canilla?
- En los fluidos, el volumen está directamente relacionado con la masa (a mayor volumen, mayor masa. Realice un escrito corto donde muestre la relación entre movimiento la cantidad de agua (volumen) y el movimiento del molino.
- Observa el termómetro. Explica a qué crees que se debe el cambio de temperatura manifiesto en él.
- De acuerdo con lo anterior ¿Qué relación encuentras entre el movimiento y el calor?

- f) Ahora, piensa en el proceso inverso, ¿Podríamos aumentar la temperatura del agua y hacer que el molino se mueva? Si \_\_\_ No \_\_\_. Explica.

### Parte 2

#### 2. Coloca los siguientes objetos para producir una nueva situación: Cafetera – molino – recipiente con agua.

- a) En el applet se logra ver cómo el vapor sale de la cafetera y logra mover la rueda ¿podría este vapor, causar otro fenómeno diferente? Justifique su respuesta y proporcione ejemplos si es necesario.
- b) Activa el botón “energy symbols”. ¿Toda la cantidad de vapor que sale de la cafetera se convierte en movimiento del molino? Si \_\_\_ No \_\_\_ Explica.
- c) Si dispongo de la cafetera debajo del recipiente con agua ¿podría este calentarla? Si \_\_\_ No \_\_\_ Explica.
- d) Suponiendo que algo de esa energía no se utiliza para el movimiento del molino, sino que se “va” en forma de energía térmica ¿crees que la energía se conserva? Si \_\_\_, No \_\_\_ ¿por qué?

### Parte 3

3. Plantea las conclusiones que podrías sacar, luego de reflexionar sobre los fenómenos analizados.

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



Anexo 5

Parte 1

Realiza las siguientes actividades y contesta las preguntas basándote en lo que conoces y en lo que puedes observar en el applet:

1. Ubica el siguiente montaje conformado por los siguientes sistemas: Grifo – molino – recipiente con agua.
  - a) Describe detalladamente todo el proceso que observas en términos de los cambios que observas en los 3 sistemas (grifo – molino – recipiente con agua).
  - b) ¿En qué cambiaría el fenómeno si varía la altura de canilla?
  - c) En los fluidos, el volumen está directamente relacionado con la masa (a mayor volumen, mayor masa). Realice un escrito corto donde muestre la relación entre la cantidad de agua (volumen) y el movimiento del molino.
  - d) Observa el termómetro. Explica a qué crees que se debe el cambio de temperatura manifiesto en él.
  - e) De acuerdo con lo anterior ¿Qué relación encuentras entre el movimiento y el calor?
  - f) Ahora, piensa en el proceso inverso, ¿Podríamos aumentar la temperatura del agua y hacer que el molino se mueva? Si \_\_\_ No \_\_\_. Explica.

1

a) se abre el grifo, la agua que cae hace mover el molino, esto hace que el tanque de agua se ~~caliente~~ <sup>caliente</sup> por esta agua se evapora por la temperatura, ~~o el~~ <sup>o el</sup> ~~calor que genera, el molino.~~ <sup>calor que genera, el molino.</sup>

b) Si es mas baja, no choca el agua con el molino así, a-e no funciona, en cambio si es mas alta puede que baje con mas fuerza y haga que el molino gire mas rapido.

c) entre mayor cantidad de fluido "agua" mayor es la rapidez ~~de~~ por la que se mueve el molino.

d) a que el molino al girar por el agua, hace una <sup>meccanica</sup> ~~energía~~ que es transmitida a el recipiente con agua, ~~y se~~ <sup>energía</sup> ~~energía se transforma a energía~~ y hace que se caliente, entonces sube el termometro por que el agua se calienta por la energía del molino.



## Anexo 6

### Actividades experimentales

#### Parte 1: “El globo que no explota”



**Objetivo:** Indagar sobre uno de los procesos energéticos (transferencia de energía) a partir de la experimentación con un globo expuesto al fuego y un péndulo de Newton.

#### Materiales:

- 1 Vela
- Globos
- Agua
- Fósforos

#### Procedimiento:

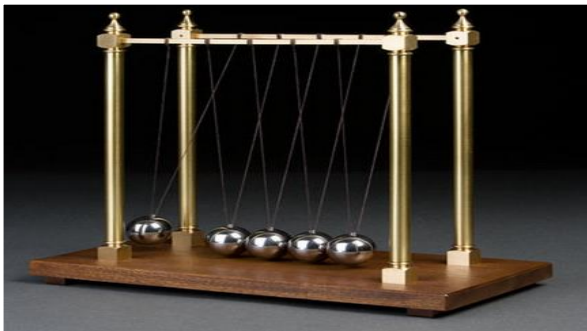
1. Acerca lentamente el globo inflado (con aire) a la vela encendida.
2. Acerca el globo con agua a la vela encendida.

#### Responde las siguientes preguntas:

1. ¿Bajo qué condiciones la vela le transfiere calor a la bomba? Explica
2. Si la vela le transfiere calor tanto a la bomba solo con aire y a la bomba con agua, ¿Por qué crees que la primera sí explota mientras que la segunda no?
3. ¿Qué crees que pase con el agua de la bomba si tiene contacto durante un rato con la vela?

4. ¿Qué crees que pasa con el aire que está dentro de la bomba en el momento del contacto con la vela? ¿por qué?
5. El calor es una forma de energía, ¿en qué otra forma de energía crees que se transformó después del contacto con la bomba?
6. ¿Todo el calor proporcionado por la vela se utiliza para calentar el agua dentro de la bomba? o ¿hay alguna otra manifestación de energía en el proceso?

### Parte 2: “EL péndulo de Newton”



#### **Materiales:**

Estructura con esferas de acero, o en su defecto, de otro material o en su defecto un video donde se muestra su funcionamiento.

#### **Procedimiento:**

El artefacto presentado contiene 5 esferas de metal atadas a una viga en la parte superior en forma de péndulo simple pero por dos cables, cada una de forma independiente. Las esferas se encuentran inicialmente en reposo ubicadas en línea recta. Para poner a funcionar el sistema se requiere del movimiento de alguna de ellas en la dirección horizontal, ya sea de izquierda a derecha o viceversa; además, se puede tomar de forma simultánea la cantidad de esferas que se requiera y ofrece la posibilidad de tomar una o dos esferas de cada extremo y soltarlas de manera simultánea para evidenciar determinados comportamientos.

**Luego de interactuar con el artefacto, desarrolla las siguientes actividades y responde:**

1. Toma una de las esferas del extremo que consideres y separa de las demás una pequeña distancia y suéltala. Describe lo observado. ¿Por qué crees que esto sucede?
2. ¿Tiene alguna influencia en el comportamiento del sistema, el hecho de alejar cada vez más una de las esferas? Sí \_\_\_ No \_\_\_ ¿Por qué?
3. ¿Consideras que el movimiento de la primera esfera, es igual al movimiento de la última? Sí \_\_\_ No \_\_\_ ¿Por qué?
4. Ahora toma dos esferas de cada extremo, sepáralas a una distancia aproximadamente igual y suéltalas simultáneamente. ¿Qué ocurre?, ¿consideras que las esferas de un extremo le transfieren movimiento a las del otro extremo y viceversa? justifica tu respuesta.
5. ¿Las esferas se siguen moviendo indefinidamente después del impacto? Sí \_\_\_ No \_\_\_ ¿qué factores influyen en lo que sucede?

**Parte 3: Preguntas generales de los dos experimentos**


1. ¿Crees que en las dos situaciones presentadas hay algún gasto de energía? si \_\_\_ No \_\_\_ Explica.
2. Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores realice un escrito corto donde conceptualice lo que usted asume por transferencia de energía.

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

## Anexo 7

Actividades experimentales  
"El globo que no explota"



**Materiales:**

- 1 Vela
- 2 Globos
- Agua
- Fósforos

**Procedimiento:**

1. Acerca lentamente el globo inflado (con aire) a la vela encendida.
2. Acerca el globo con agua a la vela encendida.

**Responde las siguientes preguntas:**

1. ¿Bajo qué condiciones la vela le transfiere calor a la bomba? Explica
2. Si la vela le transfiere calor tanto a la bomba solo con aire y a la bomba con agua, ¿Por qué crees que la primera sí explota mientras que la segunda no?
3. ¿Qué crees que pase con el agua de la bomba si tiene contacto durante un rato con la vela?
4. ¿Qué crees que pasa con el aire que está dentro de la bomba en el momento del contacto con la vela? ¿por qué?
5. El calor es una forma de energía, ¿en qué otra forma de energía crees que se transformó después del contacto con las bomba?
6. ¿Todo el calor proporcionado por la vela se utiliza para calentar el agua dentro de la bomba? o ¿hay alguna otra manifestación de energía en el proceso?

4. Las condiciones con que se transfiere el calor es el acercamiento entre los objetos y que el aire le favorezca. Además el material de la bomba

2. Ya que la que tiene solo aire es más densa y sus partículas están dispersas y la del agua sus

## Anexo 8

### Formato de bitácora de observación

**Situación:**

**Fecha:**

**Hora:**

**Participantes:**

**Lugar:**

*1. Impresiones del investigador (actitudes, familiarización con el tema y dificultades de los estudiantes)*

*2. Explicaciones o hipótesis a cerca de lo que sucede.*

*3. Implicaciones para la secuencia didáctica y para la investigación en general.*

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



Matriz de sistematización 1

TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA					
Instrumento vs Casos	C1	C2	C3	C4	ASERTOS
Applet	"al molino moverse genera energía"	"el agua que cae hace mover el molino... y que el tanque se caliente"	"El agua del grifo tiene energía mecánica", luego "hace mover el molino convirtiendo la energía en eléctrica", "llega al recipiente con agua y se convierte en energía térmica"	"al abrir el grifo, esta <b>suelta</b> una energía mecánica con el agua como vehículo, ésta hace que el molino se mueva y produzca energía eléctrica", "la temperatura sube y hace que se produzca energía térmica"	El movimiento tiene una causa y un efecto.
	"si la altura sube, el movimiento del molino sería mayor"	"si es más alta puede que baje con más fuerza y haga que el molino gire más rápido"	"El agua caería con mayor fuerza y velocidad , haciendo girar más rápido el molino...para producir mucha más energía eléctrica"	"Se produciría más rápido cada una de estas energías"	Relación de proporcionalidad entre la energía de caída (altura) y el movimiento.
	"su masa es más grande, entonces su fuerza al hacer contacto con el molino se aumenta el movimiento"	"entre mayor cantidad de fluido "agua" mayor es la rapidez por (con) la que se mueve el molino"	Cuando hay poca agua "el molino se mueve más lento(Produce menos energía)", si "lo ponemos a una potencia mayor de agua ésta golpea al molino más fuerte", para "moverse más rápido"	"Del movimiento del molino (velocidad) dependerá el resultado del calor o temperatura que tenga el agua"	Relación de proporcionalidad entre la energía de caída (masa) y el movimiento.
	"si el movimiento aumenta el calor aumenta"	"(en) este caso para que haya calor tiene que haber movimiento"	"si el objeto en el movimiento produce mucha energía la cantidad de calor aumenta"	"Una cosa produce la otra", "el movimiento del molino provocó el calor en el recipiente con agua"	Relación de proporcionalidad entre movimiento y calor.
	"el molino... sí se mueve, ya que el vapor hace contacto con el molino aplicándole una fuerza"	"la presión del vapor puede hacer muchas cosas... (por ejemplo) mover un tren a vapor"	"el calor produce energía y el movimiento es un gasto de energía"	"No, porque no había un vehículo que transportara esta energía hacia el molino"	Relaciones de multicausalidad (c=e=c) e interacción entre sistemas.
	(el vapor) puede generar energía térmica, prender un bombillo, evaporar agua.	" no, el vapor de la cafetera al igual que la canilla hará mover al molino"	Causa "un cambio de temperatura en el ambiente, ya que no toda la energía mecánica y térmica entra en el molino", "va al espacio y forma un cambio de temperatura"	"Si, este vapor podría aumentar la temperatura del vapor". "Podemos obtener varias energías de una sola"	Transformaciones de varios tipos de energía.
	"la energía cambia constantemente... transformar es cambiar", "hay muchas formas de generar energía"	"el movimiento del molino se convierte en calor" "para que haya una energía tiene que haber un movimiento"	"La energía produce y está asociada con el calor, pero de ésta depende el movimiento", "a mayor movimiento más energía se da"	"Podemos obtener varias energías de una sola", "Empezamos con energía mecánica, luego se vuelve eléctrica y por último se convierte en térmica"	La energía cambia, se convierte en otros tipos. C1, C2 y C3: La energía es asociada con el movimiento.

Experimento	"La energía que genera la vela es térmica, esta al hacer contacto con la bomba no se transforma en ningún otro tipo de energía, simplemente se <u>descompone</u> "	"poco a poco en energía de <u>vapor</u> " (pero arriba dijo que el agua no se evaporaba, quizás en otro caso sí se da esto)	"elasticidad, <u>movimiento</u> de partículas"	(calor) "en energía térmica ya que se concentra en un espacio determinado"	C2, C3 y C4 si consideran que sí se transforma
	"La energía proporcionada por la distancia (altura) es mayor, entonces al otro extremo la bola se va a mover a la misma distancia que se puso a la primera"	Sí. "Como pega y rebota, así tiene que salir la del otro lado".	Sí. "Entre más distancia más fuerza. También depende de lo que empuje la primera bola (distancia y velocidad)"	"Si, ya que entre más distancia tenga la esfera más velocidad y fuerza obtenida al impactar con las otras esferas"	Relación de proporcionalidad entre altura y movimiento
Entrevista	I: imagínate que tenemos dos placas metálicas y que tú las frotas rápido, entonces escribe qué fue lo que produjo ese movimiento, qué sucede cuando te detienes... osea intenta describir detalladamente todo el fenómeno... C2: (Escrito) Le estamos aplicando una fuerza a cada placa... están generando energía, ya que al frotar estas, se crea una determinada energía de fricción. Podemos observar que estas van a quedar calientes por la energía creada, a estas se les aplica otra energía que es la que generamos con las manos, por eso es que quedamos calientes y cansados, porque utilizamos energía, por decir "vital".	I: ...qué sucede cuando frotas rápidamente dos placas metálicas? C2: Al frotar las dos placas, pueden causar calor, pues es como si tú estás en bicicleta y frenas, y tiene tus borradores gastados, al frenar se frota el borrador gastado y la plaquita de metal, pues causa que la placa grande osea el cinc se caliente y la plaquita o el "borrador" se caliente, además por ser más pequeño se puede desintegrar. También creo que depende del metal... Si son del mismo metal, creo que depende de la velocidad en que se froten ambos.	I: ¿Qué crees que ha sucedido con el movimiento de estas bolas? C3: tienen contacto tanto con otra como con la superficie, pues se puede decir que es como una fricción, no? [...] es el contacto de un cuerpo con otro [...] una pérdida de aceleración o de movimiento. I: ¿qué sucede cuando frotas rápidamente dos placas metálicas? C3: Al rozar dos placas de metal, estas sufren un cambio, al ser de metal, estas son mayores conductores de energía y calor. Si se rozan mucho sufren una gran fricción y se calientan más rápido.	C2: (escrito) yo pienso que al frotar las dos placas metálicas, ese movimiento continuo de arriba hacia abajo produce que las fuerzas de las placas estén en numerosas peleas y continuo contacto por lo que genera un calor en cada una de ellas.	En varios procesos se puede observar la relación de causalidad entre el movimiento, la fuerza de fricción y la generación de calor.(Se mezclan términos energéticos y de fuerza) Sin embargo, C1 menciona dos causas que anteceden al movimiento, una la energía vital que poseemos los seres vivos y esta permite realizar fuerzas que tendrán como efecto el movimiento (esta última la insinúa C2).
	Nuestra energía "vital" (química) nos permite hacer fuerza sobre las placas, lo cual produce un movimiento y este genera energía mediante la fricción manifestada en calor.	Al accionar el freno de una bicicleta, se ponen en contacto la rueda y el borrador que está un poco gastado y estos se rozan (movimiento) lo que causa que ambos se calienten (calor).	Si al movimiento se opone una superficie que les lleve a una interacción por fricción se genera calor.	Movimiento-fuerza de fricción-calor.	

Anexo 10

Matriz de sistematización 2

TRANSFERENCIA DE ENERGÍA					
Instrumento vs Casos	C1	C2	C3	C4	ASERTOS
Applet	La cafetera "genera energía térmica que al hacer contacto con el recipiente, va a evaporar el agua"	"El vapor calentará el recipiente, pero no creo que sacarle vapor"	"De la cafetera sale energía térmica, dándole la posibilidad de calentarla pero más lento"	"El vapor calentaría rápidamente el recipiente y de por sí el agua"	La cafetera genera una energía y esa energía es la que calienta el agua. Se considera la transferencia de calor.
Experimentos	"el calor hace <b>contacto</b> con la bomba... a una distancia mayor el calor <b>no hace contacto</b> ... porque <b>este se descompone</b> "	"entre más cerca más calor transfiere (a la bomba) por su llama o fuego, el fuego le da calor a la bomba, esa es la energía"	"el acercamiento entre los objetos y <b>que el aire lo favorezca</b> . Además, el material de la bomba"	" <b>contacto</b> que tiene el globo con la emisión de calor que produce la vela, por medio del <b>calor que produce la vida en el ambiente cercano al globo</b> "	El calor depende de la distancia entre los objetos. En C1 y C4 es más evidente su necesidad de contacto en ambos parece que el calor es un fluido.
	"la bomba con agua contrarresta el calor... <b>la bomba al estar con agua genera una capa que cubre el calor</b> "	"la que está con aire, está "vacía" por decirlo así, entonces <b>no hay una capa que la proteja</b> ; por ejemplo en la bomba con agua, esa agua puede apagar al fuego, pero ese fuego en ese instante no al agua"	"la que tiene solo aire es más densa, sus partículas están dispersas y <b>la del agua sus partículas cubren la superficie y no permite que el aire tenga contacto con el calor</b> para explotarla"	"porque la primera no tiene donde descargar todo ese calor en cambio <b>la segunda la puede descargar o distribuir (en) el agua</b> "	El agua en la bomba actúa como una capa (al fuego le es más difícil penetrar el agua que el aire) para que la bomba no explote por contacto con el aire.... En C1, C2 y C3 para distribuir el calor recibido, mientras en C2, impide el contacto del aire con la bomba.
	"Al pasar el tiempo el agua se <b>evapora</b> "	"El agua actúa como protección, pero no le pasa nada, <b>no se calienta ni evapora</b> "	"(el agua) <b>se va calentando</b> y sus partículas se pueden dispersar hasta explotar"	"(el agua) <b>se va a secar</b> hasta estallar la bomba"	C1, C2 y C4 hablan de una evaporación definitiva después de mucho tiempo, para C2 con el tiempo observado no es suficiente para determinar eso.
	"la energía (suministrada por la bola que fue levantada y golpeó la segunda bola) <b>se transmite por las bolas hasta llegar a la última</b> , esta al no tener nada que se le oponga continúa su movimiento"	"(la bola que se suelta) <b>hace mover a la bolita de la derecha puesto que golpea y se convierte una fuerza a las demás hasta llegar al otro (lado)</b> "	"la esfera que se toma y se separa una distancia choca con las demás y hace que estas se muevan. <b>Elas adquieren una fuerza a cual fue transmitida por la distancia y la fuerza con la que golpea la primera</b> "	"al soltar la esfera se observa que solo rebotan las esferas de los extremos, creo que esto pasa porque el peso de la esfera no es capaz de mover todas las otras por lo que rebota al tener contacto con estas"	La causa de que la primera bola pueda chocar las demás (pero 1 por una) es su separación a lo que C1 llama energía (pero en C4 la masa). C2 y C3 explican que se puede transmitir debido a una fuerza que ha tenido lugar por el contacto entre las bolas.
	" <b>se anula el movimiento</b> ya que estas (las bolas) van con la misma energía pero en sentido contrario"	"creo que <b>seguirían</b> porque si están a la misma altura golpeará igualmente las dos y cada una se devolverá"	"la bola intermedia se queda quieta mientras que <b>las demás están en movimiento</b> , si se transfiere ya el de la mitad es el medio de transporte"	"Si, las dos esferas obtienen un peso y una velocidad determinada y cuando choca con las tres restantes busca igual las cargas, y por eso es que <b>queda en movimiento</b> las dos del lado"	C1 habla de que se elimina el movimiento y los demás en que permanece porque a iguales causas iguales consecuencias.



				izquierdo y las dos del lado derecho"	
	"la energía pasa por las bolas intermedias hasta llegar al otro extremo... en este caso la energía se transformay su magnitud es igual"	"cuando un cuerpo le transfiere energía a otro, por ejemplo cuando el calor calienta el agua y el agua se va evaporando, ya pasando a otra energía, este vapor puede generar otra energía"	"dar a los demás objetos energía, regalar y que ya haga parte del objeto"	"la transferencia de energía es pasar energía de un cuerpo a otro"	La transferencia de energía es pasar energía de un cuerpo a otro para que ese cuerpo la posea (ej el calor calienta C2), pero C1 aclara que son del mismo tipo (no se transforma en este proceso) y su magnitud se mantiene constante.
Entrevistas	<p>I: ¿Qué fue lo que produjo el movimiento de la bola roja? C1: El golpe de la bola blanca. I: Y ¿después qué puede pasar con la bola roja? C1: Tiene el mismo efecto que la bola blanca, se acelera y la fuerza de fricción la puede parar I1: y en relación a la velocidad ¿La velocidad que va a llevar la roja es la misma que la blanca? ¿es mayor? ¿o es menor? C1: Si la fuerza que se aplica entre las dos bolas es la misma... y las masas también son iguales... La fuerza es igual, la velocidad debería ser igual... (ah no)... Supongo que el movimiento... la aceleración es igual y velocidad inicial es igual...</p>	<p>I: ¿Cómo crees que son las velocidades con las que salen todas las bolas con respecto a la de la blanca... son mayores, o menores con la que va la blanca al principio? C2: Sí es por ejemplo, una, porque si es un triángulo, la bolita y una: la punta, después van 2, después van 3 y 4, así; entonces cada vez va ir más suave, porque son más bolas. I: Espera... le pega a la primera C2: Sí I: .... y ¿qué pasa ahí? C2: Ya van a ser dos bolas, entonces como le pegó a la primera pierde velocidad... cada vez que le va pegando a [más] bolas, va perdiendo la velocidad. I: ¿consideras que hay algún otro cambio [en el golpe de las bolas] además de la velocidad? C2: Va perdiendo la fuerza del golpe I: Osea, la fuerza se va transmitiendo. Además de la velocidad, la fuerza también se va transmitiendo C2: Sí</p>	<p>I: Al golpear la bola blanca, esta choca directamente con la bola roja en el centro, ¿qué piensas que sucede? C3: el taco le tuvo que haber dado como un impulso a la blanca... entonces la trayectoria y el impulso se lo traspasa como a la roja y permite que la roja se desplace. I: ¿A qué te refieres con lo de impulso? C3: Es como una fuerza... hacer el movimiento con el taco uno le está impulsando como una fuerza. I: ¿Cómo es el movimiento de ambas bolas antes y después de la colisión? C3: El cuerpo humano es el que le va pues a transportar la fuerza y el movimiento a la bola blanca... y esa bola blanca tiene que hacer lo mismo con la bola roja. I: ¿Qué ha provocado que la bola blanca se mueva? C3: El movimiento que ha transportado el cuerpo humano</p>	<p>I: vamos a meter la bola roja que es la última que nos queda, entonces para eso vamos a golpear la bola blanca. Esta choca directamente con la bola roja en el centro, ¿qué piensas que sucede, en esa situación? C2: Yo digo que la blanca debería de quedarse donde estaba, pues en el momento que impacta la roja, la blanca quedaría ahí quieta y la bola roja va en línea recta [...] C2: Porque al golpear la blanca con la roja disminuiría la velocidad, por la fuerza que está produciendo al chocar las dos fuerzas ahí se repartiría más la velocidad I: ¿En dónde se repartiría la velocidad? C2: En el momento del impacto. Una para la roja y la que quede en la blanca, es que la blanca como que le cede un poquito a la roja.</p>	<p>La causa del movimiento de las bolas de billar es la fuerza, se considera que el impacto entre las bolas es el que genera dicha fuerza. El movimiento con el que va la primera bola se traslada a las demás bolas después del choque, es decir la primera bola es la que cede o regala su movimiento o en palabras de algunos de ellos, esa "fuerza" o "impulso". No consideran alguna "pérdida" de energía durante el choque como el sonido, el calor, entre otros.</p>

Matriz de sistematización 3

DEGRADACIÓN DE LA ENERGÍA					
Instrumento vs Casos	C1	C2	C3	C4	ASERTOS
Applet	"Porque por ley de conservación de la energía, la energía no se destruye, sino que se transforma"	"Se conserva en el molino, no en su movimiento, sino en su temperatura"	"podría transformarse en calor o interactuar con otro fenómeno en el aire"	"Una energía que se conserva es que pueda causar otro fenómeno después", "El vapor de agua va hacia las nubes, hace llover y la lluvia puede mover una roca o algo parecido"	C1, C2 y C4 consideran la conservación de la energía para hablar de transformación. C4 expresa que una energía que se conserva puede causar otro fenómeno, es decir, se transforma y C3 la energía se transforma en calor.
Experimento	"la vela produce el calor que calienta el agua y es la única fuente que calienta el agua" "En el globo (hay gasto de energía) porque la energía térmica se está descomponiendo mientras que en el péndulo la energía siempre es igual"	"Si, yo creo que sí" "Si, porque traslada la energía de un cuerpo a otro"	"Si, la energía solo calienta el agua" "Si, debido a que en la de la bomba esta sufre un contacto con el calor y en la de las bolitas al contacto con las demás"	Sí. Poco a poco el agua se va evaporando, esto hace que la bomba se llene de un gas, entonces se estalla o se abre un huequito" "Si, en el primero el calor, explota la bomba y calienta el agua... en el segundo se transfieren energías"	Se entiende la degradación como un gasto de energía, en términos de C1 (la energía térmica se está descomponiendo), se expresa la interacción elementos y el calor como causa de otros fenómenos, C2 y C4 en la interacción se transfieren (traslada) energías de un cuerpo a otro.
Entrevista	I: Entonces si el movimiento no aparece, ni desaparece de la nada, ¿qué se hizo con ese movimiento? C1: El movimiento no desaparece, ni aparece de la nada... (un poco dubitativo) I: Si yo tengo una bolita que va rodando y va parando poco a poco, ¿qué pasó con ese movimiento? C1: Se... desaceleró, (Momento de silencio) ¿no estamos hablando fuerza de fricción?... digamos que la fuerza de fricción la paró...	I: Si la superficie de la mesa es rugosa, el movimiento se prolonga por menos tiempo; ¿por qué sucede? C2: Pues porque...no es como más liso, sino como con morritos... I: Se detiene más fácil el movimiento, ¿por qué? C2: Porque [el objeto] pasa como por más peleas de fuerza digámoslo así, porque cada que hay un morrito, se va golpeando más I: Entonces, ¿por qué esa bola rueda por una superficie [lisa], sin colisionar, esta se detiene? C2: Porque...al pasar una pelea queda más débil, pues le va quitando la fuerza cada que pelee.	I: ¿[las bolas] se continúa moviendo con la misma velocidad, pues con la que arrancó cuando le pegó la blanca? C2: No porque al pegar otra vez con las paredes del billar también hay.... no se mueve el billar, pero sí... pues porque yo creo que pesa más el billar obviamente entonces creo que por eso se devuelve la bola... I: Y ¿sigue moviéndose... o qué? C2: No, va perdiendo velocidad cada vez que vaya pegando contra algo.	I: ¿A dónde crees que se ha ido el movimiento de la bola roja? C3: (se queda pensando) queda en ella, pues ya, cuando impacta en el huequito... pues entra ya, se supone que la bola blanca tiene que pegarle a la roja para que la roja entre en el billar.	La fuerza de fricción es la causante del cese de movimiento de la bola, la interacción con las superficies, paredes, y otros elementos son los causantes de la pérdida de movimiento, sin embargo, no se expresa el efecto de este movimiento que se pierde. Al contacto con la superficie rugosa según C2 se da una pelea de fuerzas, es decir, que las fuerzas entre la bola y la superficie hacen que esta pierda energía hasta parar y en términos de C3, va perdiendo velocidad al contacto con algo.



Anexo 12

Matriz de sistematización 4

CONSERVACIÓN DE LA ENERÍA					
Instrumento vs Casos	C1	C2	C3	C4	ASERTOS
Applet	"Su estado al ser gaseoso y con un volumen grande, sus partículas se expanden y no todas hacen contacto con el molino" (DEG)	"Una parte se va para el molino y otra parte se expande en el aire" (DEG)	Algunas partículas del vapor salen, ya que por ser más separadas, es más difícil que choquen con el molino. (DEG)	"Otra parte del vapor se vuelve en energía térmica, por el hecho de que sube la temperatura del molino" (DEG)	(La energía se degrada porque) No toda la energía (vapor) se convierte en otro tipo (movimiento) porque puede esparcirse... degradación.
Experimento	El movimiento de la primera sí es igual al movimiento de la última. "Porque la energía es igual"	"Sí. Pues pesan lo mismo así que como pegue y rebote una la otra (lo hace) igual"	"Sí. Ya que la fuerza de la primera y la distancia es trasladada igual a la última y así hasta volver al proceso"	"Sí, porque la fuerza que implica el impacto de la primera esfera de un trasladando de esfera en esfera hasta llegar a la última y hace que se mueva de igual manera"	El movimiento de la primera bola es igual al de la última porque: energía es la misma (C1 pero esta depende de algo!!) porque la fuerza transmitida es la misma (C2, C3 y C4)
	Sí, las esferas se siguen moviendo indefinidamente después del impacto. "Porque en este caso la energía no se descompone y su magnitud al ser siempre igual hace que el péndulo no pare"	"Si, creo que no paran, puesto que esa fuerza se devolverá con el mismo impulso con el que se lanza"	"Si, se siguen moviendo debido al impacto que recibe, y que las esferas quedan con una velocidad que va disminuyendo al pasar el tiempo"	"No, cada vez que hay un impacto, la fuerza se va disminuyendo y esto hace que el movimiento pare"	En un péndulo de Newton, el movimiento sigue indefinidamente para C1 y C2 (C1 dice porque no se pierde energía, siempre es igual y esta misma razón la da C2 pero con la fuerza); mientras que para C3 y C4 las bolas si pararán después de un tiempo porque la velocidad va disminuyendo (C3 no da explicación para esto y C4 dice que la fuerza se va disminuyendo). No se reconocen las causas del por qué se detienen las esferas.

<p><b>Entrevista</b></p>	<p>I: Tú me dices que cuando le pegas a una bola las velocidades [la final de la primera y la inicial de la segunda] serían las mismas. Pero ahora supongamos que [la bola blanca] le pega a muchas, entonces la velocidad de cada una de las bolas, ¿es igual, menor o mayor que la de la blanca? C1: No (es mayor). Porque.... digamos que la fuerza de la bola blanca al impactar todas las bolas se dispersa en muchas bolas, entonces, su aceleración va a cambiar, eso supongo que no va a hacer las mismas velocidades, sino que va a ir más lento.</p>	<p>I: Supongamos que te vas a jugar billar pool y tienes que meter la bola roja. Al golpear la bola blanca, esta choca directamente con la bola roja en el centro... C2: Como le diría, la bola blanca al golpear, como que una fuerza la hace devolver, pues la masa de la bola roja, y la bola roja digo que no toma la misma velocidad que la de la blanca, pero sí a una velocidad. I: Y ¿por qué no toma la misma velocidad que la de la blanca? C2: Porque al golpear, pues al golpear pierde velocidad...pues creo... Porque no sé si ahí también va la fuerza de.... pues.... al devolverse yo creo que tienen que ver con la fuerza de fricción, no?... porque también se devuelve...</p>	<p>C3: El taco impacta a la bola blanca entonces la blanca recibe una fuerza y un movimiento y esa impacta en la roja y entonces la roja ya tiene una fuerza ahí pues lo que tenía la blanca una fuerza y un movimiento... I: ¿Cómo crees tú que sería entonces la relación entre esa velocidad en que esa bola blanca ha perdido y la velocidad que ellas han ganado? C3: [...] porque la blanca se lo transmite pues, tuvo que haber un choque entonces la blanca al chocar con otra bola es como un obstáculo y es como, usted se choca en un carro, el carro no sigue andando a la misma velocidad, pues hay algo que lo frena ... se pasan las fuerzas pues, la bola que le da a la blanca se le resta a la blanca pues la blanca le da digamos a la roja y lo que le da a la roja se le tiene que restar en la blanca</p>	<p>I: La bola blanca venía con una velocidad, colisionó con la roja y la roja se movió, ¿cuál crees que tiene más velocidad la bola blanca o la bola roja? C2: Yo digo que la misma. La velocidad que lleva la blanca es como si se la pasara al roja, pues es lo que pienso yo, la velocidad que con la que va la blanca es como decir que la lleva la roja ya.</p>	<p>La fuerza de contacto entre las bolas hace que los efectos sobre las demás se distribuyan (no dice que en igual magnitud, pero sí dice que la velocidad de las demás bolas es menor que la de la primera – C1). Según C2, la velocidad que adquiere una bola después de ser golpeada no es la misma que tuvo inicialmente la primera porque hay una fricción que hace que se frene la bola. El movimiento o las fuerzas transmitidas no son iguales en cada bola, la primera le da una parte a la otra y por tanto lo que ahora tiene la bola chocada es lo que tenía la blanca inicialmente menos con lo que quedó después. C4 considera que en los choques todo sigue siendo movimiento (no se tiene en cuenta el calor). La velocidad que lleva una bola, al colisionar, se la transfiere a la otra totalmente.</p>
--------------------------	--	--	---	--	---

## Referencias bibliográficas

- Aguilar, M. Y. (2006). *El Concepto de presión desde la perspectiva euleriana*. Tesis de Maestría inédita. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Álvarez, C. y Maroto, J. L. (2012). La elección del estudio de caso en investigación educativa. *Gazeta de antropología*, 28(1), pp. 1-12.
- Assis, A. y Baierl, O. (2003). Algumas considerações sobre o ensino e a aprendizagem do conceito de energia. *Ciência y Educação*, 9(1), pp. 41-52.
- Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Revista Pro-posições*, 17(1), pp. 19 – 37
- Bañas, C., Pavón, R., Ruiz, C., y Mellado, V. (2011). Un programa de investigación-acción con profesores de secundaria sobre la enseñanza-aprendizaje de la energía. Un estudio de caso. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33(3), pp. 3402-2 - 3402-9.
- Carr, E. H. (1983). *¿Qué es la historia?* Barcelona, España: Editorial Ariel.
- Constantinou, C.P. & Papadouris, N. (2012). Teaching and learning about energy in middle school: an argument for an epistemic approach, *Studies in Science Education*, 48(2), pp. 161-186, DOI: 10.1080/03057267.2012.726528.
- Doménech, J.L., Gil Pérez, D., Gras, A., Guisasola, J., Martínez-Torregrosa, 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*, 20(3), pp. 285-311.

- Duit, R. (2014). Teaching and Learning the Physics Energy Concept. En Chen, R. F., Eisenkraft, A., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K., Nordine, J. C., & Scheff, A. (comps). *Teaching and learning of energy in K-12*. Editorial Education - Springer.
- Gallego, D. E. (2011). Recontextualización del principio de conservación de la energía a través de la teoría de sistemas. En: *Revista Científica*. Volumen Extra. Evento: 5° Congreso Nacional de Enseñanza de la Física. Ponencia.
- Garriz, A. (2006). Naturaleza de la ciencia e indagación: Cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano. *Revista Iberoamericana de Educación*, (42), pp. 127-152.
- Gómez, A. A., Sanmartí, N., & Pujol, R. M. (2003). Aprendiendo sobre los seres vivos. Una propuesta realizada en la escuela primaria. *Innovación educativa* (125), pp. 54-58
- Heimann, P. (1976). Mayer's concept of "force": The "axis" of a new science of physics. *Historical Studies in the Physical Sciences*, 7, pp. 277-296.
- Hernández, C. A. (2001). *Aproximación a un estado del arte de la enseñanza de las ciencias en Colombia*. En Icfes, Colciencias (comp) Estados del arte de la investigación en educación y pedagogía en Colombia (pp. 1-71). Bogotá, Colombia.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010) *Metodología de la investigación*. México D.F., México: Editorial Mc Graw Hill.
- Jiménez, V. (2012). El estudio de caso y su implementación en la investigación. *Revista Internacional de Investigaciones en Ciencias Sociales-RIICS*, 8, pp. 141-149.



- Kuhn, T. S. (1982). *Estructura de las Revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Kuhn, T. S. (1996). La conservación de la energía como ejemplo del descubrimiento simultáneo. En *La tensión esencial: Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia* (pp. 91-128). México D.F., México: Fondo de Cultura Económica.
- Martínez, P. C. (2006). El método de estudio de caso: Estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento y gestión: Revista de la división de Ciencias Administrativas de la Universidad del Norte*, (20), pp. 165-193.
- Matthews, M. R. (1994). Historia, Filosofía y Enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 255-277
- Mayer, R. (1842b). *Conservación de la energía* (Cartas a Griesinger). Texto original en alemán, compilado y editado por von M. Prayer (1889) en *Erhaltung der energie. Briefe an Wilhelm Griesinger nebst dessen antwort schreiben aus den jahren 1842 - 1845*. Berlín. Universidad de Minnesota.
- Mayer, R. (1862). Remarks on the Forces of Inorganic Nature. *Annalen der Chemie und Pharmacie*, (42), pp. 233-240. Traducido al inglés por G. C. Foster, *Philosophical Magazine*, 24 (4), pp. 371-377 (1862). Reimpreso en William Francis (1935), New York, Estados Unidos: McGraw-Hill.
- Mayer, R. (1973). The motions of organisms and their relation to metabolism. Reimpreso por R. B. Lindsay, *Men of physics: Julius Robert Mayer, Prophet of Energy*, Pergamon Press, Oxford, pp 76-99. Original de 1845.



- Mellado. V., (2000). *Aprender a enseñar ciencias experimentales en la formación inicial del profesorado*, Extremadura, España: Colección Proyectos de innovación docente ICE de la UEX.
- Ministerio de Educación Nacional. (1998). *Lineamientos Curriculares: Ciencias Naturales*. Bogotá: Magisterio.
- Núñez, G., Maturano, C. I., Mazzitelli, C. y Pereira, R. (2004). ¿Por qué persisten las dificultades en el aprendizaje del concepto de energía?. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales* (18), pp. 105-120.
- Palacio, Machado y Hoyos, (2008). La didáctica: un escenario para la construcción de juegos de lenguaje. *Revista Educación y Pedagogía*, 20(50), pp. 99-110.
- Pérez – Landazábal, Varela y Favieres. (2000). Una propuesta para desarrollar en el alumno de secundaria una visión unificada de la física a partir de la energía. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias* 2006, 3(2), pp. 237-250.
- Pintó, R., Couso, D. y Gutiérrez, R. (2004). Using Research on Teachers' Transformations of Innovations to Inform Teacher Education. The Case of Energy Degradation. *Wiley Periodicals, Science Education* (89), pp. 38 – 55.
- Porlán y Martín (1999). *El diario del profesor. Un recurso para la investigación en el aula*. 7<sup>o</sup> Edición, Sevilla, España: Díada.
- Pulido (2009). La didáctica de la física como investigación de la enseñanza de la física. *Revista Góndola*. 4(1), pp. 9-12.

Gómez, D. R., y Roquet, J. V. (2012). *Metodología de la investigación*. México: Red Tercer Milenio. Recuperado de [http://zanadoria.com/syllabi/m1019/mat\\_cast\\_nodef/PID\\_00148556-1.pdf](http://zanadoria.com/syllabi/m1019/mat_cast_nodef/PID_00148556-1.pdf).

Gómez, D. R., & Roquet, J. V. (2012). *Metodología de la investigación*. México: Red Tercer Milenio.

Roth, H. (1970). El buen arte de la preparación de una clase. *Revista Educación*, 1, pp. 26-36.

Solano, S. (2005). La utilización del estudio de caso en el análisis local. *Región y sociedad*, 17(32), 107-144.

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., y 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), 185-194.

Solbes, J. y Tarín, F. (2008). Generalizando el concepto de energía y su conservación. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*. (22), 155-180.

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

Tobin, R. G., Crissman, S., Doubler, S., Gallagher, H., Goldstein, G., Lacy, S. y Wagoner, P. (2012). Teaching teachers about energy: Lessons from an inquiry-based workshop for K-8 teachers. *Journal of science education and technology*, 21(5), pp. 631-639.

Trumper, R. (2006). Applying Conceptual Conflict Strategies in the Learning of the Energy Concept. *Research in Science y Technological Education*, 15(1), pp. 5-18.

Zamorano, R. O., Moro, L. E., y Gibbs, H. M. (2011). Aproximación didáctica a la termodinámica con modelos y literatura de ciencia ficción. *Ciência & Educação*, 17(2), pp.401-419.