

La Analogía Máquina Térmica e Hidráulica, y su uso en la Enseñanza de la Física

Natalia Villamil Beltrán

Cod 2013146068

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Física

Licenciatura en Física

Bogotá, D.C

2017

La Analogía Máquina Térmica e Hidráulica, y su uso en la Enseñanza de la Física

Natalia Villamil Beltrán

Cod 2013146068

Trabajo de Grado para optar al Título de Licenciado en Física

Asesor

Juan Carlos Orozco Cruz

Licenciado en Educación con estudios Principales en Química

Universidad Pedagógica Nacional


Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Física

Licenciatura en Física


Bogotá, D.C

2017

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <i>Calidad de educación</i>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 1 de 4</b>	

<b>1. Información General</b>	
<b>Tipo de documento</b>	Trabajo de Grado
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central.
<b>Título del documento</b>	La Analogía Máquina Térmica e Hidráulica, y su uso en la Enseñanza de la Física.
<b>Autor(es)</b>	Villamil Beltrán, Natalia
<b>Director</b>	Juan Carlos Orozco Cruz
<b>Publicación</b>	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2017, 90 p.
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional
<b>Palabras Claves</b>	MÁQUINA DE CARNOT, MÁQUINA HIDRÁULICA, MOLINO DE AGUA, ANALOGÍA, EQUILIBRIO TÉRMICO, CALÓRICO.

<b>2. Descripción</b>
<p>La presente investigación <i>La analogía máquina térmica e hidráulica, y su uso en la Enseñanza de la Física</i>, se plantea y desarrolla para indagar sobre el uso de la analogía en el ámbito educativo, para ello se propone una unidad didáctica en la cual se elabora una dinámica de enseñanza que involucra el estudio de un fenómeno o concepto particular, como lo es en este caso la noción de máquina térmica, desde una perspectiva histórica a partir de la obra Reflexiones sobre la potencia motriz de Sadi Carnot y adicionalmente se hace uso de la propuesta analógica descrita por este autor, entre una máquina: térmica e hidráulica, abordando de esta manera éste concepto a partir de una serie de actividades que dan cuenta del uso de ésta y su incidencia en el aula.</p> <p>Este estudio se desarrolla a partir de una preocupación entorno a la enseñanza de la física en la cual ha predominado la construcción de conocimiento en cuanto a los productos de la ciencia tales como: teorías, leyes, definiciones matemáticas entre otras, desvinculados del desarrollo histórico y cultural, en el cual emergen y se consolidan. Teniendo en cuenta lo anterior, se espera que esta investigación elaborada en el marco de la línea de profundización “La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural” aporte a los propósitos que establece la misma entre estos: reconocer los aportes que científicos han elaborado a lo largo de la construcción de la ciencia e igualmente diseñar dinámicas educativas que propicien el reconocimiento de la historia.</p> <p>Por otro lado, la propuesta de enseñanza elaborada se desarrolló con la participación de los maestros en formación del espacio académico de termodinámica del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional, en el II semestre de 2017.</p>


 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Calidad de la educación</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 2 de 4</b>	

### 3. Fuentes

- Bonat, M., Oliva, J., Aragón, M., y Mateo, J. (2001). *Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias*, Vol. 19, Nº 3, 2001, págs. 453-470. Recuperado de: <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v19n3/02124521v19n3p453.pdf>
- Bruner, J. (1999). *La educación, puerta de la cultura*. Recuperado de: <http://documents.mx/documents/bruner-jerome-la-educacion-puerta-de-la-culturapdf.html>
- Carnot, S. (1987). *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego*. (Javier Odón, trad.) Madrid: Alianza Editorial S.A. (Obra original publicada en 1824).
- Forero, S. (2013). *Sadi Carnot, el ciclo ideal*, Vol. 7, No. 3, p. 473-477. Recuperado de: [http://www.lajpe.org/sep13/19-LAJPE\\_813\\_Sandra\\_Forero.pdf](http://www.lajpe.org/sep13/19-LAJPE_813_Sandra_Forero.pdf)
- Galagovsky, L., y Arduriz-Bravo, A. (2001). *Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales el concepto de "modelo didáctico analógico"*, V. 19 N. 2, p. 231-242. Recuperado de: <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v19n2/02124521v19n2p231.pdf>
- Harrison, A. & Treagust, D. (2006). Teaching and learning with analogies. Friend or Foe? En P. J. Aubusson et al. (eds.), *Metaphor and Analogy in Science Education*. (p.11-24). Netherlands: Springer.
- Moro, L.E. Viau, J.E. Zamorano, R.O y Gibbs, H.M. Aprendizaje de los conceptos de masa, peso y gravedad. investigación de la efectividad de un modelo analógico. *Revista Eureka. Enseñ. Divul. Cien.*, 2007, 4(2), pp. 272-286. Recuperado de: [http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen4/Numero\\_4\\_2/Moro\\_et\\_al\\_2007.pdf](http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen4/Numero_4_2/Moro_et_al_2007.pdf)
- National Reading Research Center. (1994). *Teaching science a strategy for teachers and textbook authors*. (Número 15). Recuperado de <http://www.nsta.org/publications/news/story.aspx?id=53640>
- Raviolo, A. Ramírez, P. y López, E.A. Enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo científico a través de analogías. (2010). *Revista Eureka Enseñ. Divul. Cien.*, 2010, 7(3), pp. 581-612. doi: [10498/9814](https://doi.org/10.4989/9814)
- Segura, D. (2002). *Museo lúdico. Museo de la Ciencia y el Juego* No 9 (22,34), Universidad Nacional de Colombia. p. 22 a 34.

### 4. Contenidos

El documento de investigación consta de cuatro capítulos titulados en su orden: generalidades; La analogía en la enseñanza, la máquina de fuego y la analogía propuesta por Sadi Carnot; el tercer capítulo, Unidad didáctica: la máquina de fuego; y finalmente, Sistematización y análisis de datos.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Calidad en educación</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 3 de 4</b>	

En el capítulo I, se describe la problemática que motivó el desarrollo del presente trabajo; además se muestran los objetivos, se presenta una breve justificación y los antecedentes; finalmente se describe la metodología usada en este trabajo investigativo.

En el capítulo II, se presenta el concepto de analogía y la estructura que se debe emplear para usar una analogía en la enseñanza de un tema en particular a partir del documento *Teaching Science with analogy: a strategy for teachers and textbook authors*” Glynn (National Reading Research Center, 1994).

También, se hace un análisis - crítico del texto Reflexiones sobre la Potencia motriz del fuego (Carnot, 1824/1987)., del cual se extraen ideas de las concepciones que éste autor desarrollo alrededor del concepto de máquina térmica. Y se presenta de manera detallada la analogía entre una máquina térmica y una hidráulica propuesta por Sadi Carnot.

En cuanto al capítulo III, en éste se realiza la descripción, se plantean los objetivos y metodología de la Unidad Didáctica diseñada titulada *La Máquina de Fuego*; se hace una descripción de los tres momentos en que se divide la unidad y de la guía elaborada para cada uno de los momentos mencionados.


Finalmente, el cuarto capítulo, se describe la sistematización de datos, posterior al proceso de implementación de la unidad didáctica con los maestros en formación del curso de termodinámica del Departamento de Física de la UPN; igualmente, se muestra cómo se realizó la sistematización para cada una de las guías descritas en el capítulo anterior. Por último, se realizará un análisis para cada una de estas, lo cual fue de gran utilidad en la elaboración de las consideraciones finales de la investigación.

## 5. Metodología

La investigación se enmarca en un enfoque cualitativo- descriptivo, para ello se realizó un estudio histórico – crítico de la obra Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego de Carnot. A su vez se diseña un instrumento para la recolección de información el cual corresponde a una unidad didáctica titulada La máquina de fuego, dicha unidad tiene como objetivo proponer una dinámica de enseñanza en torno a la máquina térmica, de manera teórica e histórica basándose en el documento Reflexiones sobre la potencia motriz y se hace uso del concepto de analogía como herramienta para la construcción de conocimiento sobre la noción de máquina térmica.

Para esta investigación se eligió como población a los estudiantes del departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional, y la muestra seleccionada fueron los maestros en formación del espacio académico termodinámica, del periodo 2017-II. El tamaño de la muestra es de 19 personas de edad promedio de 21 años y de tercer semestre en promedio. La muestra en mención se escogió ya que el espacio académico que estaban cursando era pertinente para abordar el tema de estudio de esta investigación adicionalmente con el propósito de acercarlos a una dinámica de enseñanza que relaciona lo disciplinar e histórico, pertinente para estos maestros en formación y su futura labor.

Para el desarrollo del planteamiento del problema se recurrió al documento en mención de Sadi Carnot, el cual aporta a la construcción del marco teórico de la investigación; se organizó la unidad

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Calidad de la educación</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página 4 de 4</b>	

didáctica según los objetivos estipulada para esta; posteriormente se implementó con la muestra y finalmente se procedió a sistematizar y analizar los datos encontrados en la unidad didáctica desarrollada por los participantes.

## 6. Conclusiones

De la presente investigación titulada *La analogía máquina: térmica e hidráulica, y su uso en la enseñanza de la física*, se deducen las siguientes consideraciones:

En cuanto a la unidad didáctica diseñada, fue pertinente hacer uso de un documento original, como lo es: Reflexiones sobre la Potencia motriz del fuego, ya que esto acercó a los maestros en formación a la comprensión del desarrollo teórico que abarca la construcción de un fenómeno particular, el cual es un proceso colectivo que se nutre y transforma a partir de cada una de las ideas de los partícipes en la construcción. Lo anterior, para desvincularlos de la enseñanza tradicional que únicamente toma los productos de la ciencia, omitiendo la historia detrás de cada uno de estos resultados científicos; además, les permitió a los participantes, aproximarse a una dinámica de enseñanza de índole disciplinar e histórico, relevante para su futura labor docente.

Referente al uso de la analogía en la enseñanza de la ciencia, es importante que el docente que pretenda hacer uso de esta herramienta tome como base los pasos planteados por Glynn, para estructurar, ya sea: su clase, unidad didáctica, ruta de aula u otras. Debido a que, para el autor en mención, se debe privilegiar la construcción del concepto concreto a abordar, y de esta manera la analogía cumple la función de complementar, aclarar aspectos y propiciar el interés en los estudiantes.

Por último, teniendo en cuenta el trabajo realizado a partir de la presente investigación, se considera esta contribuye en el ámbito de la enseñanza de la física y a la línea de profundización "La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural" teniendo en cuenta que, la propuesta planteada aporta significativamente a los propósitos en los que se enmarca esta, entre ellos: el reconocimiento por la relación disciplina- contexto histórico; así como también, la elaboración de materiales pedagógicos en los que se evidencie la relación mencionada.

<b>Elaborado por:</b>	Natalia Villamil Beltrán
<b>Revisado por:</b>	Juan Carlos Orozco Cruz

<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	07	11	2017
--	----	----	------

## Índice

Introducción .....	4
Capítulo I.....	1
Problemática General .....	1
Objetivos .....	2
General .....	2
Específicos .....	3
Justificación.....	3
Antecedentes .....	5
Metodología .....	7
Capítulo II .....	9
La analogía y su uso en la enseñanza.....	9
Algunas nociones sobre la máquina de Fuego, según Carnot .....	10
La Analogía propuesta por Sadi Carnot .....	15
Capítulo III.....	18
Descripción Unidad Didáctica .....	18
Objetivos Unidad Didáctica .....	19
Metodología, para el diseño de la Unidad Didáctica.....	20
Capítulo IV.....	28
Metodología Implementación Unidad Didáctica .....	28
Sobre la guía 1, maestros en formación construyendo conocimiento entorno a la máquina térmica .....	29
Guía 2, conociendo los saberes previos de los maestros en formación en cuanto a la analogía, y acercándolos a éste concepto.....	38
De la Guía 3, a la experiencia analógica y postura de los maestros en formación frente a ésta. ..	42
CONCLUSIONES .....	50
BIBLIOGRAFIA.....	52
ANEXOS.....	53

## Lista de Tablas

Tabla 1. Relaciones analógicas entre una máquina de fuego y una rueda de molino de agua .....	16
Tabla 2. Análisis pregunta 1, Guía 1 .....	30
Tabla 3. Análisis pregunta 2, Guía 1 .....	32
Tabla 4. Análisis pregunta 8, Guía 1 .....	33
Tabla 5. Análisis pregunta 10. Guía 1 .....	34
Tabla 6. Análisis pregunta 14. Guía 1 .....	36
Tabla 7. Análisis pregunta 17. Guía 1 .....	37
Tabla 8. Análisis pregunta 1. Guía 2 .....	38
Tabla 9. Análisis pregunta 2. Guía 2 .....	39
Tabla 10. Análisis pregunta 4, categoría 1. Guía 2.....	41
Tabla 11. Análisis pregunta 4, categoría 2. Guía 2.....	41
Tabla 12. Análisis pregunta 4, categoría 3. Guía 2.....	42
Tabla 13. Análisis pregunta 3.1.4. Guía 3 .....	43
Tabla 14. Análisis pregunta 3.2. Guía 3 .....	44
Tabla 15. Análisis pregunta 1 (encuesta). Guía 3 .....	45
Tabla 16. Análisis pregunta 2 (encuesta). Guía 3.....	45
Tabla 17. Análisis pregunta 3 (encuesta). Guía 3.....	46
Tabla 18. Análisis pregunta 4 (encuesta). Guía 3.....	46
Tabla 19. Análisis pregunta 6 (encuesta). Guía 3.....	47
Tabla 20. Análisis pregunta7 (encuesta). Guía 3.....	47
Tabla 21. Análisis pregunta 8 (encuesta). Guía 3.....	48

## Lista de Figuras

Ilustración 1 Villamil, N. (2017). Máquina de Carnot. ....	12
Ilustración 2. Tomado de : <a href="https://problematicatresfisica2.wordpress.com/">https://problematicatresfisica2.wordpress.com/</a> .....	15
Ilustración 3 a. tomado de <a href="https://albertoroura.com/la-maquina-de-vapor/">https://albertoroura.com/la-maquina-de-vapor/</a> y b. tomado de <a href="https://problematicatresfisica2.wordpress.com/">https://problematicatresfisica2.wordpress.com/</a> .....	16
Ilustración 4. Villamil, N. (2017). Diseño análogo. ....	53
Ilustración 5. Villamil, N. (2017). Cantidad de calórico y líquido.....	53
Ilustración 6. Villamil, N. (2017). Altura caída de calórico y de agua.....	54
Ilustración 7. Máquina de Newcomen tomada de <a href="https://albertoroura.com/la-maquina-de-vapor/">https://albertoroura.com/la-maquina-de-vapor/</a> .....	58
Ilustración 8. Máquina de Watt tomada de <a href="https://albertoroura.com/la-maquina-de-vapor/">https://albertoroura.com/la-maquina-de-vapor/</a> .....	58
Ilustración 9. Villamil, N. (2017). Procesos de dilatación y compresión. ....	60
Ilustración 10. Villamil, N. (2017). Cantidad de Potencia Motriz .....	61
Ilustración 11. Villamil, N. (2017). Procesos sobre un fluido elástico . ....	63
Ilustración 12. Villamil, N. (2017). Diseño rueda de molino hidráulica .....	71
Ilustración 13. Villamil, N. (2017). Mapa Analogía propuesta por Carnot.....	72
Ilustración 14. Villamil, N. (2017). Rueda de molino.....	73
Ilustración 15. Villamil, N. (2017). Rueda de molino.....	73

## Introducción

La presente investigación *La analogía máquina térmica e hidráulica y su uso en la Enseñanza de la Física*, se plantea y desarrolla para indagar sobre el uso de la analogía en el ámbito educativo, para ello se propone una unidad didáctica en la cual se elabora una dinámica de enseñanza que involucra el estudio de un fenómeno o concepto particular, como lo es en este caso la noción de máquina térmica, desde una perspectiva histórica a partir de la obra *Reflexiones sobre la potencia motriz de Carnot* y adicionalmente se hace uso de la analogía descrita por este autor, entre una máquina: térmica e hidráulica abordando de esta manera el concepto de analogía a partir de una serie de actividades que dan cuenta del uso de la analogía y su incidencia en el aula.

Este estudio se desarrolla a partir de una preocupación entorno a la enseñanza de la física en la cual ha predominado la construcción de conocimiento en cuanto a los productos de la ciencia tales como: teorías, leyes, definiciones matemáticas entre otras, desvinculados del desarrollo histórico y cultural, en el cual emergen y se consolidan. Teniendo en cuenta lo anterior, se espera que esta investigación elaborada en el marco de la línea de profundización “La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural” aporte a los propósitos que establece la misma entre estos: reconocer los aportes que científicos han elaborado a lo largo de la construcción de la ciencia e igualmente diseñar dinámicas educativas que propicien el reconocimiento de la historia.

Por otro lado, la propuesta de enseñanza elaborada se desarrolló con la participación de los maestros en formación del espacio académico de termodinámica del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional, en el periodo 2017-II. De esta manera, se resalta la pertinencia de la realización de esta investigación con maestros en formación, ya que posibilita un panorama de enseñanza de índole disciplinar e histórico, probablemente diferente a la visión de formación en física que conocen ya sea la percibida en el nivel educativo escolar y en el inicial universitario; lo anterior, busca generar una reflexión alrededor de la enseñanza de esta disciplina útil para la futura labor docente que desarrollarán los participantes de esta investigación. Es importante resaltar la disponibilidad de la docente Sandra Milena Forero Díaz para la realización de la implementación de ésta investigación en el espacio académico que orienta, y de los maestros en formación que aportaron a la misma.

En cuanto a la estructura del documento éste consta de cuatro capítulos: el primero abarca la descripción de la problemática que motivó la investigación, además se muestran los objetivos, justificación, antecedentes y metodología utilizada.

En el capítulo II, se desarrolla el marco teórico que sustenta la investigación, este se divide en tres secciones. En la primera se aborda el concepto de analogía teniendo en cuenta el artículo *“Teaching Science with analogy: a strategy for teachers and textbook authors”* Glynn (National Reading Research Center, 1994). En la segunda, se hace un análisis histórico crítico de la obra Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego de Sadi Carnot y finalmente, se describe la analogía entre una máquina térmica e hidráulica propuesta por Carnot en ésta misma obra.

El capítulo tres, expone la unidad didáctica elaborada titulada: la máquina de fuego. Se redacta una descripción de la misma; también, se especifican los objetivos que se busca alcanzar con la implementación de esta; igualmente la metodología empleada para la construcción de la unidad didáctica en relación al artículo de Glynn. Por último, se detallan los tres momentos en los que se divide la unidad didáctica y cada una de las guías diseñadas.

En el capítulo IV se redacta lo concerniente a: la metodología de la implementación, la sistematización y análisis de datos obtenidos posterior a ésta, lo anterior se hizo para cada una de las tres guías trabajadas.

Finalmente, se consolida una reflexión en torno a las consideraciones finales que se obtienen en el transcurso de la investigación.

# Capítulo I

## Generalidades

### Problemática General

En el ámbito escolar y específicamente en la enseñanza de la física se busca que el estudiante construya conocimiento y a su vez les dé sentido a los conocimientos particulares de esta disciplina. De manera general esto no sucede y simplemente los estudiantes guardan un cúmulo de información, entendiéndose ésta como: “la información que individualmente poseemos o de la que conseguimos a través de otros vehículos tales como el maestro o los textos, un amigo, un familiar o las redes internacionales de información” (Segura, 2002, p.5-6), que para ellos -estudiantes- no tiene significado alguno.

Según Galagovsky y Arduriz-Bravo, el empleo inadecuado del concepto modelo por parte del docente es una de las causas que contribuye a esta situación, es decir a la acumulación de información sin sentido. Para éstos la noción de modelo comprende dos aspectos: la lingüística y la representación. De esta manera si el profesor emplea un lenguaje científico y no cotidiano, asimismo si no logra que el estudiante contextualice lo interpretado respecto a un fenómeno en relación con su experiencia cotidiana, entonces lo previamente expuesto se convertirá en una barrera para la construcción de conocimiento que pueda llegar a tener el sujeto. (2001).

Por otro lado, Galagovsky y Arduriz-Bravo explican la diferencia entre los conceptos modelo y analogía que en el lenguaje común son usados como sinónimos siendo esto erróneo. Concerniente al modelo científico, mencionan que es una representación de fenómenos abstractos construidos por el individuo, también tienen como característica el hecho de cambiar o modificarse, entendiéndose esto como los diferentes modelos que se dan en la historia sobre un mismo fenómeno. (2001).

En cuanto a la analogía Bonat, Oliva, Aragón, y Mateo mencionan que para hablar de ésta es necesario considerar: un concepto científico y un objeto de la cotidianidad, de esta

manera es posible decir que la función principal del uso de la analogía es anclar el concepto científico con el objeto cotidiano, permitiendo que los sujetos construyan conocimiento y den sentido a los saberes. (2001).

Por consiguiente, el uso del modelo y la analogía posibilita que él estudiante: establezca relaciones y comparaciones entre lo visto en clase con lo percibido comúnmente en su realidad; igualmente, le permite elaborar explicaciones las cuales probablemente no las desarrollaría sin el análogo mismo; finalmente, que interprete y dé significado alrededor de un conocimiento específico sobre un fenómeno que se estudie.

A partir de lo dicho, es necesario pensar en el uso de la analogía como herramienta, para abordar el concepto de máquina térmica, y describir las posibilidades de su uso en el ámbito educativo. Surge entonces la idea de retomar la analogía Rueda molino de agua- Máquina térmica (Carnot, 1824/1987), para construir desde una perspectiva epistemológica-histórica los conceptos en torno a la máquina térmica, e indagar sobre ¿Cuáles son las posibilidades que brinda al maestro en formación de Ciencias Naturales el uso de la analogía en la enseñanza de la Física en particular alrededor del concepto de máquina térmica? Cuestión por resolver, a partir de la presente investigación.

## **Objetivos**

### **General**

- Describir las posibilidades que brinda al maestro en formación de Ciencias Naturales el uso de la analogía en la enseñanza de la Física teniendo en cuenta la analogía entre una máquina de fuego y una máquina hidráulica, expuesta en Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego de Sadi Carnot, a partir de la construcción de la unidad didáctica “La máquina de fuego”, que enfatiza en el uso de la analogía.

## **Específicos**

- Vincular a los maestros en formación a una experiencia de aprendizaje en la cual se hace uso de un documento original como lo es Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego, para mostrar las posibilidades que brinda su uso en la enseñanza.
- Hacer un análisis histórico- crítico de la obra Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego.
- Ilustrar la complejidad epistemológica de la enseñanza de la Máquina Térmica en el aula, y su diferencia al ser abordados con el uso de la analogía propuesta por Sadi Carnot en Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego.
- Diseñar e implementar una Unidad Didáctica, en concordancia con la construcción del concepto de máquina térmica y con el uso de la analogía, que permita interpretar las posibilidades de ésta en la enseñanza.
- Analizar los resultados de la implementación de la Unidad Didáctica y establecer conclusiones.

## **Justificación**

El trabajo que se enuncia, en cuanto a las posibilidades que brinda el uso de la analogía en la enseñanza de la física y en particular alrededor de la noción máquina térmica y el uso de los estudios histórico críticos realizados es relevante teniendo en cuenta que se elaboró en el marco de la línea de profundización I, “La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural”, de esta manera responde a los propósitos de la línea entre ellos: reconocer los aportes científicos y culturales que científicos han elaborado a lo largo de la construcción de la ciencia, así como también, proponer dinámicas de enseñanza que involucren lo disciplinar con lo histórico.

Igualmente, es importante en torno a la formación Pedagógica-Disciplinar de un licenciado en física ya que en las prácticas pedagógicas establecidas en el plan de estudios y posterior a su realización ya sea a manera de: observación o intervención, es común identificar cómo en los espacios académicos o en las clases al abordar diferentes conceptos de la disciplina, se hace relevante ejemplificar y utilizar un lenguaje cotidiano, para propiciar la construcción de conocimiento en los estudiantes.

En particular, las sesiones de intervención realizadas en las prácticas dan cuenta de que un maestro debe ser creativo, esto en el sentido de que no es suficiente tener el conocimiento del fenómeno específico estudiado -caracterización, definición, representación matemática, elaboración de ejercicios-, si no que el docente debe pensar cómo generar ese vínculo entre el concepto y cómo este se ubica en la realidad o contexto del estudiante; para que él sujeto desde su perspectiva o marco de referencia construya su propio significado (Bruner, 1999).

Además, durante la formación académica de los sujetos en diferentes ámbitos ya sea colegio o universidad, se reconoce que no es fácil construir un claro significado respecto a esas nociones que se estén tratando en particular, así como lograr un vínculo entre concepto y realidad. Quizá esto, debido a la complejidad de la enseñanza de los fenómenos propios de la física, lo cual puede solucionarse con el uso por parte del docente de algunos objetos cotidianos que funcionan análogos a dichos fenómenos o efectos.

Por otra parte, en *la educación, puerta de la cultura*, plantea el autor, la relación entre: mente y cultura, como elementos base para organizar una teoría sobre la educación, consecuentemente desarrolla nueve postulados que según Bruner orientan hacia una perspectiva psico-cultural de la educación, de los cuales se abordan solamente cuatro ya que están relacionados con los objetivos de esta investigación. Entre los postulados están el perspectivista, donde expone la posibilidad del sujeto de crear significado desde la perspectiva única de cada individuo; el postulado de los limitantes, que se refiere a las barreras que tiene el sujeto para crear significado como: los conocimientos elaborados en otras épocas por diferentes autores, las creencias populares y el lenguaje. Asimismo, el

postulado interaccional entendido como el intercambio de conocimiento entre profesor-aprendiz, libro-aprendiz, entre otros. Por último, el postulado de la externalización explica como el trabajo grupal permite la creación de formas similares de pensar y como estas pueden ser expresadas, indicando la apropiación de conocimiento que se tiene (Bruner,1999).

De acuerdo con lo anterior, el uso de la analogía en la enseñanza de las ciencias puede ser importante para permitir en los sujetos, tomar la información y crear a partir de ella un significado propio, como se enuncia en el postulado perspectivista (Bruner, 1999).

También se hace necesario que desde la interacción profesor-estudiante o libro-estudiante o video-estudiante, es decir el postulado interaccional (Bruner, 1999), en el aula se construya un significado alrededor de los conceptos básicos de la máquina termica así como también de sus representaciones de manera libre por parte del individuo, sin limitarse a: las construcciones elaboradas por diferentes científicos a lo largo de la consolidación de las Ciencias Naturales; la psicología popular o creencias populares; o simplemente la apropiación de información tal y como se muestra o plantea en los libros, videos o como quizá es interpretada por los mismos docentes e impartida. (Bruner, 1999).

La finalidad del uso de la analogía es para describir si él o los estudiantes dan cuenta de la apropiación del conocimiento y del sentido que le dan al mismo, ya sea de manera narrativa, u otras, es decir que logre externalizar (Bruner, 1999), de manera grupal o individual sus pensamientos y sus construcciones en torno a la máquina térmica.

## **Antecedentes**

De los documentos revisados para la presente investigación, se tomaron los siguientes como fundamento y referentes, debido a su contenido y utilidad para el desarrollo de esta investigación:

En su artículo, Moro, Viau, Zamorano y Gibbs, los autores presentan una descripción referente a los modelos: teóricos y didácticos analógicos. De esta manera, explican la diferencia entre ellos, en su orden los teóricos son aquellas teorías científicas ya

establecidas y los modelos didácticos analógicos son una herramienta que permite representar dichas teorías. Posteriormente, se muestra una experiencia de aula de forma minuciosa en cuanto al uso de la analogía en la enseñanza de conceptos como: masa, peso y gravedad. (2007).

Por otro lado, el documento es útil pues se mencionan aspectos como: la importancia de aplicar la actividad -analogía- a dos grupos: uno en el cual se usa la analogía para enseñar el tema y el otro grupo sin hacer uso de esta, para posteriormente correlacionar e interpretar la efectividad de la analogía en la enseñanza; también se muestra como los autores plantearon su actividad de aula y se muestra la metodología empleada para evaluar la efectividad de la analogía a partir de test a ambos grupos pre y pos, lo anterior fue relevante en cuanto a una primera propuesta metodológica para esta investigación, aunque se da la claridad que este trabajo investigativo se enmarca en una metodología diferente a la usada por éstos.

Respecto al documento de Raviolo, Ramírez, y López, éste presenta una investigación realizada en el Centro de Formación Docente de Bariloche, con la cual los investigadores pretenden que, en el curso de Ciencias Naturales los estudiantes construyan el significado de modelo científico en base al estudio de la unidad estructural de la materia a partir de 2 analogías: la primera denominada la caja negra y la analogía de los mapas. (2010). Inicialmente en el documento, se hace énfasis en la diferencia entre los conceptos modelo y analogía que en la cotidianidad suelen ser usados sin distinción. Se explica que: “el modelo es una construcción abstracta de la realidad mientras que la analogía permite que dicho modelo sea relacionado con un objeto de la cotidianidad” (Raviolo et. al, 2010, p.3). Posteriormente se describe en qué consisten cada una de las analogías mencionadas y como se aplicaron en el aula. Por lo tanto, el documento, aporta para ésta investigación ya que permite esclarecer la diferencia entre modelo y analogía, así mismo da una perspectiva inicial de propuesta pedagógica para aula que enfatiza en el uso de la analogía, debido a que presenta un diseño detallado de la misma.

Finalmente, para describir las posibilidades que brinda el uso de la analogía en la enseñanza de la física en particular el empleo de ésta para abordar el concepto de máquina

térmica en el aula, se procedió a revisar el artículo *“Teaching Science with analogy: a strategy for teachers and textbook authors”* Glynn (National Reading Research Center, 1994), el cual da un panorama general sobre el concepto de analogía y de la organización estructural que plantea el autor para utilizar la analogía en la enseñanza de manera organizada, la investigación y posterior propuesta se genera a partir de un análisis que hace Shawn Glynn sobre cómo se presentan algunas analogías en 43 textos educativos, igualmente, sobre las clases de 10 docentes que usaron analogías en diferentes temas.

En el artículo Glynn, presenta una cuestión relevante que quizá moviliza a cada uno de los actores del sector educativo: maestros, docentes en formación, entre otros, siendo esta: *“How can I help my students learn concepts meaningfully”* Glynn (National Reading Research Center, 1994, p.3). De esta manera una respuesta a esta pregunta sería para éste autor, incluir en la enseñanza una herramienta pedagógica como lo es la analogía, concepto a describir según éste autor en el siguiente capítulo.

## **Metodología**

La presente investigación se enmarca en un enfoque cualitativo- descriptivo, para ello se realizó un estudio histórico – crítico de la obra Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego de Sadi Carnot. A su vez se diseñó un instrumento para la recolección de información el cual corresponde a una unidad didáctica titulada La máquina de fuego, dicha unidad tiene como objetivo proponer una dinámica de enseñanza en torno a la máquina térmica, de manera teórica e histórica basándose en el documento Reflexiones sobre la potencia motriz y se hace uso del concepto de analogía a partir de la analogía propuesta por Sadi Carnot entre una máquina hidráulica y una máquina de fuego como herramienta para la construcción de conocimiento sobre la noción de máquina térmica.

Para esta investigación se tomó como población a los estudiantes del departamento de Física de la Universidad Pedagógica Nacional, y la muestra seleccionada fueron los maestros en formación del espacio académico termodinámica, del periodo 2017-II. El tamaño de la muestra es de 19 personas de edad promedio de 21 años y de tercer semestre en

promedio. La muestra en mención se eligió ya que el espacio académico que estaban cursando era pertinente para abordar el tema de estudio de esta investigación adicionalmente con el propósito de acercarlos a una dinámica de enseñanza que relaciona lo disciplinar e histórico, pertinente para estos maestros en formación y su futura labor.

Para el desarrollo de la problemática investigativa se empleó el documento Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego el cual aporta al marco teórico de la investigación; igualmente, se organizó la unidad didáctica según los objetivos estipulada para ésta; posteriormente se implementó con la muestra y finalmente se procedió a sistematizar y analizar los datos encontrados en la unidad didáctica desarrollada por los participantes.

## **Capítulo II.**

### **La analogía en la enseñanza, la máquina de fuego y la analogía propuesta por Sadi Carnot**

#### **La analogía y su uso en la enseñanza**

En cuanto al concepto de analogía según Glynn (National Reading Research Center) se entiende ésta como el proceso de identificar y establecer características comunes entre dos conceptos. Por consiguiente, se denomina concepto análogo a un objeto que es conocido en un mayor grado por el sujeto a partir de su experiencia y se designa “objeto objetivo” al concepto que busca estudiar el sujeto y del cual no tiene un amplio conocimiento. Es fundamental que entre los dos conceptos mencionados: análogo y “objeto objetivo” existan ciertas características comunes, de ello dependerá la elaboración de la analogía, aunque es relevante mencionar que no todas las características son comunes a ambos; es decir, plantea éste autor que una analogía adecuada será aquella en la cual el número de relaciones posibles entre los dos conceptos escogidos para su planteamiento sean significativas. (1994).

Referente al uso de la analogía en el aula ésta se da de manera implícita cuando los estudiantes indagan o construyen relaciones a modo de ejemplificar el conocimiento construido previamente con elementos conceptuales que le resultan mas cotidianos al sujeto. Lo anterior se evidencia en el las clases cuando tanto el maestro como el estudiante hacen uso de expresiones tales como: “es similar a”, “en comparación a”, “es igual a”, entre otras. Para Glynn la necesidad que tienen las personas de acudir a la experiencia inicial para la construcción de conocimiento entorno a un concepto es relevante ya que esto implica la construcción de conocimiento significativo, entendiéndose éste como el vínculo entre el nuevo conocimiento y el ya existente en el sujeto conocedor. Glynn (National Reading Research Center,1994).

Por otro lado, son diferentes los puntos de vista que se tienen en cuanto al uso de la analogía, en el aula, tanto positivos como negativos. De esta manera Glynn establece un modelo de enseñanza en la cual se hace uso de la analogía, denominado como “*Teaching Science with analogy: a strategy for teachers and textbook authors*” Glynn (National

Reading Research Center,1994), éste consta de seis pasos metodológicos con los que se debe llevar la analogía al aula de manera apropiada.

Los pasos establecidos por Glynn se refieren en su orden a: abordar de manera general en el aula el concepto nuevo del cual se busca construir conocimiento; seguidamente, identificar el concepto análogo; luego, establecer las características del concepto nuevo a estudiar y del análogo; posteriormente, señalar las similitudes entre el análogo y el “objeto objetivo”; así como también , deducir las diferencias entre los dos conceptos base para el establecimiento de la analogía y finalmente, construir conclusiones entorno a las relaciones enunciadas y a las diferencias entre éstos conceptos. Glynn (National Reading Research Center,1994).

Para la presente investigación, se hace uso de la analogía entre una máquina térmica y una hidráulica, particularmente la rueda de molino de agua, propuesta por Sadi Carnot en su obra *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego* (1824/1987), la descripción detallada de esta analogía se hace posterior al análisis del documento de Carnot, ya que es necesario presentarle al lector una mirada conceptual previa en este caso de la máquina térmica tal y como lo estipula Glynn para finalmente abordar la analogía.

### **Algunas nociones sobre la máquina de Fuego, según Carnot**

Teniendo en cuenta la obra *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego* (Carnot, 1824/1987), de este documento se hace un análisis histórico – critico, de relevancia para la presente investigación, ya que éste texto aborda todo el desarrollo conceptual que Carnot elaboro en su época sobre la noción de máquina de fuego y otros conceptos en relación con ésta.

Para iniciar, Carnot atribuye a la acción del calórico algunos de los efectos que ocurren en la naturaleza tales como “...la ascensión de las nubes, la caída de las lluvias y otros meteoritos, finalmente los temblores de la Tierra, erupciones volcánicas...” (Carnot, 1824/1987, p.35), y adicionalmente menciona la relación existente entre el calor y la potencia motriz, siendo este última noción otro efecto atribuido al calor, lo anterior se evidencia en lo descrito por Carnot lo cual corresponde a “*la naturaleza nos ha dado la facultad de producir*

*en cualquier momento y lugar el calor y la potencia motriz que es su consecuencia”* (Carnot, 1824/1987, p.35).

Carnot introduce el concepto de máquina de fuego para mostrar la relación entre el calórico y cómo a partir de éste se puede producir potencia motriz del fuego. De esta manera se presenta éste invento como un ingenio automático que desde su primer diseño se empleó en diversos usos tales como: el transporte terrestre y marítimo, las labores en minas y los trabajos en la industria referentes a la producción de tejidos, entre otros.

Por otro lado, la posición de Carnot en el documento es la de describir como se da el funcionamiento de dichas máquinas que usan el calor como fuente de potencia motriz, mas no de proponer una construcción propia de un diseño en particular. Igualmente, resalta que esta invención es obra de los ingleses, mencionando a ingenieros como: Savery, Newcomen, Watt, entre otros.

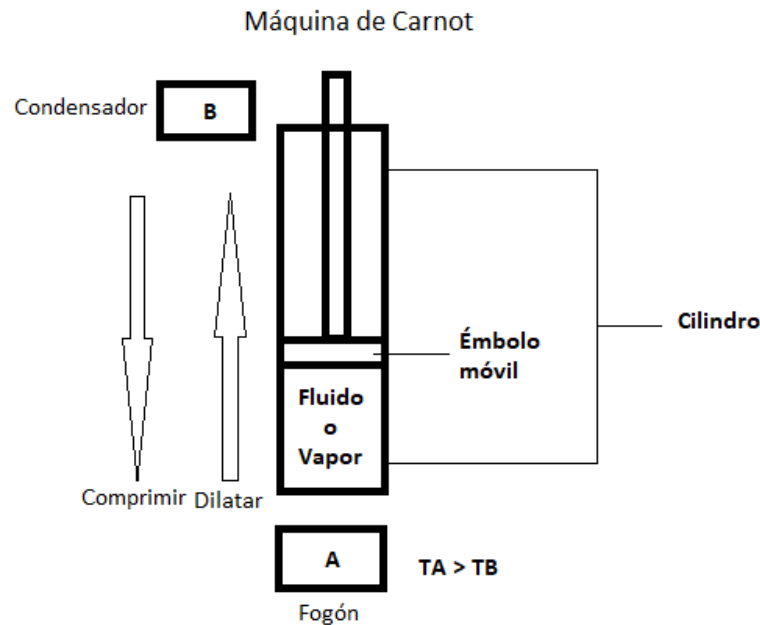
Para interpretar el proceder de la potencia motriz en la máquina de fuego, Carnot enuncia cada una de las piezas fundamentales que componen estos ingenios de fuego las cuales son comunes a todas las máquinas sin importar el uso en el que se emplean. Entre las partes que él menciona se encuentran “un fogón, una caldera, un cilindro de vapor, un émbolo, un condensador, etc.” (Carnot, 1824/1987, p.40), y en adición a las anteriores partes enuncia el papel de la “sustancia intermedia” (Carnot, 1824/1987, p.58), en la cual recae la acción del calor y el posterior efecto que genera en la máquina de fuego, un ejemplo común utilizado en los diseños fue el agua; ya que siendo ésta

un fluido aeriforme es susceptible de **cambios de volumen considerables por variaciones de temperatura**, si está encerrado en un recipiente de capacidad variable, **como un cilindro** dotado de un embolo, producirá movimientos de gran extensión. Los vapores de todos los cuerpos capaces de pasar al estado gaseoso, de alcohol, mercurio, azufre, etc... podrían desempeñar la misma función que el vapor de agua (Carnot, 1824/1987, p.42).

Dicho lo anterior, para analizar cómo se da la producción de potencia motriz en la máquina de fuego, Carnot menciona que se debe cumplir una condición particular, siendo esta el restablecimiento del equilibrio del calórico. Ésta noción hace referencia al flujo de calórico entre dos cuerpos a diferente temperatura, siempre en la dirección del cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura. Lo enunciado recae directamente en la sustancia

utilizada como medio para la acción del calor (Carnot, 1824/1987), el uso de la noción de restablecimiento de calórico por parte de Carnot vislumbra ya la construcción conceptual de lo que hoy conocemos como la ley cero de la termodinámica.

Avanzando en el análisis de la producción de potencia motriz a partir del calórico, Carnot expresa en tres pasos el funcionamiento de la máquina de fuego:



*Ilustración 1 Villamil, N. (2017). Máquina de Carnot.*

1. Se toma Calórico del cuerpo A para formar vapor, es decir se hace que este cuerpo desempeñe las funciones del fogón... supondremos que **el vapor se origina a la misma temperatura de A.**
2. Una vez que se ha recibido el vapor en una capacidad extensible, tal como un cilindro dotado de un émbolo, aumenta el volumen de esa capacidad y por lo tanto el del vapor. Al enrarecerse descenderá espontáneamente de temperatura...supongamos que **el enrarecimiento se continua hasta que la temperatura sea precisamente la del cuerpo B.**
3. Se condensa el vapor poniéndolo en contacto con el cuerpo B, y ejerciendo sobre el simultáneamente una presión constante hasta que esté completamente licuado. El cuerpo B juega aquí el papel del agua de inyección en las máquinas ordinarias, con la diferencia de que condensa el vapor sin mezclarse con el y sin cambiar de temperatura". (Carnot, 1824/1987, p.44).

En relación a los pasos descritos por Carnot en su texto y particularmente teniendo en cuenta consideraciones como: “el vapor se origina a la misma temperatura de A”, “el enrarecimiento se continua hasta que la temperatura sea precisamente la del cuerpo B”. Éstas dan paso para hablar sobre una noción importante para éste autor y es el “*restablecimiento inútil en el equilibrio del calórico*” (Carnot, 1824/1987, p. 35).

Para Carnot, todo restablecimiento del equilibrio del calórico entre dos cuerpos a diferentes temperaturas debía producir potencia motriz, aquel restablecimiento que no produjera movimiento en la máquina se consideraba pérdida, debido a esto, pensó Carnot que para el funcionamiento ideal de dicha máquina tanto el vapor originado a partir del fuente de calórico y el fogón o cuerpo A debían encontrarse a la misma temperatura, ya que de esta manera no se daría un restablecimiento inútil el cual no se genera ningún tipo de movimiento, en caso contrario se daría un restablecimiento no útil, evitándose un óptimo funcionamiento del aparato.

Continuando con la noción de restablecimiento del calórico, para Carnot sólo debían ocurrir cambios de temperatura en la máquina de fuego debido a los cambios de volumen que experimentaba la sustancia, lo anterior se evidencia cuando al entrar el gas en el cilindro con émbolo móvil, a medida que éste se dilata su temperatura va a disminuir hasta llegar a ser igual a la temperatura del cuerpo B, e igualmente cuando el gas estando a esta temperatura y debido a la acción del agua en el condensador, ahora dicho gas se comprime hasta llegar a la temperatura del fogón o cuerpo A. En contraste con lo anterior, si se supone un restablecimiento inútil del calórico, es decir aquel que no produce movimiento, en este caso se daría también un cambio de temperatura en los cuerpos, en oposición a lo planteado por Carnot, ya que estos no se darían debido a variaciones de volumen.

Considerando los tres pasos establecidos por él autor para explicar el funcionamiento de la máquina de fuego, propone además este físico, que el orden en que ha enunciado dichos pasos no significa que éstos no puedan darse del último hacia el primero; es decir, es posible invertir el sentido de los pasos y generar potencia motriz del fuego. Dado el caso anterior, Carnot ya no hace uso del concepto producir potencia sino de consumir potencia y no habla de un transporte del calórico del cuerpo A al B, si no de un retorno del calórico del cuerpo B al A. Para corroborar lo anterior, enuncia Sadi Carnot que:

Nada impediría formar vapor a expensas del calórico de B, y a la temperatura de este cuerpo comprimirlo hasta que adquiriese la temperatura del cuerpo A, con el fin de condensarlo por contacto con este último cuerpo, y continuar la compresión hasta la licuación completa (Carnot, trad. en 1987, p.45).

Sadi Carnot también utiliza una noción clave para describir lo que ocurre cuando los procesos se dan en la máquina de fuego inversamente y es pensar que ya no hay un restablecimiento del equilibrio del calórico sino por el contrario “se podrá ocasionar una ruptura de equilibrio en el calórico” (Carnot, 1824/1987, p.43). Así, por ejemplo, este físico describe que “el vapor de agua empleado de modo inverso a como se utiliza en las máquinas de vapor puede considerarse, así como un medio para romper el equilibrio del calórico” (Carnot, 1824/1987, p.43). La idea empleada por Carnot en cuanto a la reversibilidad de los procesos evidencia las bases de lo que hoy se conoce como segunda ley de la termodinámica, la cual involucra planteamientos en torno a la dirección en la que ocurren los procesos térmicos, es decir la reversibilidad e irreversibilidad de las condiciones de un sistema termodinámico.

Sobre el cambio de dirección o sentido en el que se pueden dar los pasos en la máquina de fuego para la obtención de potencia motriz, Carnot expone que

..en ambos procesos se ha actuado sobre la misma cantidad de calor, y no se ha producido pérdida ni de potencia ni de calórico, la cantidad de potencia motriz producida en el primer caso será igual a la que se haya gastado en el segundo, y la cantidad de calórico traspasada del cuerpo A al cuerpo B será igual que la cantidad de calórico que vuelve a pasar del cuerpo B al cuerpo A, de modo que se podría hacer un número indefinido de operaciones alternativas de este tipo sin producir potencia motriz, ni traspasar calórico de un cuerpo a otro (Carnot, 1824/1987, p.45).

La cita expuesta, muestra que en ambos procesos siendo estos: de producción de potencia motriz, como de consumo de potencia, se da la conservación del transporte del calórico, ya que como se indica éste es igual para un sentido como para otro; la anterior postura del autor da cuenta de una idea base de lo que se establece posteriormente como la primera ley de la termodinámica, alrededor de nociones como la conservación de la energía interna del sistema; es decir del calórico y del trabajo efectuado en la máquina o a lo que es igual, la potencia motriz del fuego.

## La Analogía propuesta por Sadi Carnot

Por otro lado, y teniendo en cuenta las concepciones mencionadas en relación al desarrollo conceptual que presenta Carnot en su obra sobre la noción de máquina de fuego, es relevante mencionar y desarrollar la analogía, propuesta por este físico, entre una máquina de fuego y una máquina hidráulica, particularmente una rueda de molino de agua.

Antes de iniciar el desarrollo de la analogía, se hace necesario describir cada una de las máquinas objeto de ésta. Teniendo en cuenta que en la sección anterior se describe la máquina de fuego, se hace pertinente describir únicamente la rueda de molino de agua.

La estructura de la rueda de molino de agua se compone de piezas como: un eje de giro, una rueda de madera u otro material que cuenta con unas aspas que facilitan el giro de las misma y una fuente de agua ubicada a cierta altura. Ver ilustración 2:

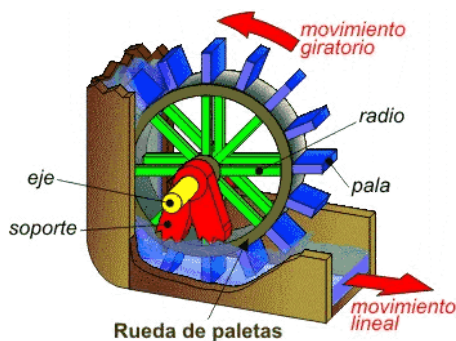


Ilustración 2. Tomado de : <https://problematicatresfisica2.wordpress.com/>

El funcionamiento de esta rueda hidráulica se debe al empleo de energía potencial a partir de la caída de agua y como ésta energía es utilizada para producir la rotación de la rueda o para generar la potencia motriz; es decir, la energía potencial se transforma en energía cinética. Ésta máquina hidráulica se adecua para diferentes usos siendo el mas común para moler grano. Igualmente, la máquina de fuego también se adecua ya sea para el transporte, las minas, entre otros.

Carnot estableció esta analogía relacionando las siguientes características comunes a cada una de éstas máquinas: el máximo de potencia motriz que alcanzan estos dos tipos de máquinas, la cantidad de calórico y líquido, la altura de caída del calórico y del agua, y finalmente cómo se produce la potencia motriz en cada máquina. Antes de describir cada una

de las características, se debe aclarar que la analogía se plantea entre: el concepto nuevo por estudiar o máquina de fuego y el concepto análogo o rueda de molino de agua. Ver gráfico 3, en éste se toma como ejemplo la máquina de Newcomen utilizada en la extracción de agua de las minas en relación a la imagen de una máquina de fuego.

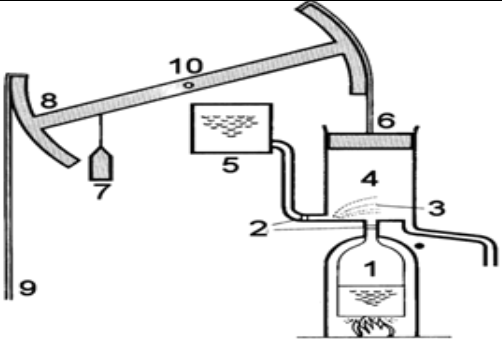
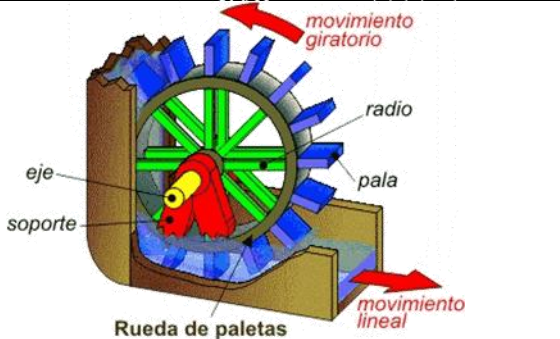
 <p style="text-align: center;"><b>a.</b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>b.</b></p>
<p>Concepto nuevo por estudiar, según Glynn (National Reading Research Center, 1994).</p>	<p>Concepto análogo según Glynn (National Reading Research Center, 1994).</p>

Ilustración 3 a. tomado de <https://albertoroura.com/la-maquina-de-vapor/> y b. tomado de <https://problematicatresfisica2.wordpress.com/>

Para describir cada una de las relaciones que estableció Carnot para la construcción de la analogía se utilizará la siguiente tabla de dos columnas: en la primera se describirá las características analógicas para la máquina de fuego y en la otra para la rueda de molino. Ver tabla 1.

Tabla 1. *Relaciones analógicas entre una máquina de fuego y una rueda de molino de agua*

<p>Concepto nuevo: Máquina de fuego</p>	<p>Concepto análogo: Rueda de molino de agua</p>
<p>Máximo de potencia motriz: Esta dado por el cese de flujo de calórico entre los cuerpos A y B los cuales se encuentran a diferente temperatura. Es decir, cuando el vapor alcanza la temperatura del condensador o cuerpo B, el sistema alcanza el equilibrio térmico y el máximo de potencia.</p>	<p>Máximo de potencia motriz: En esta máquina el máximo de potencia esta dado por la cantidad de agua que se le suministre a la rueda y por la altura desde la cual se dé la caída de agua.</p>

<p><b>Cantidad de Calórico:</b></p> <p>El flujo de calórico varia en relación a las temperaturas de los dos cuerpos entre los que sucede la acción del calor: el fogón y el condensador.</p> <p>A mayor diferencia de temperatura entre: el cuerpo A o fogón y el cuerpo B o condensador, se espera un mayor flujo de calórico.</p>	<p><b>Cantidad de líquido:</b></p> <p>Esta dado por el flujo variable de líquido o agua que se le suministre a la rueda de molino. La variación de la cantidad de líquido será proporcional a la potencia motriz que experimenta la rueda; es decir, a menor cantidad de agua menor es el movimiento de la rueda.</p>
<p><b>Altura Caída del calórico:</b></p> <p>Se refiere a la diferencia de temperaturas entre el cuerpo A o fogón y el cuerpo B o condensador.</p> <p>La caída o salto térmico se entiende como el flujo de calórico de un cuerpo de mayor temperatura a uno de menor temperatura.</p> <p>Para ilustrar menciona Carnot estos dos ejemplos de caída del calórico en su orden del fogón al condensador: de 100° a 50° y de 50° a 0°.</p>	<p><b>Altura Caída de agua:</b></p> <p>Esta noción hace referencia a la altura desde donde el agua es suministrada a la rueda.</p> <p>De dicha altura depende la cantidad de potencia motriz desarrollada en la rueda. Ya que a mayor altura la energía potencial es mayor y de esta manera, la transformación de la energía potencial a energía cinética en la rueda también lo es.</p>
<p><b>Cantidad de Potencia Motriz:</b></p> <p>La potencia aumenta con la diferencia entre los cuerpos A y B. Pero para Carnot no es claro si la potencia motriz es proporcional a la diferencia de temperatura.</p>	<p><b>Cantidad de Potencia Motriz:</b></p> <p>La potencia es proporcional a la altura desde donde se ubica la fuente de agua, y también a la cantidad de líquido de salida.</p> <p>A mayor altura mayor cantidad de potencia motriz y a mayor cantidad de agua mayor potencia motriz.</p>

### Capítulo III

#### Unidad Didáctica la Máquina de Fuego

##### Descripción Unidad Didáctica

La presente unidad didáctica, titulada La Máquina de Fuego, se diseñó en concordancia con el cuarto objetivo específico descrito al inicio del documento. De esta manera, dicha unidad aborda como temática central la máquina térmica, y conceptos alrededor de esta, a partir de un análisis previo del texto *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego* (Carnot, 1824/1987), también se utiliza el concepto de analogía y a su vez ésta, se toma a manera de herramienta pedagógica, e igualmente, como posible facilitadora de la comprensión y construcción de conceptos nuevos en el aula; debido a lo anterior, en esta unidad tiene un papel importante la analogía entre una máquina: térmica e hidráulica, propuesta por Carnot en el texto mencionado.

Teniendo en cuenta, que la analogía mencionada por Carnot tiene relevancia en esta investigación, se diseñó el análogo por parte de la investigadora, éste se tomó y adaptó de internet, con el propósito de mostrar las características analógicas que estableció Carnot. De esta manera, el análogo o rueda de molino de agua, consta de diferentes materiales como se describe en la guía 2, sección titulada *Construyendo nuestro análogo: la rueda de molino* (ver anexo guía 2).

La adaptación que se hace de este modelo de rueda de molino, pretende en primer lugar ilustrar la cantidad de calórico en relación a la cantidad de líquido que sale del depósito de agua, siendo en este caso el depósito una botella de agua, para evidenciar esta noción de cantidad de calórico se toman tres tapas de la botella y a cada una se le coloca una manguera de tres calibres diferentes para la salida del líquido; y la segunda modificación se realiza en la base que sostiene el depósito, se estructuró dicha base a manera de que la altura del depósito fuera variable, con esta especificación del diseño se pretende exponer la característica de la diferencia de altura de caída del agua en concordancia a la diferencia de temperatura entre los cuerpos en los que se transporta el calor. Para evidenciar lo anterior se presenta el modelo de análogo elaborado, (ver anexo diseño del análogo).

Por otro lado, la importancia de esta unidad didáctica radica en que, a lo largo de la historia de la ciencia, los científicos han aportado sus investigaciones y descubrimientos generando una construcción colectiva de conocimiento que hoy perdura y se socializa en diferentes ámbitos educativos desde los niveles elementales en la escuela hasta los niveles universitarios; algunos de estos personajes en cada una de sus correspondientes épocas emplearon analogías posiblemente como herramientas explicativas para contextualizar a la población en general de sus avances académicos; algunos ejemplos son: “Maxwell utilizo la presión de agua en tubos para describir las líneas de fuerza de Faraday”, “Robert Boyle imagino partículas de gas elásticos como resortes enrollados en movimiento” (Harrison & Treagust, 2006, p.15), o como la usada por Carnot, él menciona que “se puede comparar con bastante exactitud la potencia motriz del calor con la de una caída de agua” (Carnot, 1824/1987, p.49), la cual es el centro de atención en el presente estudio de investigación.

Teniendo como base lo anterior, algunos investigadores de las ciencias y de la educación han realizado investigaciones sobre el concepto de analogía y su uso como herramienta para posibilitar la comprensión de conceptos, esto se ha dado a nivel global. Por lo cual hoy en día se conocen investigaciones como “Teaching with analogies Model” Glynn (National Reading Research Center,1994), o artículos como “Teaching and learning with analogies friend or foe” (Harrison & Treagust, 2006), que muestran la vigencia del tema. Por esta razón, es importante que los docentes en formación y en su rol como investigadores, procuren la búsqueda de herramientas que permitan que el estudiante construya conocimiento alrededor de la ciencia e igualmente que éstos se interesen mas por los temas de estudio en torno a la misma; de esta manera, se considera que la *Unidad Didáctica La Máquina de Fuego*, es un documento valioso para la investigación y para referencia de otros estudios en base al tema que se desarrolla en cuanto a la analogía y su uso en la enseñanza.

### **Objetivos Unidad Didáctica**

Como objetivo general, se propone para la presente unidad didáctica que esta permita indagar por el uso de la analogía como herramienta pedagógica en la construcción de conocimiento alrededor de la ciencia, en particular entorno al concepto de la máquina térmica.

Por otro lado, para los objetivos específicos, se plantea que los maestros en formación desarrollen actividades educativas en relación con: la noción de máquina térmica y conceptos a fines de esta; el concepto de analogía y la analogía propuesta por Carnot sobre la máquina térmica e hidráulica; a partir de las tres guías que conforman esta unidad didáctica. Así mismo, se busca recolectar, información de las guías realizadas en las diferentes sesiones, como soporte para la presente investigación. Para finalmente, analizar el uso de la analogía en un entorno educativo, en cuanto a las posibles ventajas o desventajas.

### **Metodología, para el diseño de la Unidad Didáctica**

Teniendo en cuenta el documento “Teaching science with analogy : a strategy for teachers and textbook authors” Glynn (National Reading Research Center, 1994), el autor plantea un modelo denominado “TWA” o a lo que es igual la sigla “Teaching with analogies model” Glynn (National Reading Research Center, 1994), en el cual expone un conjunto de pasos a seguir para el uso de la analogía como herramienta en la enseñanza de un concepto en particular, lo anterior evidencia que el uso de esta estrategia pedagógica en el aula para Glynn, no se puede hacer de manera arbitraria, sino que los estudios previos han establecido rigurosamente dicho orden, siendo estos:

1. “Introducir el concepto objetivo.
2. Mostrar el análogo.
3. Identificar las características importantes tanto del concepto objetivo y del análogo.
4. Determinar las similitudes entre el concepto y el análogo.
5. Indicar donde la analogía se rompe.
6. Concluir.” Glynn (National Reading Research Center, 1994, p. 13)<sup>1</sup>

Teniendo en cuenta el referente mencionado y la investigación desarrollada por Glynn; los anteriores pasos son útiles para la estructura en la que se organizó la Unidad Didáctica La Máquina de Fuego, ya que las actividades diseñadas se establecieron tomando en cuenta los planteamientos señalados por Glynn. Es decir se presenta inmerso en las actividades iniciales: el concepto de máquina térmica a nivel teórico; posteriormente, se

---

<sup>1</sup> Traducción realizada a partir de <https://translate.google.com/?hl=es>

emplea y muestra el concepto de analogía, así como también se describe la analogía máquina térmica e hidráulica expuesta por Carnot en Reflexiones sobre la Potencia Motriz del Fuego (Carnot, 1824/1987); finalmente, se busca que el estudiante diseñe el análogo; es decir, la máquina hidráulica o rueda de molino y desarrolle una experiencia con ésta; lo anterior, en busca de que los maestros en formación logren relacionar el análogo y el concepto, para que identifiquen qué aspectos similares permiten la construcción de la analogía y dónde se rompe ésta, esto en cuanto a las características que no se pueden relacionar entre el objeto objetivo y el objeto análogo. Finalmente, a manera de conclusión y cierre de las actividades propuestas en la unidad didáctica, se plantea una encuesta con preguntas abiertas y cerradas, cuestiones con relación a la posición de la muestra frente a la analogía a partir del trabajo realizado previamente.

De esta manera, la unidad didáctica se divide en tres momentos denominados momento: uno, dos y tres, para cada uno de los cuales se elaboró una guía: uno, dos y tres; con determinados objetivos. A continuación, una descripción de cada momento y especificaciones sobre las guías.

Para el **momento uno**, se hace uso de la guía número 1, titulada *Siguiendo las reflexiones de Carnot*, (ver anexo guía 1), la cual comprende la parte conceptual de la máquina térmica, basada en el texto Reflexiones sobre la potencia motriz (Carnot, 1824/1987).

Para la construcción de esta guía se tomaron citas textuales del documento en mención, y a partir de estas se elaboraron algunas preguntas, pero a su vez después de las preguntas se proporcionan citas que proveen claridad a lo que se ha preguntado, ya que es fundamental para la presente investigación, que la muestra en estudio tenga un amplio conocimiento del tema. La guía se subdivide en 5 partes llamadas: *como introducción; en cuanto a la máquina de fuego; ¿y cómo se da la potencia motriz?; llegando a la idea de procesos reversibles; y sobre la máxima potencia motriz que se obtiene.*

El primer apartado, titulado: *como introducción*, este consta de seis preguntas, numeradas en su orden de la cuestión 1 a la 6. La primera busca indagar por el conocimiento previo del estudiante en relación con los fenómenos que ha evidenciado ocurren debido al calor. La número dos busca que los estudiantes planteen la relación entre calor y potencia

motriz, todo ello a partir de la cita que previamente han leído; las cuestiones 3 y 4 busca que ellos den cuenta de la existencia de máquinas que producen movimiento a partir de fuentes como: el aire, agua y la fuerza de un animal, así como también de que interpreten cuál de ellas sería más eficiente con relación al trabajo que generan. Seguidamente las cuestiones 5 y 6 son a manera de ilustrar ideas relevantes a conocer sobre la máquina térmica, por ello una de estas trata de ubicar a los docentes en formación en el tipo de máquina más empleado en nuestro país, en relación con los usados en Europa, quienes fueron los principales proponentes; además, la última pregunta es para situarlos en la idea de que los conceptos en la historia de la ciencia no son estáticos si no que hay todo un desarrollo y perfeccionamiento.

En la sección, *En cuanto a la máquina de fuego*, que consta de un único punto siendo este el número 7, la idea alrededor de esta parte es mostrar en gráficos dos tipos de máquinas elaboradas en sus respectivas épocas para diferentes usos siendo estas: la de Newcomen empleada en las minas para extraer agua y por otra parte Watt con la locomotora; entonces lo que se busca es presentar las piezas que para Carnot constituyen una máquina de fuego, posteriormente, los maestros en formación deben ubicar las partes en cada máquina, esto con el objetivo de que analicen que estas son las mismas para cada una de las máquinas, lo único que varía es el funcionamiento al que se adecuan.

En el segmento siguiente, *¿y cómo se da la potencia motriz?*, este abarca de la pregunta 8 a la 11. Para iniciar esta parte, se presenta una cita que habla sobre como el restablecimiento del equilibrio en el calórico es vital para la producción de movimiento o potencia motriz en la máquina de fuego. También, se presenta una cita que muestra todo el proceso que se da cuando este tipo de máquina está en funcionamiento; es decir, desde el calórico producido en el fogón y como este se transmite en la sustancia empleada para recibir la acción del calor, así como también el papel del condensador, mostrando como este depósito de agua también recibe dicha acción. En las citas se resaltan algunas frases para orientar el análisis del texto entre ella: *“Aquí el vapor no es sino un medio para transportar el calor”* (Carnot, trad. en 1987, p.40), entre otras oraciones que se centran en la misma dirección (Ver anexo). Consecuentemente se propone la pregunta 8, que indaga sobre la noción de calor que ellos abstraen de lo leído, así como también vinculándola con la que han venido construyendo en el curso de termodinámica. Luego de ello, se muestra otra cita textual en la que Carnot,

propone la idea de los cambios de temperatura en el vapor al dilatarse y en el condensador a medida que este se licua con el vapor; en otras palabras, que el vapor cuando entra por el cilindro con el embolo móvil y a medida que este se dilata su temperatura se va haciendo menor; igualmente, como el agua del condensador sufre un aumento de temperatura al estar en contacto con el vapor. En este punto se ubica la pregunta 9, ésta busca que los docentes en formación expliquen a que se deben los cambios de temperatura mencionados por Carnot, para ello se propone una imagen orientadora que consta de dos cilindros con émbolos móviles pero cada una representa un sistema particular: de dilatación y compresión de un fluido. Para la cuestión 10, previamente se presenta una frase a manera de cita en la que Carnot resalta que la producción de potencia motriz no se debe a un consumo del calórico si no aun transporte, de esta manera la pregunta pretende que a partir de las actividades anteriores ellos elaboren un argumento de la frase. Para la última pregunta la numeral 11, esta gira alrededor de una inquietud que presenta Carnot en su documento y es sobre si la potencia motriz cambia con relación a la sustancia empleada o a diferentes caídas del calórico. Para que ellos puedan responder a esto, se presenta una imagen que consta de un cilindro con embolo móvil y dos cuerpos A y B que representan el fogón y condensador respectivamente, esta figura es tomada y adaptada del texto de Carnot, la idea es que analicen como sería la potencia motriz para dos casos cuando: el cuerpo A esta a  $100^{\circ}$  y B a  $50^{\circ}$ ; y cuando el cuerpo A esta a  $50^{\circ}$  y B a  $0^{\circ}$ , es decir evidenciando dos caídas de calórico diferentes.

La cuarta sección, titulada *llegando a la idea de procesos reversibles*, está compuesta por dos preguntas siendo estas: la numero 12 y 13. Para empezar, se presentan los tres pasos que enuncia Carnot, se generan en la máquina para la producción de potencia motriz. Seguidamente, se muestra una cita textual en la que el autor hace referencia a que los pasos mencionados pueden darse "...tanto en un sentido como en el contrario..." (Carnot, trad. en 1987, p. 45), entonces se muestra el mismo gráfico de la pregunta nueve, en el que se evidencia un proceso de dilatación y compresión en dos cilindros dotados con émbolos móviles; se propone la pregunta 12 a manera de ejercicio ilustrativo en el que deben ubicar en cada uno de los cilindros conceptos referentes a en cuál de ellos se da: consumo de potencia motriz o producción de potencia motriz; y ubicar en donde se da transporte o retorno del calórico. Por otro lado, la cuestión 13, en relación a la idea de procesos reversibles, y a partir de una cita textual en la que Carnot menciona que, si se pudieran dar los procesos en

un sentido y en otro en la máquina térmica, esto sería producir un movimiento perpetuo, sin consumo de calor, se busca que los maestros en formación reflexionen sobre esta cita, en relación a las leyes de la mecánica clásica que ellos ya conocen.

Finalmente, la última parte titulada *Sobre la máxima potencia motriz que se obtiene*, esta consta de las preguntas 14 a la 18. A manera introductoria se hace uso de una cita textual que habla del restablecimiento del calórico como causa de la potencia motriz, pero a su vez Carnot propone que puede darse un restablecimiento al que ha denominado inútil del calórico cuando este no genera ningún tipo de movimiento. Se presenta entonces, la cuestión número 14, la cual tiene como finalidad que ellos reflexionen sobre la afirmación expuesta en la cita además basándose en la lectura y las ideas que se han presentado en las partes anteriores de la guía. Por otro lado, la pregunta 15, pretenden cuestionar a los maestros en formación sobre la idea de la máxima potencia que se podría obtener en la máquina de fuego, las preguntas abarcan lo que ellos entienden por esa noción de máxima potencia y sobre cómo identifico que la máquina ha alcanzado ese “estado” de potencia. Continuando, la cuestión número 16, se plantea a partir de una cita en la que Carnot habla del máximo y da toda una descripción de cuando ocurre este en la máquina, entonces retroalimentando las ideas escritas por ellos en la cuestión anterior, es decir la número 15, se busca orientar a los docentes en formación en el planteamiento de Carnot de lo que para él es ese máximo. Respecto a la cuestión 17 de la guía, antes de formularse esta se presenta una frase en la cual Carnot especifica que solo se deben dar cambios de temperatura en las sustancias empleadas en la máquina solo a partir de los cambios de volumen, de lo contrario se considera un restablecimiento inútil del calórico, en concordancia con lo anterior, la pregunta inicialmente remite a los lectores a la sección *Llegando a la idea de procesos reversibles*, en la cual como se mencionó en la descripción de esta, se presentan los tres pasos que para Carnot se desencadenan en la máquina de fuego para la producción de potencia motriz, en dichos pasos se habían colocado en negrita oraciones como: “*el vapor se origina a la misma temperatura de A*” (Carnot, trad. en 1987, p. 44), o como “*el enrarecimiento se continua hasta que la temperatura sea precisamente la del cuerpo B*” (Carnot, trad. en 1987, p. 44), entonces a manera de reflexión este punto 17 busca que el lector analice porque Carnot planteo esas condiciones en cada uno de los pasos, la finalidad es que ellos piensen que si no se considera por ejemplo una temperatura igual entre el fogón y el vapor se daría un restablecimiento de calor inútil porque

genera cambio de temperatura sin producción de movimiento. Para establecer la última pregunta la numeral 18, se colocaron previamente una serie de citas que aclaraban la idea de un restablecimiento inútil del calórico, finalmente esta pregunta se elaboró con el fin de que el lector completara unas palabras faltantes en una frase; la oración evoca el pensamiento que Carnot estableció en su libro, para evitar un restablecimiento del calórico que no generaba movimiento alguno; de esta manera finaliza la guía uno.

En cuanto al, **momento 2**, para este se emplea la guía número 2, titulada: *sobre la analogía “teaching with analogy model”*, (ver anexo guía 2), esta guía se divide en 4 partes tituladas: *Sobre las analogías en la ciencia*; *¿Qué es una analogía?*; *analogía propuesta por Carnot* y finalmente *Construyendo nuestro análogo la rueda de molino*. Secciones que se describirán a continuación.

En cuanto a, la primera parte, *sobre las analogías en la ciencia*, esta inicia con un pequeño texto introductorio sobre el posible uso de las analogías por parte de científicos a lo largo de la historia de la ciencia, se ilustran dos ejemplos a manera de cita textual de los documentos abordados para la presente investigación sobre la analogía, a partir de la lectura se establecen 3 preguntas del numeral 1 al 3. La primera indaga en los lectores sobre las analogías que conoce, seguidamente la cuestión 2 busca identificar la postura de los maestros en formación frente al sentido de usar una analogía, y referente al numeral 3 averigua por la posición de estos sobre las mismas.

Prosiguiendo con la sección *¿Qué es una analogía?*, esta tiene como fin dar a conocer el concepto de analogía, para ello se hace uso de una cita textual del documento *“teaching with analogy model”* Glynn (National Reading Research Center, 1994), seguidamente se hace un resumen de la cita retomando las palabras clave para comprender el concepto como: objeto análogo, objeto objetivo, características comunes ambos; lo anterior, ya que la cita está en inglés, aquí se propone un gráfico a manera de ejemplo para que el lector lo complete.

Continuando, en la sección *analogía propuesta por Carnot*, se coloca la cita textual del documento reflexiones sobre la potencia motriz del fuego (Carnot, trad. en 1987), en la que el autor describe la analogía entre la una máquina termica y una hidráulica. A manera de ejercicio, numeral 4, se plantea que ellos completen un esquema que se ha diseñado en el

cual deben colocar cuál es el objeto análogo, cuál es el objetivo y que, además escriban las características comunes a ambas máquinas, es decir que construyan la analogía.

La última parte de esta guía, *construyendo nuestro análogo la rueda de molino*, propone la construcción del análogo, es decir la máquina hidráulica o en este caso rueda de molino de agua; se enuncian los materiales y los pasos para la elaboración de la misma, en esta sección se mencionan. Finalmente se muestra un diseño de cómo quedaría el análogo, este debe tener ciertas características: el depósito de agua en este caso una botella de agua debe poderse variar en cuanto a la altura de caída del agua, y se deben emplear tres tapas para la botella a las cuales se les acondicionara tres mangueras de diferente calibre. Lo anterior, para poder desarrollar la guía tres en la cual se hace uso de este prototipo. Es importante mencionar que el análogo planteado en el diseño se tomó y adaptó de un video en internet.

Para el **momento 3**, se emplea la guía número 3, titulada *Experimentando y concluyendo...*, (ver anexo guía 3), aquí los estudiantes encontraran tres partes tituladas: *Retomando la analogía de Carnot, experimentando con el análogo, y concluyendo el trabajo realizado*.

La primera parte titulada, *Retomando la analogía de Carnot*, consta de un esquema conceptual a manera de resumen en el que el lector evidencia las dos características más relevantes que para Carnot constituyen la analogía, siendo estas: la cantidad de líquido y calórico; y la altura de la caída de agua o calórico.

La sección dos titulada, *Experimentando con el análogo*, tiene como finalidad hacer uso del diseño de rueda de molino de agua elaborado previamente. Se plantean dos actividades numeradas 3.1 y 3.2. La primera actividad se nombra como *cantidad de: líquido y calórico empleado en la máquina hidráulica y térmica*, a su vez esta se subdivide en cuatro actividades enumeradas de la 3.1.1 a la 3.1.4; las tres primeras tienen como objetivo que los maestros en formación mantengan el depósito de agua a una misma altura y que varíen para cada actividad la tapa del depósito la cual para cada caso llevara una manguera de calibre ya sea: delgada, mediana o gruesa. Se solicita que observen el movimiento de la rueda para cada caso. La última de las actividades numerada 3.1.4 busca que a partir de las tres experiencias anteriores reflexionen sobre ellas con relación a la noción de cantidad de calórico que han trabajado en la guía 1 ya que se les pide retomen la guía mencionada en la sección *¿y cómo*

*se da la producción de potencia motriz?* La segunda actividad para este apartado es titulada, *Sobre la altura de la caída de agua y calórico*, consta de dos actividades no numeradas; la primera es completar un cuadro en el cual se solicita que para una misma altura varíen cada una de las mangueras y describan como es la potencia motriz, en total deben tomar 3 alturas fijas y para cada una variar las tres mangueras, también se pide que escriban en donde hay mayor y menor potencia motriz. Para la segunda actividad se propone que el lector haga una reflexión de las experiencias anteriores, relacionándolas con la máquina térmica, construyendo la analogía de las caídas de agua con relación a las caídas de calórico o diferencias de temperatura entre los cuerpos.

La última parte de la guía tres se titula *Concluyendo el trabajo realizado*, a manera de cierre de la unidad didáctica se plantea una encuesta de 8 preguntas, abiertas y cerradas, todas ellas enmarcadas en la temática de la analogía en la enseñanza; las cuestiones buscan indagar por la postura de los docentes en formación sobre las analogías: utilidad, si son necesarias para abordar un concepto, si las han usado en su formación, si las usarían entre otras. Con esta actividad se da culminación a la unidad didáctica la máquina de fuego.

## **Capítulo IV**

### **Sistematización y Análisis de resultados**

#### **Metodología Implementación Unidad Didáctica**

Para el desarrollo de la unidad se emplearon tres sesiones de clase, cada una de dos horas, en el horario de clase del curso de termodinámica. Las fechas en la que se realizó fueron: 26 y 28 de septiembre y 3 de octubre. Para cada uno de los maestros en formación, se entregó cada una de las guías, es decir el trabajo se hizo individual.

Para la sesión del 28 de septiembre, inicialmente se les entrego la guía 1, posterior a una introducción del porqué de este trabajo con la participación de ellos. Se dió inicio a la implementación con la guía uno. Para el desarrollo de la misma, se solicitó trabajar por sección, teniendo en cuenta que la guía estaba estructurada de esa manera. La primera y segunda parte se trabajaron en conjunto, ya que el apartado dos era corto; es decir de las 5 secciones se reducían a 4. Teniendo en cuenta lo anterior, se pensó trabajar cada apartado en media hora, completando así el tiempo total del que se disponía. A su vez la media hora se proponía dividirla en 20 minutos de lectura y solución de preguntas; y los 10 minutos restantes de socialización. Durante esta sesión de clase los maestros en formación no culminaron completamente la guía solo se realizaron las dos primeras partes, lo anterior debido a la situación de anormalidad académica que ocurrió ese día, lo cual implicó la reducida asistencia a clase. En el transcurso de la socialización que se realizó, se notó la baja participación de los maestros en formación. En cuanto a las partes faltantes de la guía se les solicito terminar la lectura y completar las actividades extra clase para poder socializar en la sesión siguiente. Adicionalmente, se le proporcionó a cada uno la guía número 2 para que hicieran la lectura y completaran las cuestiones; a su vez se les solicitó traer los materiales para la construcción del análogo. Con el ánimo de adelantar el trabajo a realizar.

El 28 de septiembre, se inició con la discusión de las secciones faltantes de la guía uno, algunos estudiantes que no asistieron a la clase en la que se empezó la implementación se sumaron al desarrollo de la misma ya que consiguieron el material y trabajaron toda la guía extra clase. La socialización se hizo de manera rápida debido al poco tiempo del que se disponía, para el desarrollo de las otras guías. Seguidamente, se comentó la segunda guía,

esta era mas corta, por lo cual no abarcó demasiado tiempo. Finalizada las dos horas de clase no se construyó el análogo como estaba previsto, pero algunos de los maestros en formación trabajaron extra clase en la elaboración del mismo, ya que estos tenían los materiales solicitados. Para la construcción de la rueda de molino de agua, se presentó el análogo previamente construido por la investigadora, los docentes en formación comenzaron a construir por parejas el modelo que observaban. En esta clase se les entregó la guía número tres, para que la desarrollaran extra clase y para su posterior socialización el día 3 de octubre.

El último día de implementación fue el 3 de octubre, fecha en la que se discutió la guía 3, tanto la parte experimental como la parte de la encuesta. En esta sesión, los docentes en formación trajeron por parejas sus prototipos de rueda de molino, algunos la construyeron de similar a la que habían observado y otros realizaron sus propios diseños. Durante la socialización se observó un significativo interés por la construcción de la rueda de molino y por la experiencia que desarrollaron con esta. Finalmente se culminó la implementación, posterior a unas palabras de agradecimiento por parte de la investigadora y una invitación a la socialización de los resultados de la presente investigación.

### **Sobre la guía 1, maestros en formación construyendo conocimiento entorno a la máquina térmica**

Inicialmente, es importante mencionar que para referirse a cada uno de los integrantes de la muestra se emplearan las siglas: MF, la cual hace alusión a Maestro en Formación; además de acompañar dicha sigla con números del 1 al 19, designando así a cada uno de los participantes de esta investigación. Para referirse a las preguntas, estas se designan con la letra P y el número correspondiente de la pregunta en cada una de las guías.

Por otro lado, como se describió en el capítulo III, la guía 1, consta de 18 preguntas, cada una se construyó con un objetivo en particular, de esta manera es posible evidenciar que algunas cuestiones buscan indagar por la comprensión del estudiante de las citas y en particular del tema; y otras son a manera de ejercicio para ilustrar nociones, así como también interpretaciones importantes para el tema tratado, pero no relevantes para el objetivo de la presente investigación. Debido a lo anterior, sólo se toman algunas de estas preguntas para

la sistematización y análisis. Dichas cuestiones son: P1, P2, P8, P10, P14 Y P17. (Ver anexo guía 1).

En cuanto a la P1, siendo esta, *De acuerdo con la cita textual pensar ¿cuáles serían esas transformaciones debido al calor?*, frente a esta cuestión, 12 de los MF asocian que el calor genera principalmente cambios de estado en la materia, dentro de esas mismas respuestas, 6 de los anteriores MF también relacionan que el calor genera un cierto tipo de fenómenos naturales, como tal a nivel de la superficie de la Tierra y que se podría decir ocurren a nivel macro y de los cuales ellos tiene quizá mayor conocimiento por los temáticas trabajadas en el colegio o ya que estos son temas mencionados con mayor frecuencia por ejemplo en medios de comunicación.

Asimismo, los otros 5 MF utilizan conceptos técnicos de la termodinámica para referirse a las transformaciones del calor tales como: dilatación en todas las dimensiones, fricción, energía cinética, transformación de energía termica a mecánica. Para concluir esta pregunta 2 MF no responden nada a ella. Ver tabla 2.

Tabla 2. *Análisis pregunta 1, Guía 1*

Categorías de análisis	Nº MF	Porcentaje (%)	Aportes MF
Cambios de estado en la materia	6	31.5	El MF17 redacta que <i>“una de estas sería el cambio de estado como son el hielo a gua y este a gas por el cambio de temperatura”</i> .
Cambios de estado en la materia y fenómenos naturales sobre la superficie de la Tierra, a nivel macro. (Uso de dos categorías de análisis).	6	31.5	-El MF7 quien escribe: <i>“cambio climático, deshielos, variación de temperatura por efecto invernadero que conlleva a catástrofes naturales como huracanes, temblores etc.”</i> . -El MF5 quien menciona: <i>“formación de montañas o islas debido a la erupción volcánica y la expulsión de material a mucha temperatura”</i> .

			-El MF12 quien escribe transformaciones como: “...el ciclo del agua o las estaciones del año, ya que por la posición de la Tierra respecto al sol la temperatura en la Tierra varía...”.
Conceptos técnicos de la termodinámica como: dilatación, fricción, energía cinética y transformación de energía.	5	26.3	-El MF8 lo siguiente: “por ejemplo cuando la energía cinética se convierte en calor debido a la fricción de una superficie, con un fósforo podemos ver fuego”. -El MF11 expone en relación con la pregunta los siguiente: “transformaciones de energía termica a mecánica por ejemplo un motor”.
No responden	2	10.7	

Continuando, la P2, la cual corresponde a, *Explique ¿qué entiende respecto a la relación entre calor y potencia motriz?, pensando en los ejemplos mencionados*, 16 MF redactan sus respuestas en relación a que el calor efectivamente genera movimiento, pero a pesar de que enuncian la misma interpretación a la cita textual, algunos se observa hacen uso de mas conceptos físicos para plantear sus reflexiones respecto a los restantes maestros en formación. Debido a lo anterior, 9 MF, es decir que el 47.3% plantean sus respuestas acudiendo a los conceptos mismos que proporcionaba la cita textual en la guía 1. Se debe agregar que, los 8 MF restantes de los 16 en mención, representando estos un 42.1% de la muestra, emplean en sus escritos otros conceptos diferentes a los implícitos en la cita. Para entender lo anterior se propone la siguiente tabla 3.

Tabla 3. Análisis pregunta 2, Guía 1

Categorías de análisis	Nº MF	Porcentaje (%)	Aportes MF
Uso de conceptos proporcionados en la cita	9	47.3	<p>-El MF1 “... por medio del calor transformar sustancias u objetos para el beneficio común, producir movimiento para una función en específico”.</p> <p>-El MF7 redacta “que la potencia motriz es el desenlace del calor que se genera mecánicamente para producir estas acciones, tala, forjado de hierro etc.”.</p> <p>-El MF19 : “el calor es el combustible que hace mover máquinas, potencia motriz es el trabajo que se hace en esa máquina”.</p>
Uso de los conceptos de la cita y otros.	8	42.1	<p>-El MF3 “por medio del calor podemos llegar a obtener energía que nos permite poner en marcha ciertos artefactos...”.</p> <p>-El MF4 “...tanto al generar calor intrínsecamente tenemos la capacidad de trabajo mecánico”</p> <p>-El MF17 redacta “el calor es una transferencia debido a la diferencia entre temperatura, la potencia motriz es como debido a ese cambio lo aprovechamos aplicándolo en movimiento”.</p>

para concluir esta cuestión se debe mencionar que 2 maestros en formación no proponen respuestas acordes a la descripción de la pregunta, por lo cual no aportan a la sistematización de la anterior cuestión.

Respecto a, la P8, siendo esta: *En este punto ¿Qué idea de calor le sugiere pensar la cita textual? Tenga en cuenta la frase resaltada, la expresión resaltada en este caso era “...Aquí el vapor no es sino un medio para trasportar el calor...”* (Carnot, 1824/1987, p.40). Se establecieron tres categorías de análisis presentadas en la siguiente tabla. Se encontró que en su mayoría no logran exponer una idea de lo que es la naturaleza del calor, pero enuncian características de este como la capacidad de transportarse. Ver tabla 4.

Tabla 4. *Análisis pregunta 8, Guía 1*

Categorías de análisis	N° MF	Porcentaje (%)	Aportes MF
Calor como energía que se transfiere de un cuerpo a otro.	9	47.3	<p>-MF1 dice <i>“es la energía que se transfiere a causa de la interacción, la cual puede almacenarse o transferirse de un sistema a otro. Esto por medio de un conductor”</i>.</p> <p>- MF6 enuncia <i>“el calor es un tipo de energía que puede ser transportada o transferida por un medio material para ser aprovechada de manera de combustión”</i>.</p> <p>- el MF9 afirma <i>“el calor sería la energía que está transitando para generar algún tipo de movimiento”</i>.</p> <p>MF14 expresa que <i>“el calor es una energía que se transfiere a otra energía para un equilibrio en el sistema”</i></p> <p>- MF19 también añade que <i>“es energía que fluye a través de un sistema y usa la sustancia para fluir dentro de el”</i>.</p>
El calor se transfiere en un medio como el vapor.	6	31.5	-el MF3 <i>“el calor es algo que puede ser transportado a través de un medio, pero este medio al interactuar con otros medios puede</i>

			<i>transferir el calor y ahora este medio es el que lo posee...”.</i> -el MF18 refiere que “ <i>el calor se transfiere de un medio a otro a de un material a otro</i> ”.
Calor se transporta entre cuerpos a diferentes temperaturas.	4	21	-El MF15 quien escribe “ <i>el calor puede transferirse del cuerpo mas calorífico al menos calorífico llegando así a un equilibrio térmico</i> ”.

Frente a la cuestión **P10**, propuesta como: *De lo leído hasta el momento, ¿Le es posible justificar el enunciado anterior expuesto por Carnot? Teniendo en cuenta que el enunciado en mención es: “La producción de la potencia motriz en la máquina de vapor se debe no a un consumo real del calórico, sino a su transporte de un cuerpo caliente a uno frio”* (Carnot, 1824/1987, p.41). De esta manera, 14 maestros en formación enfatizan en la noción de transporte del calor, pero sin enunciar ideas alrededor de la función del transporte para la obtención de la producción de movimiento. A su vez, 3 maestros en formación, equivalentes al 15.8%, se refirieron de manera similar a la idea expresada anteriormente por los 14 MF, pero ellos adicionalmente dan cuenta de que es la misma transferencia la que propicia la potencia motriz en la máquina de fuego. Por tanto, un MF no responde a esta cuestión y otro genera una reflexión que no da cuenta de lo que propone la pregunta por lo que las anteriores no se tienen en cuenta en la sistematización para un porcentaje de 10.5. Ver tabla 5.

Tabla 5. *Análisis pregunta 10. Guía 1*

Categorías de análisis	N° MF	Porcentaje (%)	Aportes MF
Noción de transporte de calor.	14	73.7	-MF1 “ <i>el calórico se transfiere cuando se busca un equilibrio de temperatura entre dos cuerpos como sistema, por esto se transfiere del cuerpo mas caliente hacia el mas frio...</i> ”, o el MF7 quien expone “ <i>...es un</i>

			<i>cuerpo caliente quien le transfiere calor al frio para que este aumente su temperatura y se generen cambios en la materia”</i>
Noción de transporte de calor y transferencia de calor como productor de potencia motriz.	3	15.8	-El MF3 <i>“a causa de la transferencia de calor de un cuerpo a otro, este genera un cambio de estado en los cuerpos, lo cual tiene como consecuencia la producción de potencia motriz”</i> . -El MF11 quien escribe <i>“...al haber una diferencia de temperatura hay una diferencia de volumen y este se puede transformar en potencia motriz”</i> .
No aportan	2	10.5	

Prosiguiendo el análisis, la P14, la cual acude a la cite textual: *“Puesto que **todo restablecimiento de equilibrio puede ser causa de producción de potencia motriz todo restablecimiento que se haga sin producción de esta deberá considerarse como pérdida...**”* (Carnot, 1824/1987, p.46), la pregunta es *Reflexionar sobre el anterior planteamiento*.

A partir de esta es posible decir que 4 MF en sus respuestas se acercan a la idea mas apropiada en relación a la cuestión planteada, pues una solución ideal sería mencionar que en los pasos expuestos por Carnot sobre el funcionamiento de la máquina de fuego, él asume que la temperatura del fogón y vapor deben ser iguales para que no se de un restablecimiento del calórico que no produce potencia motriz en este caso habría una pérdida de calórico, contrario a lo que sucede con el vapor cuando cambia de volumen evidenciándose la producción de movimiento debido al transporte del calórico desde el fogón hacia el condensador, éstas cuatro personas representan el 21% de la muestra.

Por otra parte, 8 MF no dan cuenta en sus respuestas de la relación entre el restablecimiento del equilibrio respecto a la potencia motriz, por lo que no es claro para ellos que cuando se da un restablecimiento del calórico sin generar movimiento, lo anterior es considerado pérdida ya que, el objetivo de la máquina es obtener movimiento; de esta manera se puede evidenciar que las respuestas de estos maestros en formación denotan que no hay claridad de la cita textual.

Entre tanto, 6 MF generan respuestas no acordes a lo esperado para la pregunta por lo cual no se toman en cuenta, en adición a esto un MF no genera respuesta. La anteriores se agrupan en la categoría no responden, lo cual equivale al 36.8%. Ver tabla 6.

Tabla 6. *Análisis pregunta 14. Guía 1*

Categorías de análisis	N° MF	Porcentaje (%)	Aportes MF
Asumir que la T, del fogón y vapor es la misma. Mencionan que el vapor a medida que se dilata cambia su T generando Potencia motriz.	4	21	-MF4 “...como es necesario el calor para los cambios de estado, es la cualidad de la sustancia sometida a variación y creación de potencia motriz”. -MF17 quien propone “ya que para la potencia motriz se necesita un restablecimiento que realice un movimiento si esta potencia o restablecimiento se hace en la caldera no hay movimiento”,
No tienen claridad de la cita textual.	8	42.2	-MF2 quien escribe “la potencia motriz es una fuerza que se le da a un cuerpo o una máquina para poder realizar movimiento, por lo tanto sin la potencia motriz en un objeto, este no se mueve. No se pierde algo ya que no se pudo obtener la potencia”. -MF5 alude que “cuando el vapor pasa de la caldera y pasa al émbolo y va al condensador ha hecho o generado un movimiento se busca un equilibrio. Todo el vapor que no aporta al movimiento es lo que el autor describe como perdida”.

			-MF19: “creo que Carnot pensó que se podía crear una máquina de movimiento perpetuo, pero no pensó en las pérdidas de energía que la máquina de vapor tenía”.
No responden	7	36.8	

Finalmente, para la pregunta 17, se solicitaba: *volver a la sección denominada LLEGANDO A LA IDEA DE PROCESOS REVERSIBLES, leer de nuevo los tres pasos propuestos por Carnot en el texto Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego, tenga en cuenta dentro de cada paso las partes señaladas con negrita.* Seguidamente se enunciaba la pregunta: *pensar ¿Porque cree usted que Carnot hace énfasis en las frases en negrita? En su texto original propone una solución ideal para evitar cambios de temperatura que no conllevan a producción de Potencia Motriz, en este momento ¿Podría identificarla en lo leído previamente?* Las oraciones en mención eran: “**el vapor se origina a la misma temperatura de A**”, “**el enrarecimiento se continua hasta que la temperatura sea precisamente la del cuerpo B**” y la última “**sin cambiar de temperatura**” (Carnot, 1824/1987, p.44).

Respecto a esta cuestión 14 MF no contestaron es decir un 73.6% de la muestra debido a que por error de impresión las frases no estaban en negrilla. Sin embargo, 4 maestros en formación, no se limitaron al error y solucionaron la cuestión.

Tabla 7. Análisis pregunta 17. Guía 1

Categorías de análisis	Nº MF	Porcentaje (%)	Aportes MF
Plantearon la idealización propuesta por Carnot respecto a las temperaturas.	4	21.1	MF4 quien escribe “...igualando sus temperaturas...sin pérdida de calórico”, entre tanto, -MF12 propone que “no se produce un movimiento por que el sistema tiene diferente temperatura y se equilibra esto no tiene utilidad”.

			-MF19 alude que “ <i>él pensaba que no se perdiera la potencia motriz en vano, así que decidió no alterar la temperatura bruscamente</i> ”.
No responden	15	78.9	

## Guía 2, conociendo los saberes previos de los maestros en formación en cuanto a la analogía, y acercándolos a éste concepto

Para iniciar, la guía dos consta de 4 preguntas, pero para la presente sistematización se tomarán en cuenta la: P1, P2 y P4. Debido a que, las cuestiones en mención aportan para el objetivo de la presente investigación.

De esta manera, la primera pregunta a sistematizar es la P1, la cual corresponde a *Mencione, ¿Qué otras analogías conoces, en cuanto a la enseñanza de la física?* Para el análisis de esta pregunta se establecieron cinco categorías, y se obtuvo el siguiente cuadro en el cual se muestra la relación entre número de MF, el porcentaje de equivalencia y algunos aportes:

Tabla 8. *Análisis pregunta 1. Guía 2*

Categoría de Análisis	Nº MF	Porcentaje (%)	Aportes Participantes
Única analogía: choques mecánicos - choques bolas de billar.	4	21	
Única analogía: Tiro parabólico – lanzamiento de un balón	3	15.8	
Única analogía en diversos aspectos	6	31.6	MF6: “ <i>recuerdo una imagen que explicaba la fricción como dos superficies que en algunos puntos encajan como piezas de un rompecabezas,</i>

como: fuerza energía y péndulo.			<i>pero al haber movimiento, esta desenchaja provocando fricción</i>
Única analogía: conceptualmente mas elaborada	3	15.8	El MF17 quien propone <i>“circulación de agua- circulación de corriente”</i> , igualmente el MF13 <i>“Galileo con el plano inclinado...”</i> y finalmente el MF7 quien redacta <i>“la caída de la manzana y la gravedad”</i> .
No responde	3	15.8	

Para terminar la sistematización de esta pregunta, queda claro frente a los hallazgos que se hicieron que los docentes en formación han ejemplarizado algunos conceptos que han visto a lo largo de su formación, pero no es evidente si realmente han construido una analogía, es decir, si plantearon características comunes tanto al concepto de estudio con el concepto mas cercano a la experiencia de estos; lo anterior para cada uno de los casos descritos por estos.

En cuanto a **la P2**, siendo esta: *Pensar ¿Para qué cree que se utilizan estas analogías?* Para el análisis de la pregunta se elaboraron cinco categorías dentro de las cuales se enmarcaron las respuestas de los participantes.

Tabla 9. *Análisis pregunta 2. Guía 2*

Categorías de análisis	Nº MF	Porcentaje (%)	Aportes Participantes
se hace uso de nociones como: entender, comprender, y facilitar el conocimiento de un tema abordado.	13	68.4	MF8: <i>“para facilitar el entendimiento de los fenómenos”</i> MF3 expone: <i>“...para la comprensión de algunos temas que pueden ser confusos por medio de ejemplos sencillos”</i> MF14 quien elude que el uso de la analogía es <i>“para entender mucho mejor los conceptos físicos teniendo en cuenta un modelo el cual ayuda a</i>

			<i>acortar la distancia entre lo que se quiere aprender”.</i>
Para generar relaciones entre dos objetos ya sean: objetos, cosas o fenómenos.	2	10.5	MF4 dice: <i>“es mostrar algo conocido y común o imaginativo para mostrar total o parcialmente una parte de la verdad...”</i> . MF14 menciona: <i>“para explicar fenómenos o cosas que son diferentes pero de cierta manera podemos relacionar en alguna característica”</i> .
Para complementar la enseñanza.	1	5.3	El MF6 dice <i>“son métodos o recursos disponibles para que el estudiante complemente la enseñanza...”</i> .
Didáctica de la enseñanza	2	10.5	El MF9 menciona <i>“se utilizan para despertar el interés por la investigación (comportamientos fenómenos) ...”</i> El MF10 quien redacta <i>“...se utilizan para explicar de una manera didáctica...”</i> .
No aporta respuesta	1	5.3	

La última pregunta por analizar de la guía 2 es la P4, la cual buscaba evidenciar la construcción por parte de los maestros en formación de la analogía entre la máquina: térmica e hidráulica, posterior a la lectura de la cita textual de Carnot que aborda la analogía propuesta por él. Se propuso un esquema para responder la pregunta. Ver anexo guía 2.

Doce maestros en formación relacionan en el esquema las mismas características enunciadas por Carnot en la cita textual referentes a: la altura del agua y calórico, el máximo en cada tipo de máquina, y también la cantidad del líquido y calórico; es importante resaltar que de los 12 docentes en formación no todos en sus respuestas exponen las tres principales relaciones planteadas por Carnot, algunos por ejemplo tiene dificultad en relacionarlas pero incluyen los conceptos que mencionó el autor en su texto; lo que se quiere dar a entender es que las doce personas no incluyen ninguna nueva característica común a ambas máquinas

solo emplean las nociones establecidas en la cita, el porcentaje para los MF descritos corresponde al 63.2.

Tabla 10. *Análisis pregunta 4, categoría 1. Guía 2*

Categoría de análisis	N° MF	Porcentaje (%)
Uso de alguna de las características analógicas enunciadas por Carnot en relación con: el máximo de las máquinas, cantidad de líquido – cantidad de calórico, altura de caída de agua y altura de caída del calórico.	12	63.2

Por otra parte, cinco docentes en formación en sus escritos y en la construcción de la analogía que se les solicita en el numeral 4 de la guía, hacen alusión a otros conceptos no propuestos por Carnot para el planteamiento de las características comunes a las máquinas en mención, es clave mencionar que algunos usan las tres relaciones de Carnot y adicionalmente complementan con otras, pero en otros casos acuden únicamente a otros conceptos para responder a la presente cuestión.

Tabla 11. *Análisis pregunta 4, categoría 2. Guía 2*

Categoría de análisis	N° MF	Porcentaje (%)	Aportes MF
Uso de las tres características descritas por Carnot y adición de nuevas relaciones analógicas	5	26.3	-El MF3 “...temperatura superior- nivel superior, temperatura inferior- nivel inferior, cilindro de vapor- rueda, sustancia- agua...”. -El MF9 quien relacionan en su orden las características de la máquina hidráulica a la térmica “contiene fluido que permite

			<i>transformar la energía- realiza una forma de energía y la transforma en otro tipo de energía, fluidos de trabajo- necesita un fluido para sus funcionamiento, funciona mediante ciclos- opera en un ciclo”.</i>
--	--	--	--

Para terminar, el 10.5% de la muestra que corresponde a dos maestros en formación, se evidencia en sus respuestas que, a pesar del uso por su parte de conceptos como los empleados por Carnot, no construyen relaciones entre las máquinas, es decir se interpreta que para estas personas se genera una dificultad para proponer las características comunes, o lo que es igual de formular la analogía.

Tabla 12. *Análisis pregunta 4, categoría 3. Guía 2*

Categoría de análisis	Nº MF	Porcentaje (%)
Dificultad de proponer la analogía.	2	10.5

**De la Guía 3, a la experiencia analógica y postura de los maestros en formación frente a ésta.**

Para la sistematización de la última guía trabajada en la implementación se tomarán en cuenta: el ejercicio de reflexión numerado 3.1.4, también la reflexión planteada en la actividad 3.2 y las 8 preguntas de la encuesta titulada *concluyendo el trabajo realizado*. Algunas preguntas o ejercicios no se tienen en cuenta ya que no son de utilidad para el objetivo de esta investigación.

Para empezar, el numeral 3.1.4 de la guía corresponde a: *De acuerdo con las observaciones previas, describa una reflexión que indique en cuál de los casos se genera mas potencia motriz y relacione esto con el concepto de **cantidad de calórico** que se ha venido trabajando*, las observaciones previas en el enunciado hacen referencia a tres

actividades en las que los maestros en formación, teniendo en cuenta el diseño de máquina hidráulica, debían observar el movimiento de la rueda de molino manteniendo a una misma altura el depósito de agua, y únicamente variando cada una de las 3 tapas con sus respectivas mangueras, (ver anexo cantidad de calórico- cantidad de líquido). Lo que se pretendía con dicha actividad era que los MF enunciaran en sus redacciones ideas que vislumbraran una construcción de la analogía entre el tamaño de las mangueras y la potencia que se observa con cada una, con relación a que en la máquina de fuego también se habla de cantidad de calórico que varía dependiendo la diferencia de temperatura entre los cuerpos empleados en la máquina. Para el análisis de datos se elaboran tres categorías como se evidencia en la siguiente tabla 13:

Tabla 13. *Análisis pregunta 3.1.4. Guía 3*

Categorías de análisis	N° MF	Porcentaje (%)	Aportes MF
Establecieron la analogía entre el calibre de las mangueras y la cantidad de calórico	6	31.6	El MF4 dice <i>“la cantidad de calórico y la forma en que fluye y genera potencia motriz, puede ser pensada por la regulación de mangueras como una cantidad de calórico en un sistema”</i> . El MF3 <i>“...relacionándolo con el concepto de calórico esto nos dice que entre mayor sea la transferencia de calórico, mayor será el potencial motriz generado”</i> .
No responde	1	5.3	
No construyen la analogía.	12	63.1	

Seguidamente, el ejercicio 3.2 indicaba a los lectores lo siguiente: **Reflexione:** *Plantee una conclusión del trabajo experimental realizado, indicando la relación de este con la máquina térmica.* La finalidad con esta reflexión era que ellos construyeran la relación

entre las alturas de caída del agua con la noción de caída de calórico o de las diferencias de temperatura de los cuerpos entre los que se transmite el calor en la máquina de fuego, a partir de la experiencia previa (ver anexo Guía 3).

Para este enunciado solo 4 MF en sus respuestas construyen la característica analógica, es importante resaltar que el número de docentes mencionado se encuentra dentro de los seis que respondieron favorablemente en la actividad inmediatamente anterior en otras palabras, estos cuatro individuos conservaron un pensamiento analógico. Se estableció la siguiente tabla 14:

Tabla 14. *Análisis pregunta 3.2. Guía 3*

Categorías de análisis	Nº MF	Porcentaje (%)	Aportes MF
construyeron la relación entre las alturas de caída del agua con la noción de caída de calórico o de las diferencias de temperatura de los cuerpos entre los que se transmite el calor en la máquina de fuego.	4	21.1	-MF5 escribe “...cuando la diferencia de temperatura es grande la potencia motriz generada es mayor, a cuando la diferencia de temperatura es menor tal cual con la diferencia de altura”. -El MF3 manifiesta “...se puede ver la relación con la máquina térmica, puesto que entre mayor sea la diferencia entre las temperaturas, se dará una mayor transferencia de energía termica, generando un potencial motriz mayor”.

Así mismo, diez maestros en formación no construyen la característica analógica, solamente describen las observaciones del ejercicio práctico planteado en ese numeral, para un 52.6%. Los restantes cinco maestros en formación no generan ninguna reflexión es decir el 26.3 % del total de la muestra.

Ahora, se analizarán las preguntas finales de la guía elaboradas a manera de encuesta en el apartado *concluyendo el trabajo realizado*, la numeral 1 corresponde a *En cuanto al uso de la analogía, considera usted es útil para la enseñanza del tema particular abordado:*

*Si/No. ¿Por qué?* Excepto dos personas que no respondieron a la cuestión, es decir el 10.5%; los restantes 17 maestros en formación señalan la opción *si*, y en los argumentos que plantean mencionan conceptos referentes a la utilidad de la analogía en la enseñanza para: entender, facilitar, generar interés, explicar. Es pertinente señalar que aunque las respuestas son positivas frente a la utilidad de la analogía, es notorio que esto no se refleja en las redacciones dadas por los mismos en las reflexiones inicialmente sistematizadas.

Tabla 15. *Análisis pregunta 1 (encuesta). Guía 3*

Categorías de análisis	Nº MF	Porcentaje (%)
Si	17	89.5
No	0	0
No responde	2	10.5

Continuando, la pregunta dos, la cual es *¿Cree que es necesario hacer uso de la analogía planteada y de las actividades diseñadas para construir conocimiento alrededor el tema? Si / No ¿Por qué?* Frente a esta, quince participantes de la investigación seleccionan que, *Si* es necesaria la analogía para abordar el tema, ya que recalcan es sus argumentos que la analogía permite: comprender fácilmente, generar interés y nuevas ideas, lo anterior equivale a un 78.9 por ciento. Una única persona responde *No* a la cuestiona, para un 5.3%. Para terminar tres docentes en formación no responden, representando un 15.8% del total de la muestra. Considere la tabla16:

Tabla 16. *Análisis pregunta 2 (encuesta). Guía 3*

Categorías de análisis	Nº MF	Porcentaje (%)
Si	15	78.9
No	1	5.3
No responde	3	15.8

Avanzando, la tercera cuestión *¿Que conceptos reforzó con la analogía?*, cuatro docentes en formación no respondieron nada es decir un 21.1%. En contra posición a lo

anterior, quince MF enuncian al menos un concepto tales como: calórico, producción potencia, máquina termica, energía y trabajo; para un 78.9% del total de la muestra.

Tabla 17. *Análisis pregunta 3 (encuesta). Guía 3*

Categorías de análisis	Nº MF	Porcentaje (%)
Enuncian de uno a mas conceptos.	15	78.9
No responde	4	21.1

Respecto al numeral cuatro, propuesto como *“Del trabajo general desarrollado, ¿cree que la analogía planteada es completa en cuanto a las características que él relacionó entre el objeto objetivo y el objeto análogo? Si / No. ¿Por qué?”*, solo el 78.9% o quince participantes de la investigación responden a ella, los anteriores de manera homogénea acogen la opción *Si*, enuncian a manera general que es completa ya que se relacionan características comunes ambas y nuevamente acuden a términos como que estas facilitan, generan comprensión. Cuatro participantes no dan respuesta, esto significa un 21.1%. Ver tabla 18:

Tabla 18. *Análisis pregunta 4 (encuesta). Guía 3*

Categoría de análisis	Nº MF	Porcentaje (%)
Si	15	78.9
No responde	4	21.1

Para el numeral quinto, que corresponde a *¿Si su respuesta al numeral anterior es NO, puede plantear otras relaciones que serían útiles entre el objeto objetivo es decir máquina térmica y el objeto análogo rueda de molino?*, ningún maestro en formación plantea una nueva característica común frente a la analogía, para un total del 100%.

A la sexta pregunta, siendo esta *¿A lo largo de su formación académica (colegio y universidad) ha empleado analogías como herramientas para la construcción de conocimiento alrededor de un concepto particular?*, catorce de los maestros en formación respondieron que, *Si* han empleado analogías en su formación académica, lo anterior para un

73.7% de la muestra. Un único participante acude a la opción *No*, para un 5.3%. los restantes cuatro docentes no responden a la pregunta para un total de 21.0%. ver tabla 19:

Tabla 19. *Análisis pregunta 6 (encuesta). Guía 3*

Categoría de análisis	Nº MF	Porcentaje (%)
Si	14	73.7
No	1	5.3
No responde	4	21

En cuanto a la cuestión 7, la cual se enuncia en la guía como *¿Cuál es su posición respecto al uso de las analogías en el aula? Justifique su respuesta. Favorable / Desfavorable ¿Por qué?* Solamente cuatro personas no responden a la anterior pregunta, para un total de 21.1%. Sin embargo, quince docentes en formación seleccionan la opción *Favorable*, en las redacciones se evidencia el uso de conceptos para describir la favorabilidad de la analogía en la enseñanza para: la comprensión, acercarse a un tema complejo, despertar interés, trabajar de otra manera, es una herramienta práctica e innovadora. Para constatar lo anterior el MF11 escribe *“por qué siempre se trabaja de la misma manera en las aulas, esta es una estrategia innovadora”*, estos participantes son equivalentes al 78.9% de la muestra. Ver tabla 20:

Tabla 20. *Análisis pregunta7 (encuesta). Guía 3*

Categoría de análisis	Nº MF	Porcentaje (%)
Favorable	15	78.9
Desfavorable	0	0
No responde	4	21.1

Para terminar, la última pregunta es la número 8 la cual corresponde a *¿Como futuro docente usaría en su labor de aula analogías en los temas que crea pertinentes? Si / No. ¿Por qué?* Nuevamente como ocurre con la cuestión anterior, cuatro personas no responden a la anterior pregunta, para un total de 21.1%. El 78.9% es decir, los 15 docentes en formación restantes optan por la opción *Si*, y entre sus argumentos es notorio encontrar conceptos frente al uso de las analogías porque acercan a los estudiantes a temas difíciles, permiten identificar el pensamiento analógico, facilitan la comprensión entre otras. Por ejemplo, el MF2 propone

que las usaría para “indagar la relación analógica que poseen los estudiantes” o el MF1 el cual alude que las analogías “traen un panorama mas claro de las temáticas que se trabajan”.

Tabla 21. Análisis pregunta 8 (encuesta). Guía 3

Categoría de análisis	Nº MF	Porcentaje (%)
Si	15	78.9
No	0	0
No responde	4	21.1

Respecto al proceso de implementación, de acuerdo con el desarrollo de la guía 1, de la presente unidad didáctica la cual aproxima a los sujetos a la parte teórica del concepto, y teniendo en cuenta las preguntas sistematizadas, se evidencio que, de la totalidad de la muestra, para algunos maestros en formación, no quedan claras varias de las nociones alrededor del funcionamiento de la máquina de Carnot. Lo cual corrobora, la necesidad de plantear estrategias a manera de complementar la construcción teórica de un tema particular.

Considerando la guía dos, en la que se acercó a los maestros en formación al concepto de analogía y a la analogía propia de Carnot, en las preguntas sistematizadas se refleja que algunos ejemplos mencionados por los participantes que aluden conocer como analogías son simplemente ejemplificaciones. Es decir, en el aula se hace un uso inadecuado del concepto de analogía, ya que este no involucra solamente dar un ejemplo, sino por el contrario la analogía pretende construir una relación entre un objeto o entidad física común y uno a conocer, logrando enlazar las características comunes a ambos objetos.

Teniendo en cuenta, los resultados de la encuesta final de la guía tres, en general los maestros en formación muestran una postura favorable frente al uso de la analogía en la enseñanza de la física, tomando como base el trabajo previo realizado con la analogía propuesta. Pero dichos resultados están en discrepancia con los dos primeros puntos sistematizados para esta misma guía, en los cuales, a partir de la experiencia de los maestros en formación con el diseño de rueda de molino, se les solicitó hacer una reflexión, pero en las redacciones, estos no logran relacionar las dos características analógicas que se pretendía

evidenciaran con el trabajo experimental: cantidad de calórico y líquido; y altura de la caída del calórico y del agua. Sólo un número minoritario de seis estudiantes para la primera reflexión logran describir la analogía, y para la segunda solo cuatro estudiantes logran plantear la analogía; es decir, solo una pequeña parte de la muestra evidencia el uso de un pensamiento analógico.

## CONCLUSIONES

De la presente investigación, titulada, *La analogía máquina: térmica e hidráulica, y su uso en la enseñanza de la física*, se deducen las siguientes consideraciones:

En cuanto a la unidad didáctica diseñada, fue pertinente hacer uso de un texto original, como: Reflexiones sobre la Potencia motriz del fuego, ya que esto acercó a los maestros en formación, a la comprensión del desarrollo teórico que abarca la construcción de un fenómeno particular, el cual es un proceso colectivo que se nutre y transforma a partir de cada una de las ideas de los partícipes en la construcción. Lo anterior, para desvincularlos de la enseñanza tradicional que únicamente toma los productos de la ciencia, omitiendo la historia detrás de cada uno de estos resultados científicos; además, les posibilitó a los participantes, aproximarse a una dinámica de enseñanza de índole disciplinar e histórico, relevante para su futura labor docente.

Referente al uso de la analogía en la enseñanza de la ciencia, es importante que el docente que pretenda hacer uso de esta herramienta tome como base los pasos planteados por Glynn, para estructurar, ya sea: su clase, unidad didáctica, ruta de aula u otras. Debido a que, para el autor en mención, se debe privilegiar la construcción del concepto concreto a abordar, y de esta manera la analogía cumple la función de complementar, aclarar aspectos y propiciar el interés en los estudiantes.

Igualmente, en la enseñanza de la física, debe el docente propiciar nuevas dinámicas de construcción de conocimiento, que involucren por ejemplo el uso de la analogía, ya que como se evidenció en algunos aportes de los participantes de la presente investigación, ciertos docentes en este caso del ámbito universitario, presuponen que los estudiantes, por el nivel educativo en el que se encuentran construyen fácilmente conocimiento alrededor de un tema, y de esta manera dejan de lado el uso pertinente de representaciones o ejemplos.

Con respecto a la implementación, y retomando las consideraciones finales de esta etapa de la investigación, mencionadas en el capítulo IV, es relevante señalar que en el desarrollo de la unidad didáctica con los maestros en formación, se percibió que la propuesta de enseñanza se acogió por parte de estos de manera favorable, e independientemente de las cifras manifestadas en la sistematización de los diferentes numerales de cada una de las guías, los

alcances obtenidos aportaron de manera significativa a la realización de esta investigación; a su vez, diferentes factores incidieron en los resultados de este estudio, algunos que se pueden modificar como: el tiempo de implementación, o el desarrollo de esta propuesta educativa en momentos de normalidad académica y otros factores difíciles de alterar como la disposición individual con la que cada maestro en formación asumió las actividades propuestas.

Por último, teniendo en cuenta el trabajo realizado a partir de la presente investigación, se considera esta contribuye en el ámbito de la enseñanza de la física y a la línea de investigación I, La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural; teniendo en cuenta que, la propuesta planteada aporta significativamente a los propósitos en los que se enmarca esta, entre ellos: el reconocimiento por la relación disciplina- contexto histórico; así como también, la elaboración de materiales pedagógicos en los que se evidencie la relación mencionada.

## BIBLIOGRAFIA

- Bonat, M., Oliva, J., Aragón, M., y Mateo, J. (2001). *Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias*, Vol. 19, N° 3, 2001, págs. 453-470. Recuperado de: <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v19n3/02124521v19n3p453.pdf>
- Bruner, J. (1999). *La educación, puerta de la cultura*. Recuperado de: <http://documents.mx/documents/bruner-jerome-la-educacion-puerta-de-la-culturapdf.html>
- Carnot, S. (1987). *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego*. (Javier Odón, trad.) Madrid: Alianza Editorial S.A. (Obra original publicada en 1824).
- Forero, S. (2013). *Sadi Carnot, el ciclo ideal*, Vol. 7, No. 3, p. 473-477. Recuperado de: [http://www.lajpe.org/sep13/19-LAJPE\\_813\\_Sandra\\_Forero.pdf](http://www.lajpe.org/sep13/19-LAJPE_813_Sandra_Forero.pdf)
- Galagovsky, L., y Arduriz-Bravo, A. (2001). *Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales el concepto de "modelo didáctico analógico*, V. 19 N. 2 , p. 231-242. Recuperado de: <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v19n2/02124521v19n2p231.pdf>
- Harrison, A. & Treagust, D. (2006). Teaching and learning with analogies. Friend or Foe? En P. J. Aubusson et al. (eds.), *Metaphor and Analogy in Science Education*. (p.11-24). Netherlands: Springer.
- Moro, L.E. Viau, J.E. Zamorano, R.O y Gibbs, H.M. Aprendizaje de los conceptos de masa, peso y gravedad. investigación de la efectividad de un modelo analógico. *Revista Eureka. Enseñ. Divul. Cien.*, 2007, 4(2), pp. 272-286. Recuperado de: [http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen4/Numero\\_4\\_2/Moro\\_et\\_al\\_2007.pdf](http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen4/Numero_4_2/Moro_et_al_2007.pdf)
- National Reading Research Center. (1994). *Teaching Science with analogy: a strategy for teachers and textbook authors*. (Número 15). Recuperado de <http://www.nsta.org/publications/news/story.aspx?id=53640>
- Raviolo, A. Ramírez, P. y López, E.A. Enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo científico a través de analogías. (2010). *Revista Eureka Enseñ. Divul. Cien.*, 2010, 7(3), pp. 581-612. doi: [10498/9814](https://doi.org/10.4988/9814)
- Segura, D. (2002). *Museo lúdico. Museo de la Ciencia y el Juego* No 9 (22,34), Universidad Nacional de Colombia. p. 22 a 34.

## ANEXOS

### Diseño del análogo Rueda de Molino



Ilustración 4. Villamil, N. (2017). Diseño análogo.

### Cantidad de calórico – cantidad de líquido



Ilustración 5. Villamil, N. (2017). Cantidad de calórico y líquido.

## Altura caída de agua y caída de calórico



Ilustración 6. Villamil, N. (2017). Altura caída de calórico y de agua.

<b>Unidad Didáctica: "La Máquina de Fuego"</b> <b>UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL</b>
<b>Seminario Termodinámica</b>
<b>MOMENTO 1</b> <b>GUIA ACTIVIDAD 1</b>  <i>SIGUIENDO LAS REFLEXIONES DE CARNOT</i>

Nombre:

Semestre:

Edad:

**Como Introducción**

*“Deben atribuirse al calor las grandes transformaciones que llaman nuestra atención en la superficie de la Tierra” (Carnot, 1824/1987, p.35).*

1. De acuerdo con la cita textual pensar ¿cuáles serían esas transformaciones debido al calor?, seguidamente ir consignado la hoja.

---



---



---



---

**Continuando.....**

*“...la naturaleza nos ha dado la facultad de producir en cualquier momento y lugar el calor y la potencia motriz que es su consecuencia. El objeto de las máquinas de fuego es desarrollar esa potencia y adecuarla para nuestros usos” (Carnot, 1824/1987, p.35).*

Es decir *“la máquina de fuego explota nuestras minas, hace mover nuestros navíos, draga nuestros puertos y riveras, forja el hierro, tala los montes, muele el grano, hila y urde nuestros tejidos transporta los fardos mas pesados, etc.” (Carnot, 1824/1987, p.36).*

2. Explique ¿qué entiende respecto a la relación entre calor y potencia motriz?, pensando en los ejemplos mencionados.

---



---



---



---

Por otro lado, para Carnot, el calor “...servirá de motor universal y tendrá preferencia sobre la fuerza de: los animales, la caída de las aguas y las corrientes de aire”. Asegurando el autor que una máquina que usa calor tiene “la ventaja inapreciable de poder emplearse en cualquier momento y lugar, y no sufrir nunca interrupción en su trabajo” (Carnot, trad. en 1987, p.36).

3. Pensar en un diseño simple de una máquina que use como motor la fuerza de un animal, de la caída de agua y una corriente de aire, escríbelos.

---

---

---

4. Teniendo en cuenta la pregunta 3, reflexionar sobre la frase subrayada en el párrafo, es decir comparando una máquina de fuego con los otros tipos.

---

---

---

**Para ilustrar.....**

Un aporte de la máquina de fuego fue “la navegación segura y rápida de los buques de vapor ...” (Carnot, trad. en 1987, p.37), lo cual conllevó a “el establecimiento de comunicaciones rápidas y regulares entre los estrechos y en los grandes ríos del antiguo y nuevo continente. Ha permitido recorrer regiones todavía salvajes, donde

no hace mucho a penas se podía penetrar; ha permitido llevar los frutos de la civilización a puntos del globo donde habrían sido esperados todavía muchos años. La navegación debida a las máquinas de fuego en cierto modo aproxima las naciones mas lejanas” (Carnot, trad. en 1987, p.37).

5. Teniendo en cuenta el fragmento, si para Europa fue importante la navegación y por ende el desarrollo del barco a vapor, respecto a Colombia cual sería la máquina de fuego que se utilizó con mayor relevancia, justifique el porqué de su uso.

---

---

### **Continúa la lectura ...**

*“El descubrimiento de las máquinas de fuego, como la mayor parte de los inventos humanos, debe su nacimiento a ensayos casi informes, que se han atribuido a varias personas y de los que no se conoce con exactitud el verdadero autor. Pero el principal descubrimiento no está en estos primeros ensayos, sino en los sucesivos perfeccionamientos que han llevado a las máquinas de fuego al estado en el que se encuentran hoy en día”* (Carnot, trad. 1987, p.37).

De esta manera afirma Carnot: *“Si el honor de un descubrimiento pertenece a la nación donde ha adquirido todo su crecimiento y desarrollo, este honor no puede negársele a Inglaterra: Savery, Newcomen, Smeathon, el célebre Watt, Woolf, Trevetick y algunos otros ingenieros...”* (Carnot, trad. 1987, p.38).

En cuanto a los personajes, cada uno realizó su respectivo aporte a la construcción de la máquina de fuego, ya que **“es natural que una invención humana nazca y sobre todo se desarrolle y se perfeccione...”** (Carnot, trad. en 1987, p.38).

6. Reflexionar sobre la frase subrayada.

---

---

### **En cuanto a la Máquina de Fuego...**

Como se citó anteriormente, muchos personajes desarrollaron en particular un tipo de máquina de fuego; para continuar se hace necesario reconocer las partes de la Máquina, como se verá, aunque sean diseños distintos tienen en común las piezas que las constituyen.

7. Tomando en cuenta la máquina diseñada por Newcomen e igualmente la de Watt, identificar en cada una de las respectivas imágenes las siguientes partes:
- Fogón
  - Caldera
  - Cilindro de vapor
  - Embolo
  - Condensador
  - Fluido o sustancia

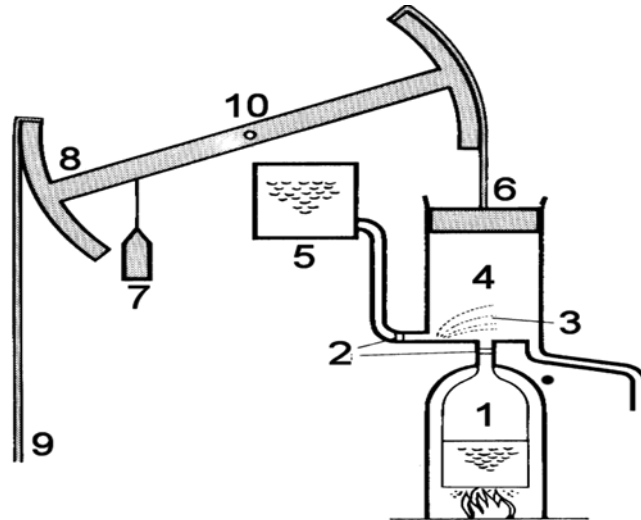


Ilustración 7. Máquina de Newcomen tomada de <https://albertoroura.com/la-maquina-de-vapor/>

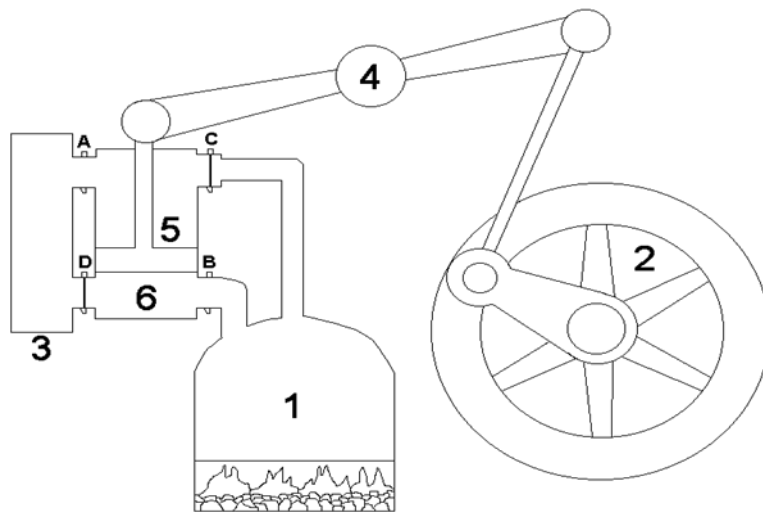


Ilustración 8. Máquina de Watt tomada de <https://albertoroura.com/la-maquina-de-vapor/>

### **¿Y cómo se da la producción de potencia motriz?...**

Recurriendo a la idea de Sistema Termodinámico y asociando este concepto con la máquina de fuego, al igual que tomando la idea de proceso termodinámico, es necesario determinar los procesos que sigue una máquina para llegar a generar movimiento, veamos:

“La producción de movimiento en las máquinas de vapor siempre se acompaña de una circunstancia en la que debemos fijar nuestra atención. Esta circunstancia es el restablecimiento del equilibrio del calórico, es decir, su paso de un cuerpo

cuya temperatura es mas o menos elevada, a otro cuya temperatura es mas baja. En efecto ¿Qué ocurre en una máquina de vapor cuando está en actividad?”(Carnot, trad. en 1987, p.40).

Para responder a ello Carnot describe los siguientes procesos que se desencadenan al estar en actividad la misma, siendo estos:

“El calórico desarrollado en el fogón, atraviesa las paredes de la caldera, da lugar a la formación de vapor, **al que de alguna manera se incorpora.** El vapor arrastrándolo consigo, lo lleva primero al cilindro, donde cumple una función determinada, y después lo trasporta al condensador, donde se licua por el contacto con el agua fría que allí se

encuentra. En último extremo el agua fría del condensador **se apodera del calórico desarrollado en la combustión.** Se calienta por medio del vapor, como si hubiese estado situada directamente en el fogón. **Aquí el vapor no es sino un medio para transportar el calor...**” (Carnot, trad. en 1987, p.40).

8. En este punto ¿Qué idea de calor le sugiere pensar la cita textual? Tenga en cuenta la frase resaltada. Descríbalo en un párrafo.

---

“En las operaciones que hemos descrito se reconoce fácilmente el restablecimiento del equilibrio del calórico, su paso de un cuerpo mas o menos caliente a un cuerpo mas frio. Aquí el **primero** de esos **cuerpos** es el aire recalentado en el fogón, el **segundo** es el agua de condensación. El restablecimiento de equilibrio en el calórico se realiza entre ellos, si no

completamente, al menos en parte; **porque de un lado el aire recalentado, después de haber realizado su función y haber rodeado la caldera, se escapa por la chimenea con una temperatura menor que la que había adquirido por efecto de la combustión;** y además el agua del condensador, después de haber licuado el vapor, abandona la máquina con una

***temperatura superior a la que tenía antes de entrar en ella***". (Carnot, trad. 1987, p.40).

9. De acuerdo con la frase en negrita, explicar a qué se debe el **cambio de T** en el aire y en el agua del condensador. Tenga en cuenta el grafico. Justificar respuesta.

---

---

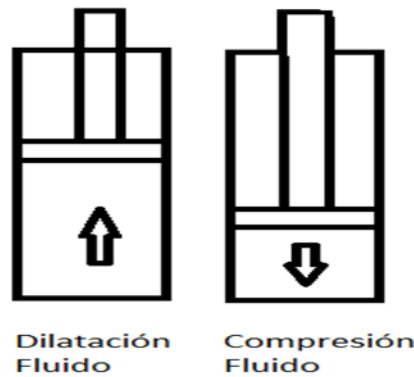


Ilustración 9. Villamil, N. (2017). Procesos de dilatación y compresión.

### Aclarando...

*“la producción de la potencia motriz en la máquina de vapor se debe no a un consumo real del calórico, sino a su transporte de un cuerpo caliente a uno frío”* (Carnot, trad.1987, p.41).

10. De lo leído hasta el momento, ¿Le es posible justificar el enunciado anterior expuesto por Carnot? Descríbelo de manera breve.

---

---

### Para tener en cuenta

Para el funcionamiento de cualquier máquina de fuego, era necesario utilizar una ***“sustancia intermedia”*** (Carnot, trad. en 1987, p.58)., que siendo ***“un fluido aeriforme es susceptible de cambios de volumen considerables por variaciones de temperatura, si está encerrado en un recipiente de capacidad variable, como un cilindro dotado de un embolo, producirá movimientos de gran extensión. Los vapores de todos los cuerpos capaces de pasar al estado***

*gaseoso de alcohol, mercurio, azufre, etc... podrían desempeñar la misma función que el vapor de agua” (Carnot, trad. en 1987, p.42).*

Entonces sí:

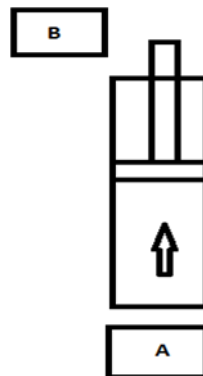
“El calor sólo puede ser causa de movimiento en virtud de los cambios de volumen o de forma que produce en los cuerpos; esos cambios no se deben a una constancia en la temperatura, sino a alternativas de calor y frío” (Carnot, trad. en 1987, p.42).

11. *¿La potencia motriz del calor es **inmutable en cantidad** o depende del agente que se use para realizarla, de la sustancia intermedia elegida como sujeto de la acción del calor?* (Carnot, trad. en 1987, p.42).

Para responder a ello puede verse el siguiente ejemplo: Si un cuerpo A y B a diferentes temperaturas siendo el cuerpo A de mayor T que B. ¿Cómo sería la potencia motriz para cada uno de estos casos?

Cuando:

- $A = 100^\circ$  y  $B = 50^\circ$
- $A = 50^\circ$  y  $B = 0^\circ$



*Ilustración 10. Villamil, N. (2017). Cantidad de Potencia Motriz*

Para Carnot, se darán “*cantidades iguales de potencia motriz para caídas de calórico iguales*” (Carnot, trad. en 1987, p.79)., a pesar de que esto no involucre **la misma cantidad de calor**, sino desigualdades del mismo.

Por otro lado, menciona que: a mayor **diferencia de T**, se generara mayor **diferencia de Volumen**, lo que implica mayor: **potencia motriz y calórico**; explica el autor que: a

densidades menores, los fluidos tienen mayor capacidad para adquirir Calor. (Carnot, trad. en 1987).

## **Llegando a la idea de procesos reversibles**

Menciona Carnot que: *“Allí donde existe una diferencia de temperatura, puede haber producción de potencia motriz. Recíprocamente, donde se pueda consumir esa potencia, será posible producir una diferencia de temperatura, se podrá ocasionar una ruptura de equilibrio en el calórico”* (Carnot, trad. en 1987, p.43).

Pero a su vez en el texto afirma que *“aquí tenemos un medio seguro para cambiar la temperatura de los cuerpos y romper el equilibrio del calórico tantas veces como se quiera en la misma sustancia. El vapor de agua empleado de modo inverso a como se utiliza en las máquinas de vapor puede considerarse, así como un medio para romper el equilibrio del calórico”* (Carnot, trad. en 1987, p.43).

Carnot menciona **3 pasos por los cuales se puede producir P.M en la Máquina:**

“1. Se toma Calórico del cuerpo A para formar vapor, es decir se hace que este cuerpo desempeñe las funciones del fogón, o mejor dicho del metal que constituye la caldera de una máquina ordinaria; supondremos que el vapor se origina a la misma temperatura de A.

2. Una vez que se ha recibido el vapor en una capacidad extensible, tal como un cilindro dotado de un embolo, aumenta el volumen de esa capacidad y por lo tanto el del vapor. Al enrarecerse descenderá espontáneamente de temperatura, como le ocurre a todos los fluidos elásticos:

supongamos que el enrarecimiento se continua hasta que la temperatura sea precisamente la del cuerpo B.

3. Se condensa el vapor poniéndolo en contacto con el cuerpo B, y ejerciendo sobre el simultáneamente una presión constante hasta que esté completamente licuado. El cuerpo B juega aquí el papel del agua de inyección en las máquinas ordinarias, con la diferencia de que condensa el vapor sin mezclarse con el y sin cambiar de temperatura”. (Carnot, trad. en 1987, p.44).

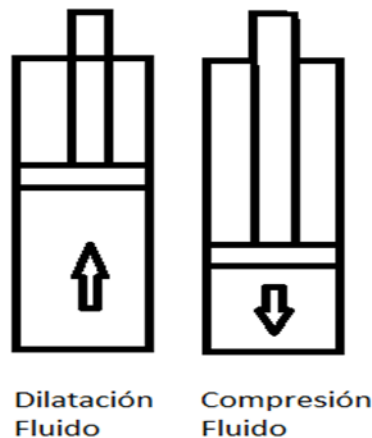
Menciona Carnot que:

“las operaciones que acabamos de describir podrían hacerse tanto en un sentido como en el contrario. Nada impediría formar vapor a expensas del calórico de B, y a la temperatura de este cuerpo comprimirlo hasta que adquiriese

la temperatura del cuerpo A, con el fin de condensarlo por contacto con este último cuerpo, y continuar la compresión hasta la licuación completa” (Carnot, trad. en 1987, p.45).

12. Completar: asociar las siguientes palabras con flechas sobre la correspondiente imagen:

- Consumo de potencia motriz del cuerpo B al cuerpo A.
- Producción de potencia motriz del cuerpo A al B.
- Retorno del calórico del cuerpo B al A.
- Transporte del calórico del cuerpo A al cuerpo B.



*Ilustración 11. Villamil, N. (2017). Procesos sobre un fluido elástico .*

Por otro lado, en cuanto a la dirección de los procesos, Carnot menciona que si se han dado los dos procesos: producir calor a partir de un cuerpo A a otro B y luego consumir calórico de un cuerpo B a otro A:

“..en ambos procesos se ha actuado sobre la misma cantidad de calor, y no se ha producido pérdida ni de potencia ni de calórico, la cantidad de potencia motriz producida en el primer caso será igual a la que se haya gastado en el segundo, y la cantidad de calórico traspasada del cuerpo A al cuerpo B será igual que la cantidad de

calórico que vuelve a pasar del cuerpo B al cuerpo A, de modo que se podría hacer un número indefinido de operaciones alternativas de este tipo sin producir potencia motriz, ni traspasar calórico de un cuerpo a otro ” (Carnot, trad. en 1987, p.45).

**Nota aclaratoria sobre las operaciones mencionadas:**

Teniendo en cuenta, las operaciones que describió Carnot, enuncio la siguiente preposición

*“...hacer que el calórico produjera una potencia motriz mayor que la obtenida en nuestra primera serie de operaciones, bastaría tomar una parte de esa potencia para hacer volver, por el método que hemos indicado, el calórico del cuerpo B al cuerpo A, del refrigerante al fogón, para restablecer las cosas en su estado primitivo y situarse en condiciones de volver a empezar de nuevo una operación completa análoga a la primera y así sucesivamente: esto sería no sólo el movimiento perpetuo, sino una creación indefinida de fuerza motriz sin consumo de calórico...”* (Carnot, trad. en 1987, p.45).

13. Para Carnot esto implicaría “...**no sólo el movimiento perpetuo, sino una creación indefinida de fuerza motriz sin consumo de calórico...**” (Carnot, trad. en 1987, p.45). Explicar la anterior idea analizándola bajo las leyes de la mecánica clásica, ¿será posible o no?

---

---

---

## Sobre la máxima potencia motriz que se obtiene...

*“Puesto que **todo restablecimiento de equilibrio puede ser causa de producción de potencia motriz todo restablecimiento que se haga sin producción de esta deberá considerarse como pérdida...**”* (Carnot, trad. en 1987, p.46).

14. Reflexionar sobre el anterior planteamiento.

---

---

---

15. Cuestionarse sobre las siguientes preguntas propuestas por Carnot:

- Respecto a la potencia motriz *“¿Cuál es aquí el sentido de la palabra máximo?”* (Carnot, trad. en 1987, p.46).

---

---

- En cuanto a la máquina *“¿Cómo se reconocerá que ha alcanzado ese máximo?”* (Carnot, trad. en 1987, p.46)., de potencia motriz.

---

---

Recordando la ley cero de la termodinámica ¿Qué propone esta?, adicionalmente tener en cuenta los procesos de dilatación y compresión de un fluido en particular ¿Qué ocurre con la T, en estos?

16. Ahora interpretar la siguiente idea de Carnot, justifique su respuesta.

En cuanto a la potencia motriz *“**la condición necesaria del máximo es por tanto que no se realice en los cuerpos empleados para realizar la potencia motriz del calor ningún cambio de Temperatura que no se deba a un cambio de volumen**”* (Carnot, trad. en 1987, p.47).

---

---

En el texto Carnot plantea una solución particular que refleja el argumento anterior, la cual permitía que en la máquina los **cambios de T solo se dieran a partir de cambios de volumen**, evitando:

Un “*restablecimiento inútil en el equilibrio del calórico*” (Carnot, trad. en 1987, p.53).

17. Volver a la sección denominada **LLEGANDO A LA IDEA DE PROCESOS REVERSIBLES**, leer de nuevo los tres pasos propuestos por Carnot en el texto *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego*, tenga en cuenta dentro de cada paso las partes señaladas con negrita.

A partir de lo anterior

- Pensar ¿Porque cree usted que Carnot hace énfasis en las frases en negrita?
  - En su texto original propone una solución ideal para evitar cambios de temperatura que no conllevan a producción de Potencia Motriz, en este momento ¿Podría identificarla en lo leído previamente? Describa la solución con sus palabras.
- 
- 

**NOTA aclaratoria sobre la solución a la producción de potencia motriz solo a partir de cambios de volumen:**

“*Cuando en nuestra demostración hemos supuesto antes que el calórico del cuerpo A era empleado para formar el vapor, se consideraba que el vapor se formaba a la misma temperatura del cuerpo A: así el contacto solo tenía lugar entre cuerpos con temperaturas iguales*” (Carnot, trad. en 1987, p.47).

18. Con lo anterior Carnot pretendía evitar, que debido a lo que conocemos como ley \_\_\_\_\_ de la termodinámica, se efectuara un transporte de \_\_\_\_\_ que no produciría \_\_\_\_\_ Motriz.

Lo anterior generaba que “...*el cambio de temperatura que le ocurre seguidamente al vapor se debe a la dilatación como consecuencia del cambio de volumen*” (Carnot, trad. en 1987, p.47).

Solución a este problema dada por el autor de la siguiente forma:

“Para determinar el paso del calórico de un cuerpo a otro, es necesario que el primero tenga un exceso de temperatura; pero también tal exceso puede considerarse tan pequeño como se quiera, en teoría se puede considerar nulo” (Carnot, trad. en 1987, p.47).

**Gracias...**

<b>Unidad Didáctica: "La Máquina de Fuego"</b> <b>UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL</b>
<b>Seminario Termodinámica</b>
<b>MOMENTO 2</b> <b>GUIA ACTIVIDAD 2</b>  <i>SOBRE LA ANALOGIA</i> <i>"TEACHING WITH ANALOGY MODEL"</i>

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

### **SOBRE LAS ANALOGIAS EN LA CIENCIA**

“Meaningful learning is the process of integrating new knowledge with existing knowledge” (Glynn, 1994, pág. 3). “Un aprendizaje significativo es un proceso de integración de un nuevo conocimiento con uno existente” traducción.

A lo largo de la historia de la ciencia, los científicos han aportado sus investigaciones y descubrimientos generando una construcción colectiva de conocimiento que hoy perdura y se socializa en diferentes ámbitos educativos desde los niveles elementales en la escuela hasta los niveles universitarios; algunos de estos personajes en cada una de sus correspondientes épocas emplearon analogías posiblemente como herramientas explicativas para

contextualizar a la población en general de sus avances académicos; algunos ejemplos son: “Maxwell utilizo la presión de agua en tubos para describir las líneas de fuerza de Faraday”, “Robert Boyle imagino partículas de gas elásticos como resortes enrollados en movimiento” (Harrison & Treagust, 2006, p. 15)., o como la usada por Carnot, sobre la Máquina Termica y Una Máquina Hidráulica, la cual se desarrollara mas adelante.

1. Mencione, ¿Qué otras analogías conoces, en cuanto a la enseñanza de la física?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. Pense ¿Para qué cree que se utilizan estas analogías?

---

---

3. Teniendo en cuenta lo anterior, ¿Cuál es su perspectiva sobre estas?

---

---

### **¿QUE ES UNA ANALOGIA?**

A partir, del texto “*Teaching with analogy model*” (Glynn, 1994), se define como:

*“An analogy is drawn by identifying similarities between two concepts. In this way, ideas can be transferred from a familiar concept to an unfamiliar one. The familiar concept is called the analog and the unfamiliar one the target. Both the analog and the target have features (also called attributes). If the analog and the target share common or similar features, an analogy can be drawn between them”.* (Glynn, 1994, pág.4)

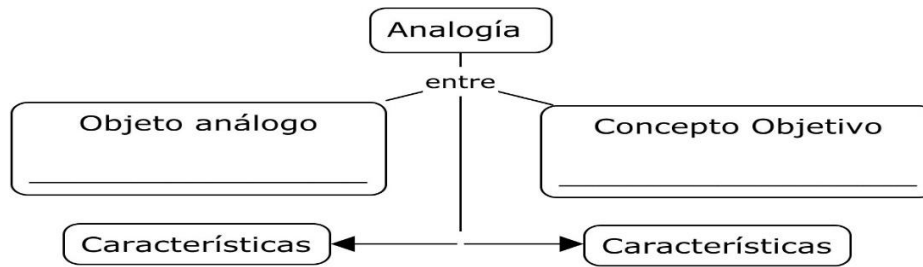
De esta manera, para desarrollar una analogía se requiere:

- Un concepto nuevo a abordar, y un concepto familiar.
- Se denomina “análogo” al concepto familiar al sujeto respectivamente y “objetivo” al concepto nuevo.
- Cada concepto: análogo y objetivo, tiene un conjunto de característica propias.
- Algunas características entre ellos son comunes.

Teniendo en cuenta lo anterior, una analogía es el establecimiento de: la relación entre las características comunes a los dos elementos mencionados: análogo y concepto nuevo” (Glynn, 1994).

### **Para complementar...**

Glynn plantea el siguiente ejemplo sobre analogía entre: el ojo humano y cámara fotográfica  
Completar.



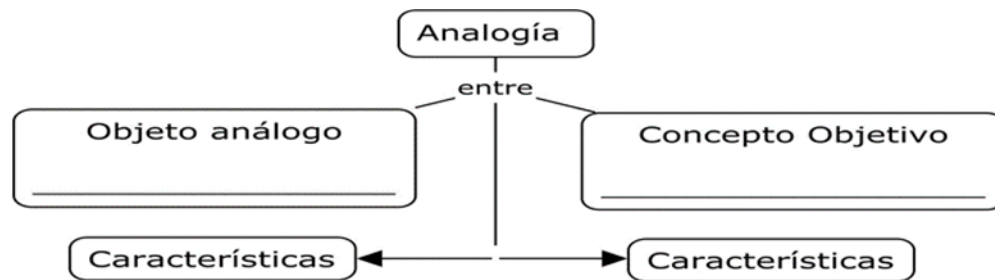

## **ANALOGÍA PROPUESTA POR CARNOT**

En la **guía de actividades 1**, se dieron a conocer las ideas que este autor planteo en su época sobre la máquina térmica, y en este mismo texto plantea la siguiente analogía entre la **máquina: termica y la hidráulica**, como herramienta para comprender el concepto que él desarrollo en su época. Siendo esta:

“Según las nociones establecidas hasta ahora, se puede comparar con bastante exactitud la potencia motriz del calor con la de una caída de agua; ambas tienen un máximo que no puede sobrepasarse, cualquiera que sea la máquina empleada para recibir la acción del agua, y cualquiera que sea la sustancia empleada para recibir su acción. **La potencia motriz de una caída de agua depende de su altura y de la cantidad de líquido; la potencia motriz del calor depende de la cantidad de calórico empleado y de lo que se podría denominar y**

**efectivamente nosotros lo llamaremos así la altura de su caída**, la diferencia de temperatura de los cuerpos en los que se realiza el cambio del calórico. En la caída de agua la potencia motriz es rigurosamente proporcional a la diferencia de nivel entre el depósito superior e inferior. En la caída de calórico la potencia motriz aumenta indudablemente con la diferencia de temperatura entre el cuerpo caliente y el cuerpo frío, pero ignoramos si es proporcional a esa diferencia” (Carnot, 1824, pág. 49).

4. Identificar cada una de las características que se relacionan y completar.



---

---

---

---

---

---

### **CONSTRUYENDO NUESTRO ANÁLOGO: LA RUEDA DE MOLINO**

Para comprender el análogo propuesto por Carnot, se hace necesario construirlo, para ello requieres estos materiales o puedes construirla con los recursos que tengas disponibles según tu creatividad:

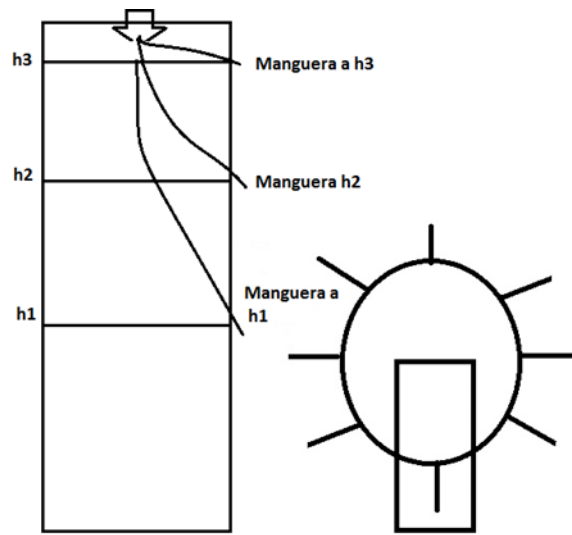
Materiales:

- Una hoja de acetato, Silicona, bisturí.
- 2 palos de balsa cuadrado n°12 y 1 balsa plano cuadrado
- Base trozo de lámina plástica
- Recipiente análogo a una cubeta, o taza plástica.
- Botella de agua y 3 tapas para esa botella.

**PASOS:**

- Hacer la rueda de molino con el acetato y organice la base donde sujetara la rueda
- diseñe una base para el depósito del agua que en este caso será la botella. Esta base debe poder graduarse en cuanto a la ubicación de la altura del depósito

Coloque el montaje sobre una base plástica y ubíquelo dentro de una cubeta de vidrio o plástica.



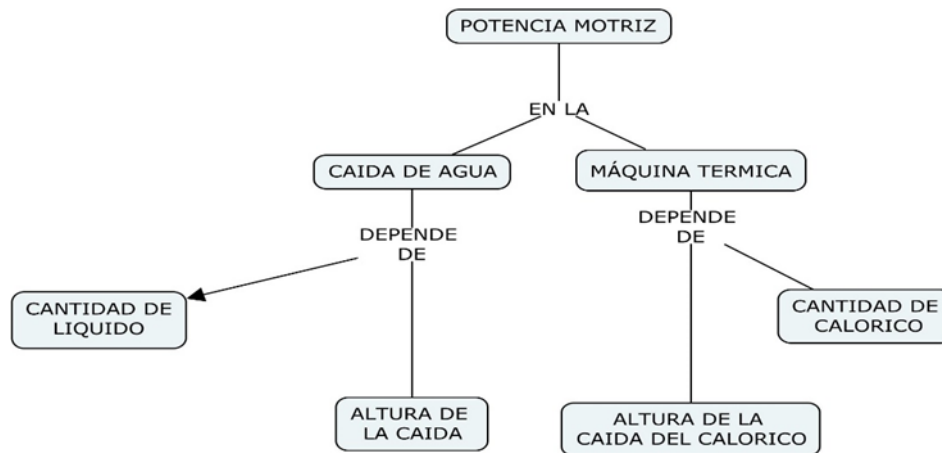
*Ilustración 12. Villamil, N. (2017). Diseño rueda de molino hidráulica*

<b>Unidad Didáctica: "La Máquina de Fuego"</b> <b>UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL</b>
<b>Seminario Termodinámica</b>
<b>MOMENTO 3</b> <b>GUIA ACTIVIDAD 3</b>  <i>EXPERIMENTANDO Y CONCLUYENDO...</i>

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

## **RETOMANDO LA ANALOGIA DE CARNOT**

Leer el siguiente diagrama, para recordar conceptos sobre la analogía propuesta por Carnot entre una máquina: hidráulica y térmica.



*Ilustración 13. Villamil, N. (2017). Mapa Analogía propuesta por Carnot*

## **EXPERIMENTANDO CON EL ANÁLOGO**

### **Actividad 3.1**

#### ***CANTIDAD DE: LIQUIDO Y CALORICO EMPLEADO EN LA MÁQUINA HIDRÁULICA Y TÉRMICA***

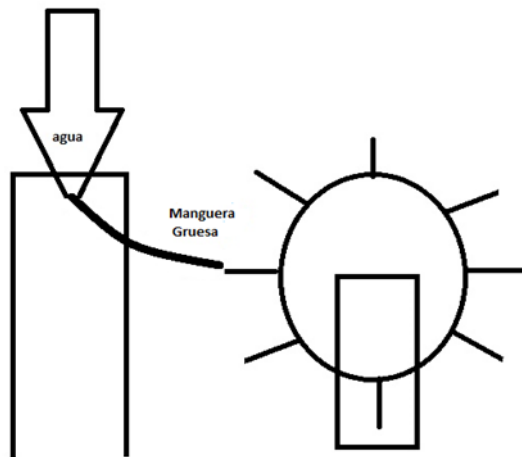
A partir del diseño de máquina hidráulica elaborado previamente en la guía 2, se usaran tres mangueras, el depósito de agua estará ubicada a una misma altura, es decir solo se variara las mangueras:

- Gruesa
- Mediana
- Delgada

Varié cada una de las mangueras en el diseño, observé como es el movimiento y descríballo para cada una de las situaciones.

**Caso 3.1.1:**

Coloque la manguera de tamaño grueso en el diseño y libere el agua, observe el movimiento y describa.



Describir el movimiento:

---

---

---

---

---

---

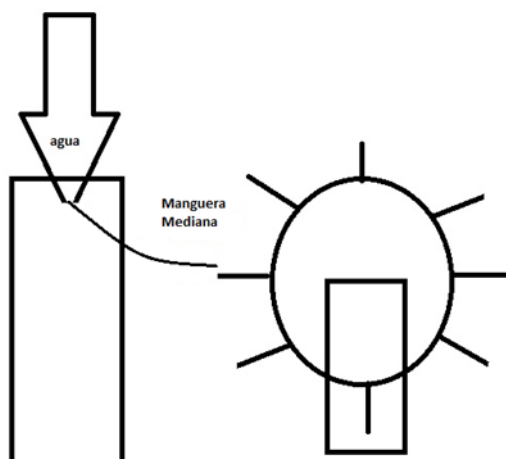
---

---

Ilustración 14. Villamil, N. (2017). Rueda de molino.

**Caso 3.1.2:**

Coloque la manguera de tamaño medio en el diseño y libere el agua, observe el movimiento y describa.



Describir el movimiento:

---

---

---

---

---

---

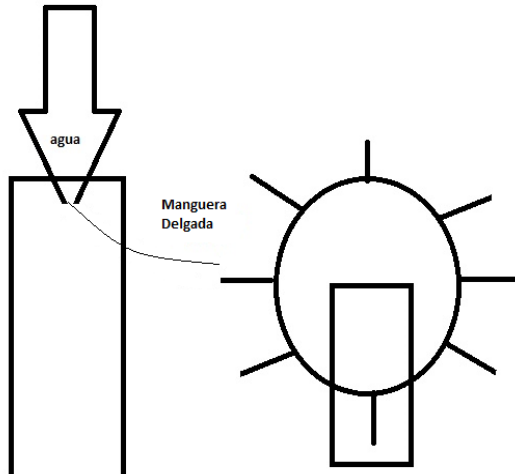
---

---

Ilustración 15. Villamil, N. (2017). Rueda de molino

**Caso 3.1.3:**

Coloque la manguera de tamaño delgado en el diseño y libere el agua, observe el movimiento y describa.



Describir el movimiento:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Caso 3.1.4:**

De acuerdo con las observaciones previas, describa una reflexión que indique en cuál de los casos se genera mas potencia motriz y relacione esto con el concepto de **cantidad de calórico** que se ha venido trabajando.

Reflexión sobre los 3 casos:

---

---

---

---

---

---

---

---

**Nota:** Relacionar con la guía 1 parte: ¿Y cómo se da la producción de potencia motriz?...

Actividad 3.2

SOBRE LA ALTURA DE LA CAÍDA DE: AGUA Y CALORICO

Teniendo en cuenta el diseño de la rueda hidráulica, con el uso de las mangueras utilizadas en la actividad anterior utilice una de ellas y varíe la altura de caída del agua, haga una regleta y marque las alturas. Describa lo que ocurre para cada altura en relación con, la potencia motriz. Haga el ejercicio con las tres mangueras y las alturas h1, h2, y h3 seleccionadas.

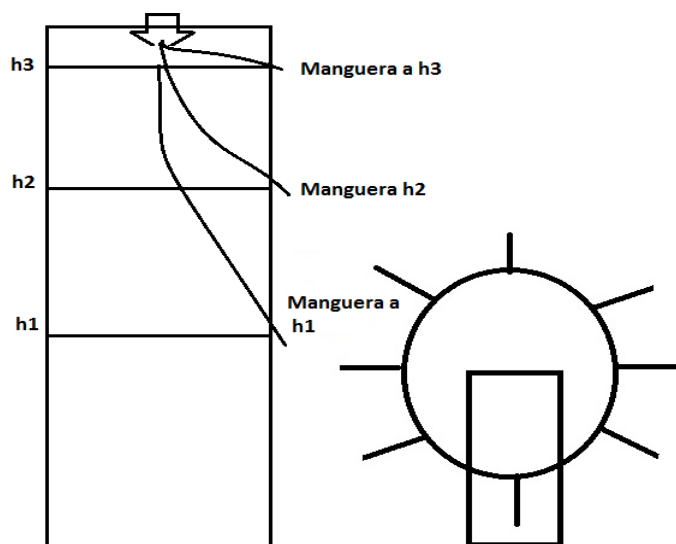


Ilustración 16. Villamil, N. (2017). Diseño Rueda de Molino

Describe lo observado en la tabla:

Altura caída (h) cm	Manguera gruesa	Manguera mediana	Manguera delgada
-			
-			
-			
En que caída hay > potencia motriz o W			
En que caída hay < potencia motriz o W			

**Reflexione:** Plantee una conclusión del trabajo experimental realizado, indicando la relación de este con **la máquina térmica:**

< potencia motriz a < h	> potencia motriz a < h
< potencia motriz a > h	> potencia motriz a > h
> potencia motriz a > h	= potencia motriz a ≠ h
= potencia motriz a ≠ h	≠ potencia motriz a = h

Reflexión:

---

---

---

**Nota:** Relacionar con la guía 1 parte: ¿Y cómo se da la producción de potencia motriz?...

### **CONCLUYENDO EL TRABAJO REALIZADO...:**

En este punto, se han desarrollado dos guías previas y una parte de esta tercera guía, que son un proceso mediante el cual se busca que le permita responder el siguiente cuestionario sobre el uso de la analogía en la enseñanza de la ciencia en particular la física. Siendo este el cierre de las actividades:

1. En cuanto al uso de la analogía, considera usted **es útil** para la enseñanza del tema particular abordado:

SI  NO

¿Por qué?

---

---

---

2. ¿Cree que **es necesario** hacer uso de la analogía planteada y de las actividades diseñadas para construir conocimiento alrededor el tema?

SI  NO

¿Por qué?

---

---

---

3. Que conceptos reforzó con la analogía:

---

---

---

4. Del trabajo general desarrollado, ¿cree que la analogía planteada es completa en cuanto a las características que él relaciono entre el objeto objetivo y el objeto análogo?

SI  NO

¿Por qué?

---

---

---

5. ¿Si su respuesta al numeral anterior es NO, puede plantear otras relaciones que serían útiles entre el objeto objetivo es decir máquina térmica y el objeto análogo rueda de molino?

---

---

---

---

6. ¿A lo largo de su formación académica (colegio y universidad) ha empleado analogías como herramientas para la construcción de conocimiento alrededor de un concepto particular?

SI  NO

7. ¿Cuál es su posición respecto al uso de las analogías en el aula? Justifique su respuesta.

FAVORABLE  DESFAVORABLE

8. ¿Como futuro docente usaría en su labor de aula analogías en los temas que crea pertinentes?

SI  NO

¿Por qué?

Gracias por participar, en este proceso, espero sea enriquecedor para su formación. Por último, para reflexionar la frase que titula una conferencia de Edmund Husserl “*la crisis de la ciencia no está en el método si no en el sentido*”.

