

# **EL EXPERIMENTO Y LA SIGNIFICACION DEL CONCEPTO DE ENERGIA**

**SERGIO ARNULFO GARZON CUEVAS**

Universidad Pedagógica Nacional  
Facultad De Ciencia y Tecnología, Departamento de Física.  
Bogotá, Colombia  
2014-1

# **EL EXPERIMENTO Y LA SIGNIFICACION DEL CONCEPTO DE ENERGIA**

SERGIO ARNULFO GARZON CUEVAS

Trabajo de grado como requisito parcial para optar por el título de:


**Licenciado en Física**

Director:

María Mercedes Ayala Manrique  
Docente del Departamento de física  
Universidad Pedagógica Nacional

Línea de investigación:


Enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural  
**Universidad Pedagógica Nacional**  
Facultad de Ciencias y Tecnología, Departamento de Física.  
Bogotá, Colombia

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</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 1 de 5</b>	

<b>1. Información General</b>	
<b>Tipo de documento</b>	Tesis de pregrado
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
<b>Título del documento</b>	El experimento y la significación del concepto de energía
<b>Autor(es)</b>	Garzón Cuevas, Sergio Arnulfo
<b>Director</b>	Ayala, María Mercedes
<b>Publicación</b>	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2014. 85 p.
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional
<b>Palabras Claves</b>	Energía, experimento, convertibilidad, conservación

<b>2. Descripción</b>
<p>Trabajo de grado que muestra una propuesta para la enseñanza del concepto de energía partiendo de una recontextualización de los trabajos realizados por Galileo y Joule de tal manera que el trabajo que realicen los estudiantes tenga significado y ayude a erradicar la confusión que se presenta en algunas ocasiones entre la física como una ciencia experimental y un buen manejo de algoritmos en donde los estudiantes lo máximo que realizan son una serie de despejes y reemplazos numéricos para encontrar una cantidad (numero). De igual manera el trabajo también propone pensar en la energía como una magnitud física que se “conserva” y así dejar de pensar en la energía como una sustancia.</p>


<b>3. Fuentes</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Romero, A y otros, La convertibilidad de los fenómenos y la conservación de la energía, 2006.</li> <li>• Joule, J, Conferencia <i>en la sala de lectura de la biblioteca de la Universidad de Manchester</i>.</li> <li>• Joule, J, El equivalente mecánico del calor, Sociedad Phil., Manchester, 1849.</li> <li>• Ayala, M. Malagon, F. Sandoval, S El experimento en el aula, 2011</li> <li>• Moreno, R, La actividad experimental y la fenomenología en torno a la energía mecánica, 2009.</li> </ul>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</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 5</b>	

- Ferreiros, J. Ordoñez, J. *Hacia una filosofía de la experimentación*. Revista Hispanoamericana de Filosofía. Vol. 34, No. 102 (diciembre 2002). PP 47 86.
- Hodson, D, *Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio*, 1994
- Barbosa, L, *Los experimentos discrepantes en el aprendizaje activo de la física*. Revista colombiana de física vol. 43, No 3. 2011
- Hewitt, P, *Libro de física conceptual*, 1999.
- Lindsay, R, *ENERGY: historical development of the concept*, 1978, caps. 33 y 34.
- D Alessandro ,M., Machado M., *El concepto de energía en los libros de texto*.

#### 4. Contenidos

Se presenta y fundamenta una propuesta referente a la enseñanza del concepto de energía en un nivel introductorio con la que se busca vincular las actividades experimentales con los procesos de conceptualización en el aula. Se desarrolla en tres capítulos. El **capítulo I** es una introducción al trabajo realizado en donde se resalta de una parte, aspectos que tienen que ver con la problemática, los objetivos y la metodología; y de otra parte está dedicado a recontextualizar diferentes puntos de vista sobre el experimento en la ciencia y en su enseñanza, así como también a esbozar un camino para abordar el concepto de energía que permita satisfacer el propósito que anima el presente trabajo. El **capítulo II** está dedicado por un lado a mostrar una reconstrucción textual que resalta la idea de energía como magnitud física que se elabora a partir del seguimiento, análisis y relaciones que se pueden establecer cuando un fenómeno de una clase se convierte en otro de otra clase, haciéndola ver como una manera de mirar y vincular los cambios que acontecen en el mundo físico y no como algo con existencia material como se piensa en muchos casos. Se aborda, así, la convertibilidad de algunos fenómenos mecánicos que servirán para hablar de cambios de configuración de un sistema (*perdidas de alturas que producen ganancias de velocidades y/o fuerzas elásticas y viceversa*). De igual manera en este capítulo se presenta la convertibilidad de fenómenos mecánicos en térmicos que mediante la relación de los cambios que se suceden permiten seguir la pista a una magnitud que se “conserva”, posibilitando, de esta

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</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 5</b>	

manera, la conformación del concepto de energía en un espectro más amplio de fenómenos. En el **capítulo III** se presenta la forma como se concreta la propuesta con un grupo de 13 estudiantes de los grados 10 y 11 del colegio “Liceo Técnico Microempresarial reyser Gordillo y con la participación de un estudiante de licenciatura en física de la Universidad Pedagógica Nacional en donde se toma como base los fenómenos descritos en el capítulo II, y se hace un análisis de la experiencia vivenciada con ellos.


Ya teniendo la descripción de cada uno de los capítulos, es válido resaltar tres aspectos que dieron dirección a la propuesta: la **primera** fue la revisión teórica del concepto de energía, así como la conceptualización del experimento planteadas en el capítulo I. La **segunda** fue la convertibilidad de fenómenos que facilitó comprender la idea de la energía como magnitud física con su doble carácter: un carácter cuantitativo por cuanto involucra una asignación numérica (su medida), y por otro lado tiene su carácter cualitativo que hace referencia a la conexión que se puede establecer entre los cambios involucrados cuando un fenómeno de una clase se convierte en otro de otra clase o de la misma; es decir que hace referencia ciertos rasgos o comportamientos de los fenómenos de los cuales se quiere dar cuenta. Y la **tercera** está dirigida a la reconstrucción de la relación entre la altura de descenso  $H$  y la velocidad alcanzada  $v$  durante este descenso, encontrada a partir del trabajo realizado por Galileo, en donde se ve reflejado que sin importar el camino seguido por los objetos que caen puede ser expresada por la ecuación  $v^2 = 2gH$ , en cuyo caso solo basta con multiplicar en ambos lados de la ecuación por la mitad de la masa y se obtendría el principio de conservación de la energía mecánica, que aparece en los textos en los casos de conversión de atracción gravitacional en movimiento. Estos tres aspectos son base de la propuesta.

### 5. Metodología

La metodología empleada en el desarrollo de esta investigación está a la base y es fruto de la actividad de sistematización de los procesos de recontextualización de saberes científicos llevados a cabo con propósitos pedagógicos; metodología que se ha venido configurando de manera especial en el marco de los pregrados y postgrados del Departamento de Física de la UPN y de las investigaciones del Macroproyecto “La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural: recontextualización de saberes científicos llevadas a cabo por el grupo Física y Cultura.

El desarrollo del proyecto se realizara por medio de un análisis de textos y documentos de física que aborden problemáticas relativas a la importancia de la actividad experimental en la física y en su enseñanza, se tratara de hacer una recolección robusta de diferentes posturas frente a la actividad experimental y el papel que juega está en la enseñanza de las ciencias.

La recolección de diferentes posturas frente a la actividad experimental será un gran punto de partida en la forma que le da dirección a la investigación que se quiere realizar, aportando


 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</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 5</b>	

diferentes caminos de los cuales será necesario con figurar un punto de vista, ponerlo en práctica y recoger resultados que sirvan para llegar a concluir si con la actividad experimental en la enseñanza de las física se puede erradicar la desmotivación de los estudiantes frente a las clases de física.

Y para lograr lo anterior se plantea un estudio de caso que hace referencia a la construcción del concepto de energía mediante la actividad experimental en donde también será necesario el análisis de textos de corte histórico y de enseñanza que faciliten el trabajo referente al concepto de energía y su construcción experimental.

## 6. Conclusiones

- Lo que se recoge con el trabajo en el aula es que los estudiantes cambian por completo su disposición frente a una clase de ciencia cuando esta se le presenta de tal manera que el mismo es el autor principal de tal trabajo, se pudo observar que cuando se cambia una clase magistral enfocada en ecuaciones donde lo máximo que hacen los estudiantes son reemplazos y despejes para resolver los ejercicios de final de capítulo por una clase donde se construye un plano inclinado similar al que utilizó Galileo en la formulación de su cinemática o cuando se construye un mecanismo pendular para observar si la energía se conserva y que cambios producen otros cambios. Se logra motivar al estudiante frente a las clases y pueden mediante actividades experimentales hacer una pequeña relación entre el mundo de las ideas con el mundo de lo sensible. En un capítulo dedicado al trabajo realizado en el aula se profundiza más sobre lo que se realiza en el aula y los resultados que se pudieron obtener.
- La recontextualización de trabajos históricos en la enseñanza han sido dejados de lado reemplazándolos por los textos escolares comunes, sin embargo con este pequeño panorama se concluye que la recontextualización permite decir, concluir, preguntarse, discutir, con el fin de obtener un panorama más amplio alrededor del comportamiento de los fenómenos físicos.
- Realizando algunas investigaciones respecto al concepto de energía y su manera como se presenta este en las clases de ciencias se puede concluir que en la mayoría de los casos la energía es vista como una sustancia y que pensar en la energía como una sustancia traería problemas al momento de ligar una actividad experimental con el concepto de energía pues lo mínimo que esperarían los estudiantes sería ver a la energía en manifestaciones de sustancia cosa que con experimentos no es posible, nunca se llegaría a ver un trozo de energía.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Escuela de Pedagogía</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 5 de 5</b>	

- Al realizar el experimento de Galileo se pudo observar que los estudiantes se motivan a ver sus clases de física si estas se ligan no solo con las teorías ya establecidas como comúnmente se hace en el campo de la educación sino que además se traiga a colación el tipo de experimento o trabajo practico que llevo a postular dichas teorías.
- Por otro lado cuando se realizaron las actividades y el trabajo de aula con los estudiantes se logra concluir que el trabajo experimental permite tener en cuenta las ideas de los estudiantes, lo que una clase magistral no permite.
- Se logra ver durante la ejecución de las diferentes actividades que los estudiantes se motivan más a una clase de física cuando esta involucra el experimento y la creatividad de los estudiantes que cuando se les presenta una clase de física que involucra la solución de ejercicios propuestos al final de un capítulo donde lo máximo que hacen los estudiantes es realizar despejes y cambiar variables por números para encontrar una cantidad.
- Finalmente se concluye que la propuesta no habría tenido sentido si no se hubiera construido tres herramientas fundamentales (la base teórica respecto a la energía y al experimento, la convertibilidad de fenómenos y la relación Galileana entre alturas y velocidades). herramientas que se fueron haciendo fuertes a medida que se ejecutaba el trabajo.

<b>Elaborado por:</b>	Sergio Arnulfo Garzón Cuevas
<b>Revisado por:</b>	Ayala, María Mercedes

<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	24	01	2014
--	----	----	------

# CONTENIDO

INTRODUCCION .....	1
<b>1.CONTEXTUALIZACION, PROBLEMATICA Y MARCO TEORICO.....</b>	<b>3</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2 PREGUNTA PROBLEMA.....	7
1.3 OBJETIVOS.....	7
1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	7
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	7
1.4 METODOLOGIA.....	7
1.5 SOBRE EL EXPERIMENTO EN LA FISICA Y EN LA ENSEÑANZA DE LA FISICA.....	8
1.6 SOBRE EL CONCEPTO DE ENERGIA.....	10
<b>2. LA ENERGIA, LA CONVERTIBILIDAD DE FENÓMENOS Y EL EXPERIMENTO.</b>	<b>17</b>
2.1 CONVERTIBILIDAD DE FENOMENOS MECANICOS.....	19
2.2 PRIMER FENOMENO (Movimiento y Atracción gravitacional).....	19
2.3 SEGUNDO FENOMENO (atracción gravitacional, movimiento).....	21
2.4 TERCER FENOMENO (el experimento de Galileo).....	23
2.5 CUARTO FENOMENO (péndulos y planos).....	30
2.6 QUINTO FENOMENO (calentamiento del agua).....	32
2.7 LOS EXPERIMENTOS DE JOULE.....	34
<b>3. TRABAJO EN EL AULA Y CONSTRUCCIONES DE LOS ESTUDIANTES.....</b>	<b>38</b>
3.1 TABLA.....	39
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>49</b>
<b>5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>51</b>
<b>6. ANEXOS.....</b>	<b>52</b>

## AGRADECIMIENTOS

*A la profesora María Mercedes Ayala por  
Su gran y valiosa colaboración, por enseñarme a ver el mundo desde otra  
perspectiva*

*A mi familia por los grandes esfuerzos, por creer en mí  
Y en la posibilidad de superarme*

*A Santiago Garzón por compartir sus puntos de vista,  
Por las críticas constructivas y por su gran amistad*

*Al profesor Tufik Sambrano por su insistencia en sacar la física  
Del tablero y por sus protocolos americanos*

## INTRODUCCIÓN

Se presenta y fundamenta una propuesta referente a la enseñanza del concepto de energía en un nivel introductorio, con la que se busca vincular las actividades experimentales con los procesos de conceptualización en el aula. Se desarrolla en tres capítulos. El **capítulo I** es una introducción al trabajo realizado, en donde se resalta de una parte, aspectos que tienen que ver con la problemática, los objetivos y la metodología; y de otra parte está dedicado a recontextualizar diferentes puntos de vista sobre el experimento en la ciencia y en su enseñanza, así como también a esbozar un camino para abordar el concepto de energía que permita satisfacer el propósito que anima el presente trabajo. El **capítulo II** está dedicado por un lado a mostrar una reconstrucción textual que resalta la idea de energía como magnitud física que se elabora a partir del seguimiento, análisis y relaciones que se pueden establecer cuando un fenómeno de una clase se convierte en otro de otra clase, haciéndola ver como una manera de mirar y vincular los cambios que acontecen en el mundo físico y no como algo con existencia material como se piensa en muchos casos. Se aborda, así, la convertibilidad de algunos fenómenos mecánicos que servirán para hablar de cambios de configuración de un sistema (*perdidas de alturas que producen ganancias de velocidades y/o fuerzas elásticas y viceversa*). De igual manera en este capítulo se presenta la convertibilidad de fenómenos mecánicos en térmicos que mediante la relación de los cambios que se suceden permiten seguir la pista a una magnitud que se “conserva”, posibilitando, de esta manera, la conformación del concepto de energía en un espectro más amplio de fenómenos. En el **capítulo III** se presenta la forma como se concreta la propuesta con un grupo de 13 estudiantes de los grados 10 y 11 del colegio “Liceo Técnico Microempresarial Freyser Gordillo” y con la participación de un estudiante de Licenciatura en Física de la Universidad Pedagógica Nacional en donde se toma como base los fenómenos descritos en el capítulo II, y se hace un análisis de la experiencia vivenciada con ellos.

Ya teniendo la descripción de cada uno de los capítulos, es válido resaltar tres aspectos que dieron dirección a la propuesta: la **primera** fue la revisión teórica del concepto de energía, así como la conceptualización del experimento planteadas en el capítulo I. La **segunda** fue la convertibilidad de fenómenos que facilitó comprender la idea de la energía como magnitud física con su doble carácter: un carácter cuantitativo por cuanto involucra una asignación numérica (su medida), y por otro lado tiene su carácter cualitativo que hace referencia a la conexión que se puede establecer entre los cambios involucrados cuando un fenómeno de una clase se convierte en otro de otra clase o de la misma; es decir que hace referencia ciertos rasgos o comportamientos de los fenómenos de los cuales se quiere dar cuenta. Y la **tercera** está dirigida a la reconstrucción de la relación entre la altura de descenso  $H$  y la velocidad alcanzada  $v$  durante este descenso, encontrada a partir del trabajo realizado por Galileo, en donde se ve reflejado que sin importar el camino seguido por los objetos que caen puede ser expresada por la ecuación  $v^2 = 2gH$ , en cuyo caso solo basta con multiplicar en ambos lados de la ecuación por la mitad de la masa y se obtendría el principio de conservación de la energía mecánica, que aparece en los textos en los casos de conversión de atracción gravitacional en movimiento. Estos tres aspectos son base de la propuesta.

# CAPÍTULO I

## 1. CONTEXTUALIZACIÓN, PROBLEMÁTICA Y MARCO TEÓRICO

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dos problemas se suele destacar en el medio universitario respecto a la enseñanza de la física a nivel secundario: por un lado, se considera que los estudiantes que ingresan a las carreras de licenciatura en física y afines (i.e. ingenierías), lo hacen, en general con una preparación deficiente<sup>1</sup>, lo que trae como consecuencia la deserción en los primeros semestres de un buen porcentaje de los estudiantes que logran ingresar a ellas; por otro lado, el escaso número de ellos que se interesan por desarrollar estudios que involucren esta área de conocimiento, debido, al parecer a que la consideran muy difícil de entender.

Lo cierto es que podría decirse, en términos generales, que la educación en física en nuestro país casi se reduce a la utilización de una serie de manuales y textos donde se recopila información para que los educandos memoricen sus contenidos de manera rápida y concisa sin que haya mayor preocupación por lo que comprenden de los contenidos enseñados, y si sólo se memorizan para el momento de la evaluación y después se olvidan para siempre. Generalmente los textos de enseñanza de la física están elaborados para presentar la información sobre los contenidos definidos de acuerdo a los lineamientos del Ministerio de Educación de forma resumida, de manera que los estudiantes no gasten demasiado tiempo memorizándola<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup>No sólo no responden por los conceptos que abordaron en secundaria, sino que no han logrado desarrollar la disciplina de trabajo y las habilidades de lectura, análisis, argumentación y deducción exigidas en este nivel de educación.

<sup>2</sup>Aún a nivel universitario es posible darse cuenta que los libros utilizados en física son versiones resumidas fragmentada y recortadas de tratados; este es el caso del electromagnetismo donde los experimentos que retoma Maxwell en su tratado de electricidad y magnetismo para exponer su teoría de campos son olvidados por completo en los textos introductorios de electromagnetismo.

Debido a que la física que se acostumbra enseñar se centra en el aprendizaje y deducción de fórmulas así como su uso en la solución de ejercicios de acuerdo a los contenidos desarrollados en los textos, muchos de los estudiantes tienden a confundir la física con un manejo de algoritmos y con el uso de fórmulas que los llevan a obtener resultados numéricos o algebraicos, dejando de lado la esencia de una ciencia experimental como lo es la física. Dicha confusión conlleva a un segundo problema que radica en la desmotivación que tienen los estudiantes frente a sus clases de física.

Frecuentemente, las prácticas cotidianas en el ámbito escolar se insisten en transmitir la información contenida en los textos sobre la energía, como si lo aparece en ellos fuera la verdad única y absoluta. Al respecto, es útil reconocer la importancia de mostrar que las teorías de la física no son un producto acabado, sobre todo cuando se busca que los estudiantes “rehagan en alguna medida, su construcción, destacando el carácter tentativo y abierto de este proceso” (Gil-Pérez, Carrascosa, Furrio, Martínez-Torregosa, 1991)

Durante algunas décadas los profesores de física, investigadores y futuros graduandos en el campo de la educación en física se han interesado por resolver tal problema; interés que se manifiesta en el número de ensayos, artículos, monografías, tesis y libros elaborados, en los cuales se hacen propuestas que tienen como fin de caracterizar y ayudar en parte a solucionar la problemática que la enseñanza de la física involucra, apoyándose en diferentes paradigmas, teorías y métodos de aprendizaje. En su mayoría estos trabajos se quedan plasmados en el papel sin que contribuyan significativamente a la transformación de las prácticas en el aula. Lo cierto es que se sigue proponiendo superar la enseñanza transmisionista de la física y se insiste en sacar la física del tablero y hacer de las actividades experimentales un centro en el trabajo del aula: se ha propuesto, entre otras cosas, recuperar experimentos realizados para la construcción y validación de leyes y teorías científicas. Es importante señalar aquí que si bien en la enseñanza de la física se acostumbra dar mucha validez a las leyes y teorías ya establecidas no hay mayor preocupación por entender y comprender de donde y por qué surgieron y en qué pensaban quienes las propusieron.

Esta es pues en primera instancia mi propuesta: “sacar a la física y su enseñanza de los tableros” y recuperar la actividad experimental para el aula de modo que los planteamientos científicos enseñados tengan significado y sentido para los estudiantes y puedan ligarlos con la experiencia que han conformado en su interacción con el mundo que los rodea, y dejen de pertenecer estos planteamientos a un mundo que les es totalmente ajeno.

Pero rescatar la actividad experimental con este propósito no es un problema sencillo. Al respecto es importante tener en cuenta la siguiente observación que hace Hodson:

“La idea predominante entre los educadores de ciencias es que la experiencia práctica es la esencia del aprendizaje científico. Sin embargo, si tenemos en cuenta la importancia que se concede a la experiencia en el laboratorio, vemos que se han realizado pocos análisis sistemáticos de los logros que se pueden obtener en el laboratorio de ciencia”. (Hodson, 1991).

Con las palabras anteriores Hodson hace ver que a pesar del reconocimiento que le suelen dar al laboratorio los profesores de ciencias, muy poco se ha hecho para superar la forma tradicional de llevar el laboratorio al aula y buscar nuevas formas de concebir la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias para erradicar la concepción de recetario que suele caracterizarla.

Moreira (1980), dice Hodson (Hodson, 1991), encontró que los estudiantes a menudo llevan a cabo prácticas de laboratorio en clase teniendo sólo una ligera idea de lo que están haciendo, sin comprender el objetivo del experimento o las razones que han llevado a escoger tal o cual práctica y con escaso entendimiento de los conceptos subyacentes. Parece que no están haciendo más que “seguir unas recetas”. Estas actividades son en general una pérdida de tiempo y lo más probable es que causen confusión y resulten contraproducentes.

En este sentido pareciera que las prácticas experimentales se convierten en otro escenario para las clases de ciencia pero no se consigue que los estudiantes comprendan y le den sentido a lo que están viendo en el laboratorio y lo relacionen con los fenómenos que los rodean. En otras palabras

la experiencia de laboratorio no contribuye a relacionar la asignatura de ciencias con lo que nos rodea. No se consigue que los estudiantes vean una relación del mundo de lo sensible (fenómenos de la naturaleza) con el mundo de las ideas que se enseñan (matematización y teorías) (Malagón y otros, 2011) y parece que la física a pesar de estudiar el universo y el comportamiento de la materia termina siendo ajena a éstos<sup>3</sup>.

Ahora surgiría una pregunta ¿por qué la actividad experimental parece no ser la solución para erradicar la desmotivación que tienen los estudiantes frente a las clases de ciencias? Y la respuesta radica en la forma como se están llevando al aula estas actividades en muchas instituciones de educación básica y media las cuales consisten, en general, en seguir unos pasos para llegar a unos resultados. En otras palabras seguir recetas que confunden más y no permiten la interacción del estudiante frente al fenómeno estudiado, se priva al estudiante de participar y poder dar su punto de vista y actuar frente a lo que está viendo.

El presente trabajo es un esfuerzo por encontrar un camino para enseñar física de tal manera que esta sea comprendida; para esto se parte de un estudio de caso que hace referencia a la comprensión y significación del concepto de energía mediante una perspectiva experimental.

Se propone entonces llevar al aula una serie de experiencias que nos ayude en principio a la comprensión del concepto de energía que según lo plantea Paul Hewitt en su libro de *Física Conceptual* podría ser uno de los conceptos más importantes en toda la ciencia, máxime si se piensa que la combinación de materia y energía forman el universo.

Es importante tener en cuenta que la física, la química y la biología por ser ciencias empíricas tienen una íntima relación con la experimentación (Ayala, M. y otros, 2011), y que a la física se le suele asignar dos rasgos característicos, considerados a su vez como rasgos del modelo de científicidad (Paty, 1999) es

---

<sup>3</sup> La caída de un cuerpo en la tierra es un fenómeno que los estudiantes encuentran a diario y que parece que con la física se pudiera dar explicación a este fenómeno, pero pasa lo contrario los estudiantes ven el fenómeno como si este fuera ajeno a lo que se les muestra en la clase de física. No se ve esa conexión del mundo que nos rodea con la enseñanza de las ciencias.

una ciencia experimental y mantiene una íntima relación con las matemáticas. En este sentido la investigación hace énfasis en lo experimental sin olvidar los aspectos matemáticos involucrados.

Con la problemática planteada anteriormente surge una pregunta problema.

## **1.2 PREGUNTA PROBLEMA**

¿De qué manera la actividad experimental se puede convertir en un medio para ayudar a los estudiantes a dar sentido y significado del concepto de energía y que les permita relacionar el mundo de las ideas con el mundo de lo sensible?

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar y fundamentar el tipo de actividad experimental que ofrezca a los estudiantes ricas y variadas oportunidades para la comprensión del concepto de energía de modo que el trabajo que realicen al respecto les permita comprender el mundo que les rodea.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

2. Avanzar en un estudio del estado del arte sobre la investigación acerca de la actividad experimental en el aula.
3. Con la ayuda de originales y fuentes secundarias indagar por el significado del concepto de energía y examinar el papel del experimento en su comprensión.
4. Hacer del experimento un espacio para que los estudiantes confronten los fenómenos observados con sus ideas y con los planteamientos que aparecen en los textos en torno al concepto de energía.
5. Diseñar las actividades experimentales pertinentes y caracterizar el proceso seguido en el aula

## **1.4 METODOLOGIA**

La metodología empleada en el desarrollo de esta investigación está a la base y es fruto de la actividad de sistematización de los procesos de

recontextualización de saberes científicos llevados a cabo con propósitos pedagógicos; metodología que se ha venido configurando de manera especial en el marco de los programas de pregrado y postgrados del Departamento de Física de la UPN y de las investigaciones del Macroproyecto “La enseñanza de las ciencias desde una perspectiva cultural: recontextualización de saberes científicos” llevadas a cabo por el grupo Física y Cultura.

El desarrollo del trabajo se realiza por medio de un análisis de textos y documentos de física que abordan problemáticas relativas a la importancia de la actividad experimental en la física y en su enseñanza, se hace una recolección de diferentes posturas frente a la actividad experimental y el papel que juega está en la enseñanza de las ciencias.

La recolección de diferentes posturas frente a la actividad experimental fue un punto de partida que dio dirección a la investigación que se presenta, aportando diferentes caminos de los cuales fue necesario configurar un punto de vista, ponerlo en práctica y recoger resultados que sirvieron para concluir que la actividad experimental en la enseñanza de la física es un camino que sirve para erradicar un poco la desmotivación de los estudiantes frente a las clases de física.

## **1.5 SOBRE EL EXPERIMENTO EN LA FISICA Y EN LA ENSEÑANZA DE LA FISICA**

J. Ferreiros y J. Ordoñez (2002) en “*Hacia una filosofía de la experimentación*” hacen notar que el énfasis en la teoría ha hecho pasar al experimento a un segundo plano en la construcción de conocimiento científico; los autores intentan darle al experimento igual importancia que a la teoría y señalan que se puede evidenciar diferentes posturas frente al papel del experimento en la construcción de teorías científicas. Hacen notar dos tendencias principales respecto al momento de producir o elaborar conocimiento científico; por un lado, está la tendencia teoreticista que adquiere su máximo poder en el siglo XIX; se pensaba la ciencia como una producción de teorías mediante unificaciones matemáticas y dándose mucha importancia a

las ideas. Por otro lado, estaba la tendencia experimentalista o empírica donde también se producía conocimiento científico pero teniendo en cuenta la experimentación, tal es el caso de Faraday quien propone lo que más tarde se convertiría en la teoría electromagnética de Maxwell. En este sentido el autor se refiere a Maxwell como un teoreticista y a Faraday como un experimentalista. Pero pensar en la teoría electromagnética de Maxwell no es posible sin pensar antes en los experimentos que realiza Faraday; en otras palabras Maxwell de una u otra manera necesita de la experimentación para unificar su teoría electromagnética, así él no la haya realizado.

La discusión radica en intentar dar orden al conocimiento científico y poder definir que la teoría ocupa un primer lugar y que luego se valida con un experimento, o que el experimento es primero y da lugar a una idea que más tarde se convierte en teoría. En contraste, S. Hacking piensa que la ciencia debe ser pensada como un híbrido entre estos dos puntos de vista. Por un lado la filosofía (lógica, teorización y argumentación) y por otro el experimento (técnica, manipulación y observación). La ciencia moderna es un híbrido entre teoría y experimento al cual Hacking llamó filosofía técnica.

Para entender un poco más el conflicto entre teoreticistas y experimentalistas, y el problema de ubicar primero a la teoría y luego al experimento o viceversa, se proponen dos maneras de concebir al experimento. La primera es la experimentación exploratoria que a su vez puede ser cualitativa o cuantitativa y hace referencia a producir conocimiento científico accidentalmente, algo análogo a por ejemplo, descubrir una isla en el pacífico, (correspondería a lo que se afirma del experimento de Oersted sobre la observación inicial de la interacción corriente-imán). La segunda se refiere a la experimentación guiada que a su vez se divide en cualitativa y cuantitativa que podría referirse a darle condiciones iniciales al experimento, aislarlo y prepararlo para llegar a donde se quiere llegar. Entonces de acuerdo a lo anterior se puede pensar en esas formas de pensarse el conocimiento científico y que escoger alguna de ellas dependería del artista.

Por otro lado Hodson, refiriéndose a las prácticas experimentales en el contexto educativo, en un trabajo titulado *"hacia un enfoque más crítico del*

*trabajo de laboratorio*”; se expresa frente al experimento como una pérdida de tiempo en donde los estudiantes finalmente nunca observan nada en la actividad experimental y terminan llegando a donde el docente quiere que lleguen, acabando más confundidos que antes. Así mismo plantea, como se dijo anteriormente, que a pesar de que desde los años 50 del siglo pasado se ha tratado de cambiar una enseñanza basada en contenidos involucrando actividades de laboratorio en las clases de ciencias, se ha trabajado muy poco en cuanto a los resultados que se pueden obtener al momento de hacerlo.

En este sentido en este trabajo se desarrollan algunas actividades experimentales al respecto de la energía con el fin de dar cuenta cómo es que la actividad experimental en la clase de ciencias contribuye a dar una mejor comprensión o por lo menos a mejorar el panorama que tienen los estudiantes sobre la ciencia. Con su incorporación a la clase de física se buscará que los estudiantes se planteen preguntas, confronten sus ideas, intervengan en la elaboración de los dispositivos necesarios y orienten sus acciones en la indagación experimental. Superar la dicotomía entre lo teórico y conceptual y lo experimental y ver estas dos actividades como actividades que se colaboran mutuamente en el proceso de comprensión de su entorno físico es un propósito que ha orientado este trabajo.

## **1.6 SOBRE EL CONCEPTO DE ENERGIA<sup>4</sup>**

Hasta aquí se ha discutido la problemática general del experimento y de la actividad experimental en el aula. Esta sección del capítulo la dedicaremos a mostrar la importancia y formas de abordar el concepto de energía. Iniciaremos con el planteamiento de Paul Hewitt en su libro de física conceptual con el fin de hacer notar lo importante que es el concepto de energía en la física y en su enseñanza. Destacaremos luego algunas concepciones que se tienen sobre

---

<sup>4</sup> Respecto al concepto de energía hay muchos trabajos a nivel institucional, nacional e internacional, pero se ha tomado como base el trabajo de MORENO, R. (2011) “La actividad experimental y la fenomenología en torno a la energía mecánica en el libro titulado “el experimento en el aula” publicado por los profesores; Francisco Malagón, María Mercedes Ayala y Sandra Sandoval”. Así mismo se han leído los originales de Joule retomados y publicados en el libro titulado ENERGY: Historical development of the concept, editado por Lindsay, R. B. (s.f.). De otro lado también se ha tomado como base el artículo titulado “ROMERO, A. y otros, (2006)La convertibilidad de los fenómenos y la conservación de la energía”.

la energía en la física y en su enseñanza según lo planteado por R. Moreno, 2011. Posteriormente se presentan algunas ideas de J. Joule con el fin de comparar dichas ideas con las planteadas en libros universitarios como el de Hewitt y en trabajos como el de R. Moreno y perfilar de esta manera la postura que adoptamos en este trabajo para orientar la actividad experimental en torno a la exploración y elaboración del concepto de energía.

Quizás el concepto más importante de toda la ciencia sea el de la energía. La combinación de energía y materia según Hewitt forman el universo: se suele considerar que la materia es sustancia en tanto la energía es lo que mueve la sustancia. Es fácil entender la idea de materia en tanto la materia es todo lo que nos rodea, lo que podemos ver, oler y sentir, además tiene masa y ocupa un lugar en el espacio. En cambio la energía es abstracta no la podemos ver oler ni sentir.

*“Newton no considera la idea de energía en su mecánica y sobre esta no se debatió sino hasta 1850, aunque la energía es muy familiar en la vida diaria y cualquier persona sin importar su nivel educativo se refiere en algún momento de su vida a esta palabra. Resulta difícil definir este concepto pues este no es solo una cosa sino que también es un proceso: las personas, lugares y cosas tienen energía, aunque normalmente observamos la energía solo cuando se transforma o se transfiere. Nos llega en forma de ondas electromagnéticas del sol y las recibimos en forma de energía térmica, es captada por las plantas y une las moléculas de materia; está en el alimento que comemos y la recibimos otra vez de la digestión. Incluso la materia misma es energía embotellada como lo ilustra la famosa ecuación de Einstein. (Hewitt, 1999, p. 90)”*

La cita anterior nos permite ver la complejidad del concepto de energía y las dificultades que se pueden tener en su comprensión. Mientras en el libro “física conceptual” de Paul Hewitt se admite que la energía no es algo sustancial sino por el contrario es algo que no podemos ver, oler ni sentir, en la mayoría de textos escolares se tiende a presentar ésta de una manera sustancial con la típica definición que la energía es la capacidad que tiene un cuerpo para realizar trabajo., como si fuera un combustible, como si fuera algo para ser gastado Si se tiene en cuenta la termodinámica la definición anterior se queda corta. La termodinámica básicamente demostró –dice Hewitt– que la definición más común sobre la energía “*capacidad que tiene un cuerpo para realizar trabajo*” no era válida al momento de generalizar el concepto. Pero el problema, a nuestro parecer no es ese, el problema radica

en que a pesar de que los físicos se dieron cuenta de lo erróneo que se tornaba la definición, aun así en el siglo XXI seguimos poniendo esta definición en los libros y la seguimos transmitiendo en las aulas de clase. De otra parte, Hewitt enfatiza el carácter abstracto que tiene la energía puesto que nuestros sentidos no la reconocen. En este orden de ideas, si pensamos en relacionar la definición matemática con la práctica experimental lo mínimo que esperarían los estudiantes sería ver o encontrar a la energía y terminarían más confundidos y desmotivados debido a que a pesar que se cambió la clase de tablero por una actividad experimental nunca lograrían encontrar la energía (nunca se ve), ubicados en esta perspectiva sustancial (de sustancias tangibles y sustancias intangibles) y podrían pensar que si no se ve no se entiende; cosa que nos llevaría también a repensar el papel del experimento.

Hasta el momento se ha descrito el problema de pensar la energía como una sustancia, como un ente con el que podemos interactuar. Las prácticas docentes y científicas han mostrado que a pesar de que la energía es una magnitud que se conserva y que debido a esto le podemos asignar un número, no se puede relacionar a esta cantidad un corpúsculo o un fluido de tal manera que sea evidente el paso de esta cantidad de un lugar a otro y que sea detectada por la vista o sentidos humanos.

Esto conduce a preguntarse por el significado físico que debe dársele al concepto de energía desde la clase de física, pues si es algo con existencia física ¿dónde y cómo se puede hacer tangible? La respuesta debe estar en que se debe formular una visión de la energía que permita actuar y comprender el fenómeno, que esté de acuerdo con las experiencias diarias y que no entre, de esta manera, en conflicto con el sentido común, es decir, que sea de alguna manera inteligible. Esto pone de manifiesto que en las prácticas docentes cotidianas se da una imagen poco clara del concepto de energía y por tanto la necesidad de mostrar otro punto de vista.

Ahora bien, en el trabajo realizado por R. Moreno, 2011 se resaltan algunas concepciones que se suelen tener sobre la energía en el ámbito educativo las cuales se mencionan a continuación:

- 1) **CAPACIDAD:** indica que hay una condición física que es inherente a los cuerpos y que está en potencia de ser desarrollada ósea es un combustible que existe simultáneamente con los cuerpos y que puede evolucionar.
- 2) **COMO UNA PROPIEDAD:** se asume como una cualidad como el color, la forma, el olor, una condición que es calificable perceptible por los sentidos y caracterizable.
- 3) **COMO UNA MAGNITUD:** que es asociada a los objetos y que es capaz de manifestarse por distintas formas es como un ente animado, algo que es capaz de movilizarse y cambiar de apariencia, una cosa real.(MORENO, R, 2011,)

En los tres casos se suele asignar a la energía un carácter sustancial por esta razón se convierte en algo que hay que descubrir y que es susceptible de ser medido. Esta concepción ontológica de la energía plantea un conflicto en el momento de abordar su enseñanza desde una perspectiva experimental ya que cuando se tiene esta clase de imaginario, como ya dijimos, lo mínimo que esperan los estudiantes es interactuar de manera directa con la magnitud objeto de estudio y esto resulta ser un gran problema al momento de utilizar la experimentación debido a que se encontraría cambios en la disposición espacial objeto o cambios en sus estados de movimiento, cambios en su temperatura cuando lo que se espera es ver la energía y sus cambios.

Por otro lado, señala R. Moreno, la energía debe ser pensada como una cantidad que se conserva y que obedece a una ecuación es decir la energía deja de ser algo sustancial y pasa a ser una expresión matemática, un numerito que se mantiene en sistemas físicos aislados, convirtiéndose el problema en un manejo de algoritmos cuando se debería tener un sustento cualitativo en la construcción de cada magnitud *“los seres humanos no piensan con fórmulas debido a que las formulas son producto de un razonamiento sobre determinado fenómeno y podría ser expresado con palabras en el lenguaje común”*.

Se plantea entonces apelar a situaciones donde se involucre la experiencia sensible: intentando relacionar lo sensible con cambios que se reducen inicialmente a dos clases y que pueden ser percibidos por los sentidos, estos se refieren a: **cambios en la configuración geométrica (variación de posición, de alturas y deformaciones es decir de geometría o forma del sistema) y cambios en los estados de movimiento.** (MORENO R, 2011)

En este sentido se podría pensar en la energía como una magnitud que permite abordar fenómenos y que no sería posible dar cuenta de esta

directamente utilizando los sentidos si no que se podría pensar su existencia en términos de los efectos producidos como son los cambios que se suceden en un sistema. Entonces sería necesario por tanto proponer una nueva definición respecto a la energía no como algo sustancial si no como una magnitud que permite conectar diferentes fenómenos.

En este contexto aparece la energía como una magnitud que permite relacionar los cambios de un sistema teniendo como fundamento la convertibilidad de los fenómenos, el principio de causalidad, la conservación de los efectos y el carácter sistémico involucrado en su análisis. Así, la energía deja de ser una sustancia y pasa a ser **una magnitud que está relacionada con los cambios o procesos de transformación en la naturaleza**, que sirve de puente para el análisis de la convertibilidad de los fenómenos permitiendo moverse con ella por las teorías físicas. (MORENO R, 2011)

La propuesta es, pues, aterrizar el concepto en la unificación de causas y efectos en un sistema, construyendo una magnitud que permita abordar el comportamiento de éste en términos de sus cambios de configuración, movimiento, y cambios de otro tipo, (de temperatura, de estado eléctrico, químico, etc.) y que hable sobre la manera en que estos están acoplados, de tal forma que cobre especial significado en situaciones cotidianas.

Partiendo entonces de que la energía no es algo que pueda ser visible por los estudiantes y dejando claro que así se cambie una clase de tablero por una clase experimental, los estudiantes sólo llegarían a ver a la energía fluyendo de un lugar a otro con los ojos de la razón al ligar un cambio con otro, se propone, entonces no observar la energía sino más bien los cambios que experimentan los cuerpos y sistemas. Para esto se hace un análisis del artículo "*la convertibilidad de fenómenos y la conservación de la energía*" (A. Romero y otros, 2009) con el fin de allegar nuevos elementos para comprender que la energía no es algo sustancial sino más bien una forma de ver el mundo en términos del acoplamiento de los cambios que se suceden en los sistemas y de este modo como una forma de ver al universo como una cadena de cambios y transformaciones.

Esto último lleva a pensar en la convertibilidad de fenómenos y a retomar los planteamientos de Joule como punto de partida para ligar fenómenos tangibles con magnitudes que solo son posibles si observamos cambios en dichos fenómenos y tratamos de cuantificar dichos cambios, que quedan claramente expuestos en su conferencia de 1874 en la Sala de Lectura de la St. Ann's Church, en Manchester 1874, cuya traducción presentamos a continuación.

*“Uno se puede dar cuenta de que la energía de la que se ha estado hablando es una de las cualidades más importantes de la que la materia puede estar dotada y, en tanto, sería absurdo suponer que puede ser destruida o aun disminuida sin que se produzca el equivalente de atracción a través de una cierta distancia de la cual hemos estado hablando. Entonces se sorprenderán de escuchar que hasta hace muy poco tiempo la opinión universal ha sido que la fuerza viva podría ser absoluta e irrevocablemente destruida a voluntad. Así, cuando un peso cae al suelo, se ha dado por supuesto en general que su fuerza viva era aniquilada totalmente y que el trabajo que podía haber sido gastado en elevarlo al nivel desde el que cayó, era totalmente tirado y malgastado, sin producir ningún efecto permanente. Podemos razonar a priori que no es posible que tal destrucción absoluta de la fuerza viva tenga lugar, porque es tan manifiestamente absurdo suponer que los poderes con los que Dios dotó a la materia puedan ser destruidos, como que los mismos puedan ser creados por la acción del hombre; pero este argumento, aunque decisivo para toda mente desprejuiciada, no es el único que poseemos. La experiencia común de todos nosotros nos enseña que la fuerza viva no es destruida por la fricción o colisión entre los cuerpos. Tenemos razones para creer que estas manifestaciones de la fuerza viva en nuestro globo son, en el momento presente, tan extensas como las que han existido en cualquier momento desde su creación o, en cualquier caso, desde el diluvio; que los vientos soplan tan fuertemente o que los torrentes fluyen con la misma impetuosidad ahora, como [lo hacían] en el remoto período de hace 4000 o aun 6000 años atrás; y sin embargo tenemos la certeza de que, a lo largo de ese vasto intervalo de tiempo, los movimientos del aire y del agua han sido incesantemente obstruidos e impedidos por la fricción. Podemos concluir entonces con certeza, que estos movimientos de aire y agua que constituyen la fuerza viva no son aniquilados por la fricción. Los perdemos de vista, ciertamente, por un tiempo; pero encontramos que se reproducen nuevamente. Si no fuera así, es perfectamente obvio que hace muchísimo tiempo que la naturaleza hubiera llegado a detenerse. Entonces podemos preguntarnos, ¿cuál es la causa de esta aparente anomalía? ¿Cómo es que a pesar de que en casi todos los fenómenos naturales somos testigos de la detención del movimiento y la aparente destrucción de la fuerza viva, encontramos [sin embargo] que no ha ocurrido desperdicio o pérdida de fuerza viva? La experimentación nos ha permitido responder a estas preguntas de manera satisfactoria; pues ha sido mostrado que, en cualquier situación donde la fuerza viva es aparentemente destruida, se produce un equivalente que, con el correr del tiempo, puede ser reconvertido en fuerza viva. Este equivalente es el calor. La experimentación ha mostrado que en cualquier situación en que la fuerza viva es aparentemente destruida o absorbida, se produce calor. El modo más frecuente por el que la fuerza viva es convertida en calor es por medio de la fricción. La madera frotada contra la madera o contra cualquier cuerpo duro, el metal frotado contra el metal o contra cualquier otro cuerpo, en síntesis, todos los cuerpos, sólidos o aun líquidos, frotados unos contra otros, son invariablemente calentados, a veces incluso a tal punto como para volverse al rojo vivo. En todos estos casos la cantidad de calor producida está invariablemente en proporción al esfuerzo empleado en frotar los cuerpos juntos, esto es, a la fuerza viva absorbida. Por quince o veinte golpes fuertes y rápidos de un martillo sobre el extremo de una barra de hierro de 1/4 de pulgada de diámetro colocada sobre un yunque, un herrero experto logrará que dicho extremo se ponga al rojo vivo. Aquí el calor es producido por la absorción de la fuerza viva del martillo que desciende hacia el hierro blando; y que este es el caso lo demuestra el hecho de que el*

*hierro no puede ser calentado si es convertido en algo tan duro y elástico como para transmitir la fuerza viva del martillo al yunque. (Joule, 1874)".*

En esta conferencia Joule hace notar que la energía no es otra cosa que una magnitud que da cuenta del acoplamiento de los cambios que experimenta un sistema: por ejemplo, cambios de configuración como puede ser la disminución de la altura de un cuerpo respecto a tierra que va acompañado de un incremento del movimiento de éste y la cesación de dicho movimiento cuando golpea la tierra está a su vez ligada a la aparición de calor. También puede entenderse como una magnitud que da cuenta de la conversión de un fenómeno en otro, gravitacional *“atracción a través de una cierta distancia”*, en movimiento, en calor, en deformación elástica, etc.

## Capítulo II

### 2. LA ENERGÍA, LA CONVERTIBILIDAD DE FENÓMENOS Y EL EXPERIMENTO

A la luz de las consideraciones planteadas en el capítulo anterior se puede afirmar que la energía es una magnitud utilizada en la física para dar cuenta de fenómenos naturales, en donde lo que se pierde en algún lugar reaparece en otro con manifestaciones iguales o diferentes. En este sentido la energía como magnitud física tiene un doble carácter: un carácter cuantitativo por cuanto involucra una asignación numérica (su medida), y por otro lado tiene un carácter cualitativo que hace referencia a ciertos rasgos o comportamientos de los fenómenos de los cuales se quiere dar cuenta. Ahora, dado que a la energía no se le da en este caso un carácter sustancial o existencia ontológica debe buscarse una conexión entre ese número asignado y el carácter físico que le corresponde; precisamente, establecer esa conexión es el problema que ha orientado el presente trabajo, conexión que se pretende elaborar a través de algunas actividades experimentales. En este contexto es relevante tener en cuenta la siguiente cita, máxime cuando no se dispone de un medidor de energía<sup>5</sup>.

La medición es el aspecto más destacado cuando se trata de caracterizar la actividad experimental, particularmente en la física. Se acostumbra identificar la medición con la acción o proceso por el cual se asignan números a atributos de entidades del mundo físico mediante la aplicación de un instrumento adecuado para medir la propiedad en cuestión del cuerpo o sistema considerado. Sin embargo asumir la medición como una práctica compleja que involucra, entre otras cosas, no solo preparar aquello que es objeto de medición si no también la forma de medirla y los dispositivos con los que se hace esta medición, puede significar un cambio sustantivo en la forma de entender la actividad experimental además de transformar este proceso en un interesante objeto de estudio en el momento de analizar las prácticas experimentales. (MALAGÓN, J.F.y otros, 2011).

---

<sup>5</sup> No existe un instrumento especializado en la medición de la energía

Entonces es necesario pensar en el tipo de fenomenología en torno al cual se pueda desplegar la actividad experimental que permita construir y medir una magnitud como es la energía. Se encuentra, como se planteó en el capítulo anterior en la convertibilidad de fenómenos y en los planteamientos de Joule el punto de partida para ello. Esto permite ligar fenómenos tangibles con magnitudes que sólo son posibles si observamos cambios en dichos fenómenos, permite establecer relaciones entre ellos y encontrar la forma de cuantificar dichas relaciones, encontrando con ello la magnitud que se conserva en estos procesos de conversión de un cambio en otro y manera de llegar a la energía y a su medida. Pues es claro que no es posible pensar la causa sin un correspondiente efecto, y es necesario pensar en el efecto subsiguiente de éste y así con esta cadena causal establecida seguirle la pista a lo que llamamos energía.

Según Joule, las propiedades comunes a todos los cuerpos son la gravedad y la inercia, mientras que entre las propiedades que son variables y que de paso permiten diferenciar entre cuerpos se encuentra la llamada *fuerza viva* (*fuerza gastada en poner un cuerpo en movimiento*). Para Joule la fuerza viva es una fuerza **que se gasta** para poner un cuerpo en movimiento y que **se transmite** de un cuerpo a otro y es llevada por el cuerpo al cual se ha transmitido, existiendo con él y en él a través de todo el curso de su movimiento. Pero como una causa no puede desaparecer sin que se aparezca el correspondiente efecto, así, en términos de Joule, la fuerza viva no puede destruirse sin producir su equivalente de atracción gravitacional, ya sea otro movimiento, la deformación de un resorte o también producción de calor<sup>6</sup> (ROMERO, A. y otros al., 2009).

Existen varias formas de producir o comunicar fuerza viva, pero dado que de acuerdo con la experiencia, las formas más comunes de producirlas es por medio de la acción gravitacional y de la acción de deformación de un resorte deformado, se dice que la fuerza viva es equivalente, tanto a la acción de la gravedad como a la acción de deformación de un resorte a través de una distancia dada. (ROMERO, A., 2009)

Para esto a continuación se analizan algunos fenómenos mecánicos y otros térmicos con el fin de resaltar cómo cambios de una clase producen cambios de otra clase. Se debe aclarar que se utilizaran fenómenos mecánicos donde

---

<sup>6</sup> Planteamiento que le permite determinar el equivalente mecánico del calor

se deje ver, por ejemplo, cómo la pérdida de altura va ligada al aumento de velocidad, o a la deformación de un resorte. Esto con el fin de resaltar que pérdidas de alguna clase producen ganancias de otra, para que más adelante se facilite el análisis del experimento que propone Joule en donde pérdidas de alturas producen incrementos de temperatura.

## **2.1 CONVERTIBILIDAD DE FENOMENOS MECÁNICOS**

A continuación se plantea una ruta didáctica con la que se pretende que con un análisis puramente cualitativo de los dos primeros fenómenos presentados que involucran *casos mecánicos de movimiento, atracción gravitacional y deformación de resortes* los estudiantes se acerquen a la idea de *convertibilidad de fenómenos*.

Posteriormente viene un tercer fenómeno donde la finalidad es encontrar la relación Galileana entre alturas y velocidades para avanzar hacia el plano cuantitativo y aproximarse a las expresiones matemáticas de la energía cinética y potencial. De igual manera se realiza toda una reconstrucción y demostración cinemática para la relación  $v^2 = 2gH$ , la cual se puede obtener directamente del principio de conservación haciendo un despeje, pero no es el objetivo del trabajo que se propone, puesto que el fin de este trabajo es relacionar las leyes y teorías establecidas con los trabajos experimentales que llevaron a postular tales teorías para este caso se trabaja con el concepto de energía.

## **2.2. PRIMER FENOMENO: MOVIMIENTO Y ATRACCIÓN GRAVITACIONAL**

Para el caso de lanzar un objeto hacia arriba, al momento de dotar de poder de movimiento a dicho cuerpo, si pudiéramos erradicar la interacción entre cuerpos a distancia y eliminar fricción, es de esperar que dicho cuerpo mantenga su movimiento con velocidad constante y nunca se detenga, a menos que algún tipo de interacción con este cuerpo entre en juego. Sería algo que se esperararía a partir de la primera ley de Newton o ley de la inercia.

Pero si no cancelamos de alguna manera la interacción cuerpo- tierra entonces la experiencia muestra es que al lanzar un cuerpo hacia arriba con cierto poder de movimiento o fuerza viva, dicho cuerpo empieza a perder poder de movimiento a medida que gana altura respecto a la tierra y en cierto momento su dirección de movimiento cambia de orientación y se repite el movimiento pero ahora de manera inversa. Puesto que al lanzar el objeto, éste arranca con una velocidad inicial y a medida que va ganando altura va perdiendo velocidad hasta obtener una altura máxima cuando su velocidad se anula; lo contrario pasa cuando el objeto empieza a descender partiendo en este trayecto con una velocidad inicial nula, a medida que desciende va ganando velocidad de modo que al volver al punto del cual partió, si no hay pérdidas, se debe obtener la misma velocidad que inicialmente se le dio. **Así se puede pensar que ese poder que se le da al objeto inicialmente cuando se lanza hacia arriba tiene un equivalente gravitacional.** O sea que, hablando de cantidades, si le aplico un poder de 30 unidades hacia arriba pues este poder se verá compensado con una atracción gravitacional de 30 unidades correspondientes a la altura alcanzada. Es decir, se invierten 30 unidades de poder de movimiento para elevar el cuerpo a una altura (h), que según los planteamientos de Leibniz dicha altura será proporcional a la velocidad inicial de ascenso elevada al cuadrado. Luego si se lanza un cuerpo verticalmente hacia arriba, llega a un instante en donde su velocidad es cero y por tanto el poder del cual se dotó inicialmente se fue perdiendo a medida que ascendía pero no se pierde del todo, puesto que si bien se perdió velocidad se ganó una altura, con la cual en caída puede recuperar la velocidad con la que se le dotó en el punto de partida. Es decir, que no ha perdido nada, sólo se ha dado una transformación de velocidad en altura (hay una correspondencia entre velocidad perdida y altura ganada, o mejor de movimiento en atracción gravitacional y viceversa. Dicho en otras palabras, el cuerpo gasta todo su poder de movimiento recorriendo una altura, de modo que en la medida que lo va perdiendo, va ganado un poder gravitacional; luego, pasa lo contrario, se empieza a perder altura pero se va ganando velocidad. Ahora la pregunta sería ¿Qué pasa cuando el cuerpo llega nuevamente a su punto de partida y queda finalmente en reposo? ¿Dónde quedo el poder de movimiento? Esta pregunta

seguramente se podría responder basándonos en el trabajo alrededor del segundo fenómeno.

### **2.3 SEGUNDO FENOMENO: ATRACCIÓN GRAVITACIONAL, MOVIMIENTO Y DEFORMACIÓN DE UN RESORTE**

Supongamos, ahora, un riel en donde no hay rozamiento y supongamos que en un extremo del riel hay un resorte suspendido de tal manera que si se lanza hacia el resorte una pelota desde una distancia  $x$ , es de esperarse que al chocar la pelota con el resorte le produzca un cambio en su configuración (deformación); dicho cambio no es producto de la nada sino del poder que inicialmente se le brinda a la pelota al imprimirle una cierta velocidad. Y así, si existe una cantidad que se conserva entonces es de esperarse que la pelota después de comprimir el resorte vuelva a su punto de partida con la misma velocidad con la que fue lanzada; se podría decir que todo el poder del cual fue dotada la pelota al imprimirle movimiento se convierte en una longitud de deformación del resorte, de modo que cuando el resorte llega a su estado de máxima compresión la pelota ha perdido todo su poder de movimiento y lo que se pierde en compresión se gana en velocidad y viceversa. Esto implica que dicho resorte al estar comprimido tiene ahora un poder que se pone de manifiesto y se va disminuyendo en la medida en que el resorte le va imprimiendo movimiento al cuerpo al irse descomprimiendo; efectivamente podríamos observar que ahora es el resorte quien dota de poder de movimiento a la pelota.

Tratando, ahora, de fusionar este fenómeno con el trabajado en la sección anterior consideraremos el siguiente caso: se toma una pelota y se lanza verticalmente hacia arriba dotándola de un poder de movimiento, al cabo del tiempo es de esperarse que dicha pelota ya no siga subiendo más a causa de la interacción gravitacional con la Tierra. Como se ha descrito anteriormente la pelota alcanza una altura máxima producto de un poder inicial que le da mi mano, ahora la pelota empieza a perder esa altura que recorrió a causa del poder que le proporciono mi mano y supongamos que hay un resorte en tierra

situado en la posición que estaba inicialmente mi mano. Entonces la pelota golpearía al resorte al caer y suponga se pueda obviar variables que me afecten el movimiento de la pelota verticalmente, es de esperarse que la pelota alcance exactamente la misma altura que alcanzó cuando mi mano le dotó de poder; y, entonces. Si no existieran factores como el de fricción con el aire. Se podría pensar en un movimiento perpetuo (la pelota pasaría el resto de su existencia oscilando entre la altura máxima y el resorte de tal manera que nada se perdería) ver figura.

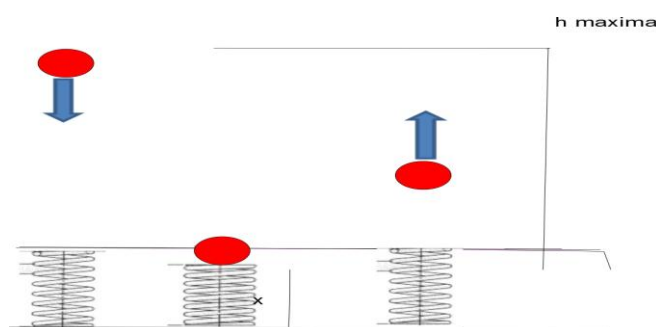


Figura 1

Con los fenómenos anteriores se puede mostrar que existe una cantidad numérica (magnitud) que se conserva y sería de gran ayuda diseñar un tipo de actividades de este tipo para empezar una investigación sobre la energía y el papel que juega el experimento en su comprensión.

Antes de pasar a trabajar fenómenos térmicos con el fin de llegar más a fondo en cuanto a la convertibilidad de fenómenos que es el eje estructurante del trabajo que se quiere realizar en el aula de clase en torno a la construcción de significado del concepto de energía, es necesario analizar un tercer fenómeno mecánico el cual también será de gran ayuda para poder dar cuenta que la energía no es otra cosa que una magnitud que se conserva y que por ende no se hace tangible si no en forma de cantidad (valor numérico).

Antes de empezar con los siguientes fenómenos quiere dejar claro que el trabajo se remite a la cinemática de Galileo para tratar de hablar de mediciones. En otras palabras es necesario retomar a Galileo y a su cinemática para poder calcular cuantitativamente los cambios involucrados en la

constitución de una magnitud física como lo es la energía. Por esto se acude a demostrar las ecuaciones de la cinemática para finalmente poder decir que el cuadrado de la velocidad es proporcional a la altura de caída ( $H$ ).

## 2.4 TERCER FENOMENO: EL EXPERIMENTO DE GALILEO, HACIA LA MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD

Con el fin de encontrar velocidades alcanzadas al descender una esfera por un plano inclinado y relacionar alturas con distancias o alcances horizontales, Para ser más explícito se propone representar el fenómeno mediante la siguiente gráfica.

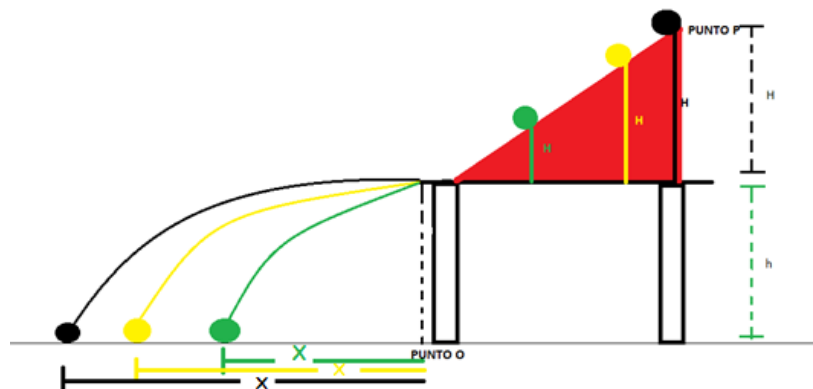


Figura 2

En la gráfica se representa un cuerpo esférico que rueda sobre un plano inclinado, se utiliza una superficie horizontal para dar cuenta de la distancia que es capaz de alcanzar el cuerpo gracias a la velocidad producto de la interacción gravitacional con la Tierra. Inicialmente se tiene al cuerpo en reposo y existe un poder debido a la altura a la que se encuentra respecto a Tierra, este poder está listo para ser usado al momento de dejar libre el cuerpo, pero hay que tener en cuenta la altura ( $H$ ) a la cual está elevado dicho cuerpo respecto al plano de la mesa que es el nivel de referencia que se tomará para empezar a variar alturas ( $H$ ).

Cuando esta altura se hace cero el poder gravitacional inicial, a una altura  $H$ , se ha convertido todo en un poder de movimiento en el nivel más bajo del plano inclinado, (dejando de lado las pérdidas por rozamiento y fricción), donde inicia un movimiento parabólico con una velocidad inicial horizontal debido a la

curvatura que se le ha dado al plano en la zona más baja de éste, lográndose un alcance horizontal  $x$  que es proporcional a la velocidad horizontal de proyección de la esfera y por ende a la velocidad alcanzada por la esfera al caer la altura  $H$  a lo largo del plano, dado que la altura de caída en el movimiento parabólico es para todos los casos que se pueden considerar para el descenso a lo largo del plano inclinado la misma, la altura de la mesa. De esta manera  $x$  puede ser tomada como una medida de ésta velocidad.

*Galileo hizo una estructuración del movimiento de un proyectil, relacionando el fenómeno de caída y el movimiento horizontal; logra así definir la forma de medir la velocidad instantánea en términos del alcance horizontal de un cuerpo cuando es lanzado horizontalmente con esta velocidad. (Ayala y otros- op.cit – en la 1ª nota).*

Parte de esta estructuración hecha por Galileo se vuelve objeto de estudio por científicos y estudiantes de ciencias, tal es el caso de estudiantes de la Universidad autónoma de México quienes publican en el año 2003 en la Revista Mexicana de Física un artículo titulado “*La obra de Galileo y la conformación del experimento en la física*” (Álvarez. J y Posada V.2001). La finalidad de los autores es mostrar que los experimentos de Galileo fueron reales y no como se especula que basaba sus afirmaciones en pensamientos puramente lógicos. Presentan en su trabajo una descripción clara de los experimentos de Galileo y de sus obras principalmente de “*los Discorsi*”. Con lo anterior descrito me permito realizar una descripción detallada de los supuestos pasos que siguió Galileo en su experimento de planos inclinados y cómo fue que relacionó este movimiento con el movimiento en dos dimensiones (parabólico).

Según los autores fue el marqués Guidobaldi del Monte quien ofrece la idea a Galileo de dejar caer una esfera entintada por un plano inclinado como lo muestra la figura 2, y hacer notar la trayectoria de esta cuando ha abandonado el plano pudiendo encontrar una relación entre un movimiento cuasi vertical y un movimiento horizontal. Según los autores puede demostrarse que la velocidad  $V_n$  de la esfera que rueda por el plano inclinado de altura  $H_n$ , al dejarlo es:

$$V_n = \left(7g \frac{H_n}{10}\right)^{1/2} \quad \mathbf{1}$$

Mientras que para el tiempo de caída de la esfera desde el extremo inferior del plano hasta el suelo se debe resolver de la ecuación:

$$(V_n \operatorname{sen} u)T_n + \frac{g}{2} T_n^2 = h \quad \mathbf{2} \quad (n = 1, 2, 3, 4..)$$

Y así el desplazamiento horizontal podría calcularse mediante la ecuación:

$$x_n = (V_n \operatorname{sen} u)T_n \quad \mathbf{3}$$

Donde ( $u$ ) es el ángulo de inclinación del plano,  $h$  es la altura de la mesa sobre la que descansa el plano,  $T_n$  es el tiempo que tarda la canica en llegar desde el extremo inferior del plano hasta el piso cuando es lanzada de una altura  $H_n$  (ver figura 2).

Teniendo estas ecuaciones que para los autores es fácil demostrar, solo quedaría remplazar datos tenidos en cuenta al realizar la reconstrucción del montaje experimental.

Naylor y Hill hicieron por separado la reconstrucción del experimento hecho por Galileo y utilizando las tres ecuaciones anteriores llegan a valores muy cercanos a los expuestos por Galileo en su obra "*los Discorsi*". Los autores en sus respectivas reconstrucciones utilizan las ecuaciones 1, 2 y 3 para calcular los datos, pero según la obra de Galileo, él no utilizó las ecuaciones descritas anteriormente al realizar sus cálculos. Es claro que en la primera ecuación se involucra para el cálculo de la velocidad un algoritmo matemático que se deriva del principio de conservación de la energía mecánica (véase nota 5<sup>7</sup>). Se tiene

---

<sup>7</sup> Teniendo en cuenta la conservación de la energía mecánica tenemos que la energía cinética de la esfera en el punto más bajo del plano,  $k$ , es igual a la energía potencial cuando ésta se encuentra en el punto del plano a la altura  $H$ , donde su velocidad es nula,  $mgH$ ; luego  $k$  es igual a  $mgH$ ; pero la energía cinética es la suma de la energía cinética de traslación de la esfera más la energía cinética rotacional de la misma; de allí que se involucra en la ecuación el momento de inercia de la esfera y aparece la ecuación 1 mencionada anteriormente

$$k = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2} \frac{2}{5}mr^2 \frac{v^2}{r^2} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{5}mv^2 = \frac{7}{10}mv^2 = \frac{1}{5}mv^2$$

Como  $k = mgH$ , al hacer el despeje de la velocidad se obtiene la ecuación 1

en cuenta que la esfera en todo su trayecto tiene una única energía que es igual a la suma de la energía cinética de la esfera (rotacional y translacional) y la energía potencial gravitacional, de aquí que resulte imposible que Galileo hubiese involucrado en sus cálculos este tipo de ecuación, ya que en la época Galileana los estudios al respecto de la energía no se habían desarrollado. Es casi dos siglos después de Galileo que Joule y Meyer toman cartas en el asunto. Y al respecto entonces es pertinente formular la siguiente pregunta: *¿cómo es que Galileo logra plantear que el cuadrado de la velocidad es proporcional a la altura desde la cual se deja rodar la esfera?*

Para esto Galileo se ocupó de estudiar la caída de los cuerpos en donde encontró que la distancia recorrida por un cuerpo en caída era proporcional al cuadrado del tiempo gastado en ello; en este orden de ideas si en la primera unidad de tiempo el cuerpo recorre la unidad de distancia, en la segunda unidad de tiempo el cuerpo recorre ya no dos unidades de distancia si no cuatro unidades de distancia como lo muestra la figura (Figura 4); de allí que el cuerpo aumenta su velocidad a medida que se aleja del punto de partida. Más aún que la velocidad del cuerpo aumenta de manera proporcional al tiempo de caída. Así si se supone que Galileo tuvo un trabajo experimental en donde encuentra una relación entre las distancias de caída y el tiempo gastado en recorrer dichas distancias de modo que se llegue a concluir que la relación existente es que la distancia es proporcional al tiempo al cuadrado es decir que si en una unidad de tiempo el cuerpo recorre la unidad de distancia en dos unidades de tiempo el cuerpo recorre ya no dos unidades de distancia si no cuatro, en tres recorrerá 9 unidades de distancia. Se puede dar cuenta que la primera relación que encontró Galileo es que la distancia recorrida es proporcional al cuadrado del tiempo. Galileo supone que la velocidad es proporcional al tiempo. En los discursos Galileo parte del supuesto que la velocidad de un cuerpo que parte del reposo crece proporcionalmente con el tiempo véase figura 4. Y a partir de ello

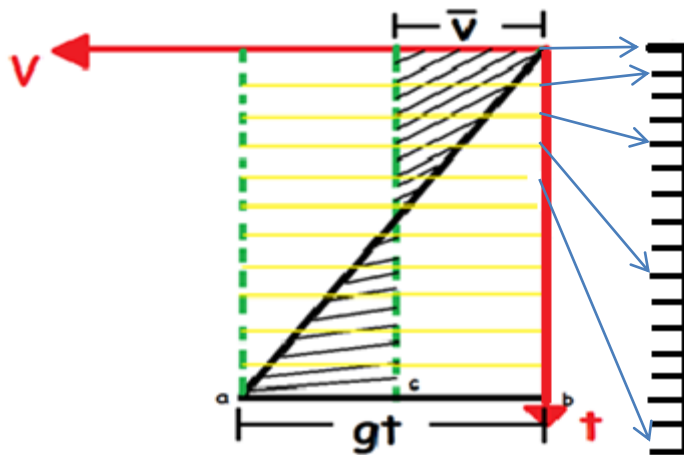


Figura 4

Galileo se ve enfrentado a un problema en donde la velocidad varia continuamente, él sabe calcular distancias recorridas en tiempos diferentes cuando el movimiento es con velocidad constante por lo tanto se ve obligado a transformar el problema del movimiento uniformemente variable al caso de un movimiento uniforme. Y lo hace deduciendo del grafico que partiendo de lo conocido por Galileo en su época es lo siguiente: Calculaba distancias recorridas suponiendo velocidades constantes con el algoritmo  $v = xt$  y teniendo en cuenta que según la Figura 4 la velocidad ( $v$ ) en el tiempo ( $t$ ) está dada por el segmento designado por ( $gt$ ) donde ( $g$ ) es la constante de proporcionalidad.

Si se supone que el movimiento tiene velocidad constante igual a ( $gt$ ) entonces la gráfica que representa este tipo de movimiento en la Figura 4 sería el rectángulo formado por la línea punteada que pasa por la línea punteada de color verde y el eje del tiempo. Es decir que en tiempos iguales se recorren espacios iguales y por tanto la velocidad es constante, es claro que en ese movimiento con velocidad  $gt/2$  mostrado por la línea punteada que pasa por ( $c$ ) paralela al eje ( $t$ ), la velocidad desde 0 hasta  $t/2$  es menor que todas las velocidades obtenidas en la caída en este tiempo (véase segmentos azules) de modo que el exceso de la velocidad de la caída de la segunda parte se compensa con el defecto de velocidad de la primera parte y es de esperar que

el espacio recorrido con el movimiento uniforme con velocidad  $gt/2$  sea igual al espacio recorrido por el movimiento uniformemente acelerado de caída. Por esa razón esa velocidad recibe el nombre de velocidad promedio del movimiento de caída durante un tiempo ( $t$ ). Por lo tanto el espacio recorrido sería igual a la velocidad promedio por el tiempo y en consecuencia sería igual a un medio de  $(gt)$  por  $t$ .

$$x = vt$$

Ahora si al segmento de línea  $ab$  se define como  $ab = gt$  como lo indica la figura y por lógica la mitad de este segmento ósea el segmento  $bc$  será  $bc = \frac{1}{2}gt$  y este segmento de línea  $bc$  resulta siendo igual a la velocidad promedio, entonces:

$$v = \frac{1}{2}gt$$

Ahora de la ecuación  $x = vt$ , se reemplaza la velocidad promedio, de modo que  $x = \frac{1}{2}gt \quad t = \frac{1}{2}gt^2$

Esta ecuación se cumple para cuando el cuerpo parte del reposo. Ahora si el cuerpo arranca su movimiento con una velocidad inicial entonces es fácil demostrar mediante una gráfica parecida a la gráfica anterior (Figura 3) que tanto la velocidad como la distancia recorrida por el cuerpo se puede expresar así:

$$v = v_o + \frac{1}{2}gt$$

Y por tanto la distancia recorrida se podrá definir como:

$$x = vt$$

Reemplazando la velocidad promedio se tiene entonces que la distancia recorrida es:

$$x = v_o t + \frac{1}{2}gt^2$$

Pero ahora a los espacios recorridos se les asigna la notación necesaria para lograr encontrar la relación que utiliza Galileo en su experimento de planos inclinados ( $v = \sqrt{2gH}$ ). Esta altura H está íntimamente relacionada con los desplazamientos obtenidos al hacer el experimento de Galileo ver Figura 2.

De acuerdo a la aclaración anterior entonces se puede expresar que los espacios recorridos se definen con la ecuación

$$H = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

Y de esta nueva ecuación si se supone que la velocidad inicial es igual a cero entonces la ecuación se simplifica a:

$$H = \frac{1}{2} g t^2$$

Y como la velocidad es proporcional al tiempo como se muestra en la figura 3,  $v = gt$ , despejando el tiempo de esta ecuación y reemplazándolo en la ecuación que me describe los espacios recorridos cuando se considera la velocidad inicial como cero tenemos entonces:  $t = \frac{v}{g}$  y  $H = \frac{1}{2} g t^2$  y por lo tanto  $v^2 = 2gH$

Y así es como Galileo logra plantear toda su cinemática de los cuerpos partiendo de una idea que ya conocía en la que no se necesita de gran capacidad intelectual para utilizarla en los fenómenos del común (un carro que se mueve con velocidad constante). Como se dijo en párrafos anteriores cuando se cita el trabajo titulado “*la obra de Galileo y la conformación del experimento en la física*” Álvarez. J y Posada V. (2001), en donde aparece una ecuación con la que es posible hallar la velocidad; pero que no es la utilizada por Galileo debido a que se involucra el momento de inercia de la esfera, en otras palabras se involucra el movimiento de rotación y por la época todo se concentraba era al estudio del movimiento de translación en los cuerpos. Por esta razón se cree que Galileo no pudo involucrar en sus cálculos la ecuación

$$V = \sqrt{7gH} \quad \text{si no que utilizaba la ecuación } v^2 = 2gH .$$

Estos fenómenos son los que me permiten dar cuenta que la energía es una cantidad que se conserva y en este orden de ideas poder concluir con el trabajo que se haga en el aula que la energía es esa magnitud que nos da cuenta de cuanto mayor o menor fue el cambio respecto a un estado inicial de algún fenómeno y por esto lo que se propone es realizar unas actividades experimentales que den cuenta que la energía no puede ser algo material y que por el contrario es más bien una herramienta organizadora de fenómenos que es utilizada en la mayoría de campos de conocimiento para tratar de establecer diferencias numéricas entre cambios de estado en los fenómenos naturales. Dicha magnitud física me permite dar cuenta que cambios en un fenómeno me producen cambios en otro fenómeno, pero no solo se queda con dar cuenta que algo está cambiando si no que me permite cuantificar dichos cambios.

## **2.5 CUARTO FENOMENO: PÉNDULOS Y PLANOS**

Ahora el trabajo a realizar en el aula es involucrando el principio de conservación de la energía en donde ya es más fácil debido a que en la actividad anterior ya se trabajó con la relación entre alturas y velocidades además de esto en este mismo capítulo se ha hecho la reconstrucción necesaria para llegar a la ecuación  $v^2 = 2gH$ . En este orden de ideas se diseña una actividad en donde los estudiantes puedan obtener una cantidad numérica que les muestre si la energía se conserva como lo afirma el principio de conservación de la energía mecánica o si por el contrario hay alguna cantidad que se pierde y por qué se pierde dicha cantidad. En dicha actividad los estudiantes pondrán en juego herramientas como la convertibilidad de fenómenos analizada y descrita en las primeras líneas del presente capítulo y además tienen la ecuación descrita anteriormente que relaciona velocidades con alturas.

Para esto se hace el análisis del dispositivo de planos inclinados que utilizó Galileo para inicialmente proponer la ley de la inercia, pero en este caso dicho dispositivo se pensó con el fin de dejar rodar una canica por un plano desde

una altura (H) y observar que altura (H) puede alcanzar la canica en otro plano que está primero a la misma inclinación del primero obsérvese la figura 5. Luego se varía la inclinación del segundo plano.

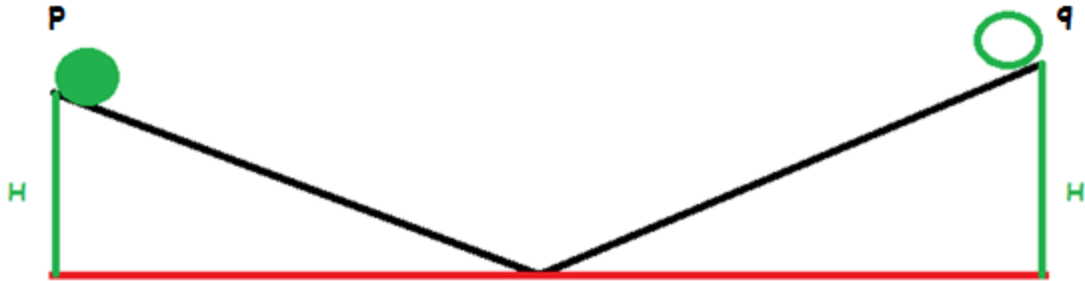


Figura 5

Según el principio de conservación de la energía mecánica, la canica que se deja rodar del punto (P) a una altura (H) debe alcanzar la misma altura (H) en el segundo plano, independientemente de su inclinación, suponiendo que no hay pérdidas en el punto de unión de los dos planos y si esto sucede entonces se puede concluir que no se perdió nada, tal es el caso de la magnitud conservable de la que se habla a comienzos del presente capítulo (la energía), este sería el primer trabajo que se involucraría en la escuela con el ánimo de hablar ya directamente de la energía y su conservación. Teniendo en cuenta lo anterior sería importante para este trabajo poder resaltar que piensan los estudiantes de el por qué no se alcanza la misma altura en cada uno de los extremos de los planos inclinados.

El principio de conservación de la energía mecánica muestra que la suma de los cambios de la energía potencial (alturas) y de los cambios de la energía cinética (velocidades) es igual a cero durante todo el recorrido: la disminución de energía potencial gravitacional va acompañada de un incremento igual en energía cinética.

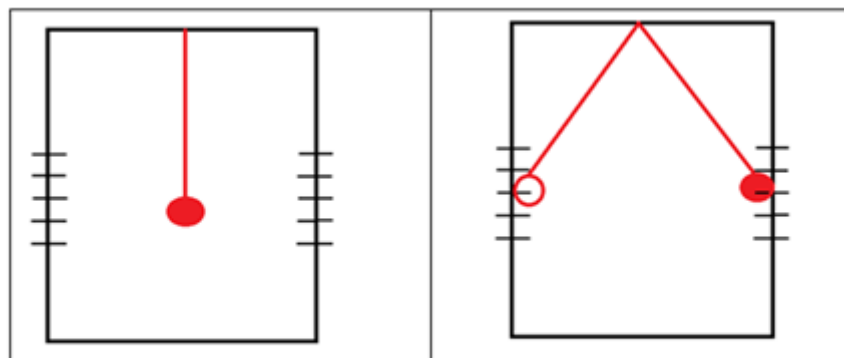
$$mg\Delta H = -\frac{1}{2}m\Delta v^2$$

Donde  $\Delta H = H_P - H_Q$  y  $\Delta v^2 = v^2_P - v^2_Q$

Luego, debe cumplirse que si  $H$  es la altura en  $Q$  desde donde se deja caer un cuerpo ( $v^2_Q = 0$ ) y en  $P$ ,  $H_P = 0$ , entonces la velocidad en  $P$  será tal que  $\frac{1}{2}mv^2_P = mgH_Q$

Por otro lado, el hecho de que la altura alcanzada al trabajar con los dos planos inclinados sea independiente de la inclinación de los mismos pone de manifiesto un aspecto muy importante de la conversión atracción gravitacional movimiento: mientras que no haya pérdidas por fricción o alguna otra causa) la velocidad alcanzada sólo depende de la altura de descenso y viceversa (la velocidad perdida sólo depende de la altura de ascenso) y pone de manifiesto la generalidad de la relación Galileana  $v^2 = 2gH$ . Este aspecto se deja ver fácilmente también cuando se trabaja con péndulos y muestra en particular la independencia de esta relación de la trayectoria seguida al descender.

Ahora, para el caso de los péndulos se realiza un marco como lo muestra cada una de las figuras (6) en palos de balsa y con la ayuda de una canica y una cuerda se construye un péndulo de tal manera que el marco de madera sirva como referencia para caracterizar la actividad. Después de construir el dispositivo se procede a soltar el péndulo como lo indica la figura de la derecha y observar que altura alcanza en el otro extremo. Así teniendo en cuenta la ecuación  $v^2 = mgH$  se puede calcular el valor de la magnitud que se conserva y ver si su conservación para el caso del péndulo se conserva o no.



**Figura 6**

## 2.6 QUINTO FENOMENO: CALENTAMIENTO DEL AGUA

Por otro lado, si se entra a pensar en fenómenos térmicos se podría tener en cuenta el siguiente fenómeno: suponga que se tienen dos recipientes con agua A y B respectivamente y suponga que a uno de ellos se le somete a temperaturas altas de tal forma que alcance el agua su punto de ebullición, con ayuda de un termómetro se puede medir la magnitud de la temperatura en ese momento, ahora se pone el recipiente caliente y el que está a una temperatura ambiente dentro de un cubo de icopor con tapa de tal forma que pueda “aislar” el sistema. Lo que es de esperarse es lo siguiente; si se deja pasar un tiempo y se destapa el cubo de icopor y se mide la temperatura del recipiente con agua que fue calentado entonces se puede uno dar cuenta que esta temperatura bajó, y la pregunta sería ¿qué pasó con la temperatura que se perdió en el recipiente con agua? Para responder a esta pregunta entonces se podría medir la temperatura del recipiente el cual inicialmente estaba a temperatura ambiente de 17 grados, se encuentra que este elevó su temperatura en proporción a lo que el otro recipiente perdió. Pero es de esperarse que al hacer la medición de temperaturas en cada recipiente y hacer la suma que sería en promedio de unos 117 grados no se obtenga esta cantidad que era la inicialmente tomada, pero en cambio se obtienen 110 grados. De igual manera se observa que se perdió temperatura y pueden ser por factores externos al sistema. Ahora si se deja pasar el tiempo llegara el momento en que la temperatura de los dos recipientes sea la temperatura ambiente y entonces ¿qué paso con la temperatura inicial? La respuesta podría ser que dicha temperatura se perdió tratando de calentar el lugar donde se encuentra el sistema, pero tampoco el lugar tiene la temperatura de 117 grados aproximadamente. En conclusión diríamos que una mejor respuesta es que la temperatura no es una magnitud que se conserva, sino que tiende a nivelarse, a equilibrarse.

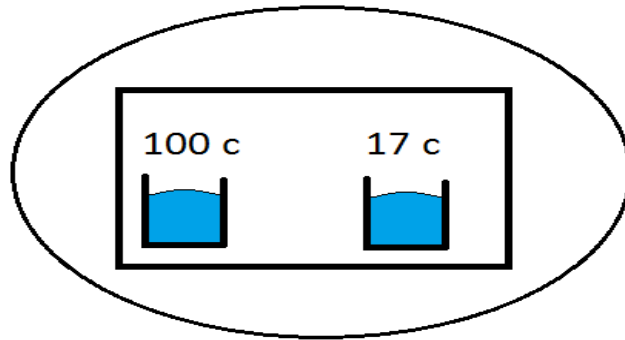


Figura 7

Después de un tiempo es de esperarse que la temperatura de cada recipiente se equilibre.

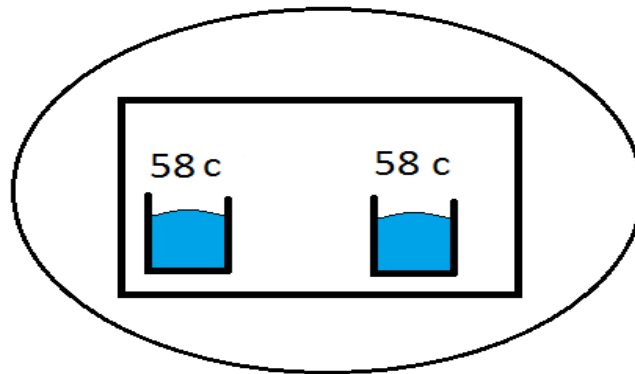


Figura 8

Ahora como se dijo anteriormente si dejamos el sistema mucho tiempo cuando volvamos a medir su temperatura podríamos encontrar que todo el sistema ahora tiene la misma temperatura que el medio que lo rodea.

## 2.7 LOS EXPERIMENTOS DE JOULE

James Joule con sus experimentos demostró que el calor era una forma de energía para esto utilizó el famoso experimento del equivalente mecánico del calor y otros como el de la relación entre la fricción y el calor. Sobre dichos experimentos se habló de manera más profunda en el capítulo anterior.

Como se ha dicho antes, la convertibilidad de fenómenos me permite dar cuenta que la energía es una cantidad que se conserva en el universo y que por ende es necesario pensar en diferentes formas de energía aunque esto último es un poco paradójico y más bien se aconseja seguir con la idea que la energía se conserva y por ello no hay pérdida de la misma si no que está presente en cada rincón del universo. Así pues cuando los científicos se interesan por la idea que la energía se conserva entonces se puede pensar en dejar caer un cuerpo, el sentido común nos dice que cuanto más pesado sea el cuerpo y cuanto más se aleje de la tierra la energía potencial es mayor y por ende la energía cinética con la que toque el suelo es grande. Pero alguien curioso preguntaría ¿Qué se hace entonces la energía cuando el objeto choca con el piso y se detiene? Y si suponemos que la energía se conserva entonces ¿qué efectos causó? uno podría primero pensar que cuando un objeto muy grande sea arrojado desde una altura considerable dicho objeto creara un cráter en la tierra al chocar, entonces parte de la energía potencial que antes de chocar con la tierra es energía cinética, ha producido un enorme cráter y entonces podríamos hacer un equivalente. Si a tanta altura un cuerpo de tanta masa causa un cráter de este tamaño, entonces con tanta masa y tanta altura causara un cráter menor o mayor según sea el caso. También habría que tener en cuenta que por causas del choque y de la velocidad parte de la energía cinética se convierte en calor. Y así otras tantas energías que al sumarlas nos arrojará el resultado de la energía potencial que se tenía inicialmente.

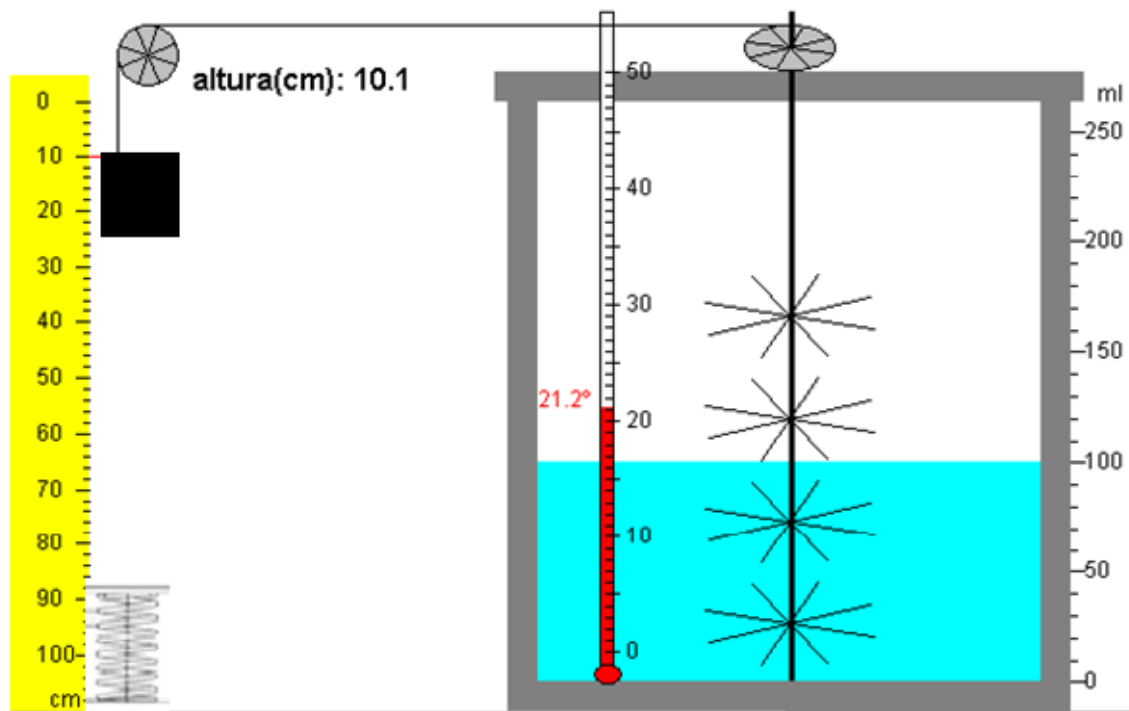
De esta manera Joule elabora un aparato (descrito teóricamente tomando como base un original de Joule) con el fin de demostrar que un cuerpo al caer por acción gravitacional el cual tiene una cantidad de energía potencial, conserva esa cantidad ya no como un cráter en tierra sí no que sirve también para elevar en cierta medida la temperatura de un fluido en este caso el agua. Se inventa entonces un mecanismo de poleas y paletas en donde un cuerpo al caer hace girar unas paletas dentro de un recipiente que contiene agua y por causas del rozamiento esta se calienta elevando su temperatura. Así Joule se dio cuenta que cuanto mayor sea la energía potencial del cuerpo, mayor es el incremento de la temperatura del agua. Con un dispositivo similar al mostrado en la imagen, Joule logra mostrar que al caer un cuerpo se puede aprovechar

este movimiento para subir la temperatura del agua en unos grados de temperatura.

Esta imagen fue retomada para realizar una actividad con los estudiantes como las que ya se han descrito anteriormente con el plano inclinado y con el péndulo pero esta vez la actividad ya no fue de tipo experimental puesto que armar un mecanismo como el que se muestra en la figura costaría un poco más de tiempo. Pero lo que si se realiza con los estudiantes es un análisis del dispositivo y para esto se diseña una actividad número 4 que se pondrá en el siguiente capítulo.

Y en este sentido es cuando se vuelve a relacionar este tipo de fenómenos con lo que se llama convertibilidad de fenómenos y así fenómenos mecánicos como lo es la caída de un cuerpo por la acción gravitacional se puede convertir en fenómenos térmicos como lo es el calentamiento de un fluido (agua). La forma como se hace la relación entre estos tipos de fenómenos es tomando como base el dispositivo presentado en la imagen anterior en donde con ayuda de una cinta métrica la cual nos ayuda a medir alturas de caída y por otro lado un termómetro muy fino el cual nos sirve para medir aumentos de temperaturas.

Al igual que en las actividades anteriores se diseñó esta cuarta actividad con el fin que los estudiantes puedan ligar lo que ya conocen sobre cambios de configuración de un sistema del mismo tipo, tal es el caso del plano inclinado en donde solo se involucraban fenómenos mecánicos y los estudiantes ven que cambios de alturas producen cambios de velocidades y cambios de velocidades producen deformaciones en un resorte dispuesto horizontalmente o verticalmente. Así mismo se debe tener en cuenta este tipo de análisis y formas de ver el mundo para analizar el fenómeno propuesto en la figura anterior. De esta manera fue difícil para los estudiantes poder relacionar ya no cosas del mismo ámbito (mecánicas) si no ver qué cambios de configuración en fenómenos mecánicos como la caída de un cuerpo me pueden producir cambios de configuración en fenómenos térmicos.



## **Capítulo III**

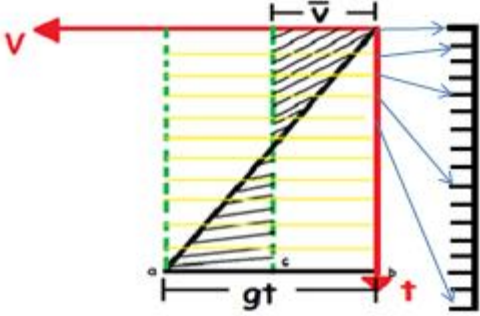
### **3. TRABAJO EN EL AULA Y CONSTRUCCIONES DE LOS ESTUDIANTES**

A continuación se presenta el trabajo realizado en el aula en donde se toma como base la ruta planteada en el capítulo anterior, el tipo de experiencias realizadas con los estudiantes está a la base de una experimentación guiada en donde se refleja una serie de procedimientos a seguir con la participación directa de los estudiantes y se plantea un punto al donde se quiere llegar.

Las actividades se realizaron los días sábados en el horario de 8:00 am a 12:00 del mediodía con un grupo 13 estudiantes de los grados 10 y 11 del Colegio Técnico Microempresarial Freyser Gordillo, con la participación y colaboración de un estudiante de segundo semestre de la Lic. En física Universidad Pedagógica Nacional.

Los dispositivos utilizados en el trabajo de aula fueron diseñados por el ponente del presente trabajo y fabricados en conjunto con el grupo de estudiantes, haciéndolos participes en el proceso. Para realizar las actividades se daba inicio con la construcción del montaje necesario, posteriormente se discutía la guía de trabajo con el fin de suprimir o agregar aspectos que pudiesen ser o no importantes, a continuación se tomaban los materiales y se procedía a tomar medidas según la guía de trabajo y con los resultados obtenidos se procedía a calcular cuantitativamente la cantidad en cuestión para finalmente compararla con datos teóricos y hacer los respectivos comentarios.

**3.1 TABLA:** en la tabla se describe cada una de las actividades realizadas en el aula con algunos comentarios y análisis que forman parte de la evidencia del trabajo realizado.

FENOMENO	DESCRIPCION	TRABAJO DE LOS ESTUDIANTES
<p>Hacia la medición de la velocidad</p>	<p>En el tercer fenómeno descrito en el capítulo anterior se realizó toda la reconstrucción Galileana para las ecuaciones de la cinemática con el fin de encontrar la relación <math>v^2 = 2gH</math>. Dicha relación será la base para continuar más adelante con fenómenos que involucran cambios de configuración, es válido resaltar que esta relación se habría podido encontrar fácilmente despejando del principio de conservación de la energía mecánica a la velocidad pero la propuesta de este trabajo consiste en recontextualizar los trabajos de los pensadores y tratar de llevar sus trabajos que los llevaron a proponer teorías al aula de clases. Con el fin de que estos principio leyes y teorías puedan tener algún sentido para los estudiantes.</p>	<p>En esta primera actividad los estudiantes no se involucran de manera directa en la construcción de la ecuación o relación <math>v^2 = 2gH</math> si no que se les muestra una forma distinta de llegar a ella sin recurrir al principio de conservación de la energía mecánica. Básicamente la construcción de esta relación es posible si se tiene en cuenta el siguiente gráfico:</p>  <p>Y partiendo de la ecuación conocida por Galileo</p> $x = vt$ <p>Se puede llegar a la relación que será de gran ayuda para las próximas actividades a realizar.</p> <p>Al llevar al aula la construcción realizada en el capítulo dos del presente trabajo se evidencia que para los estudiantes es fácil por medio de la gráfica demostrar que</p> $x = \frac{1}{2}gt^2$ <p>Pero al momento de realizar el cambio de variable de (x) por (H) para no confundir a x que comúnmente se le conoce como desplazamiento horizontal y a H que se lo conoce como desplazamiento vertical los estudiantes expresan lo siguiente:</p> <p>Cuando se halla la ecuación <math>x = \frac{1}{2}gt^2</math>, y se hace el cambio de variable resulta muy confuso. Pues esta ecuación nos habla de alturas mientras que (x) nos habla de distancias recorridas en la horizontal y no en la vertical.</p>

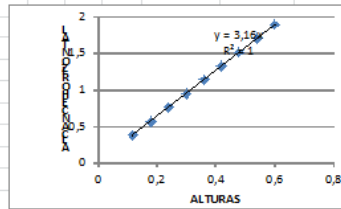
ACTIVIDAD 1

EXPERIMENTOD E GALILEO REALIZADO CON LOS ESTUDIANTES (experimental)

Ya teniendo la relación  $2gH = v^2$  es posible llevar a cabo el experimento realizado por Galileo en donde se puede observar con los estudiantes que a mayor altura (H) mayor desplazamiento horizontal (x) y por tanto mayor velocidad de la canica en el punto O. Esta primera actividad experimental se realiza con el fin de poder establecer diferencias y relaciones entre la teoría ya establecida y los resultados que se pueden obtener experimentalmente. De igual manera esta actividad permita ver que cuando se ha gastado toda la altura (H), se ha ganado una velocidad (v) que es máxima justo antes de que la canica inicie un movimiento horizontal.

DIAGONAL	H	Xo	X1	X2	X3	X4	PROMEDIO (xi)	Ángulo (GRADOS)	PROPORCION	ALCANCE HORIZONTAL TEORICO	% DE ERROR	AJUSTE
0,2	0,12	0,31	0,3	0,3	0,29	0,28	0,296	37	31	0,615792173	51,93183462	0,3213
0,3	0,18	0,34	0,37	0,36	0,37	0,38	0,364	37	37,96709101	0,754188305	51,73619143	0,48195
0,4	0,24	0,46	0,45	0,43	0,45	0,48	0,454	37	43,84062043	0,870861642	47,86772342	0,6426
0,5	0,3	0,51	0,48	0,5	0,49	0,5	0,5	37	49,01530373	0,973652916	48,64699812	0,80325
0,6	0,36	0,56	0,58	0,56	0,57	0,53	0,53	37	53,69357503	1,06658333	50,30861771	0,9639
0,7	0,42	0,6	0,6	0,61	0,61	0,59	0,59	37	57,99568949	1,152041666	48,78657453	1,12455
0,8	0,48	0,65	0,65	0,65	0,63	0,64	0,64	37	62	1,231584345	48,0344158	1,2852
0,9	0,54	0,68	0,7	0,66	0,7	0,68	0,68	37	65,76093065	1,306292463	47,94427595	1,44585
1	0,6	0,75	0,7	0,72	0,72	0,71	0,71	37	69,3181073	1,376953158	48,43688068	1,6065

H	X*X
0,12	0,3792
0,18	0,5688
0,24	0,7584
0,3	0,948
0,36	1,1376
0,42	1,3272
0,48	1,5168
0,54	1,7064
0,6	1,896



Ver tabla 1 en los anexos del trabajo



Al realizar la actividad con los estudiantes uno se puede dar cuenta que la teoría y la práctica estaban desfasadas en un 50% en promedio algunos estudiantes comentaban que la física:

*“no tiene sentido puesto que los valores experimentales que obtuvimos no están muy cerca a los teóricos que encontramos con el profesor”*

Otro comentario importante al respecto fue:

*“tal vez el montaje no es el adecuado para llegar a los datos teóricos”*

El siguiente comentario lo realiza uno de los estudiantes:

*“es obvio que nunca nos van a dar los valores experimentales iguales a los teóricos porque cuando se calcularon los valores teóricos nos faltó restarle la fuerza con la que el aire frena a la canica”*

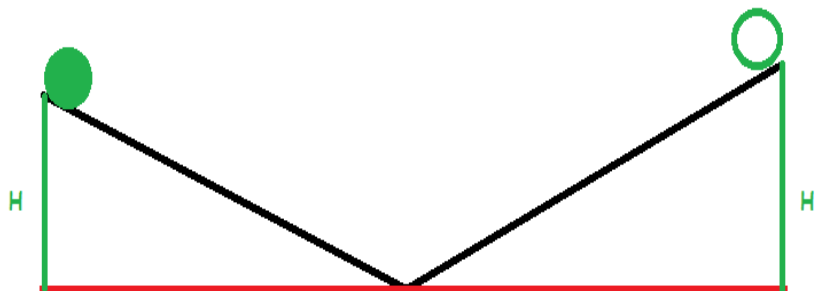
“Es algo que nunca nos van a dar los valores experimentales iguales a los teóricos por que cuando se calcularon los valores teóricos nos faltó restarles la fuerza con la que el aire frena a la caída”

Al respecto de este trabajo se realiza la misma actividad con estudiantes de segundo semestre de la universidad pedagógica nacional en donde se obtienen porcentajes de error relativamente iguales a los obtenidos con los estudiantes del colegio (Liceo Micro empresarial Freyser Gordillo Rojas). Los resultados de dicho trabajo se mostraran en los anexos a este trabajo.



Foto tomada a estudiantes de segundo semestre de Lic. en física de la universidad pedagógica nacional.

Según Galileo al dejar rodar la esfera por uno de los extremos del plano a una altura  $H$  del suelo, esta deberá alcanzar la misma altura  $H$  en el otro extremo del plano. Con este experimento pudo dar paso a una de las leyes de Newton “todo cuerpo continua su estado de reposo o de movimiento en línea recta a menos que se vea obligado a cambiar su movimiento por fuerzas externas a él”. Pero al realizar este tipo de actividades se puede observar que la esfera no llega a la misma altura de la cual se dejó rodar. Para esto se realiza el trabajo con los estudiantes, pero de igual manera también se puede ya empezar a relacionar las



Según como lo muestra la gráfica se deja rodar una canica por un plano inclinado y se espera que esta llegue al otro extremo a una altura igual a la cual se dejó rodar.

Al realizar la actividad los estudiantes pueden comentar:

**ACTIVIDAD 2  
PLANOS  
INCLINADOS  
(experimental)**

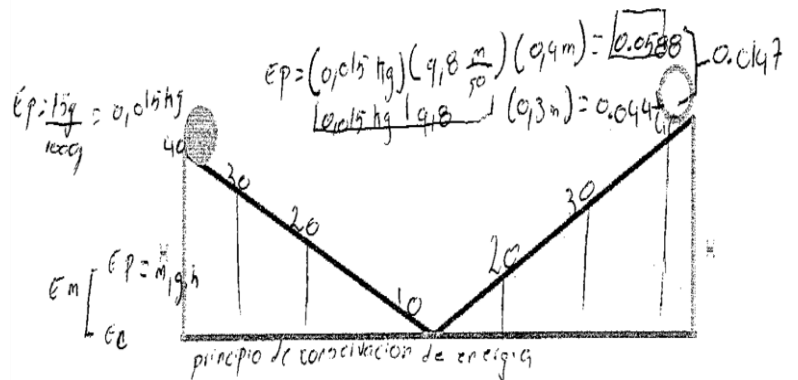
bases<sup>8</sup> que se han construido hasta el momento con una magnitud física como lo es la energía. Por tanto se propone en esta misma actividad tratar de realizar algunos cálculos numéricos al respecto de la energía (para este caso solo se tuvo en cuenta la energía potencial referente a alturas del plano.)

Expresa con tus palabras cual es el motivo por el cual la esfera nunca alcanzara la altura a la cual se dejó

rodar por que la esfera entre menos la altura, la esfera disminuye la velocidad y por eso no alcanza la altura misma altura y por la fricción



Cuando se entra a utilizar las alturas obtenidas en el experimento para calcular la energía potencial en el extremo de cada plano inclinado los estudiantes pueden comentar lo siguiente:



<sup>8</sup> Ya se ha demostrado la ecuación o relación  $2gH = v^2$  y también se ha involucrado en el trabajo realizado con los estudiantes que una pérdida de alturas me producen aumentos de velocidades (de una u otra forma se está ya hablando de la convertibilidad de fenómenos).

$$\begin{aligned}
 \textcircled{1} \\
 E_{p1} &= m g h_1 = (0,015 \text{ kg}) (9,8) (0,4) = 0,0588 \text{ J} \\
 E_{p2} &= m g h_2 = (0,015 \text{ kg}) (9,8) (0,3) = 0,0441 \text{ J} \\
 &\quad \left. \begin{array}{l} 0,0588 \\ 0,0441 \end{array} \right\} 0,0147 = \text{energía perdida}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \textcircled{2} \\
 E_{p1} &= m g h_1 = (0,015 \text{ kg}) (9,8) (0,3) = 0,0441 \text{ J} \\
 E_{p2} &= m g h_2 = (0,015 \text{ kg}) (9,8) (0,2) = 0,0294 \text{ J} \\
 &\quad \left. \begin{array}{l} 0,0441 \\ 0,0294 \end{array} \right\} 0,0147 = \text{energía perdida}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \textcircled{3} \\
 E_{p1} &= m g h_1 = (0,015 \text{ kg}) (9,8) (0,2) = 0,0294 \text{ J} \\
 E_{p2} &= m g h_2 = (0,015 \text{ kg}) (9,8) (0,13) = 0,0191 \text{ J} \\
 &\quad \left. \begin{array}{l} 0,0294 \\ 0,0191 \end{array} \right\} 0,0103 = \text{energía perdida}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \textcircled{4} \\
 E_{p1} &= m g h_1 = (0,015 \text{ kg}) (9,8) (0,13) = 0,0191 \text{ J} \\
 E_{p2} &= m g h_2 = (0,015 \text{ kg}) (9,8) (0,17) = 0,0249 \text{ J} \\
 &\quad \left. \begin{array}{l} 0,0191 \\ 0,0249 \end{array} \right\} 0,0058 = \text{energía perdida}
 \end{aligned}$$

La actividad se trata de realizar un marco como lo muestra cada una de las figuras (1) en palos de balsa y con la ayuda de una canica y una cuerda se construye un péndulo de tal manera que el marco de madera sirva como referencia para caracterizar la actividad. Después de construir el dispositivo se procede a soltar el péndulo como lo indica la figura de la derecha y observar que altura alcanza en el otro extremo.

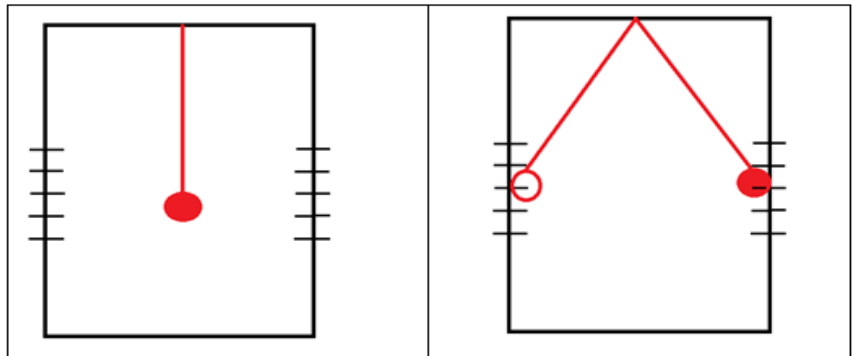


Figura 1

Una primera pregunta que se puede hacer a los estudiantes es si al soltar el péndulo del lado derecho de una altura H, esta misma altura H será conseguida en el otro extremo del dispositivo.

Una segunda pregunta tendrá como objetivo indagar que piensan los estudiantes al respecto de por qué el péndulo no llega al lado izquierdo a una misma altura de la cual fue soltado, teniendo en cuenta que los estudiantes pueden ya tener un pensamiento más lógico al respecto puesto que ya se han realizado actividades anteriores.

Cuando se pregunta a los estudiantes si al soltar el péndulo desde cierta altura que se espera que pase en el otro extremo a lo que los estudiantes contestan:

*“Que la esfera si llega al otro extremo, choca con el trozo de madera y se devuelve y así sucesivamente”*

*Será que al soltar la canica desde uno de los extremos como lo indica la figura esta alcanzará el otro extremo con la misma altura a la cual fue soltada si / no y por que la velocidad con la que es impulsada*

Luego de realizar la actividad los estudiantes comentan:

ACTIVIDAD 3  
PENDULOS  
(experimental)

Luego compruebe con el dispositivo si en realidad la canica alcanza el otro extremo con la misma altura de la cual fue soltada y comente lo que observa. La canica no llega al otro extremo por que el viento es un factor que la frena.

Así mismo se pide a los estudiantes que calculen un número o cantidad que les dé cuenta de los cambios que ha sufrido el sistema para esto se utiliza el principio de conservación de la energía mecánica que la mayoría ya ha utilizado en algunas clases del colegio.

Cuanta energía se perdió.

$$E_1 = E_2$$

(40 cm)

$$0.025 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0.4 \text{ m}$$

38  
0.38 m

$$E_1 = m \cdot g \cdot h_1 = 0.025 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0.43 \text{ m} = 0.105 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$E_2 = m \cdot g \cdot h_2 = 0.025 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0.37 = 0.090 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$0.105 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} - 0.090 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 0.015 \text{ J}$$

Y se espera que los estudiantes sean capaces de decir si se conservó la energía, si se perdió y por qué se perdió. A lo que comentan los estudiantes:

Al hacer la actividad se puede comprobar que la energía se conservó si/no justifique su respuesta.

No, no se conserva por siempre va a estar perdiendo energía

Al hacer la actividad se puede comprobar que la energía se conservó si/no justifique su respuesta.

A lo media de la trayectoria del péndulo la energía no se conserva porque a la medida de la gravedad va disminuyendo la potencia del péndulo con la que fue lanzada.

Por qué cree usted que no se conservó la energía.

Porque a la medida del rebote se va disminuyendo la potencia del péndulo con la que fue lanzada

La idea de la presente actividad es calcular en qué punto A, B o C hay más energía teniendo en cuenta que la canica se deja rodar desde el punto A. Si la altura H es igual a 60 centímetros, entonces según el principio de conservación de la energía cuando la canica llegue al punto C tendrá la misma altura respecto al piso es decir tendrá una altura de 60 centímetros.

De otro lado si tenemos en cuenta el principio de conservación de la energía podemos calcular la velocidad con la cual llega la canica al punto B. de la siguiente manera.

$$v = \sqrt{2gH}$$

La velocidad de la bola entonces es de:

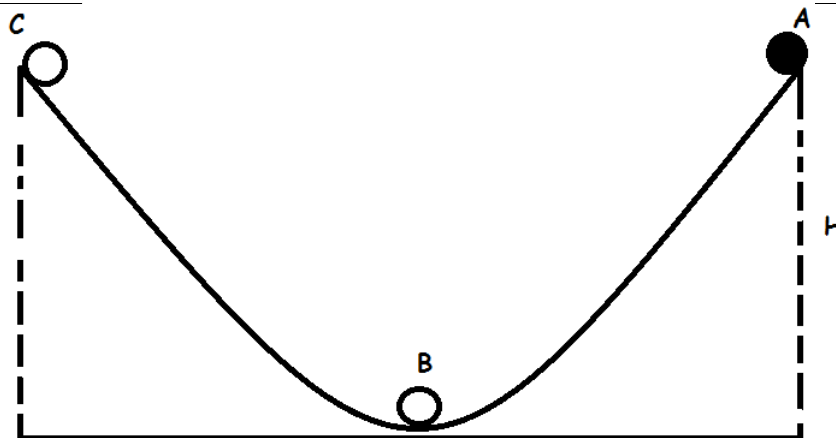
$$v = \sqrt{2 * 9.8 * 0.6}$$

$$v = 11,45$$

$$v = 3,42 \text{ m/s}$$

Esta sería una velocidad teórica si se tiene en cuenta que no hay rozamiento y por tanto no habría pérdida de energía. Pero con las actividades realizadas en clases anteriores ha quedado claro que la energía en este tipo de fenómenos se pierde por varios factores.

Por esta razón en necesario



¿Qué diferencia hay entre la velocidad teórica y la velocidad experimental?

En que la Velocidad experimental da  $vE = 7,66 \frac{m}{s}$  y la Velocidad Teórica es de  $vT = 3,42 \text{ m/s}$ , es mayor la Velocidad teórica porque hay fricción entre la canica y la tabla

Si la energía en el punto A se puede hallar con la ecuación  $mgh$  entonces ¿cuánto vale la energía en el punto A?

Se multiplica  $m \cdot g \cdot h = EA$   $(1,19) \cdot (9,8 \frac{m}{s}) \cdot (0,6m) = 5,88 \text{ J}$

ACTIVIDAD 4  
CONSERVACION  
DE LA ENERGIA  
MECANICA (esta  
actividad se  
desarrolló de tipo  
analítico tomando  
como base el  
esquema mostrado)

encontrar una velocidad experimental para poder saber en qué punto A, B o C hay más energía y poder concluir que tanta energía se pierde en el trayecto de la bola.

PARAMETROS  
INICIALES

$$H = 0.6 \text{ m}$$

$$\text{Masa} = 1 \text{ kg}$$

$$\text{gravedad} = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Con estos parámetros iniciales podríamos encontrar la energía en el punto A que por actividades anteriores sabemos que es una energía potencial. Pero faltaría hallar la energía en los puntos B y C.

Para hallar la energía en el punto B debemos tener en cuenta que cuando una bola es lanzada por un plano inclinado con una altura H de 0.6 metros, esta alcanzara un desplazamiento horizontal de 0.75 metros. Con este desplazamiento se puede encontrar la velocidad experimental que lleva la bola en el punto B.

$$x = vt$$

$$x = v * \frac{2h}{g}$$

$$v = \frac{x}{\frac{2h}{g}}$$

Por tanto si el desplazamiento horizontal alcanzado es  $x=0,75$  metros y  $h$  minúscula es la altura del piso al borde de la mesa entonces la velocidad experimental será:

$$v = \frac{0,75m}{\frac{2(1m)}{9,8 \text{ m/s}^2}}$$

$$v = \frac{0,75m}{\frac{2m}{9,8 \text{ m/s}^2}}$$

$$v = \frac{0,75 \text{ m}}{0,45 \text{ s}}$$

$$v = 1,66 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ya teniendo que la velocidad experimental es 1,66 metros por segundo entonces se compara este resultado con la velocidad teórica que se encontró en la página

Para calcular la energía en el punto B entonces se utiliza la ecuación  $\frac{1}{2}mv^2$ . ¿Por qué cree que no se utiliza la misma ecuación anterior y cuánto vale entonces la energía en el punto B?

$$\frac{1}{2} m \cdot v^2 = E_B = (1 \text{ kg}) \cdot (1,66 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 = 166 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 2,756 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 1,3778 \text{ J}$$

No se utiliza la misma ecuación porque se multiplica se eleva y se divide.

explicación porque ya no hay altura (h) se pierde esa parte

Finalmente los estudiantes logran concluir que cuando se pierde altura en un fenómeno de atracción gravitacional se está ganando velocidad.

Comentarios:

Se pierde altura pero gana velocidad la máxima velocidad es B y se va perdiendo velocidad C. y se va ganando altura en la C

Se pierde altura pero gana velocidad la máxima velocidad es B y se va perdiendo velocidad C. y se va ganando altura en la C.

Estos comentarios indican que los estudiantes pueden hablar ya de cambios de configuración de un sistema y que la pérdida de alturas produce un aumento de velocidades.

	<p>anterior. Con los valores teóricos y experimentales<sup>9</sup> se puede calcular la energía para cada uno de los puntos marcados en la figura.</p>	
<p>ACTIVIDAD 5 (FENOMENOS TERMICOS, MECANICOS Y ELASTICOS) siguiéndole la pista a la energía</p>	<p>La actividad cinco se realiza con el fin que los estudiantes puedan ligar lo que ya conocen sobre cambios de configuración de un sistema del mismo tipo, tal es el caso del plano inclinado en donde solo se involucraban fenómenos mecánicos. Se trata de que los estudiantes ligen lo que ya han construido “que cambios de alturas producen cambios de velocidades y cambios de velocidades producen a su vez cambios de altura o deformaciones de resortes. Para involucrar fenómenos ya no de la misma clase (mecánicos) si no que se puedan familiarizar y notar los cambios en fenómenos mecánicos y térmicos tal es el caso del trabajo que hace Joule sobre el equivalente mecánico del calor donde cambios mecánicos como cambios de alturas producen cambios térmicos como aumento de la temperatura de un fluido en este caso agua. Por esta razón se propone una quinta y última actividad con el fin de hacer un análisis conceptual al dispositivo que utiliza Joule para realizar su trabajo, se utiliza la siguiente imagen (figura 9) tomada en parte de la página de internet “física con ordenador” debido a que es fácil ligarle un resorte con el fin de volver más largo el camino que hay que seguir para conseguir huellas de la energía.</p>	<div data-bbox="606 403 1452 907" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1005 974 1101 1008">Figura 9</p> <p data-bbox="590 1019 1516 1142">Al realizar la actividad 5 donde los estudiantes ya tienen herramientas de actividades anteriores se logra observar que a pesar de algunos errores evidentes en sus comentarios estos se dirigen siempre a seguirle la pista a un número que nos da cuenta de cuanto ha cambiado el sistema.</p> <p data-bbox="590 1164 734 1198">comentarios</p> <p data-bbox="606 1209 1500 1758"> <b>Se supone que la energía se conserva, entonces piense en la figura cuando no hay resorte. La energía potencial que tenía el cuerpo se fue convirtiendo en energía cinética como se vio en actividades anteriores, suponga que se deja caer el cuerpo. ¿Qué paso con la energía mecánica cuando el cuerpo cae al piso?</b> <u>la energía mecánica del sistema se disipa al impactarse directamente el cuerpo con el suelo, de esta manera se podría pensar que esta energía se convertirá en sonido, y otra parte se perderá en la colisión, deformando el cuerpo que inicialmente se dejó caer.</u>  <b>¿Se perdió? Y ¿por qué se perdió?</b>  <u>Por otro lado, al no regresar el cuerpo a su estado de altura original por el impulso del resorte; la fricción que existe entre el agua y las aspas terminaría por detener el sistema, haciendo que finalmente la energía se pierda por esa fricción</u> </p> <p data-bbox="590 1780 1516 1892">En el comentario anterior a pesar que se aclaró que aún no había resorte el estudiante ya puede imaginarse la situación completa y se refleja en su comentario que la convertibilidad de fenómenos es una herramienta fundamental para seguirle el rastro a la energía.</p>

<sup>9</sup> Los valores experimentales se toman de la actividad número 2 en donde se deja rodar una canica por un plano inclinado desde una altura H y se observa que esta alcanza menos altura en el extremo del otro plano (H-10cm en promedio es lo que se reduce la altura al pasar de un plano al otro)

¿Qué pasa entonces si al mecanismo de Joule le agrego un resorte justo debajo de donde se supone que va a caer el cuerpo?

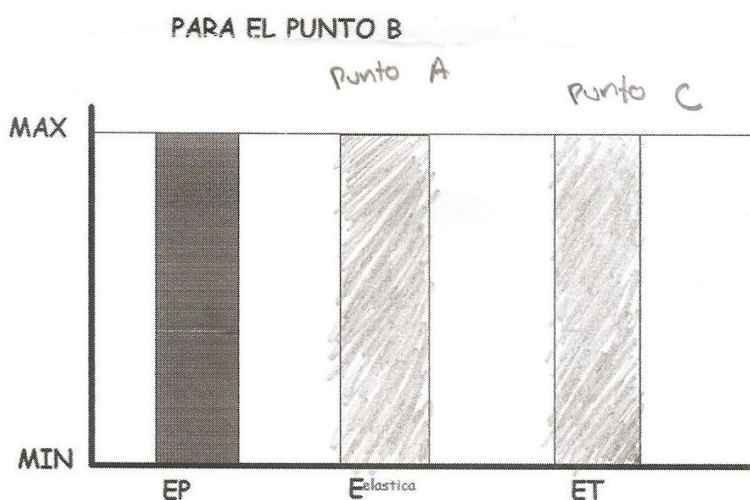
El sistema tendería a permanecer en constante movimiento, lo que ocasionaría un aumento radical en la temperatura hasta llegar a la vaporización en el caso de que rompiera el sistema a celebrarse.

¿Si se perdió la energía mecánica (potencial y cinética) entonces que se ganó o en donde apareció esta energía? ¿Qué se recuperó al perderse esta energía?

al momento de generarse la fricción entre el agua y las aspas giratorias, esa fricción se convertirá en calor, de esta manera observábamos como se pierde la energía de ese sistema.

Este es uno de los comentarios que reflejan un resultado positivo y da cuenta que la propuesta tuvo resultados positivos puesto que el estudiante logra comprender que al perderse la energía cinética se produjo un calentamiento en el agua.

Y esquemáticamente los estudiantes pudieron representar los cambios referentes a la energía en el sistema planteado figura 9 uno de los estudiantes realiza el siguiente diagrama.



Energía potencial, elástica y térmica respectivamente

Con el trabajo realizado lo que se quiere hacer notar es que la física es una ciencia experimental y por ende su enseñanza no debe desligarse del experimento, la idea era mostrar que para los estudiantes tiene más sentido

una física ligada al experimento y no esa física que se acostumbra a enseñar en la mayoría de instituciones (centrada en algoritmos y formulas), se evidencia en los comentarios de los estudiantes expuestos en la tabla 3.1 que para algunos al principio fue difícil, puesto al momento de comparar datos teóricos con datos prácticos se encontraba un error casi del 50% (tal es el caso del trabajo realizado con el plano inclinado para obtener un desplazamiento horizontal) en donde el error fue de un 50%. Allí algunos estudiantes expresaban que la física era una física incierta y se desmotivaban a la hora de comparar los resultados teóricos con los prácticos. Pero al ir avanzando se dieron cuenta que existen factores como la fricción que alteran los experimentos y por ende no se obtienen resultados más acertados.

Las guías y actividades realizadas se evidencian en la parte correspondiente a los anexos, así como también se anexan comentarios relevantes en el trabajo realizado.

## 4. CONCLUSIONES

- Lo que se recoge con el trabajo en el aula es que los estudiantes cambian por completo su disposición frente a una clase de ciencia cuando esta se le presenta de tal manera que el mismo es el autor principal de tal trabajo, se pudo observar que, cuando se cambia una clase magistral enfocada en ecuaciones donde lo máximo que hacen los estudiantes son reemplazos y despejes para resolver los ejercicios de final de capítulo, por una clase donde se construye un plano inclinado similar al que utilizó Galileo en la formulación de su cinemática o cuando se construye un mecanismo pendular para observar si la energía se conserva y que cambios se producen otros cambios, se logra motivar al estudiante frente a las clases y pueden mediante actividades experimentales hacer una pequeña relación entre el mundo de las ideas con el mundo de lo sensible. En un capítulo dedicado al trabajo realizado en el aula se profundiza más sobre lo que se realiza en el aula y los resultados que se pudieron obtener.

- La recontextualización de trabajos históricos en la enseñanza han sido dejados de lado remplazándolos por los textos escolares comunes, sin embargo con este pequeño panorama se concluye que la recontextualización permite decir, concluir, preguntarse, discutir, con el fin de obtener un panorama más amplio alrededor del comportamiento de los fenómenos físicos.
- Realizando algunas investigaciones respecto al concepto de energía y su manera como se presenta este en las clases de ciencias se puede concluir que en la mayoría de los casos la energía es vista como una sustancia y que pensar en la energía como una sustancia traería problemas al momento de ligar una actividad experimental con el concepto de energía pues lo mínimo que esperarían los estudiantes sería ver a la energía en manifestaciones de sustancia cosa que con experimentos no es posible, nunca se llegaría a ver un trozo de energía.
- Al realizar el experimento de Galileo se pudo observar que los estudiantes se motivan a ver sus clases de física si estas se ligan no solo con las teorías ya establecidas como comúnmente se hace en el campo de la educación sino que además se traiga a colación el tipo de experimento o trabajo practico que llevo a postular dichas teorías.
- Por otro lado cuando se realizaron las actividades y el trabajo de aula con los estudiantes se logra concluir que el trabajo experimental permite tener en cuenta las ideas de los estudiantes, lo que una clase magistral no permite.
- Se logra ver durante la ejecución de las diferentes actividades que los estudiantes se motivan más a una clase de física cuando esta involucra el experimento y la creatividad de los estudiantes que cuando se les presenta una clase de física que involucra la solución de ejercicios propuestos al final de un capitulo donde lo máximo que hacen los

estudiantes es realizar despejes y cambiar variables por números para encontrar una cantidad.

- finalmente se concluye que la propuesta no habría tenido sentido si no se hubiera construido tres herramientas fundamentales (la base teórica respecto a la energía y al experimento, la convertibilidad de fenómenos y la relación Galileana entre alturas y velocidades). herramientas que se fueron haciendo fuertes a medida que se ejecutaba el trabajo.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Angel, R, M. M. (s.f.). la convertibilidad de los fenómenos y la conservacion de la energia, 2006.
- Joule, J, Conferencia *en la sala de lectura de la St. Ann's Church, en Manchester, 1874.*
- Joule, J, El equivalente mecanico del calor, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Vol. 140 (1850), pp. 61-82 , 1849.*
- Ayala, M. Malagón, F. Sandoval, S . El experimento en el aula, 2011
- Moreno, R, La actividad experimental y la fenomenología en torno a la energía mecánica, 2011.
- Ferreiros, J. Ordoñez, J. *Hacia una filosofía de la experimentación.* Revista Hispanoamericana de Filosofía. Vol. 34, No. 102 (diciembre 2002). PP 47–86.
- Hodson, D, Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio, 1994

- Barbosa, L, Los experimentos discrepantes en el aprendizaje activo de la física. Revista colombiana de física vol. 43, No 3. 2011
- Hewitt, P, Libro de física conceptual, Décima edición, pp. 110-111, 1999.
- Lindsay, R, ENERGY: historical development of the concept, 1978, caps. 33 y 34.
- El concepto de energía en los libros de texto (Dalessandro M, Michael Machado).

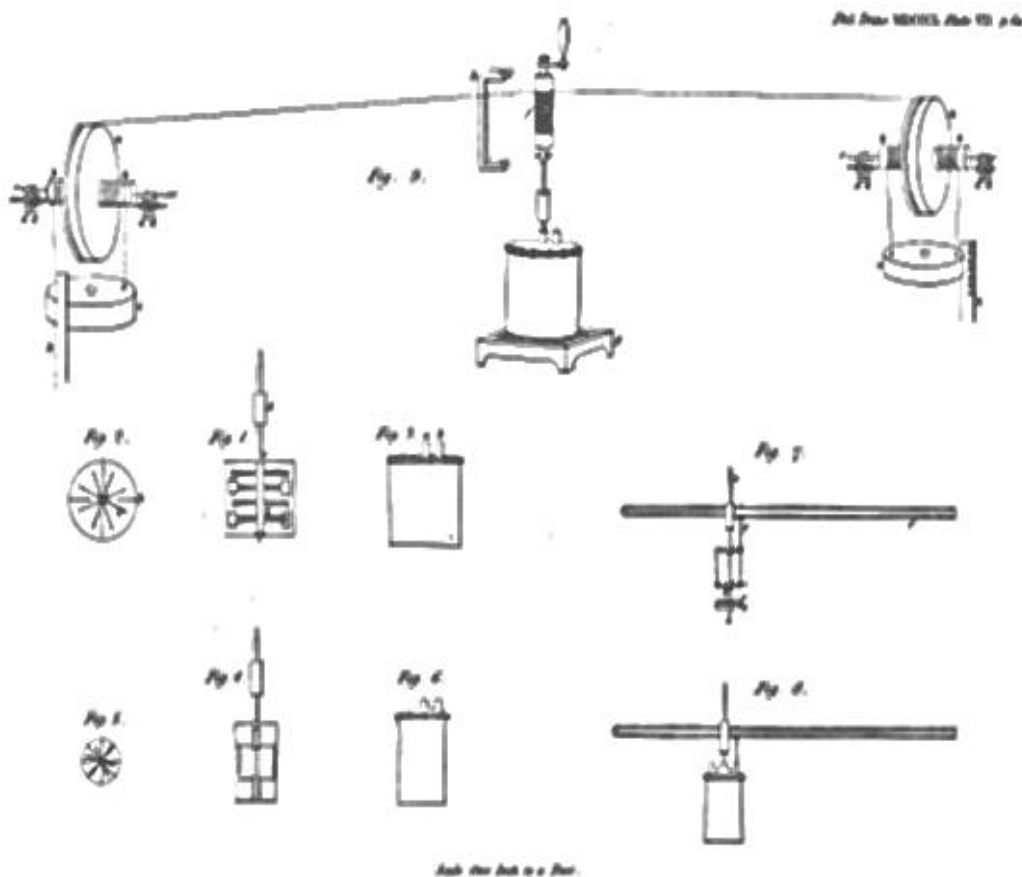
## 6. ANEXOS

### ANEXO1

#### EL EQUIVALENTE MECÁNICO DEL CALOR. POR JAMES PRESCOTT JOULE

##### DESCRIPCIÓN DEL APARATO.

Los termómetros empleados tenían sus tubos calibrados y se graduó de acuerdo con el método de primera indicado por M. REGNAULT. Dos de ellos, que voy a designar por A y B, fueron construidos por el Sr. DANCER de Manchester; el tercero, designado por C, se hizo por



*M<sup>r</sup> Joule on the Mechanical Equivalent of Heat.*

1840-11

M. FASTRE de París. La graduación de estos instrumentos era tan correcta, que si se compara junto a sus indicaciones coincidieron aproximadamente 1 centésima de un grado Fahrenheit. También poseía un instrumento más exacto del Sr. DANCER, la escala de las cuales abarcaba tanto la cocción y puntos de congelación. Se obtuvo el último punto en este termómetro estándar, de la manera habitual, mediante la inmersión de la bombilla y el vástago en el vapor de agua que surge de una cantidad considerable de agua pura en una rápida ebullición. Durante el juicio, el barómetro se situó en el 29,94 pulgadas, y la temperatura del aire era de 50 grados De modo que el punto observado requiere muy poca corrección para reducirlo a 0.760 metros y 0 grados centígrados. La presión utilizada en Francia, y creo que el continente en general, para la determinación del punto de ebullición, y que ha sido empleado por mí debido a que el número de investigaciones termométricas precisos que se han construido sobre esa base. Los valores de las escalas de los termómetros A y B se determinaron por el desplome de ellos junto con el estándar en grandes volúmenes de agua mantenido constantemente a diferentes temperaturas. El valor de la escala de termómetro C se determinó por comparación con A. Se constató por lo tanto que el número de divisiones que corresponde a un grado Fahrenheit en los termómetros de A, B y C, fueron 12,95 9,829 y 11,647, respectivamente. Y puesto que la práctica constante me había permitido leer a simple vista a 1/20 de una división, se deducía que la 1/200 de un grado Fahrenheit. Era una temperatura apreciable.

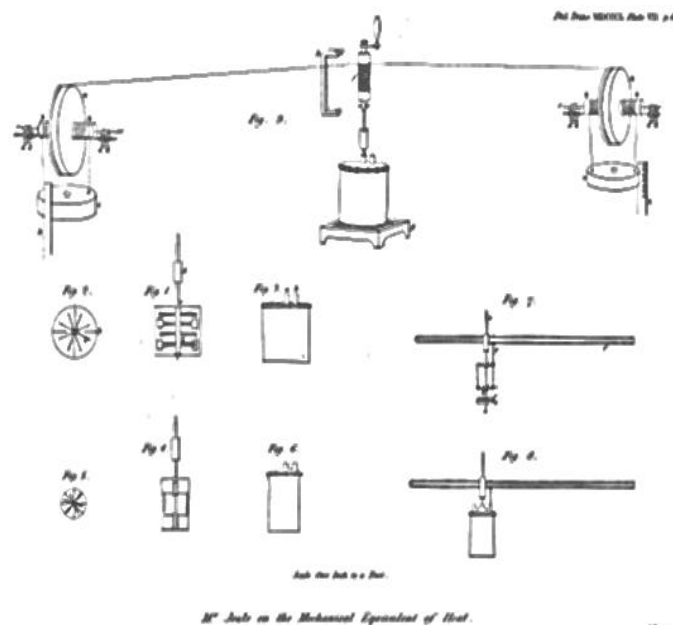
En el siguiente grafico se representa el plano empleado por Joule en su experimento y está dividido en varias figuras. La figura 1 representada verticalmente y la figura 2 un plano de la figura uno representada horizontalmente hace referencia al aparato utilizado para la producción de fricción en el agua, que consiste en un latón de ruedas de paletas conformada por ocho conjuntos de brazos giratorios colocados en un marco también de hoja de latón. También hay un eje de bronce trabajando libremente que permite girar a los brazos de paletas. A este eje giratorio se le dividió en dos partes por una pieza de madera para evitar la conducción del calor en esa dirección. En la figura 3 se representa la vasija de cobre en la que el aparato rotatorio fue insertado, tenía una tapa de cobre, una brida d amueblada con una arandela delgada de cuero saturados con blanco de plomo, podrían ser atornillado perfectamente estanco a la brida del recipiente de cobre. En la tapa había dos cuellos a y b el primero para el eje a girar y el segundo para la inserción del termómetro. Las de más figuras excepto la figura 9 son dispositivos para realizar el experimento ya no con agua si no con mercurio. La figura 9 es el dispositivo o mecanismo que permite el descenso de un cuerpo mediante un mecanismo de poleas como lo muestra el grafico de la siguiente página". (Lindsay, 1849)

## ANEXO2

En su artículo “*El equivalente mecánico del calor*” Joule comenta. Cómo el conde Rumford, ingeniero del siglo XIX, logró encontrar un equivalente entre el poder de un caballo (fenómeno mecánico) y el calentamiento de un fluido (fenómeno térmico. Para ello encierra agua a muy bajas temperaturas dentro de un recipiente y por medio de un mecanismo de paletas y utilizando la fuerza de un caballo logra subir la temperatura del agua en 180 grados durante dos horas y media teniendo en cuenta que el agua pesaba más o menos 26 libras. Con ello encuentra un equivalente entre el poder del caballo y la medida de la temperatura del agua, logrando calcular, de una parte, que el poder de cada caballo es del orden de 33000 pies-libras por minuto, y establecer , de otra parte, que para elevar la temperatura de 26 libras de agua en 180 grados durante dos horas y media se requiere invertir un poder de 4.950.000 pies-libras. Ahora bien, hablando en términos de energía que es el centro del presente trabajo se podría pensar que el caballo utilizó su poder o fuerza viva para mover el mecanismo de paletas dentro del agua helada, así el caballo al cabo de las dos horas y media de la actividad debió quedar muy cansado; parte de su fuerza viva se convirtió en calor para subir la temperatura de un fluido. Joule, por su parte, hace la conversión y encuentra que para elevar la temperatura de una libra de agua en un grado se deben utilizar 1034 pies-libras y según el experimento realizado por él, utilizando el aparato que aparece en la figura siguiente tomada del artículo y que se describe en el anexo 1 se obtenía un resultado de 774, 8 pies-libras. Joule le atribuyó este error a que el conde Rumford no hizo estimaciones del calor acumulado en la caja de madera, ni la que se dispersa durante el experimento.

En síntesis, Joule logra calcular que al descender los pesos utilizados por acción de la gravedad llevan un poder de 2057,337 pies-libras y teniendo en cuenta que utiliza 2,65 libras de agua para tal experimento, encuentra con esto un equivalente de 774,88. para elevar elevar la temperatura de una libra del agua en un grado de temperatura Fahrenheit.

Hay que destacar que Joule no solo encontró equivalentes mecánicos para el calor sino que también realiza experimentos para el caso del electroimán giratorio en donde a partir de hacer un trabajo mecánico se puede obtener como resultado una corriente eléctrica y con esto se podría hallar un equivalente mecánico entre la electricidad y el calor producido al medir la



temperatura del agua en donde está sumergido un mecanismo de espiral (enrollado de cobre), si por el enrollado de cobre circula una corriente es de esperarse que el alambre de cobre se caliente y dicho calentamiento se puede ver reflejado con el aumento de la temperatura del agua y así es como similar al equivalente mecánico del calor encuentra un equivalente eléctrico del calor o en otras palabras se da cuenta que con tanto de electricidad se puede aumentar en tanto la temperatura de un fluido. En una conferencia de 1894 se refiere a la vis viva (energía) de la siguiente manera:

“Los fenómenos de la naturaleza, ya sean mecánicos, químicos o vitales, consisten casi enteramente en una conversión continua de la atracción a través del espacio, fuerza

viva y calor entre sí. Así se mantiene el orden en el universo; nada es trastornado, nada se pierde nunca, sino que toda la maquinaria, complicada como es, funciona suave y armoniosamente. Y sin embargo, como en la pavorosa visión de Ezequiel, "como si una rueda estuviese dispuesta dentro de la otra", todo puede aparecer complicado y enmarañado en la aparente confusión y enredo de una casi interminable variedad de causas, efectos, conversiones y arreglos, pero sin embargo se preserva la más perfecta regularidad; el todo está gobernado por la soberana voluntad de Dios" (JOULE, 1894).

Y así, si se tiene en cuenta la frase de Descartes cuando dice "*al principio creo Dios la materia con una determinada cantidad de movimiento y de reposo, pero lo que Dios quiso al principio lo quiere para siempre*" (citado por F. VELEZ, 2006), se puede hacer una analogía de la conservación de la energía con la conservación de la cantidad de movimiento teniendo en cuenta, eso sí, que la conservación del movimiento se refiere sólo al movimiento y sus cambios y con la conservación de la energía se generaliza, como hemos visto a todo tipo de cambios. Sin necesidad de extenderse más en el pensamiento de Descartes, se podría afirmar que la naturaleza se comporta de tal manera que tanto la cantidad de movimiento como la fuerza viva o energía se conservan en el universo de tal manera que si Dios algún día quisiera obtener toda la cantidad de movimiento y de fuerza viva (energía) entonces no tendría si no que recoger las cantidades que se han expandido por cada rincón del universo y así debería obtener la misma cantidad que invirtió en un principio.

## ANEXO3

### COMENTARIOS GENERALES

realizadas las actividades con los estudiantes se puede resaltar algunos comentarios que permiten evidenciar que a pesar que para los estudiantes las clases de ciencias son aburridas, se pudo llevar a cabo un buen trabajo de aula y se ve reflejado en los comentarios que la propuesta descrita en el trabajo trata de mediar por un lado la desmotivación por las clases de ciencias en partícula por las clases de física y por otro lado se puede uno dar cuenta que para los estudiantes la energía se puede ver ya no como una sustancia sino como una magnitud que me da cuenta de los cambios de los fenómenos y que además por ser una magnitud se le puede asignar un número.

comentarios como el siguiente reflejan la buena aceptación de la propuesta y permiten establecer que la física se debe sacar de los tableros y ligarla más a una buena actividad experimental sin dejar de lado las ecuaciones que la describen dejando claro que en el capítulo I se realiza una cita del trabajo de Hodson en donde resalta que a pesar de las infinitas investigaciones referentes a las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias es muy poco lo que se ha hecho en cuanto a los resultados que se pueden obtener con dichas prácticas. En otras palabras no se sabe si en realidad las prácticas de laboratorio cambian o no en algún sentido la enseñanza de las ciencias. De esta manera pensar en que con la propuesta se ha solucionado el problema de la educación en ciencias o la enseñanza de las ciencias sería muy fantasioso pero lo que sí se puede poner de manifiesto es que la propuesta logra enlazar ecuaciones que los estudiantes ya saben de memoria con actividades experimentales que permiten de alguna manera mostrar de donde surgen tales ecuaciones y el trabajo necesario para llegar a ellas además este tipo de trabajos permiten una

mayor participación por parte del estudiante en su propio proceso de aprendizaje.

Comentario del estudiante Kevin García del grado once

Las Actividades Realizadas con el profesor Sergio me permitieron aclarar que la energía no es una sustancia si no una cantidad que me da cuenta de cambios en los fenómenos. Antes pensaba que la energía era algo como la comida, el combustible y otros factores.

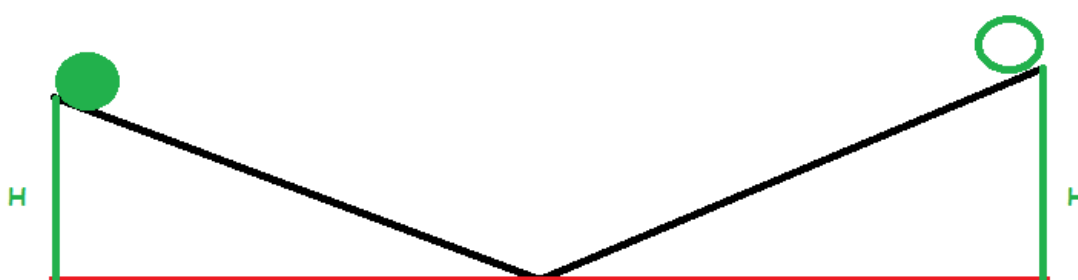
## ANAXO 4

### ALGUNAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL AULA

#### ACTIVIDAD 2

La presente actividad tiene como fin analizar un fenómeno utilizado por Galileo Galilei en el siglo XVII con miras a postular sus leyes de la cinemática (leyes que permiten predecir la posición, tiempo o velocidad de un cuerpo a futuro).

Suponga que tiene un plano inclinado como lo muestra la figura.



Según Galileo al dejar rodar la esfera por uno de los extremos del plano a una altura  $H$  del suelo, esta deberá alcanzar la misma altura  $H$  en el otro extremo del plano. Con este experimento pudo dar paso a una de las leyes de Newton *“todo cuerpo continua su estado de reposo o de movimiento en línea recta a menos que se vea obligado a cambiar su movimiento por fuerzas externas a él”*. Pero al realizar este tipo de actividades se puede observar que la esfera no llega a la misma altura de la cual se dejó rodar.

Expresa con sus palabras cual es el motivo por el cual la esfera nunca alcanzara la altura a la cual se dejó rodar \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

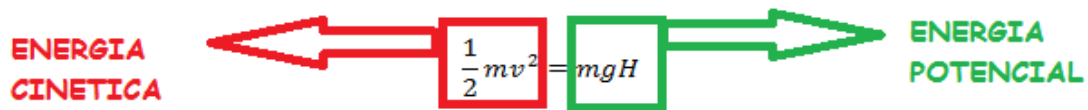
---

---

---

---

De otro lado si se aplicara el principio de conservación de la energía al fenómeno mostrado en la figura anterior, también se encuentran algunas inconsistencias, para esto recuerde que la energía mecánica se define como:



Si suponemos que la esfera pesa 25 gramos y la altura H es 1 metro. Con estos valores es posible aplicar el principio de conservación de la energía. Pero antes debemos predecir cuál será el valor numérico de la velocidad de la esfera en cada punto. Este valor se puede calcular con la ecuación:

$$v = \sqrt{2gH}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 1m}$$

$$v = \sqrt{19,6 \frac{m^2}{s^2}}$$

$$v = 4,42 \frac{m}{s}$$

Con esta información compruebe que la energía mecánica se conserva o mejor que la energía cinética es igual a la energía potencial.

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgH$$

---



---



---



---



---

En la actividad uno cuando se hizo el experimento con el plano inclinado con el fin de relacionar alcances horizontales con alturas H, se pudo concluir que el desplazamiento se define como:

$$x = vt$$

$$x = \sqrt{2gH} * \frac{2h}{g}$$

Donde  $h = 0,79 \text{ m}$  y  $H$  tomaba distintos valores así si  $H$  es  $1 \text{ metro}$  como en este caso entonces el desplazamiento que se alcanza es:

$$x = 19,6 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} * 0,16 \text{ s}^2$$

$$x = 1,77 \text{ m}$$

Comparar este desplazamiento teórico con el obtenido experimentalmente.

---

---

---

---

Ahora se puede calcular la velocidad al realizar el experimento utilizando la ecuación

$$v = \frac{x}{t}$$

El tiempo es una constante porque la altura  $h$  no varía ósea el tiempo es  $0,401$  segundos.

De esta manera el resultado de la velocidad es:

---

---

---

Y por tanto la energía cinética es:

---

---

---

---

Si la energía potencial en un extremo del plano era:

$$mgH = 0,025 \text{ kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 1 \text{ m}$$

$$mgH = 0,245 \text{ J}$$

Si este es el valor de la energía potencial, entonces la energía cinética debe tener el mismo valor. ¿Si es así?

¿Cuánta energía se perdió?

---

---

---

---

¿Por qué se perdió energía?

---

---

---

---

---

---

### ACTIVIDAD 3

#### ACTIVIDAD CON EL PENDULO.

Después de hacer la construcción del montaje de la figura 1

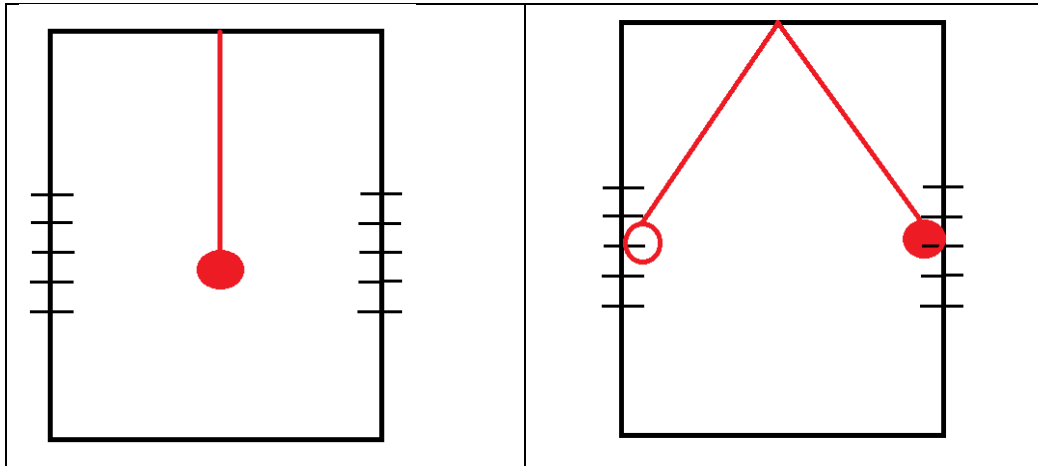


Figura 1

Será que al soltar la canica desde uno de los extremos como lo indica la figura esta alcanzara el otro extremo con la misma altura a la cual fue soltada diga si / no y por que. \_\_\_\_\_

---

---

---

---

Luego compruebe con el dispositivo si en realidad la canica alcanza el otro extremo con la misma altura de la cual fue soltada y comente lo que observa. \_\_\_\_\_

---

---

---

---

Cree usted que el péndulo algún día deje de moverse diga si/no. Si su respuesta es si entonces porque para, si su respuesta es no entonces por que seguirá moviéndose \_\_\_\_\_

---

---

---

---

La teoría dice que la energía se conserva y en este caso la energía que tiene el péndulo en un extremo debe ser la misma con la que llegue al extremo opuesto.

Al hacer la actividad se puede comprobar que la energía se conservó si/no justifique su respuesta.

---

---

---

---

Por qué cree usted que no se conservó la energía.

---

---

---

---

---

Cuanta energía se perdió.

---

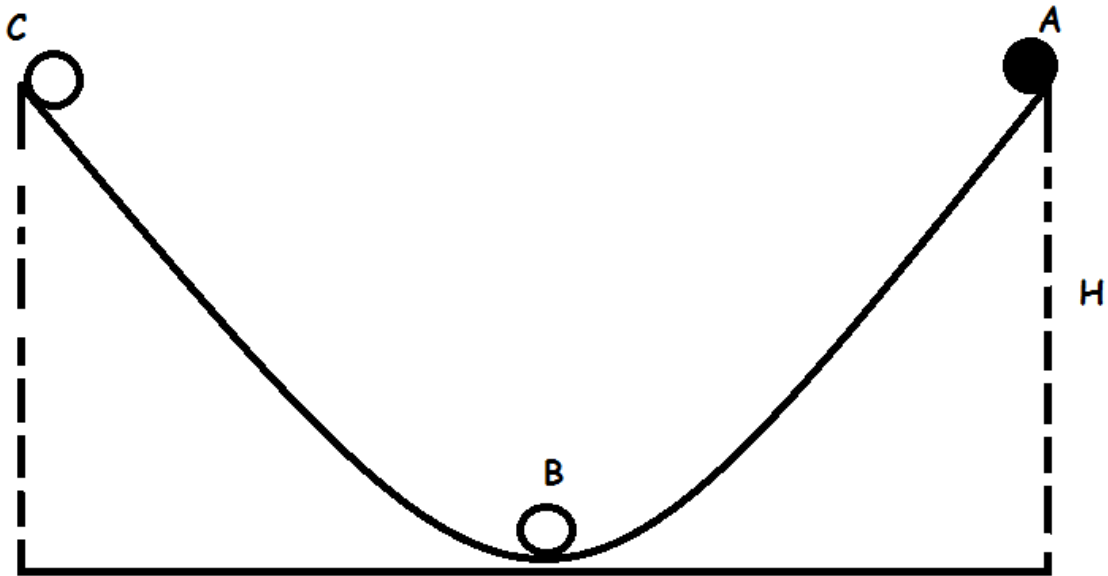
---

---

---

---

## ACTIVIDAD 4



La idea de la presente actividad es calcular en qué punto A, B o C hay más energía teniendo en cuenta que la canica se deja rodar desde el punto A. Si la altura H es igual a 60 centímetros, entonces según el principio de conservación de la energía cuando la canica llegue al punto C tendrá la misma altura respecto al piso es decir tendrá una altura de 60 centímetros.

De otro lado si tenemos en cuenta el principio de conservación de la energía podemos calcular la velocidad con la cual llega la canica al punto B. de la siguiente manera.

$$v = \sqrt{2gH}$$

La velocidad de la bola entonces es de:

$$v = \sqrt{2 * 9.8 * 0.6}$$

$$v = \sqrt{11,45}$$

$$v = 3,42 \text{ m}_s$$

Esta sería una velocidad teórica si se tiene en cuenta que no hay rozamiento y por tanto no habría pérdida de energía. Pero con las actividades realizadas en clases anteriores ha quedado claro que la energía en este tipo de fenómenos se pierde por varios factores.

Por esta razón es necesario encontrar una velocidad experimental para poder saber en qué punto A, B o C hay más energía y poder concluir que tanta energía se pierde en el trayecto de la bola.

### PARAMETROS INICIALES

$$H = 0.6 \text{ m}$$

$$\text{Masa} = 1 \text{ kg}$$

$$\text{gravedad} = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Con estos parámetros iniciales podríamos encontrar la energía en el punto A que por actividades anteriores sabemos que es una energía potencial. Pero faltaría hallar la energía en los puntos B y C.

Para hallar la energía en el punto B debemos tener en cuenta que cuando una bola es lanzada por un plano inclinado con una altura H de 0.6 metros, esta alcanzara un desplazamiento horizontal de 0.75 metros. Con este desplazamiento se puede encontrar la velocidad experimental que lleva la bola en el punto B.

$$x = vt$$

$$x = v * \frac{2h}{g}$$

$$v = \frac{x}{\frac{2h}{g}}$$

Por tanto si el desplazamiento horizontal alcanzado es  $x=0,75$  metros y h minúscula es la altura del piso al borde de la mesa entonces la velocidad experimental será:

$$v = \frac{0,75m}{\frac{2(1m)}{9,8 \text{ m/s}^2}}$$

$$v = \frac{0,75m}{\frac{2m}{9,8 \text{ m/s}^2}}$$

$$v = \frac{0,75 \text{ m}}{0,45 \text{ s}}$$

$$v = 1,66 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ya teniendo que la velocidad experimental es 1,66 metros por segundo entonces se compara este resultado con la velocidad teórica que se encontró en la página anterior.

**RESPONDA**

**¿Qué diferencia hay entre la velocidad teórica y la velocidad experimental?**

---

---

---

---

**Si la energía en el punto A se puede hallar con la ecuación  $mgh$  entonces ¿cuánto vale la energía en el punto A?**

---

---

---

**Para calcular la energía en el punto B entonces se utiliza la ecuación  $\frac{1}{2}mv^2$ . ¿Por qué cree que no se utiliza la misma ecuación anterior y cuánto vale entonces la energía en el punto B?**

---

---

---

---

---

---

**Ahora para calcular la energía en el punto C es necesario suponer que según actividades anteriores cuando se deja rodar una canica por un plano a una altura de 60 centímetros, esta canica alcanzara en el otro extremo una altura de aproximadamente 50 centímetros por cuestiones de rozamiento.**

**Luego la energía en el punto C se puede calcular con la ecuación  $mgh$ . Entonces la energía en B es**

---

---

---

---

**Compare los tres resultados obtenidos y organícelos de mayor a menor.**

---

---

---

---

**Comentarios adicionales (conversión de alturas en velocidades) tales comentarios deben ir encaminados y basados en la convertibilidad. De tal manera que se resalte que cuando se pierde toda la altura se debe ganar algo y viceversa.**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

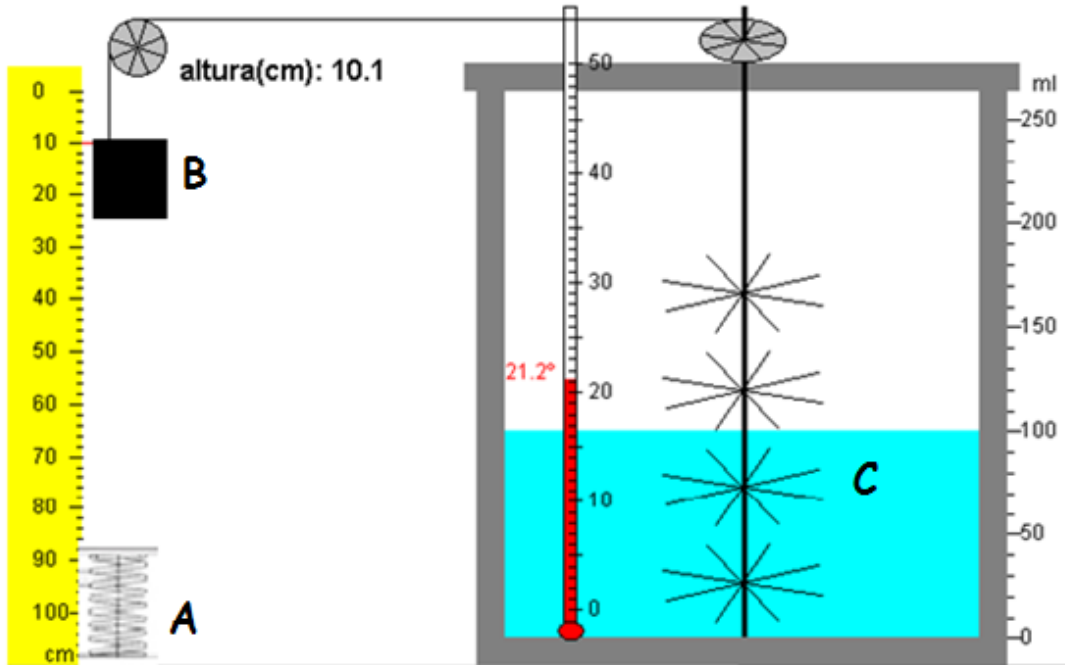
---

---

---

---

## ACTIVIDAD 5



El objetivo de la presente actividad es poder seguir la pista a diferentes fenómenos que involucra el grafico. Seguirle la pista significa en este sentido poder dar cuenta de una magnitud física que se conserva (entiéndase por magnitud física a un número que se supone se conserva).

Inicialmente el grafico nos muestra una conexión de fenómenos (mecánicos, elásticos y térmicos).

### Descripción del mecanismo

Se tiene inicialmente agua en un recipiente, el agua está a una temperatura de 21,2 grados centígrados. Dentro del agua hay un mecanismo de paletas giratorias, las cuales se pueden poner en movimiento utilizando un mecanismo de poleas para dejar caer un cuerpo libremente y que este movimiento haga girar a las paletas dentro del agua. Luego al caer el cuerpo hay un resorte que lo recibe y amortigua su caída. Respecto a esta breve descripción responda:

Se supone que la energía se conserva, entonces piense en la figura cuando no hay resorte. La energía potencial que tenía el cuerpo se fue convirtiendo en energía cinética como se vio en actividades anteriores, suponga que se deja caer el cuerpo. ¿Qué paso con la energía mecánica cuando el cuerpo cae al piso?\_\_\_\_\_

¿Se perdió? Y ¿por qué se perdió?

---

---

---

---

---

¿Si se perdió la energía mecánica (potencial y cinética) entonces que se ganó o en donde apareció esta energía? ¿Qué se recuperó al perderse esta energía?

---

---

---

---

---

Según Joule al dejar caer el cuerpo desde una altura ( $h$ ) y con una masa ( $m$ ) se observa un equivalente de este fenómeno mecánico con un fenómeno térmico, pero entonces al dejar caer el cuerpo se observa que se calentó el agua. Uno se puede dar cuenta que el agua está más caliente gracias a un termómetro que me da cuenta de unos cambios de configuración del sistema (cambio de la lectura de un termómetro). Teniendo en cuenta lo anterior entonces al finalizar el movimiento se pensaría que la energía mecánica se perdió y en cambio se ganó energía térmica (aumento la temperatura del agua). Al no existir el resorte se pensaría que después de convertir energía mecánica en

energía térmica hasta allí llegaría el camino y ya no sería fácil seguirle la pista a la energía.

¿Qué pasa entonces si al mecanismo de Joule le agrego un resorte justo debajo de donde se supone que va a caer el cuerpo?

---

---

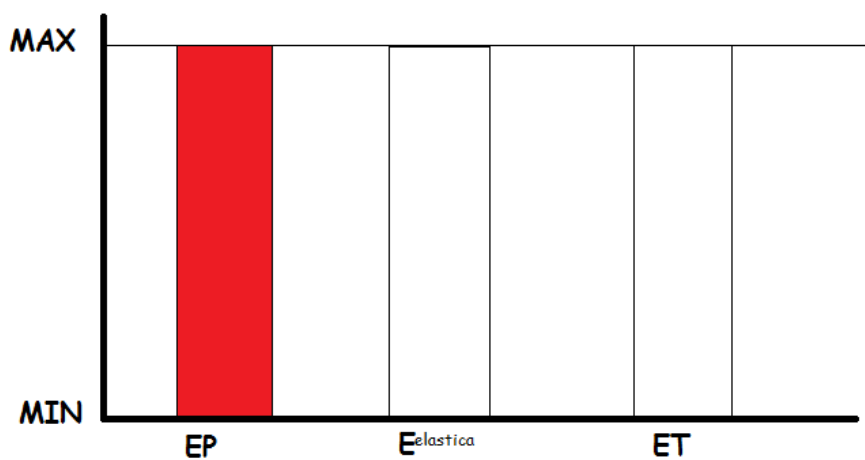
---

---

---

Y por último mediante un diagrama de barras represente la energía en cada punto A, B y C. PUEDE UTILIZAR EL SIGUIENTE DIAGRAMA DE GUIA

PARA EL PUNTO B



Energía potencial, elástica y térmica respectivamente

