

**REFLEXIONES PEDAGÓGICAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA ENERGÍA
A PARTIR DEL ANÁLISIS DE UNA EXPERIENCIA DE PRÁCTICA
PEDAGÓGICA, DESDE UNA PERSPECTIVA HISTÓRICO-CRÍTICA**

KEVIN LEONARDO CORREA LADINO

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN FÍSICA

BOGOTÁ D.C.

2.017

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN
FÍSICA**

**REFLEXIONES PEDAGÓGICAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA ENERGÍA
A PARTIR DEL ANÁLISIS DE UNA EXPERIENCIA DE PRÁCTICA
PEDAGÓGICA, DESDE UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA-CRÍTICA**

PRESENTADO POR:

KEVIN LEONARDO CORREA LADINO

ASESORADO POR:

JUAN CARLOS OROZCO CRUZ

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN FÍSICA

BOGOTÁ D.C.

2.017

DEDICATORA

La presenta monografía está dedicada, primero que todo a Dios que me ha dado la fuerza para nunca desfallecer en los momentos más difíciles y en segunda medida a mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional, tanto económico como moral. Siendo ellos los que me permitieron salir adelante en esta etapa de la vida, y que a cada instante brindaron la fortaleza para superar uno a uno los matices de esta ardua jornada.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco inmensamente a la UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL, y específicamente a los docentes y administrativos del Departamento de física por su apoyo y orientación en cada semestre de la carrera. De igual forma a la ESCUELA PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL, a sus directivos, docentes y estudiantes quienes abrieron las puertas de su comunidad para que se pudieran llevar a cabo los procesos de investigación planteados.

Un especial y profundo agradecimiento al maestro Juan Carlos Orozco Cruz, quien ha retomado y orientado esta monografía para sacar el mejor provecho de la investigación, y quien a su vez brindo incondicional apoyo a las vivencias finales de mi formación docente. Finalmente, a mi gran amigo Luis Esteban Hernández Cristancho que ha sido como un hermano para mí pues me ayudó en los momentos difíciles.

HOJA DE ACEPTACIÓN

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Formación de Educadores</i>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 6 de 77	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Reflexiones pedagógicas para la enseñanza de la energía a partir del análisis de una experiencia de práctica pedagógica, desde una perspectiva Histórico- Crítica.
Autor(es)	Correa Ladino, Kevin Leonardo
Director	Orozco Cruz, Juan Carlos
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2017. 70 p
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	ESTUDIO HISTÓRICO-CRÍTICO, ENSEÑANZA DE LA ENERGÍA, EDUCACIÓN ALTERNATIVA

2. Descripción
En el presente trabajo se muestran las reflexiones que surgen de poner en diálogo los estudios histórico- críticos del concepto de energía con una experiencia de práctica pedagógica en un espacio de educación alternativa. Con la implementación de cuatro actividades exploratorias en el nivel 12 de la Escuela Pedagógica Experimental (EPE), se llevó a cabo un análisis de las explicaciones iniciales de los estudiantes al referirse a la energía, que se asocian a los encontrados en los estudios histórico-críticos sobre la misma; los casos de conservación y convertibilidad de la energía encontrados en los debates históricos también aparecen como una forma en que los estudiantes buscan dar cuenta de la energía. Finalmente, se tiene como referente una imagen de ciencia distinta a la tradicional, pues entendiendo esta como una actividad es posible que espacios de

práctica pedagógica en educación alternativa aporten significativamente a la formación del docente en ciencias.

3. Fuentes

Agudelo, C., Placio, O., Londoño, J., & Aguilar, Y. (2011). Una propuesta de formalización del principio de conservación de la energía desde la perspectiva de Mayer. *5 Congreso Nacional de Enseñanza de la física* (p. 100). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Bautista, G., & Rodríguez, L. D. (1996). La ciencia como una actividad de construcción de explicaciones. *Física y Cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*, 65-73.

Departamento de física UPN. (18 de octubre de 2011). *ciencia y tecnología*. Fonte: Universidad Pedagógica Nacional:
<http://cienciaytecnologia.pedagogica.edu.co/vercontenido.php?idp=373&idh=375>

Doménech, J., Gil-Peréz, D., Gras, A., Guisasola, J., Martínez-Torregrosa, J., Salinas, J., . . . Valdés, P. (2003). La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 285-311.

Garay Garay, F. R. (2007). *Historia de la formación de profesores en Colombia y la inclusión de la historia de las ciencias*. Bogotá: memorias de la maestría en docencia de la química.

Hermann, F., George, J., & Arias, N. (2014). Una alternativa para la enseñanza de la física: el curso de física de Karlsruhe CFK. *Latin-American Journal of Physics Education* , 1-7.

Kuhn, T. (1977). *La tensión esencial*, Fondo de Cultura Económica, México.

Mach, E. (1911). *History and root of the principle of the conservation of the energy*. (P. E. Jourdain, Trad.) Chicago , Illinois, USA: strouse collection.

Mercedes Ayala, M. (2000). Historia de las ciencias y la formación de profesores. *VII conferencia interamericana de enseñanza de la física*. Portoalegre Brasil.

Ministerio de Educación Nacional. (Julio de 2004). *Ministerio de Educación Nacional*. Fonte: http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-81033_archivo_pdf.pdf

Orozco, J. C. (20 de noviembre de 2016). *ITAE MOODLE*. Fonte: Práctica pedagógica e investigación: itaemoodle.pedagogica.edu.co

Ostwald, W. (1911). Introducción. Em O. Wilhelm, *La Energía* (p. 5). Madrid: J, R, Ferreruela.

Ostwald, W. (1911). *La Energía*. (J. R. Ferreruela, Trad.) España: Ferreruela.

Pedrerros, R. I. (1995). Génesis del principio de conservación de energía a nivel colectivo y las posibilidades de su construcción en situaciones escolares a partir de las formas de explicación espontanea. *Tesis de grado para optar al título de Mestro en enseñanza de las ciencias*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.

Romero, Á., Ayala, M. M., Malagón, F., García, E., & Gómez, M. C. (1999). La convertibilidad de los fenómenos y la conservación de la energía. *Tecne, Episteme y Didaxis* , 55-61.

Rubio, A. (2012). *Unidad didáctica para la enseñanza del concepto de energía*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Sandoval, S. (2008). *LA COMPRENSIÓN Y CONSTRUCCIÓN FENOMENOLÓGICA: UNA PERSPECTIVA DESDE LA FORMACIÓN DE MAESTROS DE CIENCIAS*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Segura, D. (1990). *la cultura escolar y la enseñanza de la ciencia y la tecnología*. Bogotá: Escuela Pedagógica Experimental.

Segura, D. (1991). *las ciencias naturales en la escuela*. Bogotá: investigación didáctica de la universidad distrital "Francisco José de Caldas".

Segura, D. (30 de Noviembre de 2016). *Escuela Pedagógica Experimental*. Fonte: La EPE: www.epe.edu.co

Segura, D. (04 de mayo de 2017). *Compromiso social de la escuela y posibilidades del contexto*.
 Fonte: Dino Segura Robayo:
http://www.dinosegurarobayo.com/uploads/4/6/0/3/46032427/articulo_completo_dino.pdf

- Segura, D., Arias, C., de la Rosa, L., Lizarralde, M., López, D., Malagón, J., . . . Vásquez, G. (1999). *La construcción de la confianza, una experiencia en proyectos de aula*. Bogotá: Escuela Pedagógica Experimental.
- Segura, D., Molina, A., Velasco, A., Hernández, G., Arcos, F. O., Leuro, R., & Pedreros, R. I. (2000). La Imagen de Ciencia y el ambiente educativo. Em D. Segura, A. Molina, A. Velasco, G. Hernández, F. O. Arcos, R. Leuro, & R. I. Pedreros, *Vivencias de Conocimiento y Cambio Cultural* (pp. 45-85). Bogotá D.C.: Escuela Pedagógica Experimental.
- Solbes, J., & Tarín, F. (2004). La conservación de la energía: un principio de toda la física. Una propuesta y unos resultados. *Enseñanza de las ciencias*, 185-193.

4. Contenidos

Este trabajo se encuentra dividido en cuatro capítulos que se describen a continuación: el primer capítulo se enfoca a contextualizar el problema de la enseñanza de la energía basado en los antecedentes nacionales e internacionales, se justifica desde los lineamientos del departamento de física de la Universidad Pedagógica Nacional la importancia de la investigación y la práctica pedagógica en la formación de docentes en física y, finalmente, se realiza un esbozo de los objetivos del trabajo que permitirán encontrar criterios para la formación de docentes en ciencias cuando se articulan los estudios histórico-críticos con las experiencias de práctica en espacios de educación alternativa. El segundo capítulo presenta el debate revisado por el estudio histórico-crítico del concepto de energía tomando en cuenta los planteamientos de Joule, Mayer y otros para la construcción del principio de conservación y convertibilidad de la energía; además se hace un aporte para la enseñanza de la energía por parte del curso alemán de física de Karlsruhe que permite, desde el modelo de sustancia, explicar la energía de una forma más fácil y teniendo en cuenta la cotidianidad. El capítulo tres describe por completo la experiencia de práctica pedagógica en concordancia con la implementación de las cuatro actividades exploratorias, además se realiza un análisis de las respuestas de los estudiantes a la luz de las construcciones encontradas en los estudios histórico-críticos. Finalmente, en el último capítulo se aportan unos criterios para la formación de docentes en física y se hacen varias conclusiones de los objetivos planteados por la investigación inicialmente.

5. Metodología

La metodología del trabajo se encuentra implícita en el mismo, creemos que la investigación realizada muestra uno a uno los aspectos que se llevaron a cabo para resolver los objetivos planteados, además de que en cada uno de los análisis realizados se busca presentar clara o coherentemente el desarrollo de la investigación desde los análisis histórico-críticos hasta la intervención de práctica pedagógica y sus reflexiones finales.

6. Conclusiones

- Para el maestro de ciencias considerar la ambigüedad del concepto de energía, como eje de investigación, le permite revisar desde un enfoque histórico-crítico, cuál es el proceso dinámico de la actividad científica, pues entender está y sus desarrollos como resultado de procesos arduos de diferentes estudiosos, muestra finalmente que la ciencia va más allá de una recolección de teorías y hechos que poco tienen que ver con la “realidad”.
- Los análisis realizados por Kuhn y Mach nos muestran la complejidad que revistió la construcción de principios que, hoy en día, se muestran como evidentes tales como la conservación y convertibilidad de los fenómenos. Esta “obviedad” suele constituirse en una dificultad para el maestro a la hora de trabajar el concepto de energía en el aula. De esta manera, la imagen que tenga el maestro sobre la ciencia termina influyendo en su accionar en el aula y como afirma (Segura D. , 1991) “la mejor caracterización de lo que es ciencia se deriva de concebirla como un proceso, esto es, como una actividad”. Por lo tanto, obviar, reducir o simplificar las explicaciones iniciales que tiene el estudiante frente a la energía muestra una imagen de ciencia lineal, universal y absolutista por parte del maestro.

- El estudio histórico-crítico realizado frente al concepto de energía muestra que dicho concepto fue construido por estudiosos que trabajan en múltiples campos del conocimiento tales como la física, las matemáticas, la química, la biología, la ingeniería. Sus trabajos simultáneos y no siempre conocidos entre sí, llevaron a un entendimiento más amplio de los fenómenos mecánicos, térmicos, químicos eléctricos, etc. los cuales permitieron decantar los significados sobre energía y formular los principios que posibilitaron el posterior desarrollo de teorías y tecnologías que dieron lugar al campo de estudio y aplicación de otros terrenos de la física.
- Para el maestro en formación y en ejercicio los estudios histórico-críticos representan una fuente para profundizar en el conocimiento de la disciplina y para orientar la formulación de criterios pedagógicos y el diseño de actividades de aula. Pues como afirma (Garay Garay, 2007) “El conocimiento de la historia de las ciencias permite cuestionar lo que se consideran como verdades absolutas y que los libros de texto hacen ver como hechos aislados unos de otros” y por tal razón la historia de las ciencias se convierte en un aspecto que nutre el quehacer del docente investigador.
- Para los maestros en formación, además de los espacios tradicionales de enseñanza es pertinente reconocer experiencias y escenarios de práctica de innovación en enseñanza de las ciencias, como la EPE, pues se pueden encontrar reflexiones como las realizadas por Dino segura, en donde propone que las practicas realizadas por los maestros procuren siempre una escuela para la transformación social, el aprendizaje con invención y la realización individual (Segura D. , Compromiso social de la escuela y posibilidades del contexto, 2017). De esta manera, este tipo de escenarios brindan al maestro en formación perspectivas de enseñanza alternativas que nutren su labor y por tanto deben ser un referente en los programas de licenciatura.
- Las cuatro actividades exploratorias permitieron encontrar aquellos aspectos que los estudiantes de nivel 12 de la EPE consideran al analizar procesos de

conservación y convertibilidad de la energía, así mismo, es de resaltar que la formación de la escuela en un espacio cercano a la naturaleza y en donde la importancia de entender los problemas del colectivo lleva a concebir una clase de ciencias en donde “se hace ciencia” más allá de replicar la colección de resultados de la misma (Segura, y otros, 1999).

Elaborado por:	Correa Ladino, Kevin Leonardo
Revisado por:	Orozco Cruz, Juan Carlos

Fecha de elaboración del Resumen:	07	06	2017
--	----	----	------

ÍNDICE DE CONTENIDO

Páginas

INTRODUCCIÓN	9
CAPITULO I. CUESTIONES SOBRE LA ENERGÍA Y SU ENSEÑANZA.	11
CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA.	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1. OBJETIVOS.....	15
1.1.1. Objetivo general.....	
1.1.2. Objetivos específicos.....	16
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	
1.3. ANTECEDENTES.....	19
1.3.1. Antecedentes Nacionales.....	21
1.3.2. Antecedentes Internacionales.....	22
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	24
2. REFERENTES CONCEPTUALES.....	
2.1. LA ENERGÍA.....	
2.1.1. Un poco de historia sobre la energía.....	25
2.1.2. El principio de conservación de la energía.....	28
2.1.3. El principio de conservación y de convertibilidad de la energía desde la perspectiva de Julius Mayer.....	40
2.1.4. Aspectos de su enseñanza.....	42
CAPITULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA EN LA EPE.....	47
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN.....	48
3.2. ACTIVIDADES EXPLORATORIAS.....	49
3.2.1. ¿De dónde viene la energía eléctrica de tu casa?.....	
3.2.2. La lámpara de lava.....	52
3.2.3. Encuesta sobre las ideas previas de los estudiantes frente a la energía.....	55
3.2.4. El experimento de la montaña rusa: Un acercamiento para la enseñanza del concepto de energía mecánica.....	64
CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES DE LA EXPERIENCIA.....	66
5. BIBLIOGRAFÍA.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 organización de los niveles educativos</i>	<i>56</i>
---	-----------

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Síntesis del Marco Teórico</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 2: Representación gráfica del experimento de la cadena de Stevin.....</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 3. Mapa mental de la electricidad que llega a tu casa.</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 4 Lámpara de lava</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 5. Gráfica1: ¿En dónde se encuentra la energía en la naturaleza?</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 6.Gráfica 2: ¿Cuánta energía hay en la tierra?</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 7. Gráfica 3: ¿cómo crees que es la energía?</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 8. Gráfica 4: ¿Se puede tocar o interactuar con la energía?</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 9. Gráfica 5: ¿De dónde proviene la energía eléctrica de tu casa?</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 10. Gráfica 6: ¿cómo poner en marcha un automóvil o carro?</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 11 y 12 montaje montaña rusa</i>	<i>71</i>

INTRODUCCIÓN

“Más que como una colección de productos- conceptos, teorías, procedimientos, etc.-la ciencia es presentada como la actividad misma de construcción de dichos productos, ligada, consecuentemente, a los contextos en los que se realiza y respondiendo a las exigencias e intereses generados en esos contextos específicos”
M. M. AYALA

El presente trabajo, enmarcado en la línea de profundización “La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural” del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional, tiene como objetivo presentar las reflexiones que se derivan al poner en diálogo los análisis histórico-críticos con una experiencia de práctica pedagógica en un colegio de enseñanza no convencional o alternativa (Escuela Pedagógica Experimental EPE). Se realiza una reflexión sobre las explicaciones iniciales que los estudiantes tienen acerca del concepto energía a partir de cuatro (4) actividades exploratorias que brindan elementos significativos que relacionan el trabajo de aula con los desarrollos históricos por los que ha pasado este concepto tan ambiguo¹, el cual no se le da gran relevancia en la clase de ciencias a nivel medio y básico.

Cabe señalar que inicialmente la preocupación estuvo orientada a un aspecto puntual de la enseñanza de la energía mecánica (Propuesta pedagógica para la enseñanza de la energía mecánica a partir del análisis del tiro libre de baloncesto). Sin embargo, las dinámicas vividas en la práctica pedagógica en la EPE permitieron visualizar otros aspectos para la clase de ciencias. Con base en lo anteriormente escrito, el objetivo fundamental del trabajo ahora, ya no es llevar un deporte en específico sin conocer en primera instancia si les gustaba o no a todos los estudiantes, sino que se llevaron cuatro (4) actividades exploratorias que permitieran ver las explicaciones iniciales de los estudiantes frente a la energía, lo que finalmente condujo a un trabajo de orden más global respecto a la conceptualización de la energía.

¹ Nos referimos a “ambiguo” en cuanto es un concepto con múltiples significados

Inicialmente, en procura de contextualizar el trabajo de grado, se realizó una indagación en torno a investigaciones sobre enseñanza de las ciencias, en particular de la física, que en los ámbitos nacional e internacional se han ocupado de este tema, esto con el objetivo de brindar al trabajo un panorama global de la enseñanza de la energía y como esta aparece a modo un concepto ambiguo que merece ser revisado por el maestro de ciencias, considerando las experiencias previas de los estudiantes para abordar la temática. Así como afirma (Segura D. , 1991) “se convierte en algo muy difícil desligar la enseñanza de las ciencias naturales del proceso total de educación que vive el individuo en la escuela y que es enriquecido simultánea y espontáneamente por sus vivencias del hogar y por los medios de comunicación.”

El problema de la conceptualización y formalización de la energía se muestra a la base de un estudio histórico- crítico realizado, en el que se relevan los debates por los que diversos estudiosos (químicos, matemáticos, ingenieros, físicos, etc.) han tenido que pasar para poder concretar este complejo concepto de energía. Como resultado de ello se expone un panorama de contextualización histórica en donde los procesos de conservación y convertibilidad de los fenómenos son un aporte muy importante para poder dar cuenta de la energía.

El trabajo de práctica pedagógica realizado en la EPE permite considerar otras perspectivas de lo que es ser maestro de física, pues contextos educativos no tradicionales como la EPE revelan la construcción de conocimiento de cada estudiante y el trabajo en grupo, como elementos cruciales para el desarrollo del conocimiento colectivo. Desde los diversos elementos que nutren la clase de ciencias en este espacio educativo, se presentan cuatro actividades exploratorias en torno al concepto de energía: encuesta de ideas iniciales, ¿de dónde viene la energía eléctrica de tu casa?, la lámpara de lava y la montaña rusa. Finalmente se realiza una reflexión para el maestro de ciencias la cual se sintetiza en un contraste sobre las explicaciones iniciales de los estudiantes frente a las cuatro actividades exploratorias y el desarrollo histórico del concepto de energía.

CAPÍTULO I: CUESTIONES SOBRE LA ENERGÍA Y SU ENSEÑANZA

CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA:

Las preocupaciones que se desarrollan frente a la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural en el departamento de física de la Universidad Pedagógica Nacional permiten evidenciar compromisos respecto a las actividades de investigación y práctica pedagógica para los docentes en formación. De esta forma se promueven espacios de reflexión para que los maestros aporten a la transformación de una educación basada en los contextos socio-educativos; así como afirma la línea de investigación del departamento de física con este horizonte de sentido, las actividades de investigación y práctica se asumen como “acciones comprensivas, propositivas y transformadoras del maestro, estas acciones permiten aportar a la construcción de nuevos sentidos para la educación, también en la constitución de sujetos sociales de conocimiento que participen en la transformación de las dinámicas culturales y sociales de sus contextos.” (Orozco, 2016)

Desde la perspectiva de la enseñanza de las ciencias como una actividad cultural, resultan pertinentes las preguntas ¿cómo se concibe la ciencia?, ¿cómo se concibe el conocimiento?, ¿cómo se concibe la enseñanza y su aporte desde la práctica?, si se considera la actividad del maestro como una práctica cultural su acción se desarrolla fundamentalmente en el campo de la cultura de tal forma que se generan condiciones para la construcción y reconstrucción de relaciones con la ciencia y el conocimiento; de esta manera, poder articular la práctica docente con la investigación promueve espacios para proyección social desde el trabajo del docente y el colectivo, al igual que brinda elementos disciplinares y pedagógicos para la enseñanza de las ciencias. Así como afirma (Orozco, 2016):

“Así, a través de la enseñanza de las ciencias se proveen o no condiciones culturales para que individuos y colectividades puedan participar activamente en la producción de formas de representación de sí mismos y de los otros, de lo social, del país en su relación

con otros, del mundo “natural”, etc., que permitan enfrentar favorablemente los múltiples y complejos conflictos que los afectan.” Al considerar la diversidad de espacios educativos que tiene cada institución como sello cultural permite darle una identidad particular, de tal forma que pensar que en cada institución el maestro debe inicialmente explorar y atender a las relaciones sociales que se llevan a cabo en este contexto, para después aportar desde su experiencia a la reflexión sobre las dificultades que actualmente enfrentan las instituciones, como lo es la problemática ambiental, el consumo de sustancias psicoactivas, los embarazos a temprana edad, bullying y el mismo conocimiento científico.

Las exigencias de la educación actual en términos de la formación integral de ciudadanos competentes, permite rescatar espacios educativos como la Escuela Pedagógica Experimental, este colegio de educación alternativa ha crecido por más de 30 años con un sello cultural único en la formación de ciudadanos críticos y reflexivos para el desarrollo de Colombia; este tipo de escuelas alternativas evidencian con sus investigaciones y dinámicas el éxito de pensarse una educación política de equidad y desarrollo social. Así pues, (Segura D. , Escuela Pedagógica Experimental, 2016) afirma que la creación de un ambiente escolar basado en el desarrollo de las habilidades y potenciales humanos permite a cada estudiante encontrar su potencial de liderazgo para transformar su entorno.

La EPE es una institución educativa que es reconocida por la forma como son guiados los procesos de enseñanza y aprendizaje de sus estudiantes; dando importancia a la construcción de conocimiento por parte de cada sujeto desde la realización de actividades vivenciales que involucren los modelos mentales de los estudiantes y sus inquietudes frente a los fenómenos naturales.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La enseñanza de las ciencias naturales es abordada por la Escuela Pedagógica Experimental (EPE) a partir de las vivencias de los estudiantes y los modelos mentales que elaboran desde su experiencia sensible con el mundo físico. Sin embargo se ha evidenciado desde las prácticas pedagógicas en esta institución que el desarrollo de las clases de ciencias no hace suficiente énfasis en las explicaciones de los estudiantes frente al análisis de un fenómeno en particular. Tal es el caso de las explicaciones que los estudiantes trabajan en términos de la energía, ya que el maestro usualmente no realiza una retroalimentación de los desarrollos que cada estudiante lleva al término de cada clase.

Por otro lado, se ha observado que usualmente la concepción de los estudiantes, en particular los de la EPE frente al conocimiento está basada en sistemas que se relacionan con aspectos de su diario vivir, como jugar en el parque, tener una charla con amigos o incluso las problemáticas socio-ambientales del país. Sin embargo, esta mirada sobre el conocimiento lleva a los estudiantes a ver el mundo como sistemas separados pero que no tienen relación entre sí, como resultado el maestro no hace suficiente énfasis cuando el estudiante vincula lo aprendido en clase con la vida cotidiana y además se puede dejar de lado la formalización² de los fenómenos físicos por parte del sujeto.

En la cotidianidad, uno de los conceptos que suele estar más inmerso en las explicaciones de las personas es el de energía, así la conceptualización y formalización de la misma tiene una diversidad de significados que merecen ser analizados (Ostwald W. , 1911); si se considera un caso particular en las explicaciones iniciales de los estudiantes tal como que al movimiento de un cuerpo cualesquiera ellos le atribuyen una energía, el maestro basado en el libro texto le hace entender al estudiante que esa es una energía mecánica compuesta por las energías cinética y potencial, en consecuencia el maestro

²Entendiendo la formalización de los fenómenos físicos como aquella construcción que realiza el estudiante para poder dar cuenta de un evento físico.

omite las posibles ideas iniciales del estudiante y sus futuros desarrollos conceptuales frente a la energía

La dificultad la rescatan (Agudelo, Palacio, Londoño, & Aguilar, 2011) en investigaciones sobre algunos problemas que presentan los estudiantes en Colombia en cuanto a la conceptualización de la energía y su conservación:

“La dificultad para identificar trabajo y la energía (Duit ,1984; Driver y Warrington, 1985), materialización de la energía (Duit, 1987 a; Salomón, 1983), considerar que la energía puede gastarse (Kesidou y Duit, 1993) o almacenarse (Salomón, 1985), confundir las formas de energía con sus fuentes (Carr y Kirkwood, 1998; Salomón, 1995), atribuirle al cuerpo la energía potencial y no a la interacción entre los cuerpos (Solbes y Matín, 1991), ignorar la variación de la energía interna (Van Huls y Van den Berg, 1993. Y no comprenden los esquemas de transformación, conservación, transferencia y degradación de la energía (Duit, 1981, 1984)”

Otro punto que nos compete en términos de las discusiones sobre la educación, es la formación que usualmente se da en ciencias pues como afirma (Mercedes Ayala, 2000) “...favorece el papel ideológico de lo universal y de lo objetivo, mediante prácticas educativas que promueven la comprensión y uso de planteamientos científicos”, esta mirada aparece en Colombia y en países latinoamericanos como la necesidad de una reforma educativa, buscando imponer modelos objetivistas internacionales que desconocen las realidades educativas que se desean intervenir y normalizando así modos de ser y pensar para la sociedad.

Al mismo tiempo, desde el punto de la objetividad del conocimiento puede pensarse que aquellos países con desarrollo científico y tecnológico pueden adentrarse fácilmente en ese nuevo orden mundial, pero ese aparente desarrollo y búsqueda en la mejora de la calidad de la educación favorece a otros contextos más no nuestros contextos locales. Así, la importancia del papel de la historia de las ciencias en la formación de docentes en ciencias se debe revisar en el debate de lo universal y lo local. Pues, la enseñanza de las ciencias es una actividad que provee espacios para la interacción con la

ciencia y el conocimiento, que permite la participación activa del maestro y de la comunidad del contexto local en formas de representar la realidad social del país para enfrentar favorablemente los conflictos que los afectan (Mercedes Ayala, 2000).

Cabe resaltar que de la imagen de ciencia o la historia que tengan los docentes de ciencias en formación influirá en su labor pedagógica, pues si se les considera como resultado de investigaciones, conceptos, teorías, etc. el maestro de ciencias pasa a ser un transmisor de conocimiento o un reproductor de productos de la ciencia y no un mediador en la construcción de formas de representación alternativas. Es por ello que considerar la historia o la ciencia como actividad en constante resignificación elimina la objetivación del conocimiento y permite al maestro en ciencias constituir una historicidad de las ciencias que permita que nuestras comunidades construyan y de-construyan la realidad local y que participen activamente en formas de representación de sí mismos en donde los discursos hegemónicos no sean la prioridad de la educación.

Por lo descrito en los párrafos anteriores, se plantea la siguiente pregunta problema:

criterios para la enseñanza del concepto de energía nos aporta el análisis, desde una perspectiva histórico-crítica, de actividades exploratorias con ?

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Proponer algunos criterios para la enseñanza del concepto de energía a partir del análisis de la relación entre las explicaciones iniciales que dan los estudiantes de nivel 12 de la EPE y los planteamientos históricos frente a la energía presente en un sistema.

1.1.2. Objetivos específicos

- Indagar a partir de actividades exploratorias las comprensiones iniciales de los estudiantes de nivel 12 de la EPE sobre la energía.
- Analizar los planteamientos de Joule, Mayer y Mach que brindan elementos para la construcción epistemológica e histórica del concepto energía.
- Analizar la información brindada por las actividades exploratorias a la luz de los planteamientos de Joule, Mayer y Mach.
- Proponer algunos criterios para la enseñanza del concepto de energía en Educación Media.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La carrera de Licenciatura en física de la Universidad Pedagógica Nacional permite a los futuros maestros el desarrollo de capacidades y potencialidades desde experiencias y vivencias que tocan el sentir del sujeto maestro, y lo constituyen como un conjunto de saberes y explicaciones del mundo natural y social. Como propone el departamento de física “La formación de los estudiantes en un ambiente en el que los maestros discuten continuamente sus preocupaciones y avances en torno a la enseñanza de la física, poniendo en práctica sus propuestas a este respecto, provee condiciones propicias no sólo para que los estudiantes se involucren en la actividad de producción de conocimientos en este campo, sino para la construcción de una cultura de diálogo y de respeto por las diferencias de concepciones, métodos, formas y estilos, en el campo específico de enseñanza de la física y por supuesto de orden personal, humanístico y social.” (Departamento de física UPN, 2011). Así entonces, desde la práctica del ser docente se desarrolla alrededor de la investigación la capacidad para transformar prácticas culturales y la reflexión sobre la enseñanza de las ciencias en Colombia.

Desde la práctica pedagógica planteada en la línea de investigación “enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural” se han orientado unas especificaciones para el

quehacer del maestro en los contextos educativos de práctica pedagógica. De esta manera la posibilidad de establecer vínculos con instituciones educativas públicas y privadas permite la inmersión en las culturas no solo escolar, sino también contextual de cada institución; así pues, en la búsqueda de contextos educativos no tradicionales se encuentra la EPE en donde lo importante es la construcción de conocimiento de cada estudiante desde sí mismo y la reflexión con el colectivo para procurar un actuar sobre las problemáticas del país.

La EPE, busca generar espacios en donde la creatividad científica desarrolle integralmente al individuo, es decir, que el mismo sea capaz de elaborar explicaciones de fenómenos desde su experiencia; por consiguiente, cuando se enseña física no solamente se busca la formulación de un fenómeno en particular, sino que además desde la reflexión de experiencias los estudiantes desarrollan sus niveles de argumentación.

Así mismo, es de resaltar que las clases de ciencias en la EPE tienen varias diferencias en contraste con las clases tradicionales. Algunas de estas diferencias que caracterizan porque entra la formación de las estudiantes de la EPE prevalece el despertar o dejar salir el científico natural que todos los seres humanos tenemos, de esta manera las preguntas surgen como una gran pilar al momento de abordar problemáticas socio-ambientales y contextuales en donde más adelante se complementa con los temas, es decir que la lógica disciplinar desaparece porque prevalecen las necesidades y preguntas que ponen en juego el conjunto de los estudiantes.

Es así, como en las clases de ciencias la energía aparece en gran parte del análisis de situaciones problemas que se trabajan con los estudiantes; el análisis de la energía eléctrica que llega a nuestra casa es un ejemplo, preguntas como ¿de dónde viene la energía eléctrica? ¿Qué permite a un carro moverse? ¿Qué forma tiene la energía? ¿La energía se transforma?, son cuestiones en donde los estudiantes buscan explicar cuál es la razón de la energía, pero hasta qué punto ¿todo puede poseer energía? ¿Qué tipos de energía hay?

¿Cómo pueden explicar y relacionar esos tipos de energía los estudiantes?, de esta forma es como se pueden derivar criterios para el diseño de actividades de enseñanza a partir de las comprensiones iniciales de los estudiantes y como el saber de ellos sobre temas relacionados con la cultura científica como fuente de reflexión y de diseño de actividades para el maestro de ciencias.

Considerando los planteamientos de Sandra Sandoval en su tesis de maestría titulada *“La comprensión y construcción fenomenológica: una perspectiva desde la formación de maestros en ciencias”*, privilegiar el estudio y explicaciones sobre un fenómeno permiten hacer una organización coherente de la experiencia, hacer preguntas acerca del mismo y finalmente comprender el fenómeno (Sandoval, 2008) y por tal razón, las consideraciones fenomenológicas facultaran procesos de construcción conocimiento científico por parte del estudiante. No solamente la explicación de los fenómenos forma parte de esa reflexión que realiza el estudiante, sino que además es importante que el maestro busque estrategias para fortalecerse disciplinalmente como afirma (Mercedes Ayala, 2000) “En el ejercicio de recontextualización se privilegian los conceptos, estructuras, leyes y teorías formuladas por los científicos, sino que las pone en diálogo con las elaboraciones de quienes están inmersos en esta actividad”. Es decir un ejercicio de comprensión e interpretación en donde el maestro no solicita que se asuma un conocimiento, sino que se muestre la experiencia desde la cual el estudiante considera que tiene unos marcos de referencia para que éstos en su exhibición sean cuestionados e interrogados por el sujeto mismo.

De esta manera, el presente trabajo de investigación cobra sentido dentro de la formación de estudiantes de la EPE, porque busca generar espacios en donde la creatividad científica desarrolle integralmente al individuo, es decir, que el mismo sea capaz de elaborar explicaciones de fenómenos desde su experiencia; de esta manera cuando se enseña física no solamente se busca la formulación de un fenómeno en particular sino que además se abren espacio a la reflexión por medio de la experiencia y desarrollo autónomo del individuo.

Desde esta perspectiva, también vale la pena analizar cómo según los lineamientos que ofrece el Ministerio de Educación Nacional (MEN), descritos en los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Sociales y Ciencias Naturales, establece que para grados décimos y undécimos los estudiantes deben alcanzar competencias en procesos físicos y elementos en el ámbito de ciencia tecnología y sociedad. Por lo anterior, se consideran los siguientes estándares: *“Establezco relaciones entre las diferentes fuerzas que actúan sobre los cuerpos en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme y establezco condiciones para conservar la energía mecánica (...) Explico la transformación de energía mecánica en energía térmica (...).”* (Ministerio de Educación Nacional, 2004, pág. 23)

Con base a lo anteriormente escrito, la importancia de profundizar en el concepto de energía es fundamental, debido a que es uno de los conceptos dentro del campo de la física que presenta multiplicidad de significados en su interpretación por parte de los estudiantes (Solbes & Tarín, 2004). Por otro lado, es de vital importancia ahondar en dicho concepto desde el contexto disciplinar, ya que este presenta dentro de sus características uno de los principios fundamentales en la explicación de todo fenómeno físico el cual es la conservación. En otras palabras, si se considera el principio de conservación de la energía mecánica como referente teórico principal, será un aporte muy significativo en el análisis de las explicaciones iniciales de los estudiantes y si se quiere para una posible construcción de actividades que orienten esta temática.

1.3 ANTECEDENTES:

Para esta investigación fue necesario realizar una revisión de diversos trabajos, en torno a los siguientes elementos:

1. La imagen de enseñanza de las ciencias naturales desde la mirada del uso del experimento en la clase de física, el papel del estudiante y el docente en la construcción de conocimiento, entre otros factores que constituyen dicha imagen.

2. La construcción de la energía como proceso de constante cambio y que relaciona la convertibilidad de los fenómenos.

Al respecto para este documento se presentan a continuación los antecedentes locales, posteriormente se analizarán antecedentes de tipo nacional e internacional:

“Génesis del principio de conservación de la energía a nivel colectivo y las posibilidades de su construcción en situaciones escolares a partir de las formas de explicación espontaneas (Pedreros, 1995). Esta tesis de maestría en docencia de la física, muestra la importancia de la construcción del concepto de energía por parte de los estudiantes desde sus vivencias de conocimiento y desde la elaboración de modelos explicativos, esto sin dejar de lado los desarrollos sobre que es conocer y como se construye conocimiento y los estudios histórico-críticos para la comprensión de los fenómenos. Esta tesis contribuye en la construcción del trabajo, debido a que brinda insumos significativos en la construcción del marco teórico, particularmente en la explicación del concepto del principio de la conservación de la energía en situaciones escolares.

“Vivencias de conocimiento y cambio cultural”, (Segura, y otros, 2000). Se realiza un análisis y reflexión de la imagen de conocimiento y de ciencia que tienen los maestros y los estudiantes en algunos colegios distritales en Bogotá Colombia; aparece en el estudio cómo la imagen ciencia del maestro no permite el desarrollo de la capacidades dialécticas del estudiante, con la utilización de guías metodológicas preestablecidas, el uso de libros de textos como recuento de verdades absolutas, la secuencia de los programas de estudio esquemáticamente organizados y la objetivación del saber científico hace que las prácticas del maestro sean rígidas y con poco protagonismo en sus propias inquietudes y mucho menos las de sus estudiantes.

Se rescata entonces la labor de actividades con enfoque grupal, en donde todos los estudiantes del grupo y el maestro estén dispuestos a sorprenderse en la reconstrucción de experiencias científicas en clase, es decir que las vivencias de conocimiento permitan que el individuo invente sus propias explicaciones y reformularla sobre la base del juicio con sus compañeros y por tanto dar paso al protagonismo en la búsqueda de soluciones a problemas encontrados por el grupo. Finalmente, bajo este protagonismo es posible identificar como en el ambiente educativo es vital que el maestro muestre siempre ese espíritu de curiosidad, que ya de por sí sus alumnos proyectan, dando lugar a un diálogo entre las discusiones de problemas de grupo y la ayuda del saber de maestro, que no tiene porqué saberlo todo pues es también un sujeto en constante construcción de representarse a sí mismo y a la comunidad.

1.3.2 Antecedentes Nacionales:

“La cultura escolar y la enseñanza de la Ciencia y la Tecnología”, (Segura D. , la cultura escolar y la enseñanza de la ciencia y la tecnología, 1990), nos presenta el punto de vista del autor frente al concepto de ciencia, pues lo considera como una manera de ver la realidad, más allá de una simple colección de resultados (enunciados algoritmos, razonamientos, etc.), neutrales e independientes de otros aspectos de la cultura y de un contexto propio, que no son coherentes con las perspectivas modernas de la ciencia. Por otra parte, este documento resultó de gran ayuda, en la medida de que fue construido, gracias a un proyecto realizado dentro del contexto en el cual se va a realizar la propuesta didáctica entorno al concepto de energía mecánica (la Escuela Pedagógica experimental EPE ³).

³ El documento fue revisado con base al proyecto de Investigación " Exploración de las posibilidades de aplicación de una alternativa para la enseñanza de las ciencias en el nivel de básica primaria, inspirada en las actividades totalidad abiertas", financiado parcialmente por COLCIENCIAS Proyecto 1402-10-001-90.

“Unidad didáctica para el concepto de energía”, (Rubio, 2012)Albeiro Rubio Pinto, Tesis de Maestría en enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia, 2012. Esta tesis nos presenta una unidad didáctica que permite acercarse a estudiantes de décimo grado del Colegio Altamira Sur oriental I.E.D al concepto de energía mediante la indagación de ideas previas por parte del estudiante, asumiendo estas como parte fundamental de la estructura cognitiva de los mismos. Por otra parte, se enuncia el problema que tienen los estudiantes de concebir fenómenos físicos particulares tal como la energía. Por ello, se les dificulta en primera instancia concebir su visión del mundo. Esta tesis nos sirve como un insumo significativo en la construcción de nuestro documento, ya que presenta una propuesta didáctica entorno a una temática muy semejante al trabajo que se encuentra realizando. No obstante, se puede resaltar que este documento presenta insumos teóricos que en primera instancia contribuyen en la construcción del marco teórico del presente escrito.

1.3.3 Antecedentes internacionales:

“La conservación de la energía: Un principio de toda la física: Una propuesta y unos resultados”. (Solbes & Tarín, 2004) Universidad de Valencia. El documento comienza resaltando la importancia de enseñar dicho concepto, a partir de las concepciones previas de los estudiantes. Posteriormente, se enuncia como esta es asociada múltiples conceptos físicos relacionados, pero que en un sentido estricto no significan lo mismo tales como: fuerza, potencia, trabajo, entre otros. Este artículo en la construcción del presente trabajo contribuye significativamente, ya que nos permite situarnos en contexto, en referencia al objeto de estudio disciplinar de nuestro trabajo, el cual es la energía mecánica.

“La enseñanza de la física. Una propuesta de debate para un replanteamiento global”. (Doménech, y otros, 2003) Universitat d’Alacant & Universitat de Valencia, 2003. Este artículo presenta una propuesta acerca de la enseñanza del concepto de energía

a partir de un análisis global. Se entiende esto como la relación entre las dimensiones conceptual, procedimental y axiológica en el aprendizaje de las ciencias, debido a que los estudios relacionados a la enseñanza de dicho concepto se centran fundamentalmente en planteamientos puntuales. Por lo tanto, esto conlleva a un reduccionismo conceptual, el cual es una de las principales dificultades en la enseñanza del concepto de energía que incita a que los estudiantes no lleguen a realizar una correcta interpretación de dicho concepto.

El anterior artículo contribuyó en la construcción del trabajo significativamente, ya que nos permite construir una explicación teórica acerca de la conservación de la energía, a partir de un análisis global, el cual permite que dicha explicación sea más rigurosa y detallada, en rigor de la óptima explicación del fenómeno se está estudiando.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2. REFERENTES CONCEPTUALES

El siguiente apartado presenta el marco referencial con las comprensiones alcanzadas en relación a los conceptos de *conservación y convertibilidad* de la energía, puesto que este es necesario para el análisis de las explicaciones iniciales de los estudiantes frente a las cuatro (4) actividades exploratorias.

2.1. LA ENERGÍA

A través de los tiempos el ser humano ha buscado comprender la naturaleza y las leyes que rigen la misma, en esta búsqueda goza encontrando relaciones que estructuren cada vez más diversas formas de comprensión sobre el mundo que den razón de cómo se configuran los fenómenos de la naturaleza para poder manejarlos y anticiparlos a su antojo.

Así mismo ha existido una inevitable relación del lenguaje con el desarrollo del ser humano, desde los asentamientos culturales que llevaron a la conformación de grandes imperios hasta la creación de máquinas y aparatos que facilitan la calidad de vida de la población; el lenguaje le ha permitido al ser humano establecer relaciones con otros seres vivos para poder consensar maneras de entender y explicar el mundo. Es así como uno de los logros producto de esos consensos son las ciencias naturales, que facilitan y estructuran comprensiones específicas sobre los fenómenos de la naturaleza.

Un punto importante que debe ser tenido en cuenta dentro de los consensos que se realizan al interior de las ciencias naturales son los marcados desarrollos históricos y culturales en los que se producen determinados consensos; Así, para poder hablar de la mecánica de Newton es preciso revisar las reflexiones y discusiones que sostuvo con otros

científicos de su época para poder llevar a cabo una teoría que explicará cómo ocurren los fenómenos mecánicos en la naturaleza. Este ejemplo es solo uno de los muchos que podría decirse han marcado o no el desarrollo de las ciencias naturales.

Siguiendo el punto anterior vale la pena reconocer que no todos los consensos sobre las explicaciones de los fenómenos se logran finiquitar de un año para otro; hay conceptos, teorías y leyes que se demoran para ser aceptados por la comunidad científica. Uno de los casos a destacar es el de la energía, ya que esta puede tener diversas interpretaciones que se pueden relacionar a través del lenguaje con situaciones físicas, químicas, biológicas e incluso sociales. Así como afirma un historiador del concepto de ciencia Friedrich W. Ostwald (Ostwald W. , 1911, pág. 15):

“Se producen en la naturaleza inanimada toda clase de alteraciones y todas las relacionamos con acciones determinadas. Que la tempestad agite el mar y tronche los árboles; que los rayos del sol calienten nuestro cuerpo y hagan prosperar innumerables plantas; que volemos por los campos montados en una bicicleta o en un automóvil, y que por la noche encendamos la lámpara que alumbrará nuestro trabajo; todos estos procesos los interpretamos de la misma suerte”

De manera que ciertos procesos en la naturaleza pueden ser analizados a través de los cambios que se pueden relacionar; es por eso que para el caso de la energía una de las formas más eficientes para poder revisar esos cambios es a través de la transformación, así como lo afirma (Ostwald W. , 1911, pág. 21) *“Fuerza viva, luz, trabajo químico, trabajo eléctrico, nos permiten a los físicos hablar de forma generalizada que hay una transformación de diferentes especies de energía”*. Esto muestra como de cierta forma nada puede producirse o aparecer sin intervención de la energía.

2.1.1. UN POCO DE HISTORIA SOBRE LA ENERGÍA

En la revisión de algunos aspectos y nociones que caracterizan la energía encontramos unas primeras concepciones que durante la época de los matemáticos y naturalistas griegos fueron un tanto relevantes. El estudio de las máquinas, la polea, la palanca y el plano inclinado, aparecen como parte de la descripción de movimientos estudiados por Aristóteles de Estagira.

El estudio del equilibrio en las balanzas y las palancas muestra unas particulares formas de ver y analizar el mundo. El *principio de los trabajos virtuales*⁴ que desarrolló Aristóteles en la primera obra de mecánica sobre “*Las cuestiones mecánicas*” lo empieza con el análisis de las fuerzas aplicadas sobre una balanza y los consecuentes movimientos después de la aplicación de dichas fuerzas. Así como parafrasea (Ostwald W. , 1911) de Aristóteles “las acciones de fuerzas diferentes son equivalentes cuando las velocidades producidas son inversamente proporcionales a dichas fuerzas”.

El anterior punto muestra de manera general que hay un cierto equilibrio en una máquina cuando los trabajos virtuales se compensan. Por otro lado, el anterior análisis según Ostwald es uno de los primeros escalones que podrían mostrar lo que es la energía, así tras el principio de los trabajos virtuales (Ostwald W. , 1911) considera que “*No solamente este principio ha llegado a ser la base de toda la estática o ciencia del equilibrio, sino que representa además el primer origen visible de la noción de energía*”. Con lo anterior, se hace importante rescatar más autores que fortalezcan un poco el entendimiento del concepto de energía.

Arquímedes toma como base el *principio de simetría*⁵ para explicar el equilibrio presente en la palanca y apoyado en la noción de razón suficiente, la cual más adelante el filósofo, lógico y matemático Alemán Gottfried Leibniz de manera semejante la enuncia como principio el cual hace referencia a que nada puede ocurrir sin que pueda darse una

⁴Virtuales hace referencia a lo más pequeño posible.

⁵Todo lo que suceda a un lado de las partes de un sistema debe suceder en las partes opuestas de ese sistema.

razón suficiente, logra dar una hipótesis acerca del concepto de energía. Teniendo en cuenta, lo anteriormente escrito es importante destacar que el descubrimiento de las consideraciones que no influyen sobre el fenómeno son igualmente importantes que las que sí influyen sobre el mismo, ya que permiten caracterizarlo mejor y avizorar una mejor comprensión. Por esta razón, el análisis de Arquímedes permite a investigadores afirmar que fuera del peso y la longitud de los brazos de la palanca no existe otro factor o variable que influya en el equilibrio de la palanca y por lo tanto es correcto hablar de una simetría del equilibrio.

Continuando el análisis del equilibrio de las máquinas es pertinente tomar las consideraciones que el físico y matemático Italiano E. Torricelli, discípulo de Galileo Galilei, propone al respecto. Torricelli afirma que cuando el centro de gravedad se encuentra en el punto más bajo que le permita la máquina, allí se encontrará el equilibrio de la misma. A razón de lo anterior si tenemos un equilibrio de fuerzas aplicadas en diferentes direcciones, la suma de las energías tanto afirmativas como negativas también estarán en equilibrio y por tanto como afirma (Ostwald W. , 1911, pág. 33) “La energía está definida expresamente como el producto de la fuerza por el trayecto recorrido, siendo éste apreciado en la dirección de la fuerza”

Finalmente, rescatando los trabajos del físico y matemático Franco-Italiano Joseph-Louis LaGrange a finales del siglo XVIII es posible revisar el análisis que hace frente a los tres autores anteriormente mencionados Aristóteles, Arquímedes y Bernoulli, ya que él toma como base el principio de los trabajos virtuales al hecho de que un peso no se podría levantar espontáneamente. Pues Ostwald confirma que de acuerdo con LaGrange J. (1813) en su texto “*Tratado de mecánica analítica*” “se muestra la imposibilidad de crear el trabajo mecánico y eso es cierto porque el movimiento continuo no es posible, es decir, no vemos que los objetos se elevan espontáneamente.

Así como en el problema del movimiento continuo y el equilibrio, en la dinámica existen autores que trabajan alrededor de las leyes de conservación, siendo la ley de conservación del trabajo una de las que hace parte de la *ley general de la conservación de*

la energía. A razón de autores como Leibniz y Huygens hoy en día es posible hablar de la *vis viva* y de la energía cinética respectivamente, el análisis de la energía del movimiento visto en los dos casos está relacionado directamente con la masa de los cuerpos y la velocidad que estos adquieren en relación a una máquina o un movimiento de caída libre. Este aspecto será revisado más adelante con mayor detalle.



Ilustración 12. Síntesis del Marco Teórico

2.1.2 EL PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA:

En esta sección se realizará una contextualización acerca de la construcción y desarrollo del principio de conservación de la energía como concepto fundamental en la descripción y explicación de los fenómenos naturales⁶. En primera instancia, para

⁶ Esta sección fue construida con base en los textos *La tensión esencial* escrito por físico y filósofo de la ciencia Thomas Kuhn en 1977, específicamente en el apartado “*la conservación de la energía como un proceso de descubrimiento simultáneo*” Pág. 91- 128 y *History and root of the principle of the conservation of energy*, de Ernst Mach, 1911.

considerar un posible origen de dicho concepto es indispensable tener en cuenta, los estudios históricos. Tal como menciona (Mach, 1911) en su texto, *History and root of the principle of the conservation of energy*, cuando se asiste a la escuela e incluso a estudios más avanzados existe una ambigüedad en la interpretación de dicho concepto por parte de los estudiantes, debido a la gran cantidad de historia que existe alrededor del desarrollo del mismo. Es por ello, que para que exista una significativa comprensión de los conceptos en las ciencias naturales, es indispensable que el maestro acuda a los estudios histórico-críticos pues le permiten entender el origen y evolución de dichas concepciones, pues como afirma (Bautista & Rodríguez, 1996) “un análisis de corte histórico-crítico nos lleva a construir una imagen de ciencia que parece reflejar de manera más adecuada el fenómeno de *lo científico*”

Realizando el bosquejo histórico de dicho concepto para evidenciar explícitamente la importancia que tiene el papel de la historia en la enseñanza de Ciencias Naturales. Tal como menciona (Mach, 1911), el teorema de conservación del trabajo, es considerado como el centro de la visión mecánica del mundo, como el mayor y más general teorema de las Ciencias Naturales a la que el hombre se ha demorado siglos en construir. No obstante, si hablamos estrictamente, dicho teorema se manifiesta de dos maneras:

$$I. \quad \frac{1}{2} \sum m v^2 - \frac{1}{2} \sum m v_o^2 = \int \sum (X \cdot dx + Y dy + Z \cdot dz)$$

Ecuación 1 teorema de la conservación del trabajo

II. Es imposible crear trabajo de la nada, o construir un movimiento perpetuo.

Teniendo en cuenta estas dos manifestaciones del teorema de conservación del trabajo, diversos estudios desde el contexto de la mecánica, particularmente, se desarrollaron durante varios siglos con el objetivo de verificar que la explicación de dichos fenómenos se produce, a partir de las dos premisas citadas anteriormente. Entre dichos estudios se resaltan los trabajos de los físicos: Simon Stevin, Galileo Galilei, Christian Huygens,

Evangelista Torricelli, los hermanos Bernoulli, Simeón Poisson, Joseph Louis LaGrange y, posteriormente, de los físicos: Sadi Carnot, Rudolf Clausius, Carl Gottfried Neumann, James Joule, Julius Mayer, Hermann Helmholtz, entre otros.

En el siglo XVI, se produjeron adelantos con respecto a la mecánica, campo que había progresado muy poco desde la época del filósofo Arquímedes de Siracusa. Los científicos que aportaron con dichos adelantos fueron: Simon Stevin y Galileo Galilei. A pesar de ambos ser contemporáneos, trabajaron de manera independiente, y los resultados de sus investigaciones se complementaron y contribuyeron en el enriquecimiento de una nueva ciencia de la mecánica. Esto se produjo debido a que Stevin estudiaba con la mecánica de los cuerpos en reposo (estática) y Galileo a describir la mecánica de los cuerpos en movimiento (dinámica) (Mach, 1911). Inicialmente, Simón Stevin (1548-1620) un físico e ingeniero de alta categoría en el ejército holandés, postula en su trabajo (*Hypomnemata mathematica*, Tomo IV, The Static, of 1605), un experimento ideal para poder tratar el equilibrio de los cuerpos en un plano inclinado. Este consistía en una cuña definida por los puntos ABC, en el cual se coloca un cable con 14 esferas del mismo peso que se encuentran conectadas entre ellas (Ver ilustración 1)

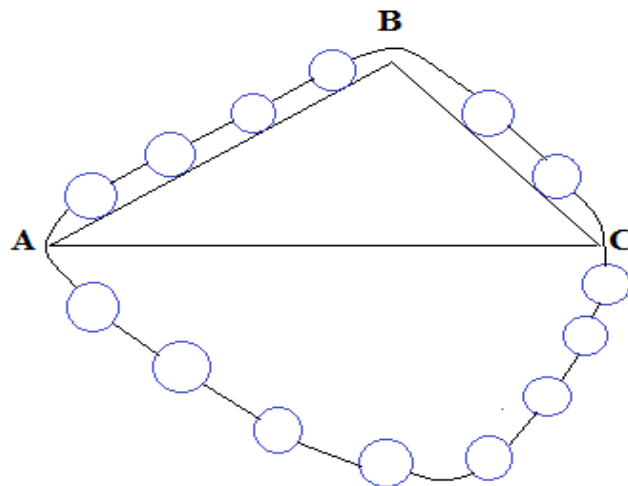


Ilustración 2: Representación gráfica del experimento de la cadena de Stevin

Con este experimento, Stevin concluye que, puesto que el movimiento perpetuo es imposible, las cuatro esferas de AB deben estar en equilibrio con las dos esferas BC, lo que significa que dos cuerpos colocados a uno y otro lado de un plano inclinado y unidos por una cuerda se equilibran si sus pesos (W_1 y W_2) están en la misma relación que las longitudes AB y BC. Por otra parte, Stevin contribuyó en el ámbito de la hidrostática al formular el primer tratado de dicho campo en 1586, formuló y resolvió la famosa paradoja hidrostática, la cual enuncia que la presión ejercida en un fluido estático sobre el fondo de un recipiente que lo contiene depende de la altura y no de la cantidad de líquido del mismo (Mach, 1911) . Con base a lo anteriormente escrito, Stevin formula el primer desarrollo fructífero en el pensamiento del estudio de la mecánica analítica, al concluir que el equilibrio de un sistema no es destruido por la adición de las conexiones rígidas.

Por otro lado, el físico y matemático italiano Galilei, demuestra la ley de la caída de los cuerpos, planteada inicialmente por Leonardo da Vinci, la cual describe que la velocidad de un objeto aumenta durante la caída del mismo. Galileo halla la ley a la que obedece dicho aumento. Para demostrar dicha ley, Galileo utiliza un plano inclinado reemplazando la caída vertical, debido a que dicho movimiento era muy rápido y los tiempos que se tenían que medir eran demasiado cortos utilizó una vara de 12 metros de longitud e hizo rodar esferas de plomo sobre ese plano inclinado. Con este sencillo montaje logro comprobar que la velocidad de caída aumentaba de manera uniforme con el tiempo (ley del movimiento “uniformemente acelerado”) (Mach, 1911). Aquí se observa de nuevo otro análisis de un fenómeno físico que muestra el principio de exclusión del movimiento perpetuo.

La demostración de dicha ley a partir de los planos inclinados incitó a Galileo a explicar otro concepto fundamental como el de la inercia, a través del estudio de los péndulos. De acuerdo a (Mach, 1911), el Físico y matemático Neerlandés Christian Huygens estudió el periodo de dicho péndulo en términos del centro de oscilación, es decir, se preguntó cómo hallar el punto situado a una distancia del eje igual a la longitud de un péndulo simple que oscilara con un periodo igual al de un péndulo compuesto. Esta

problemática llevó a que se hablara por primera vez en la comunidad científica de la época del concepto de momento de inercia.

La solución planteada por Huygens fue considerar el cuerpo oscilante como un conjunto de péndulos simples obligados a oscilar juntos unos con una longitud más larga (periodo de oscilación más largo) y otros con longitud más corta (periodo de oscilación más corto), con el objetivo de obtener una oscilación en conjunto promedio, pero la pregunta sería ¿cuál es la longitud del péndulo que oscila con un periodo igual al del conjunto? Para esto, Huygens utilizó un postulado equivalente al principio de conservación de la energía mecánica o como se enunciaba en la época el principio de conservación de la *vis – viva*, el cual se enuncia: *Por efecto solo de la gravedad un cuerpo pesado no puede subir*. Lo que en consecuencia se produce que el centro de gravedad de un conjunto de cuerpos no puede subir a una altura mayor a la inicial, cuando su movimiento es producido únicamente por su peso (Mach, 1911).

Por otro lado, desde el contexto de la hidrodinámica el físico italiano Evangelista Torricelli, descubrió una ley que lleva su nombre y que enuncia que el líquido que sale de un orificio basal de un buque no puede ascender por su velocidad de flujo y subir a una altura mayor a la del vaso. Esta ley que describe el flujo de los líquidos conduce a un nuevo principio el cual es el principio del movimiento y las velocidades virtuales. Científicos de la época apoyaron este nuevo principio descubierto con estudios que estos realizaron. Galileo reconoció que este principio se aplica en las máquinas simples donde se deducen también las leyes de equilibrio de los líquidos. De acuerdo a la presentación y reflexión que realiza Ernst Mach a los problemas del centro de oscilación de Huygens y al nuevo principio planteado desde la ley de Torricelli de la hidrodinámica, se puede establecer una relación, la cual es que el principio de las velocidades virtuales es idéntico al principio de Huygens de la imposibilidad de un movimiento perpetuo.

Con la postulación de este nuevo principio de los movimientos y velocidades virtuales, el matemático y médico italiano Johan Bernoulli en 1717, se dio cuenta de la importancia universal del principio de los movimientos virtuales para todos los sistemas

y posteriormente el físico francés Joseph Louis LaGrange dio una demostración a este principio en el cual se funda la mecánica analítica. Dicha demostración está descrita con base al problema de Huygens y la observación hecha por el físico italiano Torricelli. No obstante, considerar un principio general de las velocidades y movimientos virtuales sería equivalente a crear de nuevo la mecánica sobre una base diferente, por lo que dicha generalización de este principio se convirtió en un arduo problema a solucionar. Continuando en la interpretación de mach, el físico y matemático francés Simeón Poisson expresaba cierta inconformidad en cómo se estaba concibiendo la mecánica, debido a que la dinámica se basa en la estática y lo que debería ser correcto es que teoremas estáticos deben ser deducidos del principio dinámico más general y esto no ocurre. Ante esta afirmación el físico y matemático Alemán Karl Friedrich Gauss apoya dicho argumento diciendo que lo correcto es que en el desarrollo gradual de las ciencias y en la enseñanza de los individuos, la facilidad debe ir primero que la dificultad.

Hasta el momento se ha estudiado los diferentes planteamientos propuestos por diversos científicos destacados comprobando que en sus fenómenos particulares se aplica el teorema de conservación del trabajo y en su defecto resaltan el teorema de la imposibilidad de movimiento perpetuo. No obstante, se han analizado fenómenos puramente mecánicos Por tal razón dichos teoremas se desplegaron a fenómenos fuera de la mecánica.

Cuatro científicos distribuidos por toda Europa entre 1842 y 1847 publicaron una hipótesis acerca del principio de conservación de la energía. Estos son: el físico inglés James Joule, el físico danés Ludwig Colding y los físicos alemanes Julius Mayer y Hermann Helmholtz. Los tres primeros científicos formularon sus concepciones y definiciones sin conocer el trabajo de los otros. Esto da a entender que en la época la comunicación que existía entre colegas con respecto al desarrollo de sus trabajos era muy escasa (Kuhn, 1977).

Sin embargo, no solo estos científicos estudiaron dicho concepto de la conservación de la energía. En 1832, el físico e ingeniero francés Sadi Carnot, en 1839 el

ingeniero e inventor francés Marc Seguin, en 1845 el físico Alemán Karl Holtzmann y en 1854 el físico francés Gustav Hirn describieron cuantitativamente la relación entre el calor y el trabajo, calculando un coeficiente de conservación. Lo que ellos desconocían en el momento es que se encontraban estudiando un caso particular de la conservación de la energía y más allá de eso que se estaban contribuyendo a demostrar que dichos fenómenos también excluían la imposibilidad de movimiento perpetuo como los casos analizados previamente.

Se sumaron más estudiosos de la época a presentar una definición formal acerca de dicho concepto. En este caso fueron los científicos Christian Mohr, William Grove y Michael Faraday, los cuales concebían el mundo de los fenómenos como la manifestación de una sola “fuerza” que se manifestaba de muchas maneras, pero que independientemente cual fuera su transformación nunca podría ser creada ni destruida. Dicha “fuerza” es lo que se consideraba la energía (Kuhn, 1977). Un problema fundamental que se tenía con respecto a la definición del principio de la conservación de la energía es que no era posible cuantificar esta “fuerza”, por lo que dicho concepto quedaba en tela de juicio con respecto a su definición concreta y formal.

Con base a lo anteriormente escrito, se puede determinar que a pesar de que múltiples científicos se encontraban trabajando en una conceptualización y formalización adecuada del principio de conservación de la energía, estos precursores no comunicaban las mismas cosas con sus respectivos descubrimientos. Se esperaba que al estudiar el mismo concepto o definición se llegara a una cierta convergencia en sus ideas. No obstante, en el desarrollo del concepto de la conservación de la energía esto demoró cierto tiempo en que sucediera, ya que se desconocía para la época que a pesar de la variedad de los puntos de vista estos sí llegarían a un punto en común.

De acuerdo con el texto de (Kuhn, 1977) “*La tensión esencial*” en el apartado “*la conservación de la energía como un ejemplo de descubrimiento simultaneo*”, un ejemplo claro que permite ilustrar lo previamente escrito, es que era muy complicado encontrar semejanzas a simple vista a excepción de ciertas ideas aisladas, entre las teorías de la

defensa de la teoría dinámica del calor planteada por Mohr y los límites intrínsecos del motor eléctrico planteadas por el químico Alemán Justus Liebig. Teniendo en cuenta lo anteriormente dicho, lo que estaba sucediendo con el concepto de conservación de la energía era el surgimiento rápido y en algunas ocasiones desordenado de diversos elementos conceptuales y experimentales que posteriormente serán indispensables en la construcción y generalización de dicho principio fundamental.

Todos los diversos elementos conceptuales y experimentales que se estaban obteniendo durante la época de 1830 a 1850, donde en un fenómeno particular se transformaba una forma de energía a otro tipo de energía se le denominó procesos de conversión. Los primeros procesos de conversión de energía, comenzaron a aparecer con la creación de la pila eléctrica por el químico G. Volta, debido a que en concordancia con la teoría del Galvanismo que prevalecía en Francia e Inglaterra, se obtenía corriente eléctrica gracias a la afinidad química, y que posteriormente esta también producía calor y en el mejor de los casos producía luz.

Por otra parte, en 1820, el físico danés Hans Christian Oersted demostró los efectos magnéticos sobre una corriente eléctrica, determinando así que el magnetismo producía movimiento y desde hace mucho tiempo atrás producía electricidad por fricción. Así existen muchos ejemplos de dicho tipo. No obstante, fue hasta 1830, cuando se categorizaron formalmente todos estos fenómenos como procesos de conversión. Hacia 1838, el físico Inglés James Joule se interesó exclusivamente en el estudio del diseño de los motores eléctricos, sin influencia alguna de otros precursores a excepción del químico alemán Liebig.

En 1840, cuando se encontraba en la evaluación de sus motores en virtud del trabajo y el rendimiento de los mismos estableció una relación con las investigaciones realizadas por los físicos e ingenieros franceses Sadi Carnot y Marc Seguin sobre las máquinas de vapor. Sin embargo, esta conexión se rompió rápidamente debido a que Joule, decepcionado del diseño de sus motores, busca perfeccionar las baterías de los mismos, los cuales son los que impulsaban dicho motor. Por ello se enteró de los nuevos

descubrimientos realizados en química y adoptó las ideas planteadas por Faraday de los procesos químicos del Galvanismo. Posteriormente, en 1843 Joule, incentivado por el error en el funcionamiento de las baterías, reintrodujo el motor y el concepto de trabajo mecánico (Kuhn, 1977).

Así como parafrasea (Kuhn, 1977), las ideas del científico Galés William Grove, “El calor, la luz, la electricidad, el magnetismo, la afinidad química y el movimiento. ...puede como fuerza producir o ser convertido en otros; así el calor puede producir casi inmediatamente, electricidad y esta a su vez, calor y así sucesivamente”. Con este enunciado propuesto por Faraday y Grove se constituye lo que se define como el principio de convertibilidad universal de las fuerzas naturales y no indica lo mismo que conservación de la misma.

Como se había planteado en párrafos anteriores, la dificultad insuperable de cuantificar la conservación de la energía para que no perdiera rigor en términos de una definición concreta fue el principal problema de los precursores en aquella época, cuyos conceptos que tenían a disposición estaban relacionados con los procesos de conversión. Algunos científicos tales como: Grove y Mohr intentaron cuantificar dicha fuerza a partir conceptos termodinámicos relativos a la afinidad química y el calor. Otros como Mayer utilizaron conceptos de la mecánica Newtoniana al medir la fuerza por el impulso que este podía producir. Las ideas publicadas por Mayer trascendieron un poco más, ya que el acudió a invenciones y términos alternativos realizados durante el siglo XIX como el desarrollo de las máquinas, cuya existencia es lo que da resultado al surgimiento de la Revolución industrial. El estudio de la ingeniería de las máquinas permitirá encontrar los principales conceptos tales como los de efecto mecánico o trabajo, los cuales son de vital importancia en la cuantificación de la conservación de la energía mecánica.

En la mayoría de los estudios orientados a la conservación de energía, se suponía que el método para cuantificar los procesos de conversión fue el teorema dinámico o más conocido como el principio de conservación de la *vis viva*. La *vis viva* resulta ser un caso específico de la conservación de la energía y por tal razón fue importante para Helmholtz

en el descubrimiento de su principio de conservación y para Mayer aplicarla a un caso particular, la caída libre. Sin embargo, estos precursores no utilizaron solamente dicho principio de conservación también se valieron de la ingeniería del agua, del vapor. Específicamente fueron cinco de ellos que lograron presentar una teoría cuantitativa de la conservación de la energía. Esto tuvo una razón de ser de peso y es porque la *vis viva* se define como la multiplicación de la masa por la velocidad al cuadrado mv^2 , cantidad que no estaba explícitamente definida en ninguno de los trabajos de los precursores a excepción de los estudios de Sadi Carnot, Helmholtz y Mayer.

Estos científicos no se tomaron el esfuerzo de considerar la energía de movimiento como una cantidad básica, por el contrario, implementaron el producto de la fuerza por la distancia $f \cdot d$, cantidad conocida como efecto mecánico o trabajo. Dicha cantidad no se conocía, como una entidad conceptual de la literatura relativa a la dinámica (Kuhn, 1977). Fue únicamente hasta 1820, cuando en la literatura francesa, sobre teoría de máquinas y mecánica industrial comenzó a aparecer el trabajo como un concepto independiente y significativo, el cual fue relacionado con la definición formal de la *vis viva*. En ese orden de ideas, los estudios de la ingeniería fueron el referente teórico fundamental y el único utilizado por los precursores de la conservación de la energía.

Cabe resaltar, que la conservación de la *vis viva* fue modelo conceptual para cuantificar los procesos de conversión. El ejemplo más claro de ello lo utilizó el físico y matemático Christian Huygens, inspirado en los estudios de Galileo acerca del concepto de inercia intenta demostrar la imposibilidad de movimiento perpetuo y la conservación de la energía, por medio del estudio de los péndulos.

Por otra parte, aplicando la demostración de la imposibilidad del movimiento perpetuo y la cuantificación de la energía. Muchos de los científicos de la época lo tuvieron en cuenta a excepción de Sadi Carnot al considerar que el calor es movimiento o más específicamente que es la *vis viva* molecular y por consiguiente su incremento debe ser igual al trabajo realizado (Kuhn, 1977), elaboración conceptual que causó gran curiosidad en la comunidad científica del momento, debido a que se encontraban ansiosos

de generar o producir calor mediante el movimiento (proceso de conversión) (Mach, 1911) Con esta definición propuesta por Carnot se establece una relación intrínseca entre el concepto de trabajo y de vis viva.

Es curioso observar que fueron nueve científicos que lograron finalmente cuantificar la conservación de la energía y siete de ellos no trabajaban con máquinas. Estos, para que pudieran realizar el cálculo, tenían que tener a la mano concepto de trabajo que proviene principalmente del estudio de la ingeniería. En otras palabras, el trabajo es la contribución más significativa al proceso de cuantificación de la conservación de la energía, aporte que viene del interés por el estudio de las máquinas en el siglo XIX. El físico inglés James Joule y el químico alemán Liebig llegaron a la cuantificación de la energía mecánica planteando un simple interrogante el cual era ¿qué es el rendimiento?, fundamentada en relación a los procesos de conversión producidos por el motor eléctrico impulsado por baterías.

Hasta el momento se han estudiado los diferentes planteamientos propuestos por diversos estudiosos comprobando que en sus investigaciones particulares se aplica el teorema de conservación del trabajo y en su defecto resaltan el teorema de la imposibilidad de movimiento perpetuo. No obstante, se han analizado fenómenos puramente mecánicos pero dichos teoremas se desplegaron también a fenómenos fuera de la mecánica. El primer planteamiento analizado fue el de las consideraciones acerca de la teoría del calor.

El físico e ingeniero francés Sadi Carnot, en sus “reflexiones sobre la potencia motriz del fuego” (Carnot, 1987) consideraba que, si el trabajo se realiza por medio de calor, una cierta cantidad de calor pasa del cuerpo más caliente al cuerpo más frío, suponiendo que no había alteraciones permanentes en el estado del cuerpo. En consecuencia, dicho proceso se cumple a la inversa al considerar la misma cantidad de trabajo se requiere para volver a transferir calor de un cuerpo más frío a uno más caliente. Como se puede evidenciar en este fenómeno también se acude al principio de exclusión del movimiento perpetuo. En ese orden de ideas, esta es la primera explicación en la que se aplica dicho principio a un sistema que no es mecánico.

Por otra parte, uno de los fundadores de la teoría mecánica del calor el físico alemán llamado Rudolf Clausius dice que el trabajo es más que una transferencia de calor de un cuerpo con una temperatura T a otro con temperatura T_1 , que en dicho proceso se produce un gasto del mismo a una tasa proporcional. Con base a lo anterior se llegó a la conclusión de que, si el calor puede ser transformado en trabajo mecánico, el calor consiste en los procesos mecánicos en movimiento. Esta conclusión dejó a la comunidad científica de la época bastante inquieta en explicar el calor por medio de movimientos y por ende se produjo bastante literatura al respecto.

Sin embargo una de los exponentes más reconocidos en la teoría mecánica del calor el físico y médico Alemán Julius Mayer enunció que no se puede concluir que la esencia de esta tendencia era el movimiento, como si se estuviera relacionando la tendencia de la caída de los cuerpos con el movimiento, por el contrario el afirmaba que a fin de convertirse en calor por movimiento o vibración así como la luz, esta debería dejar de ser movimiento (Mach, 1911). La segunda aplicación no mecánica del principio de exclusión del movimiento perpetuo fue realizado por el físico y matemático Neumann acerca del fundamento analítico de las leyes de la inducción eléctrica. De acuerdo al texto de Mach explica que dicha aplicación no mecánica es una de los trabajos más talentosos de este contexto.

Finalmente, se puede concluir que muchos de los descubrimientos y conceptos antiguos que posteriormente durante transcurso de la historia se denominaron y clasificaron como procesos de conversión fueron esenciales en la explicación del concepto de conservación de la energía y contribuyeron significativamente en cada uno de los trabajos realizados por los diferentes precursores. Por otra parte, se descubrió por medio de los estudios históricos, que uno de los objetivos fundamentales en el proceso del desarrollo del principio de conservación de la energía, tenía como objetivo la demostración del principio de exclusión o imposibilidad del movimiento perpetuo.

2.1.3 EL PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN Y DE CONVERTIBILIDAD DE LA ENERGÍA DESDE LA PERSPECTIVA DE MAYER.

Según el análisis de un artículo realizado en el departamento de física de la UPN (Romero, Ayala, Malagón, García, & Gómez, 1999) para el Físico y médico Alemán Julius Mayer en 1873 tratar de formalizar el principio de Conservación de la Energía, parte de la formulación del principio de causalidad, indestructibilidad de la materia y la convertibilidad de los fenómenos. Estas condiciones iniciales las aborda a partir de una conceptualización sobre la materia, fuerza, movimiento y calor. El plantea dos tipos de causas para analizar el mundo físico: las ponderables, como es el caso de la materia y la imponderable, como es el caso de la fuerza⁷. Para el primer caso solo es posible hacer alusión a ella a partir de características y propiedades cuantitativas como el peso y el volumen, por tal razón la materia es tomada como algo indestructible. Para el caso de la fuerza, Mayer le otorga la denominación de desconocido e hipotético, es decir que hasta donde permite la experiencia no es posible convertir materia en fuerza y viceversa.

Para tratar de comprender el fenómeno de la Conservación de la Energía desde el principio de indestructibilidad, se debe empezar por el siguiente razonamiento: (Romero, Ayala, Malagón, García, & Gómez, 1999) parafrasean que Mayer considera la energía como causa, a la causa inicial se la denota con la letra **c** la cual produce un efecto **e**, el concluye que **c = e**. Así, entonces, si después de producir el efecto **e**, aún permanece la causa **c** completamente o en parte, debe haber otros efectos, correspondientes a la causa que aún queda. Y si **e** es entonces causa, a su vez, de otro efecto **f**, se tiene que **e = f**, por tanto **c = e = f... = c**. En esta cadena de causas y efectos, resulta evidente por la naturaleza de la igualdad, que un término o una parte de él, nunca pueden ser igual a cero.

De este planteamiento, se desprenden aspectos bien interesantes: en primer lugar, la causalidad como una función en donde la interdependencia de los fenómenos es el factor importante. En segundo lugar, como consecuencia de lo anterior, la energía puede ser

⁷Aquí debe entenderse la fuerza no en términos Newtonianos, sino en lo que hoy se conoce como energía.

asumida como causa de otros fenómenos o de otro efecto, que desencadena en una serie de consecuencias que la contienen en su totalidad o parcialmente. En el caso de contenerla parcialmente, debe pensarse en otras manifestaciones, pero en ningún caso será aniquilada o reducida a cero. En este sentido, se puede decir que, es justamente la consideración de la indestructibilidad de la materia y de las fuerzas lo que le permite a Mayer asumir la indestructibilidad de la energía y en consecuencia su conservación.

Por otra parte, el Principio de Convertibilidad desde esta perspectiva causal, permite considerar las causas como generadoras de unos efectos que, a su vez, son considerados causas creadoras de otros efectos; retomando a Mayer según la interpretación de (Romero, Ayala, Malagón, García, & Gómez, 1999) :

“Si la causa C ha producido un efecto e , entonces, por lo tanto, C ha dejado de existir convirtiéndose en e ; si después de la producción de e , C subsistiera aún, en todo o en parte, entonces a esta causa subsistente debería corresponder un efecto adicional; luego el efecto de C debería ser mayor que e ($C > e$), lo que es contrario al supuesto $C = e$. Por lo tanto, como C se convierte en e , y a la vez éste se convierte en f , etc. Debemos considerar estas magnitudes como las diferentes formas de manifestación de un sólo y mismo objeto” (Mayer, 1873, p. 277).

Bajo el principio de indestructibilidad la causa es igual al efecto; sin embargo, dentro del principio de convertibilidad se contempla la posibilidad de que la causa no se convierta totalmente en su respectivo efecto sino que, de modo parcial, lo que resta de la causa, genera efectos adicionales rompiendo con la igualdad de la ecuación. Es en éste sentido, los efectos de la causa inicial pueden llegar superar al efecto. La combinación de estas propiedades, le permitió a Mayer afirmar que las causas son objetos cuantitativamente indestructibles y cualitativamente convertibles, ya que obedecen a expresiones propias de un objeto. Tal reflexión, reafirma la característica imponderable de las causas y en últimas de la energía.

2.1.4 ASPECTOS DE SU ENSEÑANZA

Teniendo en cuenta los desarrollos históricos que permitieron hablar de la energía, su conservación y convertibilidad se puede decir, que se ha mostrado un breve bosquejo histórico de siglos de arduos estudios y análisis, donde en principio, el teorema de conservación del trabajo jugó un papel fundamental en la construcción de dichos fenómenos. Como se enunció al inicio de esta parte donde se habló del papel de la historia en la enseñanza de las Ciencias Naturales, el objetivo fundamental que se tenía con este desarrollo histórico era que todos los fenómenos explicados en un orden cronológico obedecían los dos postulados fundamentales, el principio de conservación y el teorema de exclusión de movimiento perpetuo.

Es de vital importancia destacar que en la enseñanza de las Ciencias Naturales y en nuestro caso particular el concepto del principio de conservación de la energía considerar el desarrollo histórico del fenómeno, en aras de que los estudiantes generen una contextualización adecuada que les permita conocer el origen de lo que están aprendiendo y en consecuencia generar un aprendizaje óptimo y significativo de los conceptos.

Al estudiar la conservación se debe considerar la existencia de características comunes que nos lleven a referirnos a una misma cosa, estas características deben permanecer o ser invariantes en el sistema, de lo contrario tendríamos que volver a construir explicaciones del mundo que nos rodea.

Estos procesos permiten pensar en la invariancia como un elemento necesario para entender la conservación, porque posibilita la identificación de variables que se mantienen en el transcurso de una transformación y a su vez el pensar en la invariancia permite el estudio de los cambios que se presentan en el proceso de pasar de un estado a otro en el análisis de la convertibilidad de los fenómenos.

Por lo anterior para analizar el sistema, la conservación juega un papel indispensable, en la medida en que su estudio posibilita la comprensión de los cambios, como afirma Piaget (1987) “...para que el sujeto pueda pensar, necesita admitir la existencia de invariantes y porque por su parte el objeto parece exigir la posesión de tales invariantes como condición de su propia existencia” (Pedreros, 1995, pág. 27)

Por su parte, Piaget considera que el sujeto que conoce identifica el objeto a partir de las invariantes, pues estas determinan su existencia; es decir, aunque el objeto pase de un estado a otro, experimenta un proceso de conservación que le permiten al sujeto identificar las invariantes y reconocer que el objeto sigue existiendo. Interactuar con el objeto lleva al individuo a realizar operaciones de pensamiento que le implican relacionar, clasificar, abstraer, construir conceptos y como consecuencia encontrar nuevas formas de razonar.

Por otra parte, al considerar otros aspectos puntuales referentes a la enseñanza del concepto de conservación de la energía, podemos citar el artículo de (Hermann, George, & Arias, 2014), *Una alternativa para la enseñanza de la física: El curso de física de Karlsruhe CFK*, el cual es un proyecto que tiene como objetivo fundamental aportar a la modernización de los textos de física, eliminando conceptos que son obsoletos o ambiguos para la interpretación del sujeto, por medio de la reestructuración de contenidos y lo más importante aplicando ampliamente un nuevo modelo, el modelo de sustancia. Dicha perspectiva surge a partir de un contexto problemático que ha sido constante con el transcurrir del tiempo, el cual es que las ciencias en general la cantidad de conocimientos va en aumento y el tiempo para su respectiva de enseñanza siempre es el mismo, lo que en consecuencia se obliga siempre a ajustar el tiempo de explicación de los diversos contenidos haciendo que se pierda el rigor en la ilustración y desarrollo de las temáticas.

Las novedades que plantea el curso CFK con respecto al curso que se imparte con el método tradicional es que este considera la historia de la física como un proceso que ha sido complicado y “no lineal”. Cuando se enseña ciencias se tiende a seguir esta complicada ruta, no obstante, el artículo considera que existen formas más cortas y sencillas de alcanzar dicho objetivo.

El curso CFK, propuesto por Friedrich Hermann contribuye significativamente a modernizar la enseñanza tradicional de las ciencias. Haciendo énfasis particularmente en los aspectos de la enseñanza orientados al concepto de energía, si se tiene en cuenta lo escrito previamente dicho concepto presenta una problemática bastante seria, la cual se produce, debido a la ambigüedad que se presenta en su interpretación, además otra causal importante es que el lenguaje coloquial que se puede utilizar para la explicación correcta de dicho concepto es muy limitado. Por ello dicho modelo del curso CFK es muy adecuado en dicho contexto debido a que utiliza un modelo de explicación en el cual su cantidad de lenguaje cotidiano que sea más accesible a la óptima interpretación de los sujetos es más amplio. En ese orden de ideas, este modelo de enseñanza permite destacar el papel de la analogía como una herramienta fundamental en la explicación de los diversos fenómenos de la naturaleza, para nuestro caso específico la enseñanza del concepto de energía.

Tal como menciona (Hermann, George, & Arias, 2014), el modelo de sustancia⁸ es una forma de explicación teórica más óptima en la explicación de diversos fenómenos, ya que a pesar de ser un desarrollo teórico no formal o que presenta un rol menor desde el contexto de enseñanza tradicional presenta un contexto histórico riguroso que permite implementarlo como una forma alternativa de explicación de los fenómenos.

En el intento de explicar el concepto de energía particularmente, el curso CFK comienza introduciendo las magnitudes extensivas como magnitudes elementales en la física. Un ejemplo de estas son la carga eléctrica Q , el momento P , la entropía S y la cantidad de sustancia N). Posteriormente se realiza la analogía a dichas magnitudes extensivas y se logra encontrar que todas se corresponden entre sí, debido a que comparten una característica fundamental, la cual es que en todas estas existe un flujo o corriente. La corriente eléctrica se asocia a la magnitud extensiva intensidad (I), la corriente de

⁸ El modelo de sustancia fue un nombre que propusieron los autores del curso CFK, ya que no tenía un nombre particular propuesto, a pesar de tener una larga historia al igual que el modelo usual que explica la explicación de los fenómenos el cual es el modelo de partículas.

momento se asocia a la magnitud extensiva fuerza (F), la corriente de entropía de asocia al flujo entrópico (I_S), etc.

Por otra parte, si se detiene a analizar en detalle el flujo de dichas magnitudes extensivas, se determina que en todas estas está implícita la energía, por lo tanto, se puede decir que la energía no es característica para ningún campo de la física en particular, debido a que es igualmente importante para todos ellos (mecánica, electromagnetismo, termodinámica, fisicoquímica), teniendo está el papel de concepto unificador (Hermann, George, & Arias, 2014). Bajo esta perspectiva es ventajoso considerar el modelo de sustancia en la enseñanza del concepto de energía, ya que esta permite por medio de lenguaje coloquial interpretar dicho concepto unificador de manera más óptima que en la enseñanza tradicional.

El modelo de sustancia implementado en el curso CFK busca no limitar el uso de dicho modelo, por el contrario, busca ampliarlo a todos los contextos o subramas de la física y hasta de la química. Por tal razón, el modelo de sustancia se puede interpretar de tres maneras diferentes: las magnitudes físicas y los campos en el modelo de sustancia, y la interpretación de la densidad de probabilidad como la densidad de un fluido⁹.

Al explicar dichos conceptos de la física de tal manera, se logra que el sujeto realice analogías y comparaciones en virtud de intentar interpretar eficazmente los conceptos. En conclusión, se puede decir que cuando se enseña física desde el contexto de educación tradicional esta siempre acude a la problemática de la mala o falsa interpretación por parte de, los estudiantes del concepto, es decir de los preconceptos. Sin embargo, si se acude al modelo de enseñanza planteado por Hermann Friedrich, George Job y Nelson Arias Ávila, este permite que las personas comprendan los conceptos de la

⁹ Desde el contexto de las magnitudes físicas y los campos en el modelo de sustancia, se tiene como objetivo fundamental mejorar la interpretación de conceptos de algunas magnitudes físicas de campo tales como carga eléctrica, entropía, campo eléctrico etc. Por otra parte, desde el contexto de considerar la densidad de probabilidad como la densidad de un fluido se puede realizar una analogía con el concepto de electrón en el modelo de sustancia, determinando así la ventaja conceptual que presenta el sujeto al intentar interpretar la trayectoria del electrón alrededor del átomo, concepto que bajo la enseñanza tradicional es bastante complicando generando conflictos cognitivos en el aprendizaje de los sujetos.

física, en nuestro caso particular el de la energía, de una manera más acorde a como la gente piensa y se expresa en su diario vivir. Es por ello, que el modelo de sustancia propuesto por el curso CFK permite en primera instancia, dar un primer paso que apunte a tal dirección en aras de mejorar la interpretación adecuada y eficaz de los conceptos de la física, particularmente de la energía.

Con base a lo anteriormente escrito, se puede establecer una conexión entre el modelo de enseñanza propuesto en el Curso de Física de Karlsruhe CFK y las actividades exploratorias realizadas en la Escuela Pedagógica Experimental EPE, ya que el curso CFK permite redimensionar las actividades realizadas en la EPE que se darán a conocer en detalle más adelante en el siguiente capítulo. La nueva perspectiva o punto de vista que se obtiene a partir de considerar el método de enseñanza del curso CFK, es muy importante, debido a que se considera la enseñanza de las ciencias a partir de un lenguaje adecuado, propicio y cotidiano a los estudiantes, con aras de que el estudiante asocie significativamente lo aprendido con situaciones que percibe desde su cotidianidad. Es importante mencionar que este método de enseñanza es un curso que contribuye a mejorar las perspectivas del método de enseñanza tradicional, por lo que lo hace que sea novedoso y llamativo para aplicar en otros contextos escolares.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA EN LA EPE

La Universidad Pedagógica Nacional se encuentra estableciendo proyectos de investigación para la proyección social de los futuros maestros del país, es por eso que la Facultad de Ciencia y Tecnología desde la línea de investigación del departamento de física " enseñanza de la física desde una perspectiva cultural" para este año logró un vínculo estratégico en cuestiones de las prácticas pedagógicas para maestros en formación inicial, una de las instituciones con las cuales se estableció un convenio fue a la Escuela Pedagógica Experimental EPE, ubicada en el kilómetro 4 vía a la calera; allí semanalmente tres estudiantes de la línea van a hacer sus prácticas como maestros en formación inicial, este espacio de gran valor para la formación de los futuros licenciados en física del país.

La escuela tiene dos puntos claves para el desarrollo de sus estudiantes en los aspectos democráticos, políticos, personales y académicos, como lo son, los proyectos de aula de clases y las salidas de vida independiente. Estas dos estrategias de trabajo que emplea la escuela de manera activa, democrática y responsable convergen en construir puntos de vista críticos y reflexivos. Otra alternativa que fortalece el proceso de los estudiantes en cuestión de aprendizaje es el enfoque pedagógico sustentado por la escuela, ATA's, las actividades totalidad abierta, mediante este enfoque pedagógico los estudiantes a partir de discusiones y construcción de puntos de vista se aproximan a múltiples realidades; una de las actividades totalidad abiertas destacadas son los proyectos heterogéneos y el proyecto de economía azul, este último ayudado a la institución a convertirse pionera en actividades realizadas en el aula (Segura, y otros, 2000).

Otro aspecto que hay que resaltar respecto al trabajo realizado en la EPE, es lo que en la clase de ciencias se gesta en cada sesión, pues la escuela no está comprometida con las disciplinas sino con el individuo y la sociedad que vive, que los individuos se sientan capaces de cambiar la sociedad y que puedan ver en la actividad científica una forma de

representación y una imagen de conocimiento en constante construcción; pues cómo afirma (Segura, y otros, 1999, pág. 78) :

“hoy no se trata de aprender a ver una realidad, sino de construirla. La realidad del físico no es una parcela de la realidad estándar, sino una construcción colectiva de la comunidad de físicos, en donde existen ciertos objetos de estudio como péndulos, planos inclinados y resorte que solo existen en esa realidad”

Por último, cabe destacar que la EPE privilegia la construcción del conocimiento sobre la aprehensión de la información, en esta medida se convierte en una escuela que fortalece valora las inquietudes preguntas y propuestas de los estudiantes. Además de que se valora el error y la equivocación como fuente de aprendizaje pues se vive en un ambiente de confianza dentro y fuera del aula. Así el papel de la práctica pedagógica en este contexto educativo permitió realizar 4 actividades relacionadas con el concepto de energía y su conservación a fin revisar aquellas comprensiones iniciales del estudiante respecto a temas de interés científico.

3.1. Descripción de la Población:

La práctica pedagógica fue trabajada con 24 estudiantes de nivel 12F y 12G¹⁰ durante todo el periodo académico. Los estudiantes tienen un nivel socioeconómico que oscila entre los estratos 3, 4 y 5, Con edades que oscilan entre los 14 y los 18 años. Es de resaltar que la organización de los estudiantes por cursos se realiza por ciclos, los cuales están compuestos por niveles, de esta manera se muestra el nivel y grado correspondiente en la educación regular (ver tabla 1):

¹⁰ El número representa el nivel y la letra la inicial del nombre del director de curso, para los casos específicos (12F = Fabio Arcos) (12G= Gloria Vásquez).

Tabla 1 organización de los niveles educativos

Ciclo	Niveles	Grado correspondiente en la educación regular
Primer Ciclo	0, 1 y 2	Pre-escolar, Pre-kínder y transición
Segundo Ciclo	3, 4, 5, 6 y 7	1°, 2°, 3°, 4° y 5°
Tercer Ciclo	8, 9 y 10	6°, 7° y 8°
Cuarto Ciclo	11, 12 y 13	9°, 10° Y 11°

3.2. Actividades exploratorias realizadas:

Las orientaciones pedagógicas en la EPE se desarrollan desde un enfoque vivencial en la participación, las actividades de aula que se dedican a los contenidos de las disciplinas tienen como objetivo explorar los conocimientos previos de los estudiantes y luego fomentar actividades para el desarrollo de propuestas que sean relevantes para los estudiantes desde su cotidianidad. Como se aclaró anteriormente los contenidos disciplinares y la lógica disciplinar toman otro sentido en las prácticas educativas de la EPE, por lo tanto, las temáticas que se trabajaron fueron: Cómo llega la energía eléctrica a casa, La energía mecánica en la montaña rusa y Lámpara de lava.

Se nombrarán las actividades trabajadas durante el primer periodo académico de 2016 a modo de diario de campo especificando las reflexiones realizadas en cada sesión, así:

3.2.1. ¿De dónde viene la energía eléctrica de tu casa?

En esta sesión el curso fue orientado a saber las relaciones que hacen los estudiantes cuando se les pregunta acerca de dónde viene la energía eléctrica de la casa, a lo cual con ayuda del tablero se buscó hacer una especie de mapa mental (ver Ilustración 2) con las respuestas de los estudiantes, pero también llevando un hilo conductor para mostrarles de donde proviene. La idea de la actividad exploratoria fue la siguiente: Inicialmente, se dibujó un bombillo eléctrico en el tablero, con el objetivo de preguntar acerca de que era necesario para prender dicho bombillo, a lo cual los estantes respondieron energía eléctrica. En ese orden de ideas, ante la respuesta dada por los estudiantes se realizó otra pregunta la cual es: ¿De dónde venía esa energía eléctrica que llegaba a la casa?

Algunos de los estudiantes afirmaron que provenía de una central eléctrica y de los cables de la luz, etc. Sin embargo, el profesor añadió que además de estas existen las termoeléctricas, las plantas nucleares, entre otras. Teniendo en cuenta lo anterior, se comenzó a hablar sobre el funcionamiento de la hidroeléctrica, la rueda Pelton, y como es que se hace una transformación entre la fuerza con que cae el agua y como ese movimiento efectuado sobre la esta rueda transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Posteriormente, se pregunta de las fuentes de agua o producción de agua, a lo cual la mayoría de los estudiantes respondió que era por causa del ciclo de agua y de los yacimientos de la misma debajo de la tierra.

Resumiendo, si se considera el ciclo del agua, se puede formular interrogantes semejantes tal como: ¿Cuál es la causa de que el agua este contenida en las nubes y luego caiga hacia el suelo? Ante dicha pregunta los estudiantes respondieron que era a causa de una precipitación. Sin embargo, el docente orientador les preguntó sobre que pensaban que significaba o porque sucedía esto, a lo que los estudiantes llegaron a la conclusión que era por el calor de sol(radiación) que hacía que las nubes se precipitaran o se aceleraran cayendo así el agua que luego se filtraba en las montañas y desembocaba en los Ríos. Finalmente, se llegó a la conclusión entre todos de que un rayo de sol prendía el bombillo de la casa.

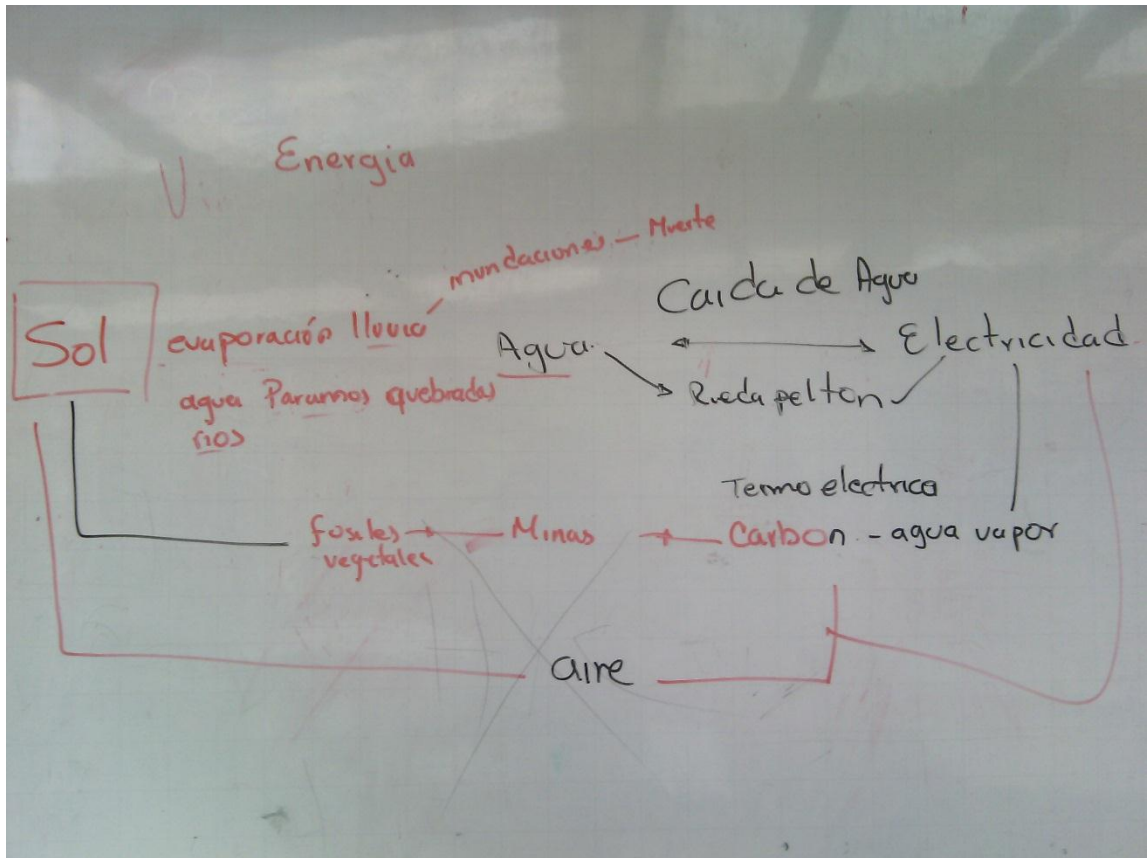


Ilustración 3. Mapa mental de la electricidad que llega a tu casa.

Con base a lo previamente escrito, es importante destacar como de forma intuitiva comienzan a parecer ideas asociadas a la transformación y convertibilidad de los fenómenos, propuesta en primera instancia por el físico y médico alemán Jullius Mayer. Esto se evidencia implícitamente en la actividad exploratoria, cuando los estudiantes descubren que la luz que está presente en sus casas proviene de diversas fuentes tales como: hidroeléctricas, plantas nucleares, entre otras.

Considerando esto se empieza a estudiar el funcionamiento de una hidroeléctrica, la rueda Pelton, y se demuestra cómo se transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Por tal razón, si se tiene en cuenta lo escrito en el capítulo anterior del marco teórico, se evidencia que se aplica el principio de conservación de convertibilidad de los

fenómenos propuesto por Mayer donde destaca la importancia de la causalidad como una función indispensable en la interdependencia de los mismos, lo que en consecuencia se tiene que la energía puede ser asumida como causa de otros fenómenos o de otro efecto (términos causales), que se desencadena en una serie de consecuencias que la contienen en su totalidad o parcialmente.

En el caso de contenerla parcialmente, debe pensarse en otras manifestaciones, por ejemplo, como en este caso de la actividad exploratoria, la convertibilidad de los fenómenos al transformar energía mecánica en energía eléctrica, teniendo claro que en ningún caso será aniquilada o reducida a cero. En este sentido, se puede decir que, es justamente la consideración de la indestructibilidad de la materia y de las fuerzas lo que le permite a Mayer asumir la indestructibilidad de la energía y en consecuencia su conservación.

3.2.2. La lámpara de lava.

En esta actividad el propósito fundamental es que el estudiante por medio de la explicación y construcción de dicho instrumento logre interpretar significativamente su funcionamiento. Inicialmente el profesor mostró el funcionamiento de la lámpara de lava, con el objetivo de realizar una motivación hacia el desarrollo de la actividad. Posteriormente, mediante la formulación de interrogantes y de la relación directa entre el docente orientador y el estudiante, este logra comprender en primera instancia el funcionamiento del instrumento.

Las preguntas que se formularan era acerca de los conceptos físicos que interactúan en dichos fenómenos. Por ejemplo: ¿Por qué la parte inferior de la lámpara estaba caliente y la parte superior fría? ¿A qué se debe que la parafina esté ascendiendo y descendiendo constantemente? Las respuestas de los estudiantes al primer interrogante es que se debía al material que estaba contenido dentro de la lámpara, es decir, que uno de ellos se

calentaba más fácilmente fue el otro, otros estudiantes consideraban que la parte inferior estaba más expuesta al calor que la parte superior, entre otras.

Por otra parte, las respuestas al segundo interrogante en su mayoría contestaban que estaba relacionado de acuerdo a las densidades de los materiales, es decir, que tenía que haber un material más denso que el otro, para que pudiera suceder dicho fenómeno. Luego de formular dichos interrogantes el profesor comenzó a realizar una analogía que permitiera a los estudiantes acercarse un poco más a la interpretación adecuada de lo que sucedía con la lámpara de lava (ver Ilustración 3). La analogía estuvo orientada como era que se calentaba el agua de panela. ¿Qué sucedía cuando esta se calentaba?, el respondía que esto sucedía, debido a un proceso de transferencia de calor en fluidos llamada convección, que se caracteriza por transferir dicha manifestación de energía entre zonas con diferentes temperaturas.



Ilustración 4 Lámpara de lava

Después de la discusión de las preguntas y la analogía planteada por el profesor, por grupos de trabajo entre 3 a 4 personas, este entregaba los materiales para construir una lámpara de lava reemplazando la parafina por tinta china (que es un aceite mineral). Con los materiales dispuestos, los estudiantes comenzaron a construir junto con orientación del docente el instrumento y con esto, ellos iban adquiriendo múltiples preguntas que les surgían que posteriormente eran aclaradas por el profesor. Finalmente, después de un tiempo construir el experimento, ellos observaban como la composición de tinta china, ascendía y descendía constantemente.

Finalmente, con base a lo anteriormente escrito se puede observar, de acuerdo a las respuestas planteadas por los estudiantes, que el funcionamiento de la lámpara de lava se basa en un proceso de transferencia de calor. En primera instancia, se puede considerar que los estudiantes conciben dicho proceso de transferencia en el fenómeno. No obstante, ellos no consideran que en este proceso existe un proceso de conversión de la energía, debido a que el funcionamiento de la lámpara de lava se fundamenta básicamente en que dos líquidos de insolubles de densidades semejantes se encuentran encerrados en un recipiente en forma de cono donde su base posee una resistencia eléctrica que administra calor, lo que en consecuencia se genera una transformación de energía eléctrica a energía calórica. Por otra parte, tal como menciona (Kuhn, 1977) en su texto, *“La tensión esencial”* en el apartado *“la conservación de la energía como un ejemplo de descubrimiento simultaneo”*, todos los diversos elementos conceptuales y experimentales donde en un fenómeno particular se transforma de una forma de energía inicial a otro tipo de energía, lo que desde dicho contexto científico se le denominó procesos de conversión o de convertibilidad. Los primeros procesos de conversión de energía, comenzaron a aparecer en el año 1800, con la creación de la pila eléctrica por el químico G. Volta, en el cual se obtenía corriente eléctrica gracias a la afinidad química, y que posteriormente esta también producía calor y en el mejor de los casos producía luz.

Posteriormente, con los diversos fenómenos naturales se continuaron descubriendo múltiples procesos de conversión entre diferentes manifestaciones de la energía, tales

como: energía asociada a efectos mecánicos, eléctricos, magnéticos, caloríficos, químicos, entre otros.

3.2.3. Encuesta sobre las ideas previas de los estudiantes frente a la energía.

Como propósito de la actividad exploratoria se pretendía tener en cuenta las ideas iniciales de los estudiantes frente al análisis de las seis (6) preguntas que se hicieron a los estudiantes a manera de encuesta, de manera que en la búsqueda de sus respuestas se pudieran extraer algunos criterios que los estudiantes utilizaron y que son similares a los desarrollos histórico-críticos analizados en el marco teórico. se encuentra a continuación una tabulación de la información y su respectiva interpretación:

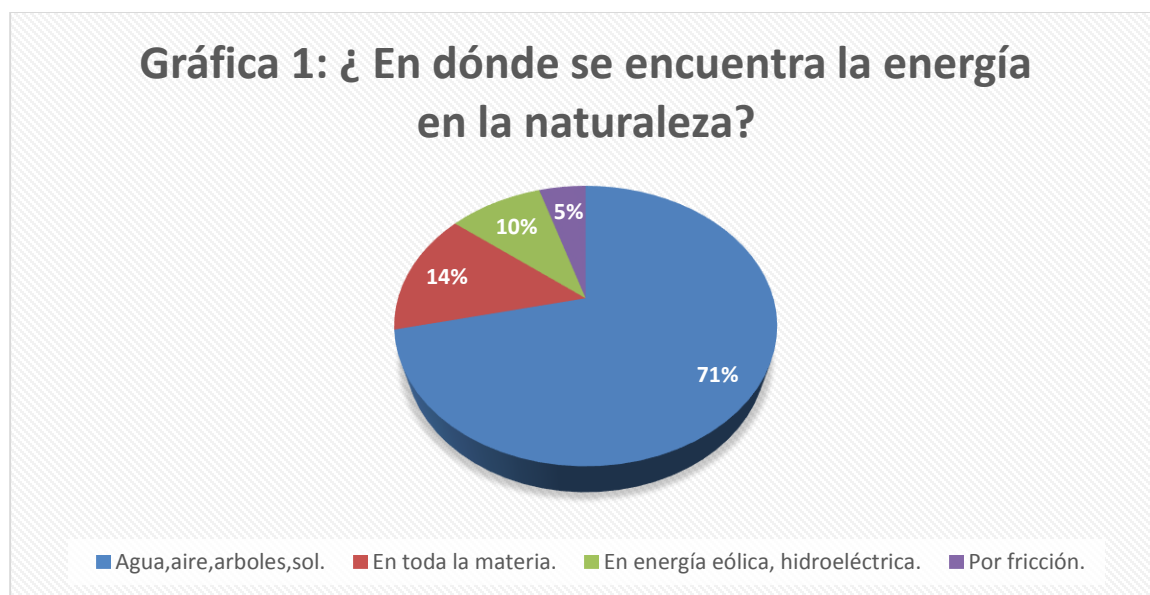


Ilustración 5. Gráfica1: ¿En dónde se encuentra la energía en la naturaleza?

En esta pregunta, la mayoría de estudiantes conciben que la energía está presente en el agua, en el aire, en los árboles etc. (ver Ilustración 5). Por otra parte, un porcentaje considerable piensa que la energía está en toda la materia. Esto puede ser una gran respuesta, debido a que consideran que todo ente en la naturaleza con masa posee energía y esto desde el contexto de la física es una predicción aceptablemente razonable.

Finalmente, algunos estudiantes manifiestan que la energía está presente en fuentes tales como plantas eólicas, hidroeléctricas, etc.

Con base a lo anterior, se puede destacar que el 85% de los estudiantes asocian que la energía se encuentra en el aire, el agua, el sol y toda la materia en general. En consecuencia, se puede concluir que los estudiantes conocen que la energía se encuentra presente por todas partes. Sin embargo, no asocian que todos los objetos, medios o recursos que se encuentran en la naturaleza actúan como fuentes de energía y no son la energía como tal. Por otra parte, el 14 % restante de los estudiantes asocian que la energía se encuentra en hidroeléctricas y termoeléctricas, lo que se puede concluir que estos estudiantes están asociando que la energía se encuentra en fuentes puntuales de la misma.

Hay que tener en cuenta algo muy importante, y es que los estudiantes desconocen que se encuentran asociando la energía a una fuente tal como la hidroeléctrica, donde lo que se realiza es un proceso de conversión de energía asociada a efectos mecánicos (energía hidráulica) para generar energía asociada a la electricidad (energía eléctrica). En ese orden de ideas, los estudiantes también se encuentran implícitamente asociando los procesos de convertibilidad y transformación de la energía propuesta por el físico y médico alemán Julius Mayer, donde el principio de causalidad juega un papel indispensable en dichos procesos.

Gráfica 2: ¿Cuánta energía hay en la tierra?

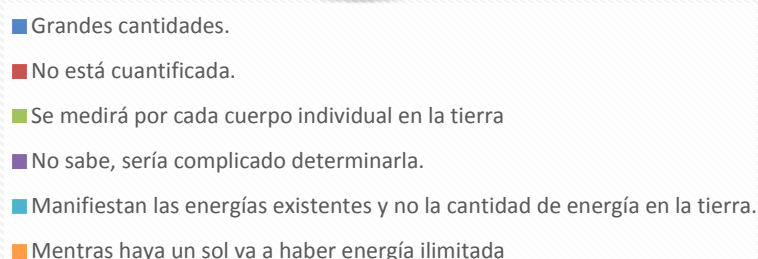
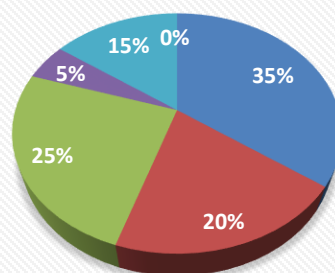


Ilustración 6. Gráfica 2: ¿Cuánta energía hay en la tierra?

En esta pregunta es importante resaltar que las respuestas estuvieron bastante divididas como se puede ver en los porcentajes del diagrama (ver Ilustración 6). Esto ocurre fundamentalmente, debido a que existe una ambigüedad en la interpretación de dicho concepto, por lo que intentar cuantificar la cantidad de energía en un lugar específico es muy complicado. Por otra parte, si no existe una formalización concreta de dicho fenómeno es muy poco probable que los estudiantes respondan de una forma afirmativa a dicho interrogante planteado.

Es pertinente resaltar que un estudiante presenta una respuesta bastante alternativa al considerar la energía ilimitada que podría tener el sol. Analizando en detalle dicha afirmación en términos de los textos consultados y estudiados en la construcción del marco teórico, se puede decir que a pesar de que el sol es una fuente de energía lumínica muy poderosa esta no es ilimitada, por el contrario, es limitada. Por otro lado, se puede considerar que en la energía solar que los seres humanos percibimos en nuestro planeta es

fruto de un proceso de conversión entre la energía solar a energía térmica (calor), el cual es percibido por los seres vivos en la tierra.

Finalmente si se considera el aprovechamiento de la misma, es indispensable considerar efectos de conversión, debido a que dicho aprovechamiento se puede producir por conversión térmica de alta temperatura, que consiste transformar la energía solar en energía térmica almacenada en un fluido, con el objetivo de calentar el líquido que se encuentra en los paneles solares térmicos o por otra parte por conversión fotovoltaica que consiste en una transformación directa entre energía lumínica a energía eléctrica, en aras de ser utilizado en las placas solares formadas por placas fotovoltaicas de Silicio o Germanio en su mayoría.

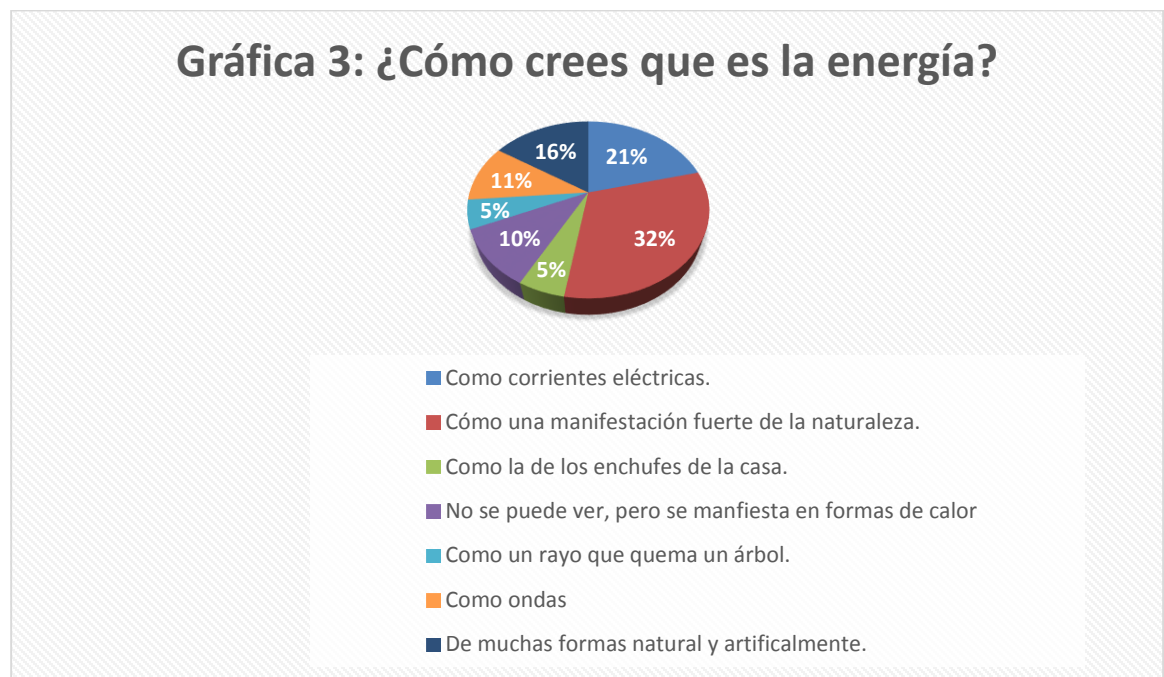


Ilustración 7. Gráfica 3: ¿cómo crees que es la energía?

En esta pregunta podemos evidenciar que los estudiantes conciben la energía de acuerdo a múltiples experiencias cotidianas (ver Ilustración 7). En primera instancia, se puede considerar que estas son buenas respuestas, debido a que la energía se produce a partir de cuerpos materiales. Cabe resaltar una respuesta interesante de un estudiante cuando dice que esta no se puede percibir, pero que se manifiesta como rayos de calor. Que el estudiante ya asocia un fenómeno físico particular a cómo se cree que es la energía y como esta se manifiesta.

Considerando lo anteriormente escrito, se puede concluir que los estudiantes asocian a interpretación de dicho concepto a eventos que ocurren en su cotidianidad, por lo que la explicación y comprensión óptima del mismo debe ser orientada a un lenguaje coloquial, donde el sujeto logre entender mediante un vocabulario ameno, agradable y cercano a su diario vivir, significativamente la energía. Esta afirmación anteriormente escrita, se puede sustentar, en el argumento propuesto por (Hermann, George, & Arias, 2014), el cual es un proyecto que tiene como objetivo fundamental aportar a la modernización de los textos de física, eliminando conceptos que son obsoletos o ambiguos para la interpretación del sujeto, por medio de la reestructuración de contenidos y lo más importante aplicando ampliamente un nuevo modelo, el modelo de sustancia, mediante un lenguaje claro y cotidiano, que permita el óptimo y significativo aprendizaje de los estudiantes. En ese orden de ideas, se puede concluir que para que los estudiantes logren comprender el concepto de la energía es indispensable considerar la analogía como herramienta fundamental en la enseñanza y el lenguaje adecuado al contexto escolar en el cual se encuentren inmersos los estudiantes.

Gráfica 4: ¿Se puede tocar o interactuar con la energía?

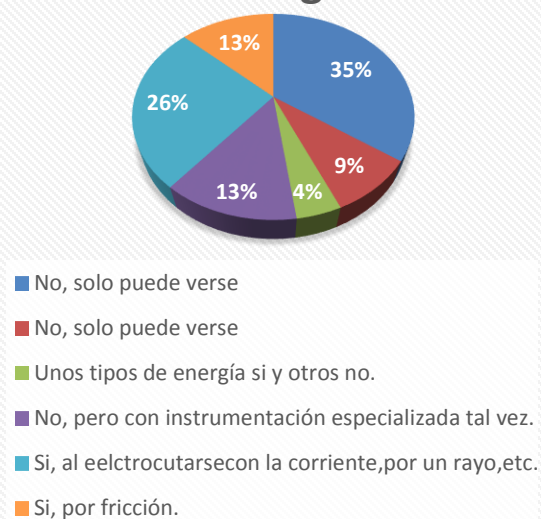


Ilustración 8. Gráfica 4: ¿Se puede tocar o interactuar con la energía?

En esta pregunta, los estudiantes están divididos en sus respuestas unos consideran que no se puede observar, pero otros estudiantes dicen que si se puede. Con esto queda claro, que en primera instancia se llega a la misma problemática enunciada previamente y es que los estudiantes no tienen una definición concreta y certera de lo que es energía y por ello, intentan asociar dichas preguntas a lo que ellos perciben desde su propia cotidianidad (ver Ilustración 8). Teniendo en cuenta, lo anteriormente escrito es importante resaltar que los estudiantes logran evidenciar implícitamente que no se puede interactuar directamente con la energía, que solo se puede evidenciar sus manifestaciones y trasformaciones.

Como la energía no puede surgir de la nada ni tampoco se puede destruir o anular, lo que ocurre con la misma es que se transforma en otra manifestación de la misma, por ejemplo, existen procesos de conversión de energía mecánica a energía térmica, de energía térmica a energía eléctrica, etc. (Mach, 1911). Lo escrito anteriormente pone de manifiesto que es posible interactuar con la energía, el contacto físico (en su mayoría cuando existe convertibilidad de energía donde están presentes fenómenos mecánicos) o por medio de

la observación del fenómeno (en su mayoría cuando existe convertibilidad de energía donde están presentes fenómenos térmicos, eléctricos, magnéticos, etc.).

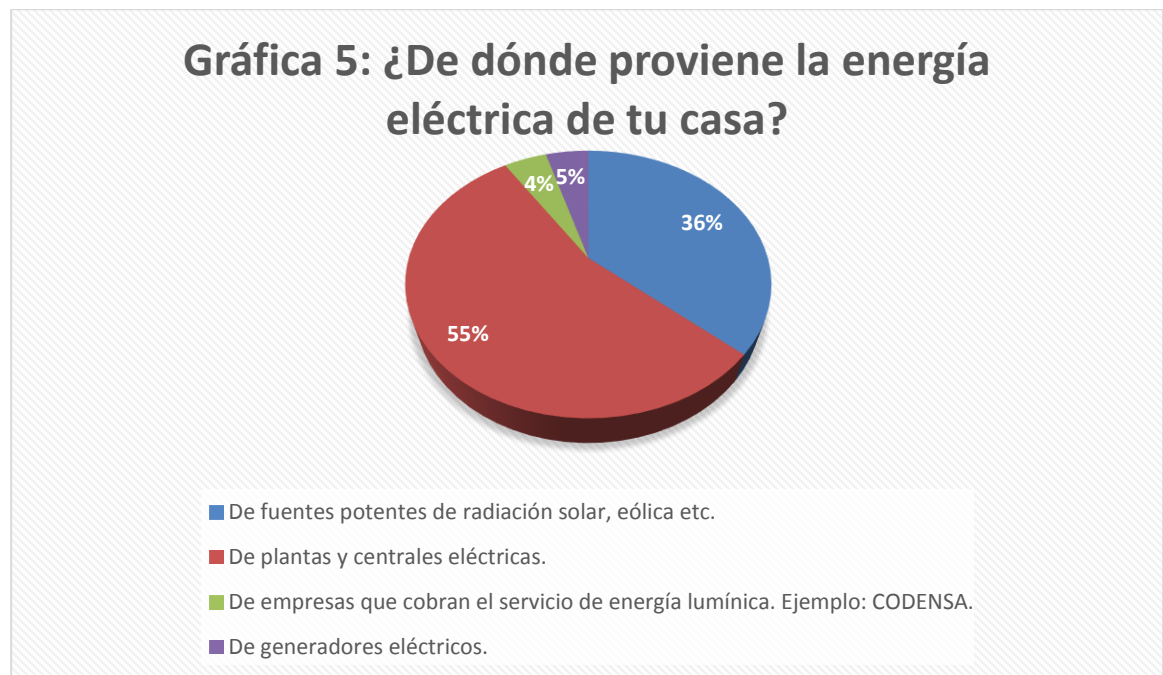


Ilustración 9. Gráfica 5: ¿De dónde proviene la energía eléctrica de tu casa?

En esta pregunta en su mayoría los estudiantes conocen que la energía eléctrica que está en su casa proviene de las plantas y centrales hidroeléctricas (ver Ilustración 9). En primera instancia consideramos que está respuesta es adecuada, pero si observamos con cierto rigor, las energías eléctricas de las casas provienen de fuentes naturales de energía tales como la radiación solar.

Sin embargo, si se analiza en detalle los resultados obtenidos anteriormente, se puede concluir que los estudiantes está asociando indirectamente que la energía eléctrica que llega a sus casas, es producto de un proceso de conversión, donde existe una transformación de energía mecánica en energía eléctrica y si se considera la teoría planteada por Julius Mayer acerca de la transformación y convertibilidad de la energía en

los fenómenos de la naturaleza, es de vital importancia tener en cuenta el principio de causalidad donde se formula que la causa es precedida por un efecto, que en dicho contexto se puede evidenciar al considerar que la energía puede ser causa de otro fenómenos o manifestaciones de la misma (efecto). En ese orden de ideas se puede concluir que, es justamente la consideración de la indestructibilidad de la materia y de las fuerzas lo que le permite a Mayer asumir la indestructibilidad de la energía y en consecuencia su conservación.

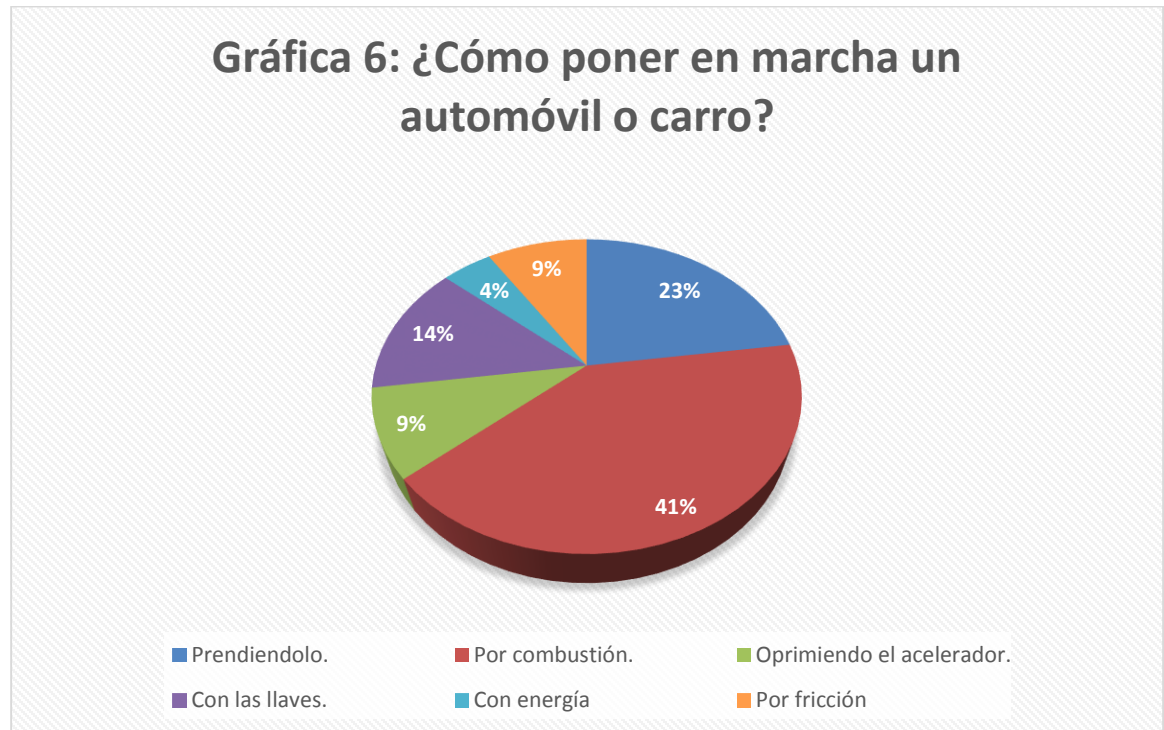


Ilustración 10. Gráfica 6: ¿cómo poner en marcha un automóvil o carro?

Finalmente, para la última pregunta, los estudiantes reconocen en su mayoría que el proceso que ocurre para que se prenda un automóvil es por combustión, es decir, un proceso físico químico en donde interviene la convertibilidad de la energía. No obstante, no se argumenta con claridad por parte de los estudiantes como conciben la combustión de un auto y cómo este proceso permite que se encienda un carro. Con esto queremos

aclarar que, al hacer una entrevista o examen diagnóstico, el objetivo fundamental fue reconocer las concepciones y construcciones del concepto de energía de los estudiantes y cómo logran relacionar este en su cotidianidad.

De acuerdo a lo anterior, es importante resaltar que a partir de ejemplos cotidianos como el que se formuló, en esta pregunta los estudiantes se identifican la energía con algo más allegado. De acuerdo al texto (Hermann, George, & Arias, 2014), se muestran múltiples ejemplos donde se puede evidenciar el concepto de energía, algunos de estos son: Los automóviles necesitan gasolina para desplazarse, las locomotoras eléctricas necesitan electricidad. Cada vehículo necesita de combustible, pero no solo los vehículos la necesitan combustible. Si una persona va caminando, corriendo o montando en bicicleta también requiere de combustible, solo que en este caso el dicho elemento es la comida. Considerando lo anterior se puede decir que todos estos tipos de combustibles tiene algo en común y es que las personas, vehículos obtienen energía a través de ellos. La energía es lo que realmente se necesita para el transporte, se puede decir en primera instancia que esta se encuentra relacionada con el esfuerzo, si se tira de un auto, se necesita de energía para moverlo.

Finalmente, existen otros ejemplos en los cuales se necesita el suministro de la energía constantemente; si se desea mover algo por calor, lo único importante es la energía, teniendo muy claro que para que esta exista necesita de portadores tales como: El carbón, la gasolina, el gas natural, la electricidad, entre otros.

3.2.4. El experimento de la montaña rusa: Un acercamiento para la enseñanza del concepto de energía mecánica.

Inicialmente se construyó la montaña rusa, describiendo una trayectoria al comienzo en forma de plano inclinado y posteriormente a modo de circunferencia (ver Ilustración 11 y 12). El docente en formación formuló una pregunta a sus estudiantes, la cual estaba relacionada a saber de qué depende que una esfera de vidrio (piquis) pueda seguir toda la

trayectoria seguida en la montaña rusa. Los estudiantes comenzaron diciendo que dependía de la altura a la cual suspendiéramos la esfera. Para comprobar si ese era un factor determinante en su trayectoria ellos probaron con múltiples alturas y argumentaban que el sistema depende de dicha variable. Por otra parte, el docente orientador preguntó si la masa del cuerpo afectaba la trayectoria de la esfera y ellos en su mayoría contestaron que sí, lo que generó un debate entre varios estudiantes y el docente para poder resolver este dilema.

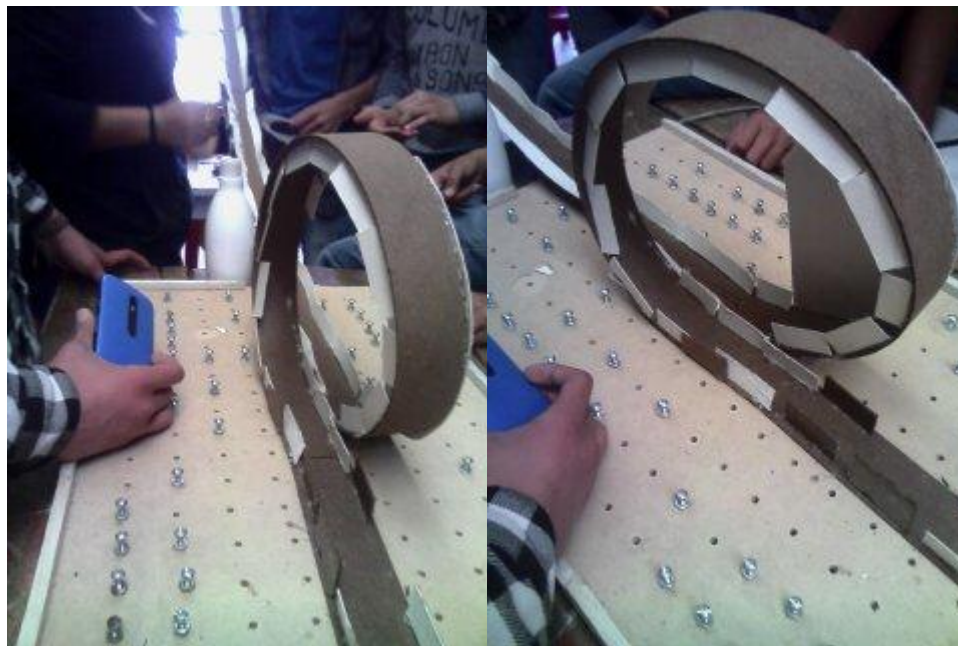


Ilustración 11 y 12 montaje montaña rusa

Posteriormente, los estudiantes comenzaron a asociar otras variables que posiblemente pudieran afectar el fenómeno, tales como: la velocidad, el impulso, etc. Con estas variables ellos comenzaron a relacionarlas, por ejemplo, que a mayor altura mayor velocidad, entre otras. Teniendo en cuenta dichas relaciones cada uno de los estudiantes llegaba a la conclusión que en ciertos lugares de la trayectoria que describía la esfera de vidrio por la montaña rusa se ganaba energía y por otra parte se perdía la misma. No

obstante, se les preguntó ¿por qué decían que energía?, ¿qué tipo de energía era la que se ganaba o se perdía?

Los estudiantes no lograron contestar a la pregunta y por ello se les formuló otro interrogante acerca de que tipos de energías conocían en la cotidianidad, a lo que respondieron que existía energía eléctrica, mecánica, solar, cinética, entre otras. Finalmente, se les preguntó ¿qué tipo de energía o energías estaban presentes en dicho fenómeno?, a lo que ninguno pudo responder, pero muy pocos estudiantes enunciaron que era la energía mecánica pero no podían definir a fondo este concepto, porque lo asociaban a algún documental en donde se enunciaraba ese concepto.

Esto nos deja como conclusión que los estudiantes tratan de asociar un tipo de energía, así como sus múltiples manifestaciones en la cotidianidad, pero no podemos afirmar hasta el momento si lograron formalizar la energía mecánica. Sin embargo, es de resaltar que están se observan unos primeros procesos de construcción de la energía mecánica, pues cada vez sus niveles de argumentación para describir lo que se gasta o lo que se transforma en el sistema eran cada vez más sofisticados.

CAPITULO IV. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES DE LA EXPERIENCIA

El desarrollo de toda la investigación fue encaminado a encontrar esos posibles criterios que surgen al relacionar los estudios histórico-críticos de un concepto y una experiencia de práctica pedagógica, sin embargo, en el desarrollo de este proceso se encuentra también que aparecen elementos para la formación del maestro, ya que este tipo de espacios y esta recontextualización de saberes históricos también brindan elementos para la labor formativa e investigativa del maestro en ciencias.

- Para el maestro de ciencias considerar la ambigüedad del concepto de energía como eje de investigación, le permite revisar desde un enfoque histórico-crítico,

cual es el proceso dinámico de la actividad científica, pues entender está y sus desarrollos como resultado de procesos arduos de diferentes estudiosos, muestra finalmente que la ciencia va más allá de una recolección de teorías y hechos que poco tienen que ver con la “realidad”.

- Los análisis realizados por Kuhn y Mach nos muestran la complejidad que revistió la construcción de principios que, hoy en día, se muestran como evidentes tales como la conservación y convertibilidad de los fenómenos. Esta “obviedad” suele constituirse en una dificultad para el maestro a la hora de trabajar el concepto de energía en el aula. De esta manera, la imagen que tenga el maestro sobre la ciencia termina influyendo en su accionar en el aula y como afirma (Segura D. , 1991) “la mejor caracterización de lo que es ciencia se deriva de concebirla como un proceso, esto es, como una actividad”. Por lo tanto, obviar, reducir o simplificar las explicaciones iniciales que tiene el estudiante frente a la energía muestra una imagen de ciencia lineal, universal y absolutista por parte del maestro.
- El estudio histórico-crítico realizado frente al concepto de energía muestra que dicho concepto fue construido por estudiosos que trabajan en múltiples campos del conocimiento tales como la física, las matemáticas, la química, la biología, la ingeniería. Sus trabajos simultáneos y no siempre conocidos entre sí, llevaron a un entendimiento más amplio de los fenómenos mecánicos, térmicos, químicos eléctricos, etc. los cuales permitieron decantar los significados sobre energía y formular los principios que posibilitaron el posterior desarrollo de teorías y tecnologías que dieron lugar al campo de estudio y aplicación de otros campos de la física.
- Para el maestro en formación y en ejercicio los estudios histórico-críticos representan una fuente para profundizar en el conocimiento de la disciplina y para orientar la formulación de criterios pedagógicos y el diseño de actividades de aula. Pues como afirma (Garay Garay, 2007)“El conocimiento de la historia de las ciencias permite cuestionar lo que se consideran como verdades absolutas y que

los libros de texto hacen ver como hechos aislados unos de otros” y por tal razón la historia de las ciencias se convierte en un aspecto que nutre el que hacer del docente investigador.

- Para los maestros en formación, además de los espacios tradicionales de enseñanza es pertinente reconocer experiencias y escenarios de práctica de innovación en enseñanza de las ciencias, como la EPE, pues se pueden encontrar reflexiones como las realizadas por Dino segura, en donde propone que las practicas realizadas por los maestros procuren siempre una escuela para la transformación social, el aprendizaje con invención y la realización individual (Segura D. , Compromiso social de la escuela y posibilidades del contexto, 2017). De esta manera, este tipo de escenarios brindan al maestro en formación perspectivas de enseñanza alternativas que nutren su labor y por tanto deben ser un referente en los programas de licenciatura.
- Las cuatro actividades exploratorias permitieron encontrar aquellos aspectos que los estudiantes de nivel 12 de la EPE consideran al analizar procesos de conservación y convertibilidad de la energía, así mismo, es de resaltar que la formación de la escuela en un espacio cercano a la naturaleza y en donde la importancia de entender los problemas del colectivo lleva a concebir una clase de ciencias en donde “se hace ciencia” más allá de replicar la colección de resultados de la misma (Segura, y otros, 1999).

5. BIBLIOGRAFIA

- Agudelo, C., Placio, O., Londoño, J., & Aguilar, Y. (2011). Una propuesta de formalización del principio de conservación de la energía desde la perspectiva de Mayer. *5 Congreso Nacional de Enseñanza de la física* (p. 100). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Bautista, G., & Rodríguez, L. D. (1996). La ciencia como una actividad de construcción de explicaciones. *Física y Cultura: cuadernos sobre historia y enseñanza de las ciencias*, 65-73.
- Departamento de física UPN. (18 de octubre de 2011). *ciencia y tecnología*. Fonte: Universidad Pedagógica Nacional: <http://cienciaytecnologia.pedagogica.edu.co/vercontenido.php?idp=373&idh=375>
- Doménech, J., Gil-Peréz, D., Gras, A., Guisasola, J., Martínez-Torregrosa, J., Salinas, J., . . . Valdés, P. (2003). La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 285-311.
- Garay Garay, F. R. (2007). *Historia de la formación de profesores en Colombia y la inclusión de la historia de las ciencias*. Bogotá: memorias de la maestría en docencia de la química.
- Hermann, F., George, J., & Arias, N. (2014). Una alternativa para la enseñanza de la física: el curso de física de Karlsruhe CFK. *Latin-American Journal of Physics Education* , 1-7.
- Kuhn, T. (1977). *La tensión esencial*.
- Mach, E. (1911). *History and root of the principle of the conservation of the energy*. (P. E. Jourdain, Trad.) Chicago , Illinois, USA: strouse collection.
- Mercedes Ayala, M. (2000). Historia de las ciencias y la formación de profesores. *VII conferencia interamericana de enseñanza de la física*. Portoalegre Brasil.
- Ministerio de Educación Nacional. (Julio de 2004). *Ministerio de Educación Nacional*. Fonte: http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-81033_archivo_pdf.pdf

- Orozco, J. C. (20 de noviembre de 2016). *ITAE MOODLE*. Fonte: Práctica pedagógica e investigación: itaemoodle.pedagogica.edu.co
- Ostwald, W. (1911). Introducción. Em O. Wilhelm, *La Energía* (p. 5). Madrid: J, R, Ferreruela.
- Ostwald, W. (1911). *La Energía*. (J. R. Ferreruela, Trad.) España: Ferreruela.
- Pedrerros, R. I. (1995). Génesis del principio de conservación de energía a nivel colectivo y las posibilidades de su construcción en situaciones escolares a partir de las formas de explicación espontanea. *Tesis de grado para optar al título de Mestro en enseñanza de las ciencias*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
- Romero, Á., Ayala, M. M., Malagón, F., García, E., & Gómez, M. C. (1999). La convertibilidad de los fenómenos y la conservación de la energía. *Tecne, Episteme y Didaxis* , 55-61.
- Rubio, A. (2012). *Unidad didáctica para la enseñanza del concepto de energía*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Sandoval, S. (2008). *LA COMPRENSIÓN Y CONSTRUCCIÓN FENOMENOLÓGICA: UNA PERSPECTIVA DESDE LA FORMACIÓN DE MAESTROS DE CIENCIAS*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Segura, D. (1990). *la cultura escolar y la enseñanza de la ciencia y la tecnología*. Bogotá: Escuela Pedagógica Experimental.
- Segura, D. (1991). *las ciencias naturales en la escuela*. Bogotá: investigación didáctica de la universidad distrital "Francisco José de Caldas".
- Segura, D. (30 de Noviembre de 2016). *Escuela Pedagógica Experimental*. Fonte: La EPE: www.epe.edu.co
- Segura, D. (04 de mayo de 2017). *Compromiso social de la escuela y posibilidades del contexto*. Fonte: Dino Segura Robayo: http://www.dinosegurarobayo.com/uploads/4/6/0/3/46032427/articulo_completo_dino.pdf
- Segura, D., Arias, C., de la Rosa, L., Lizarralde, M., López, D., Malagón, J., . . . Vásquez, G. (1999). *La construcción de la confianza, una experiencia en proyectos de aula*. Bogotá: Escuela Pedagógica Experimental.

Segura, D., Molina, A., Velasco, A., Hernández, G., Arcos, F. O., Leuro, R., & Pedreros, R. I. (2000). La Imagen de Ciencia y el ambiente educativo. Em D. Segura, A. Molina, A. Velasco, G. Hernández, F. O. Arcos, R. Leuro, & R. I. Pedreros, *Vivencias de Conocimiento y Cambio Cultural* (pp. 45-85). Bogotá D.C.: Escuela Pedagógica Experimental.

Solbes, J., & Tarín, F. (2004). La conservación de la energía: un principio de toda la física. Una propuesta y unos resultados. *Enseñanza de las ciencias*, 185-193.