

Cuaderno de mediación de significados para la enseñanza del concepto de energía mecánica

EDVCATIO PHYSICORVM



Hilda Ameneiro Ameneiro^{1,2}, César Mora¹

¹Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, Legaria 694, Col Irrigación, CP 11500, México D. F.

²Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Apizaco, Av. Instituto Tecnológico s/n, C. P. 90300, Apizaco, Tlaxcala, México.

E-mail: hildaameneiro@gmail.com, cmoral@ipn.mx

(Recibido el 30 de Abril de 2010; aceptado el 7 de Junio de 2010)

Resumen

La presente propuesta es un *Cuaderno de Mediación* que constituye una aplicación del constructivismo en aula, para la enseñanza del Concepto de Energía Mecánica, elaborada a través de la estrategia *Ciclos de Aprendizaje* de Karplus, basada en la teoría de Piaget, y a la cual se han integrado el aprendizaje significativo de Ausubel y la Experiencia de Aprendizaje Mediado de Vigotsky. Este Cuaderno se dio a conocer en un seminario a profesores de Física del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, en México, donde tuvo buena aceptación. Reportamos nuestros resultados de la aplicación de la metodología con alumnos de ingeniería.

Palabras clave: Ciclo de Aprendizaje, Aprendizaje Mediado, Enseñanza de Energía Mecánica.

Abstract

This proposal is a *Mediation Notebook* which is an implementation of the constructivist theory in classroom for teaching the concept of Mechanical Energy, developed through the strategy of Karplus *Learning Cycles*, based on Piaget theory, and which have been integrated Ausubel's meaningful learning and the Mediation Learning Experience of Vigotsky. This notebook was shown at a seminar for teachers of physics of the National System of Technological Institutes, in Mexico, where was accepted it very well. We report our results about the application of the methodology with engineering students.

Keywords: Learning Cycle, Mediated Learning, Mechanical Energy Teaching.

PACS: 01.40.Fk, 01.40.gb, 01.40.-d

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la enseñanza y el aprendizaje del concepto energía ha recibido especial atención por parte de los profesores de física [1], debido en primer lugar a que es uno de los conceptos más importantes de la física [2, 3, 4, 5] y en segundo lugar, debido a las dificultades encontradas por los estudiantes para aprenderlo, en el sentido de que la construcción del concepto de energía en la mente del estudiante es una tarea educativa muy complicada pues es un concepto de alto nivel de abstracción [1, 6]. Sin embargo, la mayoría de los estudiantes muestran un bajo nivel de razonamiento [7].

También se encuentra que las ideas previas de los estudiantes, sobre el concepto energía coinciden con la de los filósofos materialistas del siglo XIX, quienes pensaban que “*la energía es una medida del movimiento*”. Más aun, Saglam y Kurnas [8] hacen notar que, aunque existe una gran diferencia entre lo que se considera “energía” en el

habla popular y el significado que se le atribuye en las ciencias físicas, el concepto en los estudiantes, de cualquier nivel, hayan o no tomado cursos de física, coincide con el de las personas que no son profesionales de Ciencias o Ingeniería.

Núñez *et al.* [9], han indagado sobre algunos factores que influyen en el aprendizaje del concepto de energía, tales como el tratamiento que se le da en los textos y las concepciones de los docentes, también han encontrado una escasa diferenciación entre conceptos cotidianos y científicos en las definiciones y relaciones. Esto es, como si nunca lo hubiera estudiado el alumno, es decir, que lo que se ha enseñado no ha sido significativo para él, que no se distingue si está hablando de la “energía” un egresado de ingeniería o un neófito en la materia.

Por otro lado, al preguntarles a los estudiantes los tipos de energía que conocen, mencionan: cinética, potencial, solar, magnética, eólica, calorífica, etc., en palabras de González [10] “cotidianamente existe una doble acepción

del término energía; que se puede utilizar tanto para designar un tipo específico de energía (cinética, potencial, magnética) como para indicar el lugar de donde provienen o se almacenan sus diferentes tipos (eólica, solar, hidráulica)". Así que es conveniente un cambio en la forma de abordar en el aula dicho concepto con el fin de separar las dos categorías de "energía".

Al respecto la enseñanza tradicional ha fallado en responder de manera productiva a esta necesidad [5, 8, 11, 12, 13]. Concretamente, es común, que en el nivel medio superior se aborde el concepto de energía definiéndola como "la capacidad para realizar trabajo", lo que ocasiona dificultades al abordar dicho concepto en el nivel superior, especialmente en estudiantes de Ingeniería, quienes siguen repitiendo tal definición, de hecho sin comprender su significado, lo que ocasiona una baja eficiencia en la resolución de problemas que involucran dicho concepto.

Dichas dificultades, que se encuentran en la enseñanza de casi todos los conceptos de la física, han sido detectadas por la comunidad científica quien ha aceptado la incorporación de las teorías pedagógicas a la enseñanza de la física [14]; es así que para la enseñanza del concepto de energía se han desarrollado numerosas investigaciones para su tratamiento, entre las que destacan los trabajos de Zollman [15], quien reporta haber usado la estrategia de Ciclos de Aprendizaje en grupos numerosos; de Hunt [16], con su laboratorio de bajo presupuesto; de González [10], quien hace un análisis de la evolución reciente del concepto y le da especial importancia a las mediciones; Núñez *et al.* [9], quienes han indagado sobre los factores que influyen en el aprendizaje del concepto energía, tales como el tratamiento que se les da en los textos y las concepciones de los docentes; Hobson [17], quien analiza 22 libros de texto y concluye que "no hay una definición de energía completamente satisfactoria"; Trejo [18], quien menciona que el estudiante no entiende el concepto de energía porque no posee el nivel de abstracción que se requiere, y hace una propuesta elaborada con base en los trabajos de Ausubel, Piaget y el movimiento de Ciencia Tecnología y Sociedad; Gras, Doménech, Guisasaola, Trumper y otros [19], en un trabajo titulado, *La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global*, presentan un análisis global, que contiene no sólo aspectos conceptuales, sino también procedimentales y axiológicos; Karwasz *et al.* [20], de la Universidad de Ostrava, plantean la pregunta: *¿Son los estudiantes de primaria más sabios que Aristóteles?* y muestran que, a través de experiencias interactivas, los estudiantes e incluso profesores universitarios, hacen sus propios descubrimientos y con un plano inclinado doble se hace intuitivo que los cuerpos poseen una cualidad especial: la energía; Borgnolo *et al.* [3], de la Universidad de Udine, Italia, diseñaron un currículum con una sección de energía, basada en la exploración y análisis de fenómenos simples, por medio de un laboratorio de experimentos en línea, incluyendo la transformación entre diferentes formas de energía; Papadouris y Constantinou [11], de la Universidad de Chipre, reconocen que un importante objetivo de la enseñanza de la ciencia es aprender energía desde la

educación elemental, y hacen una propuesta que se compromete con hacer simplificaciones a la naturaleza abstracta del concepto; González reporta que la forma de definir el concepto energía ha evolucionado, desde "la energía es una medida del movimiento"; "la capacidad de un cuerpo para producir trabajo" a "la capacidad de un cuerpo para interactuar con otro cuerpo" [10, 21]. No obstante, apunta "hoy día es prácticamente imposible encontrar en los libros de texto una definición generalizada de energía que no pueda ser impugnada por una razón u otra".

El objetivo del presente trabajo es poner a disposición de los profesores de física, un material didáctico constructivista, elaborado a través de la estrategia *Ciclos de Aprendizaje* de Karplus [22], tomando los puntos de convergencia de las teorías de: Ausubel [23], referente al *Aprendizaje significativo*; Piaget [24], acerca del *Pensamiento formal*; Vigotsky [25], sobre la *Mediación social y la Construcción de Significados*.

El artículo está organizado en la siguiente forma, en la Secc. II mostramos el sustento teórico de nuestra investigación, en la Secc. III se describe la estrategia de Ciclos de Aprendizaje, en la Secc. IV se presenta una guía para los docentes que quieran aplicar nuestra estrategia para la enseñanza del concepto de energía, en la Secc. V se reporta la aplicación de la estrategia y algunos resultados interesantes, en la Secc. VI mostramos nuestras conclusiones. En el apéndice A, se describen los dispositivos experimentales y algunas instrucciones para su construcción. Finalmente en el apéndice B se presenta el cuaderno de mediación.

II. SUSTENTO TEÓRICO

La mediación (Vigotsky) del significado (Ausubel) consiste en presentar las tareas del *Ciclo de Aprendizaje* (Piaget) de forma interesante y relevante para el estudiante, de manera que penetre en su propio sistema de significados, y se implique activa y emocionalmente en ellas.

El aprendizaje con significado es un proceso que consiste en relacionar la nueva información con la ya existente en la estructura cognitiva.

De acuerdo a Vigotsky [25], la mediación se produce por la interposición de un ser humano intencionado que media entre el mundo y el organismo, creando una propensión o tendencia al cambio por la interacción directa con los estímulos. El esquema que representa esta definición se muestra en la figura 1.

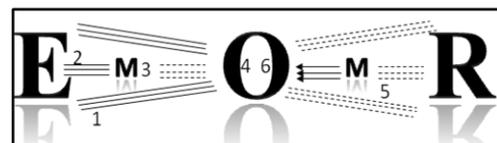


FIGURA 1. Diagrama de Vigotsky donde se muestran las diferentes regiones de interacción mediador-estudiante.

El mediador, M, intercepta los estímulos, los adapta, los organiza, los planifica y los modela para interactuar al nivel y necesidades del estudiante. Región 1: exposición directa a los estímulos que lo modifican poco o nada; región 2: el mediador intercepta los estímulos; región 3: los organiza para interactuar; región 4: con esta mediación se dan cambios en un área de la estructura cognitiva que posteriormente se expandirá y también ayudará al desarrollo de habilidades y a aprender mejor; región 5: el mediador intercepta la respuesta y la realimenta; región 6: la estructura cognitiva del alumno se beneficia nuevamente, ahora con la realimentación del mediador [28].

III. CICLOS DE APRENDIZAJE

A partir de la teoría piagetiana, Karplus [22], de la Universidad de Nebraska, ha desarrollado una estrategia flexible para el aula, llamada *Ciclos de aprendizaje*, dichos ciclos interconectan conceptos y habilidades de investigación a través de actividades que incorporan el auténtico método científico. [15, 26, 27]. Y aunque la estrategia fue desarrollada desde 1972, su implementación en las aulas es una tarea difícil [28], no obstante el estado del arte muestra su alta productividad, por lo que fue elegida para desarrollar el material que aquí presentamos.

El *Ciclo de Aprendizaje* está constituido por tres fases: la fase de exploración, en la que las actividades van dirigidas exclusivamente a los estudiantes; son actividades de bajo nivel de abstracción. La fase de invención, o formalización de conceptos, en donde el profesor tiene oportunidad de mediar los significados en los estudiantes. La fase de aplicación, en donde se hacen generalizaciones y extensiones del concepto [22].

En la fase de exploración, en la que los estudiantes exploran un concepto, está relacionada con la asimilación y el desequilibrio, ya que cuando la información se recibe del mundo exterior, la cual está muy alejada de su estructura mental, el estudiante no le encuentra sentido a lo que está rechazando su mente y estará en un estado de desequilibrio, o si la información adecua la realidad externa a su estructura cognitiva existente puede asimilarlo fácilmente en su mente. Durante esta fase el estudiante interactúa con el ambiente de laboratorio mientras observa informalmente y experimenta o asimila la esencia del concepto. La experiencia es dirigida por el profesor, quien establece una meta general, el equipo de laboratorio a usar, y algunas ideas generales acerca del concepto a abordar. El mediador le pide al estudiante que explore el concepto experimentalmente, con tanto detalle como pueda, y que lo relacione con experiencias que haya tenido [15]. En esta fase hay que tener cuidado de no decirles a los estudiantes qué datos se usarán en el desarrollo del concepto deseado, mucho menos pedirles la interpretación de los datos prematuramente.

Durante la fase de invención o desarrollo del concepto, se espera que el estudiante formalice sus observaciones de la exploración. Puede ser una actividad experimental, o una exposición de conceptos y principios. El mediador toma un

papel activo en la presentación del concepto; en este punto los estudiantes redefinen, cambian o inventan estructuras mentales, estarán en etapa de acomodación en esta fase del ciclo, porque le dan su propio significado a sus observaciones. Ya sea que ajusten el nuevo concepto en sus estructuras mentales o que no construyan una nueva estructura mental y por lo tanto caigan nuevamente en fase de desequilibrio [22].

Durante la fase de aplicación el estudiante continúa expandiendo el concepto, o lo aplica a nuevas situaciones [15, 22, 33], a través de la realización de más actividades, así como a través del uso de fuentes adicionales para la investigación. La expansión de la idea puede involucrar experiencias adicionales de laboratorio, demostraciones, lecturas, preguntas y/o conjuntos de problemas para la aplicación del concepto y conduce a un entendimiento más profundo de las teorías y los modelos. Esta fase de aplicación coincide con la fase de organización en el funcionamiento mental, según Piaget. La intención de la fase es ayudar a la organización y generalización del conocimiento ajustando las estructuras mentales y transfiriendo de un contexto a otro.

El *Ciclo de Aprendizaje* identifica las ideas previas desde la primera fase del aprendizaje, y por lo tanto, se puede redirigir el concepto.

A diferencia de la enseñanza tradicional, a través del *Ciclo de Aprendizaje* se adquiere un aprendizaje basado en investigación y su objetivo es mejorar el aprendizaje y proveer a los estudiantes con más experiencias auténticas, similares a las de los científicos reales, que además están en concordancia con la naturaleza de la ciencia y su rol es superar el conocimiento inerte describiendo cómo las actividades de aprendizaje pueden fomentar la comprensión conceptual útil que estará disponible para el alumno cuando lo requiera [22].

El *Ciclo de Aprendizaje* es una forma de traducir el proceso de investigación científica utilizado por los científicos para mejorar la comprensión de un proceso en los estudiantes [15, 28].

Como afirma su autor, con el *Ciclo de Aprendizaje* los estudiantes son más activos y participativos en su aprendizaje, al hacer preguntas, experimentar, investigar, comunicarse con sus compañeros, y hacer conclusiones. Con el *Ciclo de Aprendizaje* los estudiantes son responsables de alguna parte de su aprendizaje; durante la fase de exploración los estudiantes toman responsabilidades y ganan autoestima al ser capaces de tener logros al resolver problemas por sí mismos. Un ambiente de aprendizaje donde ocurre desequilibrio, seguido por acomodación bajo la guía de un mediador, debe elaborarse de tal manera que conduzca a los estudiantes a un desequilibrio; el mediador tiene que hacer la conexión entre el mundo real y el concepto de la ciencia, ya que si el estudiante está en desequilibrio, está en proceso de construir nuevo conocimiento e insertarlo en su esquema, el ciclo de aprendizaje ocasiona que los estudiantes hagan preguntas, y presenten nuevas ideas plausibles y útiles [22].

El rol del profesor, en primer lugar es diagnosticar las ideas previas de los estudiantes, para luego encontrar la mejor solución para superarlas; enfocarse en el nivel

cognitivo del estudiante para eliminar las ideas previas, porque la mayor parte de los estudiantes se encuentran en el nivel concreto de pensamiento, por lo tanto para estos estudiantes lo mejor es enfocar la clase ligando concepto-experiencias concretas y posteriormente ligar experiencia concreta-conceptos abstractos. Cuando los estudiantes crean estos vínculos en su mente, corrigen sus ideas previas y desarrollan aprendizaje significativo del nuevo concepto. El *Ciclo de Aprendizaje* permite a los estudiantes hacer dichas ligas y por lo tanto eliminar las ideas previas. La prioridad principal de los profesores de ciencias es poner atención en el desarrollo cognitivo; tenemos que incrementar la experiencia. Sólo las actividades de laboratorio (las fases del *Ciclo de Aprendizaje*) hacen recordar conceptos y clarificar las ideas, mejor que otros métodos [29].

Por otra parte, sustentados en el hecho que muchos investigadores han obtenido resultados que muestran al nivel de desarrollo mental como una variable que afecta significativamente el aprendizaje [30, 31], se ha considerado importante incluir el estudio de su influencia sobre el desempeño de los estudiantes en la tarea de resolver problemas. Las pruebas que se han desarrollado alrededor de la variable incluyen reactivos que permiten caracterizar a los individuos según diferentes niveles de razonamiento operacional (concreto, en transición, formal). Estos tests, derivados en su mayoría de la teoría piagetiana han demostrado ser efectivos predictores del logro académico en una gran variedad de áreas. En este estudio se aplicaron los test de Lawson [32] y Raven [33], sobre razonamiento científico.

Marek y Cavallo [28] revelaron que la habilidad de razonamiento de los estudiantes con razonamiento concreto tienen bajo nivel de comprensión de los conceptos físicos, mientras que razonadores formales tienen un alto nivel de comprensión conceptual, lo cual consecuentemente, dicen, influye sobre las destrezas de resolución de problemas.

IV. GUÍA PARA EL DOCENTE

El material aquí presentado conforma un cuaderno de trabajo que llamamos Cuaderno de Mediación (ver Apéndice B); en esta sección se explica la forma en que el profesor puede aprovechar dicho cuaderno para construir significados, se da también la explicación de cada una de las actividades, en términos del diagrama SHOHR de Vigotsky, los patrones de razonamiento de Piaget y los conceptos de estructura cognitiva y afianzamiento de información nueva con la ya existente, de Ausubel.

Con el fin de dotar de significado al aprendizaje del concepto de Energía Mecánica, el cuaderno consta de 14 páginas con actividades que van de lo concreto a lo abstracto, de lo simple a lo complejo y de lo fácil a lo difícil.

Conocimientos esperados:

- i) Conceptuales:
 - Velocidad.

- Aceleración.
- Fuerza.
- Fuerza.
- Momento de una fuerza.
- Rozamiento.
- Energía cinética (Ec).
- Energía potencial (Ep)
- Energía potencial elástica (E_δ)
- ii) Procedimentales:
 - Aislamiento y control de variables.
 - Razonamiento proporcional.
 - Razonamiento combinatorio.
 - Razonamiento probabilístico.
 - Reconocimiento de correlaciones.
 - Razonamiento hipotético-deductivo.
- iii) Actitudinales:
 - Precisión en la recopilación de la información.
 - Precisión en las respuestas.
 - Percepción clara.
 - Percepción integral de la realidad.
 - Control de las respuestas.

De acuerdo a la metodología elaborada por Karplus [22], el *Ciclo Energía Mecánica* está constituido por tres partes: i) exploración, ii) invención y iii), aplicación. Las tres fases incluyen 14 actividades, que podrán ser repartidas entre 4 y 6 sesiones, dependiendo del contexto, de 50 minutos cada una.

A. Actividades de la Fase de Exploración (dirigidas a los estudiantes)

Al inicio del ciclo, el material requerido ya debe estar disponible en mesas de trabajo, así como un *Cuaderno de Mediación* por mesa; esta fase consiste de dos actividades: E1 y E2 (ver Apéndice B), dirigidas a los estudiantes y el profesor se limitará a observar.

1. La primera actividad consiste en que los estudiantes jueguen con el sistema; identifiquen las variables importantes; encuentren las relaciones entre ellas y las anoten en el *Cuaderno de Mediación*. Identificación de variables relevantes, de acuerdo a Piaget; región 1 del esquema de mediación de Vigotsky (Fig. 1): exposición directa a los estímulos; tarea potencialmente significativa, según Ausubel. Los estudiantes soltarán los balines desde diferentes alturas para hacerlos rodar por el plano inclinado hasta comprimir el resorte que se encuentra al final de la rampa; algunos tomarán el tiempo, otros medirán la distancia horizontal que se desplaza el balón después de que llega a la base de la rampa, etc. Las variables relevantes que prueban aquí son masa, altura de la que se suelta el balón y distancia de compresión del resorte.

2. La segunda actividad consiste en que identifiquen los puntos importantes durante el trayecto del balón y las características de las variables en dichos puntos. Se les entregan las hojas 1 y 2 del cuaderno de mediación. Región 2 y 3 del esquema de mediación (Fig. 1): “el mediador

intercepta los estímulos, los organiza y los planifica para interactuar”. Se les pide a los estudiantes determinar cualitativamente la relación entre masa del balón y del resorte y/o, altura del balón y compresión del resorte.

Luego de completar la exploración, se sugiere discutir las conclusiones de cada equipo de estudiantes, mediando con la intención de preparar la siguiente fase del Ciclo. Mediación de las respuestas que plasmaron en su cuaderno, región 5 del esquema de mediación (Fig. 1): “el mediador intercepta la respuesta y la realimenta”. La mediación aquí ejercita la metacognición.

B. Actividades de la Fase de Invención (total interacción entre profesor y estudiantes)

Durante esta fase el profesora debe limitarse a dar respuestas cortas, hacer preguntas y sugerir alternativas; en esta interacción se medió para recuperar las definiciones de energía potencial gravitacional, energía potencial elástica, energía cinética, energía mecánica, trabajo y conservación de energía. Esta fase consiste de nueve actividades que se dividieron en dos sesiones, de cinco y cuatro actividades, respectivamente.

B.1 Primera Sesión de la Fase de Invención (C1-C5 del Apéndice B)

1. La primera actividad consiste en que hagan variar sólo una variable mientras mantienen constantes las demás; elaboren una tabla de datos y los grafiquen, con lo que se activa el patrón de razonamiento: “aislamiento y control de variables”, según Piaget; “clarificación y organización de la información, ofrecer comparación visual”, de acuerdo con Ausubel.

2. La segunda actividad consiste en llenar las líneas vacías del párrafo para recuperar el concepto de energía potencial elástica, para mantener la atención, para “dar énfasis a conceptos clave” y “generar un puente cognitivo entre información nueva y la previa”, de acuerdo con Ausubel.

3. La tercera actividad consiste en que llenen la misma tabla y hagan las mismas gráficas, de la actividad C1, ahora usando energías, se prueba su potencial de aprendizaje, se apunta a su Zona de Desarrollo Próximo, se activan conocimientos previos y se generan expectativas.

4. La cuarta actividad consiste en que hagan una síntesis de las sus anteriores observaciones conduciéndolos a elaborar su propia definición de energía, y hacia el establecimiento del principio de conservación de la energía mecánica, a través de la mediación de significados, pidiendo explicación a sus observaciones; región 5 del esquema de mediación (Fig. 1): “el mediador intercepta la respuesta y la realimenta”.

5. La quinta actividad consiste en que elaboren un mapa conceptual del concepto de energía mecánica y sus relaciones, para activar conceptos previos e identificar el nivel de comprensión de los nuevos conceptos (Ausubel); nuevamente se activa metacognición. El profesor debe mediar hasta que el concepto de Conservación quede

plasmado, en el mapa conceptual, como concepto inclusor y el concepto energía como concepto subsunor.

B.2 Segunda Sesión de la Fase de Invención

1. La primera actividad de la segunda sesión C5, consiste en que elaboren una gráfica de comparación de curvas de energía usando diferentes rugosidades en la rampa, aquí infieren que se pierde energía al haber mayor rugosidad, lo que permite introducir el concepto de trabajo mecánico, activación de pensamiento hipotético-deductivo, inferencia lógica, razonamiento combinatorio, (Piaget), activación de procesos afectivos (Ausubel), metacognitivos y activación de autonomía.

2. En la segunda actividad, C6, se les pide completar un párrafo que tiene espacios en blanco, haciendo cálculos del trabajo de variadas fuerzas en el sistema, y posteriormente introduciendo la relación del trabajo con la energía mecánica.

3. La tercera actividad, C7, consiste en una reflexión sobre aspectos de la transferencia de energía entre balón y resorte.

4. La cuarta actividad, C8, consiste en una síntesis de las observaciones anteriores, con espacios en blanco, hasta formular el teorema trabajo-energía. En este punto se sugieren hacer notar que la energía del balón también se transfiere al medio en forma en energía térmica a causa de la fricción entre el balón y la rampa y así introducir el término degradación de la energía.

B.3 Actividades de la Fase de Aplicación (dirigidas a los estudiantes, A1- A5, del Apéndice B)

La fase de aplicación del ciclo consiste de cinco actividades, algunos estudiantes las llevarán a cabo en dos sesiones, pero habrá algunos que se tomarán tres o cuatro sesiones.

1. La primera actividad consiste en calcular la energía cinética y potencial de casos reales.

2. La segunda actividad consiste en aplicar el principio de conservación de la energía.

3. La tercera consiste en repetir el experimento usando exclusivamente la energía cinética del balón.

4. La cuarta consiste en una reflexión sobre el experimento tomando el suelo como punto de energía potencial igual a cero.

5. La quinta actividad consiste en reflexiones usando una rampa con dos y tres jorobas, “generalización y extensión de resultados”, según Piaget.

Aunque la estrategia de *Ciclos de Aprendizaje*, elaborada a partir de la teoría de Piaget, da la pauta para el abordaje de un tema, fue necesario integrar específicamente los conceptos de aprendizaje significativo de Ausubel y el proceso de mediación de Vigotsky para el desarrollo exitoso de las fases. A través de relaciones de diálogo, se promueven los procesos de aprendizaje significativo, definidos por Ausubel. El diálogo no debe consistir en que el profesor hable y el estudiante sólo escuche, sino que se recomienda iniciarlo cuando surja

algún problema; cuando se requiera intercambiar información o percepciones de la realidad; o cuando se desee dar algo de sí; el diálogo será más que el simple intercambio de palabras entre personas.

C. Transferencia de la teoría de Piaget

Mientras se colectan los datos se le enseña al estudiante a reconocer que por ejemplo, la temperatura es irrelevante para su experimento, y se orienta su atención a buscar los factores relevantes.

Se les estimula a habituarse a agotar las variables presentes antes de empezar a tomar datos, como parte integral de la planificación de su experimento.

En cada actividad se conduce a los estudiantes a buscar hipótesis y a que diseñen la forma de probarlas.

Se les forma el hábito de elaborar suficientemente los datos colectados durante su experimento.

Mejoran sus patrones de razonamiento al insistir en la precisión al transmitir o ejecutar las instrucciones de la correspondiente actividad del cuaderno de mediación.

Para llegar al pensamiento abstracto se favorece la flexibilidad, o sea, la capacidad para utilizar diferentes fuentes de información, estableciendo entre ellas una coordinación y una combinación válidas.

Con el fin de sobrepasar los datos concretos, los ejemplos concretos, y llegar a conceptos y a principios abstractos, expresados en categorías cognitivas superiores, se debe insistir sobre el dominio progresivo del vocabulario y conceptos.

Para activar pensamiento hipotético-deductivo deben reflexionar, relacionar, comparar, comprobar las respuestas antes entregar el cuaderno.

El profesor nunca debe perder de vista que la fase de invención implica un procedimiento inductivo. ¿Quieres decir que...? ¿Cuál es la principal diferencia entre...?

D. Transferencia de la Teoría de Ausubel

De acuerdo a Ausubel, se espera que los estudiantes tengan una aportación activa, esto es, que estén atentos a lo que el profesor dice; que pidan aclaración de conceptos, que hagan esfuerzo por comunicarse con precisión, en una palabra que muestren actitud de aprender significativamente, para esto, las situaciones de enseñanza están organizadas en el entendido de que la actitud apropiada del estudiante no es la pasividad y que los significados que se crean en cada situación son particulares de cada estudiante.

Es importante atender a la aseveración que hace Coll [34] en cuanto a que “cuando se habla de atribuir significado a contenidos concretos, se habla de un proceso que promueve la realización de un cambio estructural a nivel cognitivo”, por lo que el profesor tanto los debe ayudaba a encontrar nuevas formas de relacionar las variables con lo ya conocido y concreto, como estimular su metacognición pidiendo en cada actividad la descripción de la actividad misma, los pasos necesarios para llevarla a cabo y el objetivo deseado.

Con las actividades del *Cuaderno de Mediación* se les estimula y habitúa a seguir una instrucción ya que el estudiante deberá someterse al análisis operativo claro y preciso de la actividad. Del mismo modo, es importante que los estudiantes analicen y detallen un objetivo o proceso, para poder explicar a algún compañero qué hacer y cómo proceder.

Es necesario, cada una de las actividades, exigir concentración y atención para evitar la superficialidad y la imprecisión.

Se pueden aprovechar algunas tareas que son esencialmente similares para crear hábitos de observación, planteamiento de hipótesis y planeación de estrategias.

Se recomienda aprovechar las ocasiones para ejercitar la percepción más allá de las necesidades básicas, con el fin de que los estudiantes sean capaces de hacerlo en situaciones incluso no importantes o menos conocidas, mediante la adquisición de hábitos, actitudes adecuadas y estrategias personales.

Para habituarlos a definir un problema se recomienda orientar la atención del estudiante a través de pistas perceptivas ¿cuáles son las diferencias y semejanzas entre esta actividad y la anterior?, por ejemplo.

Para habituarlos a utilizar la información adquirida previamente, se recomienda orientar la mediación a conseguir que el estudiante defina la meta que se debe conseguir, así como aumentar su actividad de discriminar.

Para animarlos a aprender significativamente, cuando sólo haya silencio al hacer una pregunta, se puede mediar haciendo notar ante todos que todas las respuestas son valiosas y serán tomadas en cuenta.

De acuerdo a la metodología elaborada por Karplus [22] como se señaló anteriormente, el *Ciclo de Aprendizaje* fue dividido en tres partes: i) exploración, ii) invención y iii), aplicación.

En la fase de exploración el punto de partida para el aprendizaje significativo de nuevos contenidos son los conocimientos previos, Coll [34] aclara que esto implica poner atención tanto a los conocimientos que poseen respecto al contenido concreto que se propone aprender, como a la disposición y a las capacidades, instrumentos, habilidades y estrategias generales que son capaces de utilizar, para llevar a cabo el proceso de aprendizaje significativo.

En la fase de invención, el profesor debe ayudar sin resolverles el trabajo, siguiendo los niveles de mediación: desde una simple llamada de atención, recordándoles el uso de estrategias para la resolución de las actividades, hasta simplificarles el problema; estimulando la flexibilidad de cambio ante posibles bloqueos y la metacognición, al concluir la actividad.

Durante la parte de análisis y discusión metacognitiva se trata de que los estudiantes en forma individual y colectiva, reflexionen sobre sus procesos cognitivos, es decir, lo que hayan hecho durante la actividad, acerca de las soluciones que dieron a los problemas que enfrentaron, estrategias, herramientas metacognitivas, y procedimientos que usaron; esto es, lo que pensaron, recordaron, imaginaron, etc., para llevar a cabo la actividad. En esta fase se espera que elaboren generalizaciones y aplicaciones de las relaciones

encontradas a los distintos contextos de la vida diaria. El profesor se enfocará en que el estudiante analice los propios procesos del pensamiento, haciendo partícipe al estudiante del examen de sus preconcepciones y sus respuestas correctas, enseñándole a considerar cada una de las respuestas alternativas y, en su caso, a describir sus razones por las cuales su respuesta no fue la más adecuada.

En síntesis, se estimulan procesos afectivos, metacognitivos y significativos cuando ven que existen otros caminos igualmente válidos para realizar una actividad.

E. Transferencia de la Teoría de Vigotsky

De acuerdo con Vigotsky, el primer paso para dialogar con los estudiantes es poner atención y escuchar realmente lo que digan, es decir, el profesor tiene que estar receptivo, perceptivo y sensible para captar tanto las ideas como los sentimientos subyacentes a las palabras del estudiante. Antes de que se permita a cualquier participante, incluyendo al profesor, responder a otro durante una actividad, se recomienda resumir lo que el otro dijo, lo que acarrea ventajas ya que se habitúa a los estudiantes a escuchar con más cuidado a los demás y a ser más claros en sus comunicaciones al conocer cómo interpretan los demás sus mensajes.

El primer paso para abrir el diálogo con los estudiantes es conocer sus preconcepciones, esta información se conocerá desde la fase de Exploración, así se tendrán herramientas para dialogar con el estudiante.

Los intercambios comunicativos entre el profesor y los estudiantes en el salón de clases se deberán estructurar con anterioridad para facilitar a los estudiantes el desarrollo cognitivo al mismo tiempo que se adquieren conceptos físicos.

Es importante hacer hincapié en que el profesor no debe esperar que los estudiantes se limiten a obedecer reglas sino que sean creativos y cambian los contextos, por ello los diálogos forman parte de ellas y contribuyen a producirlas.

Se debe tener especial cuidado en: atender cuidadosamente tanto los mensajes verbales como no verbales; diferenciar entre los contenidos intelectual y emocional del mensaje y hacer inferencias con respecto a los sentimientos del estudiante

Los errores perceptuales se corrigen, en primer lugar, orientando la percepción del estudiante mediante la definición precisa de los objetivos; en segundo lugar, invitándolo a analizar la tarea con detenimiento.

Para que adquieran una percepción de sus respuestas de manera descentralizada, se recomienda motivarlos a que sean explícitos pidiéndoles que justifiquen sus respuestas.

Para activar metacognición, el profesor debe poner interés en observar la conducta de los estudiantes para orientarla y para desarrollar la capacidad de organizar sistemáticamente toda la información necesaria para la correcta resolución de las actividades, así como hacer que los estudiantes tomen conciencia de sus estrategias empleadas.

Para retroalimentar las respuestas (región 5 del esquema de mediación, fig. 1), se debe tener una constante preocupación por la verbalización, la coherencia, el uso de conceptos y vocabulario específicos; siempre que se pueda, pedirle al estudiante que responda de manera precisa y exacta. Se requiere tener mucho cuidado de referirse a cada concepto con su nombre, para mejorar los instrumentos verbales de los estudiantes.

En los diálogos la secuencia que más se va a utilizar es inicio-respuesta-retroalimentación, donde el profesor pregunte, el estudiante responda y el profesor evalúe o comente lo expresado por el estudiante.

Apuntar a la Zona de Desarrollo Próximo implica imponer un lapso de tiempo entre el estímulo y la respuesta, es decir, haciendo que no empiecen a llenar el Cuaderno de Mediación de la actividad correspondiente, hasta que se haya hecho la adecuada planificación, que incluye el punto de partida, e indicar los pasos que conducirán al objetivo. Es preciso insistir en que no contesten de manera precipitada, que piensen durante un tiempo antes de iniciar la actividad; en general, se requiere ayudarlos a desarrollar un plan para iniciar la actividad.

Durante las actividades se activarán los patrones de razonamiento de la siguiente manera:

1. En primer lugar, el profesor no debe perder de vista su rol en cada fase del ciclo:
 - Identificar las preconcepciones de los estudiantes.
 - Ayudar a los estudiantes a descubrir relaciones y construir significados.
 - Ofrecer experiencias.
 - Promover un ambiente adecuado.
 - Orientar, modelar y acompañar el proceso de aprendizaje.
2. Identificar si el contenido es conceptual, procedimental o actitudinal.
3. Siempre apuntar a la Zona de Desarrollo Próximo (no perder de vista a Vigotsky).

V. PRUEBA DE LA ESTRATEGIA Y RESULTADOS

En un estudio realizado con una muestra de 31 estudiantes que se encontraban cursando la asignatura de Física 2, de la carrera de Ingeniería Industrial, del Instituto Tecnológico de Apizaco, México, se comparó la enseñanza del concepto de Energía Mecánica de manera tradicional (en la que el profesor expone los conceptos), con la enseñanza de dicho concepto a través de la aplicación del *Cuaderno de Mediación*, que como ya se dijo, fue elaborado a partir de la estrategia *Ciclos de Aprendizaje* de Karplus, y que tiene incluidos el aprendizaje significativo de Ausubel y la experiencia de aprendizaje mediado de Vigotsky. El Cuaderno de Mediación, elaborado con base en dicha estrategia, resultó ser adecuado para mediar la construcción de significados.

Se trató de un estudio cuantitativo con un componente cualitativo, que correspondió a una investigación experimental con un diseño pre y pos-test, con grupos

control y experimental, correlacional, de tipo explicativo, multivariado, con variables: aprendizaje significativo y desempeño al resolver problemas que involucran energía mecánica, y con indicadores: puntaje obtenido en un Inventario del Concepto de Energía Mecánica (ICEM) y los procesos de cognición y metacognición de los estudiantes.

Se compararon los resultados del instrumento antes y después del tratamiento, y se hizo un estudio estadístico con una prueba t-student; los resultados muestran una diferencia significativa ($p < 0.05$), en cuanto a la apropiación del concepto de energía Mecánica, a favor del grupo experimental.

El análisis de resultados permitió rechazar la hipótesis nula ($H_0: \mu_c - \mu_e = 0$) planteada y confirmar la hipótesis alterna ($H_a: \mu_c - \mu_e \leq 0$), al encontrarse diferencias significativas en el cuestionario ICEM entre estudiantes sometidos a diferentes niveles de mediación. Se evidenció que el grupo de estudiantes sometidos a un proceso de mediación de significados obtuvo mayores puntajes en dicho cuestionario con respecto al grupo de estudiantes no sometidos al proceso, probándose así que la estrategia Ciclos de Aprendizaje es útil para promover aprendizaje significativo.

Estos resultados fueron consistentes con los hallazgos de Zollman [15], quien ha destacado la importancia de la estrategia de *Ciclos de Aprendizaje* para desarrollar aprendizaje significativo.

Los resultados de la fase de aplicación del *Cuaderno de Mediación* muestran que los estudiantes se hicieron aprendices autónomos.

Por último, como afirman Marek y Cavallo [28], elaborar un *Ciclo de Aprendizaje* para la enseñanza de un concepto no es tarea fácil, menos aun integrar el concepto de aprendizaje significativo de Ausubel, el *Ciclo de Aprendizaje* basado en Piaget y la Experiencia de Aprendizaje Mediado de Vigotsky, por lo que el presente Cuaderno apoya a la comunidad de docentes de Física sobre cómo aplicar una metodología de corte constructivista en el aula, a través de una serie de estrategias, conceptos y principios tomados de la psicología cognitiva, así como algunas ideas para el manejo del grupo. El *Cuaderno de Mediación* se dio a conocer en un curso a profesores de Física del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, en México, donde tuvo una buena aceptación.

VI. CONCLUSIONES

Uno de los conceptos fundamentales más importantes y complejos de la Física es el de energía, desafortunadamente se presentan muchos problemas en los alumnos para su aprehensión. El término como tal es desafortunado debido a la diversidad de definiciones populares (pseudocientíficas) asociadas a diferentes tipos de energía, lo cual forma obstáculos epistemológicos en los alumnos, que posteriormente llevan a errores conceptuales en temas asociados al de energía. Actualmente diversos investigadores reconocen la importancia del problema y en los últimos años se ha prestado especial atención al diseño

de estrategias de enseñanza exitosas. La base de las mismas es el Aprendizaje Activo de la Física, esto es, utilizar experiencias reales del laboratorio de Física de orientación constructivista, más allá de simulaciones computacionales. Esto está en consonancia con las recomendaciones de la *Comisión Internacional de Educación en Física* perteneciente a la *Unión Internacional de Física Pura y Aplicada* (ICPE-IUPAP). De esta forma, hemos presentado una estrategia constructivista que ha dado resultados positivos para la enseñanza de la energía mecánica en alumnos de ingeniería basada en Ciclos de Aprendizaje. El instrumento central de la misma es el *Cuaderno de Mediación*, mismo que ponemos a disposición de los docentes de Física, que sin duda ayudará a sus estudiantes a desarrollar habilidades cognitivas y adquirir conocimientos.

REFERENCIAS

- [1] Heron, P., *Towards a vertical curriculum about energy starting from primary school and teacher education*. (Resúmenes de la XIII Conferencia Internacional GIREP. Nicosia, Chipre, 96, 2008a).
- [2] Schewe, P., *APS publishes energy efficiency study: Energy = Future: Thing Efficiency*, *The Physics Teacher* **47**, 60-60 (2009).
- [3] Borgnolo, A., Colombo, M., Michelini, M., Santi, L., *Exploring energy transformations for a curricular proposal in secondary school*, (Resúmenes de la XIII Conferencia Internacional GIREP. Nicosia, Chipre, 96, 2008).
- [4] Borsboom, J. et al., *The relation between context and concept in case of forming an energy concept*, (Resúmenes de la XIII Conferencia Internacional GIREP. Nicosia, Chipre, 96-97, 2008).
- [5] Jewett, J., *Energy and the confused student V: The energy/Momentum approach to problems involving rotating and deformable systems*, *The Physics Teacher* **46**, 269-274, (2008).
- [6] Heron, P. et al., *Teaching and learning the concept of energy in primary school*. (Resúmenes de la XIII Conferencia Internacional GIREP. Nicosia, Chipre, 96, 2008b).
- [7] Trna, J., *Energy concept in primary science*. (Resúmenes de la XIII Conferencia Internacional GIREP. Nicosia, Chipre, 96-97, 2008).
- [8] Saglam-Arslan, A., Kurnas, M., *Prospective physics teachers' level of understandign energy, power and force concepts*. Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching **10**, (2009).
- [9] Núñez, G, Maturano, C. I, Pereira, R., Mazzitelli, C., *¿Por qué persisten las dificultades en el aprendizaje del concepto de energía?*, *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales* **18**, (2004).
- [10] González, A., *El concepto "energía" en la enseñanza de las ciencias*, <<http://www.rioeoi.org/1184.htm>>, visitado en Marzo 12, 2008.
- [11] Papadouris, N. y Constantinou, C., *A teaching proposal about energy for students aged 11-15*,

- (Resúmenes de la XIII Conferencia Internacional GIREP. Nicosia, Chipre, 96-97, 2008).
- [12] Hecht, E., *Energy conservation simplified*, The Physics Teacher **46**, 77-80 (2008).
- [13] Quintana, A., Llovera-González, J. J., *La construcción del conocimiento como proceso activo en la enseñanza*, Latin American Journal of Physics Education **3**, 153-157 (2009).
- [14] McDermott, L., Redish, E. F., *Resource Letter: PER-1 Physics Education Research*, American Journal of Physics, **67**, 755 (1999).
- [15] Zollman, D., *Learning cycles for a large-enrollment class*, The Physics Teacher **28**, 20-25 (1990).
- [16] Hunt, J., *Critical thinking: Error sources and energy in a conservation of momentum lab*, The Physics teacher. **46**, 235-236 (2009).
- [17] Hobson, A., *Energy and Work*, Notas al editor, The Physics Teacher **42** (2004).
- [18] Trejo, L. M., *Recomendaciones recientes sobre la enseñanza del tema energía*, (Memorias del XV Congreso Nacional de Termodinámica, México, D. F., Septiembre de 2000).
- [19] Doménech, J. L., Gil-perez, D., Gras-marti, A., Guisasola, J., Torregrosa, J. M., Salinas, J., Trumper, R., Valdes, P. & Vilches, A., *Teaching of energy issues: A debate proposal for a global reorientation*. Science & Education **16**, 43-64 (2007).
- [20] Karwasz, G., Karbowski, A., Turło, J. *Energy-Historical, Interactive and Pedagogical Paths*, (Resúmenes de la XIII Conferencia Internacional GIREP. Nicosia, Chipre, 98, 2008).
- [21] González, A., *¿Cómo Definir la Energía en los Cursos Básicos?*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **2**, 275-276 (2008).
- [22] Karplus, R., *Teaching for the development of the reasoning*, Research in Science Education **10**, (1980).
- [23] Ausubel, D., *Psicología Educativa: un Punto de Vista Cognoscitivo*, (Trillas, México, 1983).
- [24] Piaget, J., Inhelder, B., *The Growth of Logical Thinking from Childhood to adolescence*, (Basic Books, New York, 1958).
- [25] Vigotsky, L. S., *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*, (Grijalbo, Barcelona, 1988).
- [26] Abraham M. R., *The learning cycle approach as a strategy for instruction in science*. (B. J. Fraser & K. G. Tobin eds., International Handbook of Science Education, Dordrecht, the Netherlands: Kluwer. 1998), pp. 513-524.
- [27] Turkmen, H., Usta, E., *The role of learning cycle approach overcoming misconceptions in science*, (2007) <<http://www.ksef.gazi.edu.tr/dergi/pdf/Cilt-15-No2-2007Ekim/hturkmen.pdf>>, visitado el 25 de Enero de 2008.
- [28] Marek, E. A., Cavallo, A. M. L., *The learning cycle: Elementary school and beyond*, (Heinemann, USA, Portsmouth, N. H, 1997).
- [29] Lawson, R. A.; McDermott L. C., *Student understanding of the work-energy and impulse-momentum theorems*, American Journal of Physics **55**, 811-817 (1987).
- [30] Briscoe, C., Ulerick, S., *Meaningful learning in College Biology trough concept mapping*, The American Biology Teacher **53**, 214-219 (1991).

- [31] Zabala-Álvarez, J., González-Romero, M., *Nivel de Desarrollo Mental, Habilidad Verbal y Nivel de Desempeño en la Elaboración de Mapas de Conceptos: Su Influencia Sobre la Resolución de Problemas de Química*, Informe de Investigaciones Educativas **16** (1 y 2), (2002).
- [32] Lawson, A. E., *The development and validation of a classroom test of formal reasoning*, Journal of Research of Science Teaching **15**, 11-24 (1978).
- [33] Test de Raven. Recuperado el 1 de Agosto de 2009, de <http://www.avlisad.com.ar/test/>.
- [34] Coll, C. et al., *El constructivismo en el aula*, (Grao. Barcelona, 2007).
- [35] Elaborado a partir del Dispositivo *Dinamosa*, por Luis Ángel et al., Memorias del XXIII Evento Nacional de Creatividad de los Institutos Tecnológicos, México, en su fase Nacional, efectuado en Veracruz, Veracruz, México (2008).
- [36] Visual Basic. Recuperado el 5 de Septiembre de 2008 de <http://microsoft-visual-basic-2008-express.softonic.com/>

APÉNDICE A

DISPOSITIVO PARA EXPERIMENTACIÓN

En el presente apéndice, los autores describen el Dispositivo para Experimentación [35], que sugieren por su bajo costo, aunque cualquier otro sensor que mida la compresión de resorte puede ser usado. Con esto, los estudiantes pueden explorar, inventar, aplicar conocimientos y poner a prueba sus propias hipótesis.

El material requerido para el dispositivo de experimentación es: una rampa en forma de cuneta, juego de balines de diferentes tamaños y diferente masa, juego de resortes de diferentes coeficientes de elasticidad, juego de superficies de diferente rugosidad, regla graduada, hojas de papel carbón, hojas de papel blanco, cinta adhesiva, cronómetro, báscula digital y sensor de compresión. El dispositivo para experimentación consiste de una rampa por la que rueda un balón (ver figura 2).



FIGURA 2. Dispositivo para Experimentación.

Al final de la rampa se coloca el resorte que se comprime al llegar dicho balón. La compresión del resorte se registra en la computadora a través del un Sensor de Compresión (ver figura 3).

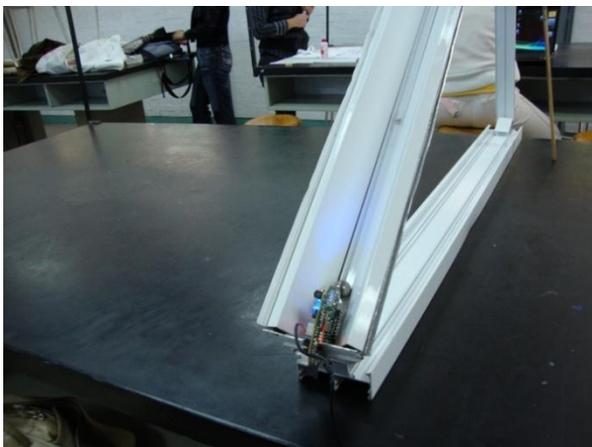


FIGURA 3. Rampa con Sensor de Compresión.

A.1 Sensor de Compresión

Ya que se dificulta la observación visual de la compresión del resorte, se requiere de un sensor que la detecte y envíe el conjunto de datos adquiridos a una computadora, por medio de un dispositivo elaborado a partir de un mouse de computadora, que posteriormente son tratados gráfica y estadísticamente.

El dispositivo está basado en la Ley de Hooke. Cuando un resorte se estira una distancia δ , la fuerza de restitución ejercida para el resorte, para deformaciones pequeñas, está dada por

$$F = -k\delta.$$

Donde k es la constante del resorte. El signo menos indica que la fuerza del resorte está en la dirección opuesta al desplazamiento.

Material requerido

- Mouse de computadora con complementos (porta pila y cable para recargarla).
- 2 tornillos de 1/16" X 3/4", con tuercas y roldanas planas.
- Una segueta superflex.
- Un rodamiento de hule con base metálica, tamaño pequeño (desecho de grabadora).
- Resorte para 290.90 dinas/cm, con límite de ruptura elástica de 5cm.
- 4 tornillos 1/16" X 2".
- Taladro con brocas de 1/16" y 1/2".

La parte más importante de este sistema es el sensor de movimiento lineal, en este caso se usó un mouse de computadora, que tiene su funcionalidad en el scroll con un diámetro de 2.7 cm y con un perímetro de 8.48232 cm, en

este caso no tendrá un ciclo de 180° completos, porque sólo se utilizarán 5 cm de los 8.48232 disponibles.

La construcción del cuerpo del sensor consiste en unir las partes de manera lineal. Se eliminó el filo de corte (dientes) de la segueta, con el esmeril de abrasivo y se colocó dentro del resorte, sujetándose con un tornillo de 1/16". Al ser comprimido el resorte por el balón, la segueta sale del resorte, el cual está fijo en la parte inferior de la rampa. Al salir la segueta, acciona el scroll del dispositivo emisor.

Para evitar que la segueta tenga juego dentro del resorte se colocó el rodamiento en el extremo de la segueta.

A.2 Adaptación del Dispositivo Emisor

Se desarmó el mouse hasta que sólo quedó la placa de circuito impreso con sus componentes (porta pilas, cables para recarga). Después se fijó este circuito a la base de la rampa, de manera que la segueta fuera la base de la rueda del scroll y así cumpliera su funcionalidad como sensor, se fijó con dos tornillos de 1/16". Por lo regular la placa del circuito impreso tiene dos orificios para el tipo de tornillos mencionados anteriormente, para ello, se debió posicionar la parte central para que coincidiera con la segueta, se fijara a la tapa y se perforó de manera que el porta pilas quedara accesible al experimentador, para, cuando sea necesario, reemplazar las pilas (Ver figura 4)

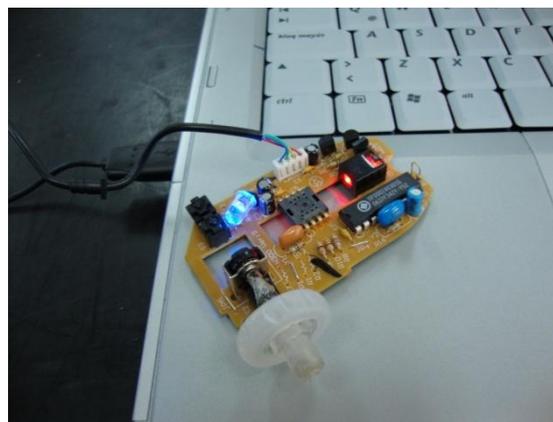


FIGURA 4. Dispositivo Emisor.

A.3 Desarrollo del Software

Para la lectura y adquisición de datos, se realizó el programa *sensomec* para computadora con sistema operativo Windows, en lenguaje Visual Basic, que permitió la interacción de la computadora y el sensor por medio de una unidad de USB. Se optó por programar en Visual Basic, porque es un lenguaje de programación orientado a objetos, por su gran disponibilidad para ser manejado por usuarios inexpertos, que permite crear herramientas de programación visual, además de la posibilidad de crear ambientes donde se tiene una interacción directa con el programa y el sensor. Pero principalmente por la posibilidad de usar las funciones del scroll y sus funciones

inalámbricas [36]. La figura 5 muestra una foto de la pantalla de la computadora durante la recolección de datos.

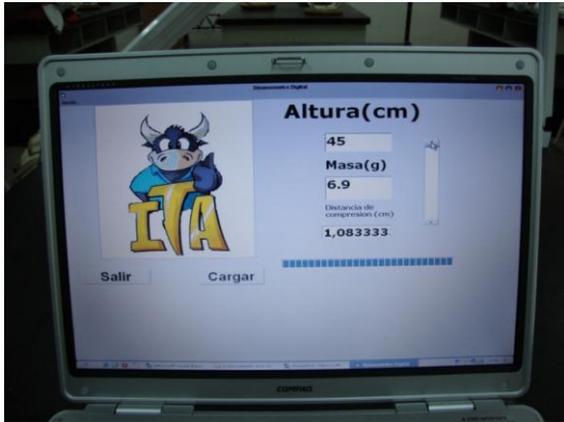


FIGURA 5. Pantalla durante la recolección de datos.

A.4 Funcionamiento del Sensor de Compresión

Este programa contiene una barra vertical que permite por medio del scroll del mouse ser deslizado para realizar las lecturas, en tiempo de ejecución, del desplazamiento producido por el resorte, que por medio de una serie de instrucciones permite conocer la distancia de compresión del resorte, en centímetros.

APÉNDICE B

CUADERNO DE MEDIACIÓN

FASE DE EXPLORACIÓN

NÚMERO DE EQUIPO: _____

NOMBRE DE LOS INTEGRANTES:

- _____
- _____
- _____

La noción de conservación en física alude a la inmutabilidad, a la constancia; que alguna cantidad física permanezca constante mientras el sistema relacionado con ella sufre un cambio, indica que dicha cantidad tiene un carácter fundamental profundo.

Los físicos buscan siempre leyes de conservación como si fueran las llaves mismas del mecanismo interno del Universo. La conservación de la energía mecánica es una de esas leyes y con las siguientes actividades tendrás oportunidad de redescubrirla, de la misma manera que los científicos de antaño.

MATERIAL

- Una rampa
- Juego de balines $\neq m$
- Juego de resortes $\neq k$
- Juego de rugosidades (vidrio, lija, papel)
- Juego de pesas
- Regla graduada
- Hojas de papel carbón
- Hojas de papel blanco
- Cinta adhesiva
- Cronómetro
- Báscula digital
- Sensor de compresión del resorte

Actividad E1.

Mientras “juegas” con el sistema observa y contesta las siguientes preguntas:

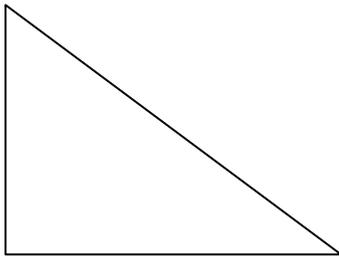
- a) ¿Cuáles son las variables físicas presentes en el sistema? _____

- b) ¿Cuáles son las variables importantes? _____

- c) ¿Qué relaciones observas entre las variables? _____

- d) ¿De qué variables depende la distancia de compresión del resorte? _____

Actividad 2. a) Identifica los momentos importantes durante el trayecto del balón:



i) _____
ii) _____
iii) _____
iv) _____
v) _____

b). Anota las características de las variables, para cada momento:

- i) _____
- ii) _____
- iii) _____
- iv) _____
- v) _____

FASE DE CONCEPTUALIZACIÓN PARTE I

Actividad C1.

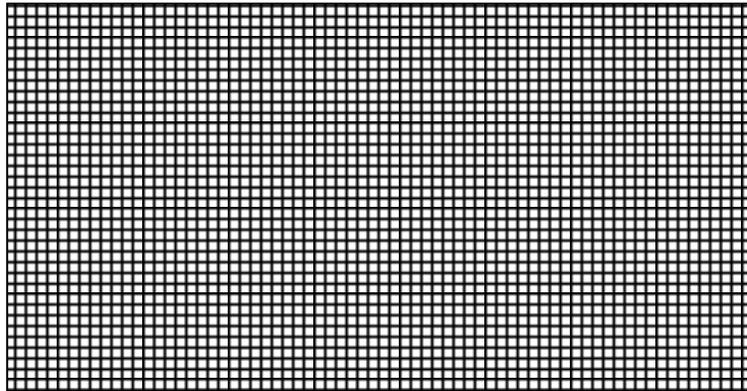
a) Diseña un experimento para coleccionar los datos que creas necesarios para conocer la relación entre las variables que observaste en la fase de exploración.

Tabla

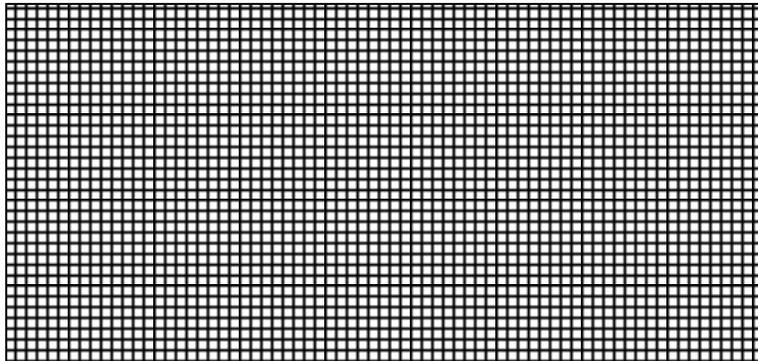
_____	Distancia de compresión	_____	Distancia de compresión	_____	Distancia de compresión
()	()	()	()	()	()

b) Grafica tus datos

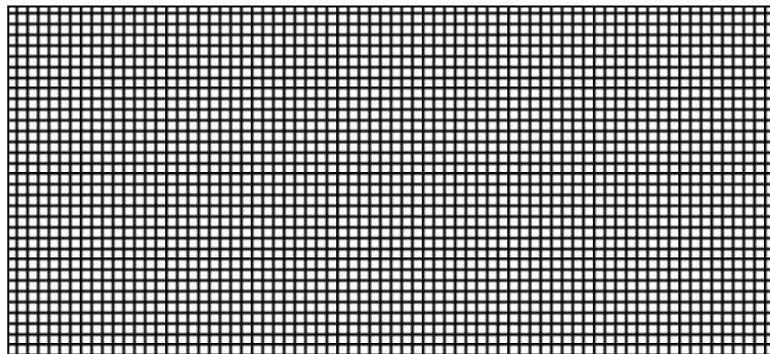
Gráfica _____ vs. _____



Gráfica _____ vs. _____



Gráfica _____ vs. _____



Actividad C2.

Llena los espacios en blanco en los siguientes párrafos:

Todo resorte presenta una constante de _____ que depende de varios factores: forma del resorte, material del que está hecho. Esta constante determina el valor de la fuerza de recuperación del resorte cuando lo estiramos o lo contraemos. Es decir, al sacarlo de su posición de equilibrio, el resorte tiende a recuperarla y, al actuar la fuerza recuperadora (la que trata de llevarlo a la posición de equilibrio), entra en una dinámica de movimiento armónico simple. Cuando el resorte se estira o se contrae, va acumulando una energía, que llamamos

_____ elástica, que es la que utilizará para volver a la posición inicial. Esta energía potencial elástica depende de la elongación, pues cuanto más lejos esté del punto de equilibrio, _____ energía acumula. Podemos calcularla a partir de la ecuación:

$$E_p = \frac{1}{2} k x^2$$

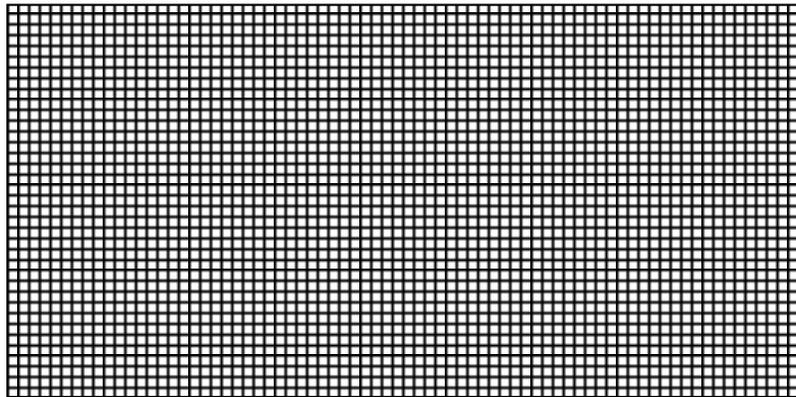
Actividad C3.

a) Con los datos colectados llena una tabla de energías (considera todos los factores).

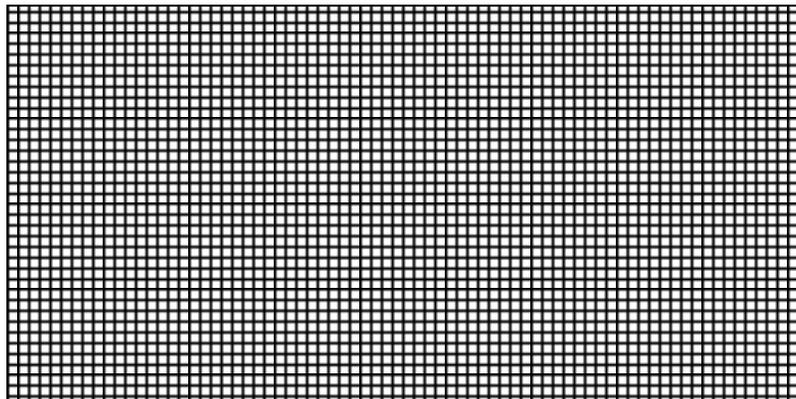
E ()	E ()	E ()	E ()	E ()	E ()

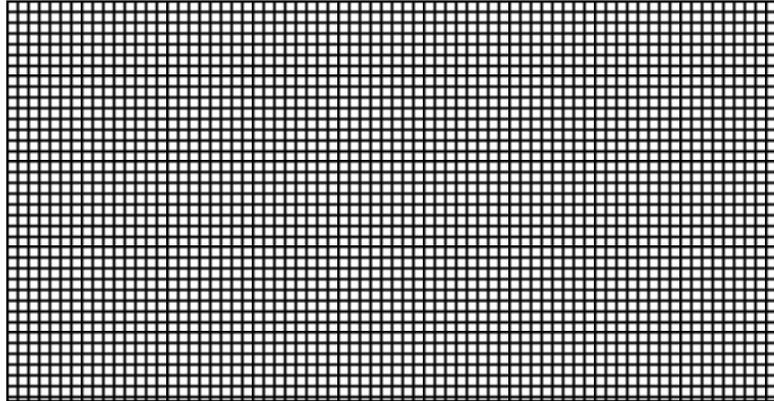
b) Realiza ahora las gráficas correspondientes:

Gráfica _____ vs. _____



Gráfica _____ vs. _____





Actividad C4.

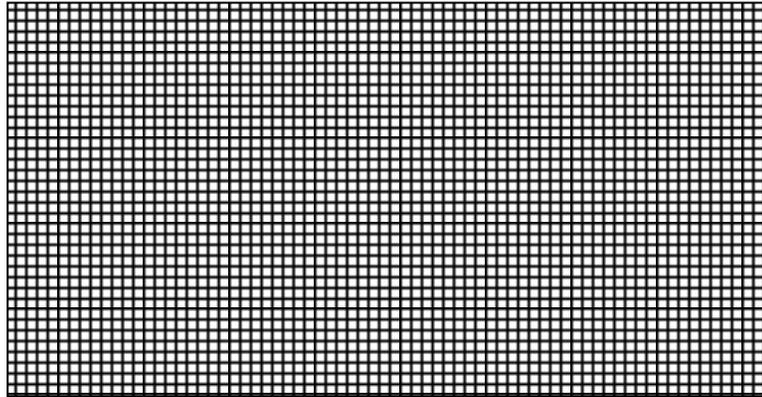
- a) Para cada uno de los momentos importantes, observa y anota las características de las energías:
 - i) Altura máxima _____
 - ii) Durante el recorrido del balón _____
 - iii) En el instante de contacto balón-resorte _____
 - iv) Durante la compresión del resorte _____
 - v) En la compresión máxima del resorte _____
- b) Sintetiza lo anterior: _____

- c) Anota el valor de la suma $E_p + E_c$ en cada uno de los momentos importantes:
 - i) $E_p + E_c =$ _____
 - ii) $E_p + E_c =$ _____
 - iii) $E_p + E_c =$ _____
 - iv) $E_p + E_c =$ _____
 - v) $E_p + E_c =$ _____
- d) ¿Cómo se mantiene la suma $E_p + E_c$? _____
- e) es decir, la suma $E_p + E_c$ se _____
- f) Matemáticamente: _____
- g) La suma $E_p + E_c$ es llamada energía _____ y se representa por _____
- h) Define:
 - i) E_p : _____
 - ii) E_c : _____
 - iii) E_δ : _____
 - iv) E_m : _____
 - v) E : _____
- i) Compara tus definiciones con las de la bibliografía.
- j) El cambio de Energía potencial del balón en la primera etapa es: $\Delta E_p =$ _____
- k) El cambio de Energía cinética del balón en la primera etapa es: $\Delta E_c =$ _____
- l) El cambio de Energía potencial elástica del resorte en la segunda etapa es: $\Delta E_\delta =$ _____
- m) El cambio de energía mecánica del sistema es: $\Delta E_c + \Delta E_p =$ _____

FASE DE CONCEPTUALIZACIÓN PARTE II

Actividad C5.

- a) Repite el experimento anterior para hacer la gráfica E_{δ} vs. E_p , usando ahora diferentes rugosidades de la rampa.



- b) A qué se debe la diferencia entre las gráficas: _____

- c) ¿Qué representaría una recta a 45°? _____
- d) Si se perdió _____, se dice que se _____ al medio.
- e) ¿Cuánta energía se transfirió en cada rugosidad?
 Vidrio _____
 aluminio _____
 Lija de agua _____
 Lija de madera _____

Actividad C6.

- a) Realiza los siguientes cálculos y compara tus resultados con los casos anteriores (f_i es la fuerza de fricción entre el balón y la superficie, L es la distancia recorrida por el balón del punto i al punto f):
- f_1L _____
 f_2L _____
 f_3L _____
 f_4L _____
- b) Al producto fL se la llama _____ ejercido por la fuerza de fricción sobre el balón.
- c) La pérdida de energía es igual al _____ realizado sobre el balón.
- d) La energía transferida al ambiente es igual al _____ realizado por la fuerza de fricción sobre el balón.
- e) Completa la siguiente igualdad: $E_p + E_c$ _____ = Cte
- f) El balón le _____ energía al resorte. Compara la energía transferida con el producto de la fuerza que imprime el balón al resorte (W) y la distancia de compresión del resorte: $Wx =$ _____
- g) Al producto Wx se la llama _____ ejercido por el peso del balón sobre el resorte.
- h) La energía transferida por el balón al resorte es igual al _____ realizado por el balón sobre el resorte.
- i) El cambio en energía potencial del balón, del punto i al punto f es: $\Delta E_p =$ _____
- j) El cambio de Energía cinética del balón en la primera etapa es: $\Delta E_c =$ _____
- k) El cambio ΔE_m del balón es: _____

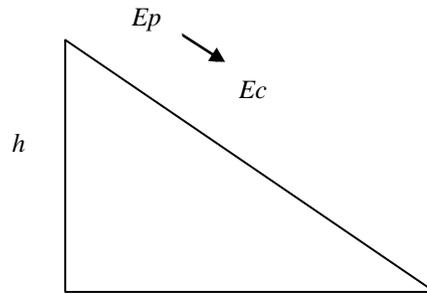
- l) El cambio de Energía potencial elástica del resorte en la segunda etapa es: $\Delta E_{\delta} = \underline{\hspace{2cm}}$
 m) El cambio de energía mecánica del sistema es: $\Delta E_c + \Delta E_p = \underline{\hspace{2cm}}$
 n) $\Delta E_c + \Delta E_p - W = \Delta E_{\delta}$

Actividad C7.

Piensa en cada una de las siguientes preguntas: ¿Cómo se transfiere la energía? ¿Cómo se transforma, en su recorrido, la E_p del balón en E_c ? ¿Cómo le transfiere el balón, su energía al resorte? ¿Cómo se transfiere energía al medio, en forma de calor?

Actividad C8.

Llena los espacios en blanco del siguiente párrafo:
 El trabajo es la forma de energía

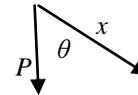


Cuando no había fricción:

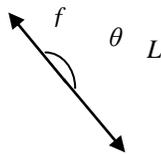
La gravedad ejerce sobre el balón: $W = Ph = Ec$, donde P y h están en la misma dirección, si están en diferente dirección, se calcula la de una en dirección de la otra.

El balón ejerció trabajo sobre el resorte: $W = Px \cos \theta = E_{\delta}$.

$W = Px \cos \theta$



En presencia de rozamiento:



$W = fL \cos \underline{\hspace{1cm}}^{\circ}$

$W = -fL$

Por eso se dice que el cambio de energía en un cuerpo es igual al trabajo realizado sobre el cuerpo.

$\Delta E_c = W$

$\Delta E_p = W$

$\Delta E_{\delta} = W$

$= Px \cos \theta$

$\Delta(E_p + E_c) = W$

$\Delta E_p + \Delta E_c = W$

$\Delta E_p + \Delta E_c - \underline{\hspace{1cm}} = 0$

TEOREMA TRABAJO-ENERGÍA

FASE DE APLICACIÓN

Actividad A1.

- Encuentra tu energía cinética mientras caminas de un lugar a otro, de tu elección.
- Encuentra tu cambio de energía potencial gravitacional al subir al piso de arriba.
- Calcula el trabajo realizado por el balón sobre el resorte.

Actividad A2.

- a) Aplica el principio de conservación de energía para predecir la velocidad del balón justo antes de golpear al resorte.
- b) En la montaña rusa de dos jorobas, ¿desde qué altura debe ser liberado el balón para rodar sobre la joroba más baja?

Actividad A3.

- a) Repite el experimento, controlando en el balón únicamente su energía cinética.

Actividad A4.

- a) Cómo cambiarían tus resultados si mides la altura del balón desde el suelo.