

La enseñanza de la energía en el nivel medio: una estrategia didáctica. Primera parte



Teresa Perrotta¹, Beatriz del Rosario Follari¹, Carmen Lambrecht¹,
Gilda Noemí Dima¹, María, EugeniaCarola²

¹Facultad de ciencias Exactas y Naturales, UNLPam, Ave. Uruguay n° 151, (6300) Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

²Colegio Secundario María Auxiliadora, Avda. Roca n° (6300) Santa Rosa, La Pampa, Argentina

E-mail: dimascari@cpenet.com.ar

(Recibido el 17 de Mayo de 2013; aceptado el 30 de Agosto de 2013)

Resumen

Basándonos en las investigaciones educativas que revisaron la manera en la que se presentan los conceptos de energía y de trabajo en la bibliografía habitual, elaboramos una estrategia didáctica tendiente a enseñar estos temas de manera integrada en la escuela media. Nuestra investigación inicia en primer año del nivel Polimodal luego de que los alumnos han estudiado las Leyes de Newton y se continúa en segundo año con calor y temperatura. Las distintas actividades propuestas se redactaron en base a la metodología del Aprendizaje Activo de la Física, partiendo de la ecuación general de conservación de la energía. Creemos que esta metodología de trabajo ayudaría a integrar los conceptos referidos a la energía dados en primer año con los tratados en segundo, favoreciendo así, una visión más amplia e integrada de la Física. En este artículo mostramos tanto el desarrollo de la experiencia en primer año de Polimodal del Colegio María Auxiliadora de Santa Rosa, La Pampa, Argentina, durante el año 2012, como los resultados alcanzados.

Palabras clave: conservación de la energía, estrategia didáctica, aprendizaje activo, nivel medio.

Abstract

Based on educational investigation regarding how the concepts of energy and work are presented in the regular bibliography, we elaborated a didactic strategy aimed at teaching these topics in an integrated manner at High School. Our investigation starts during the first year at Polimodal Level after students had studied Newton's Laws, and continues during the second year with topics such as heat and temperature. The different activities proposed were written based on the methodology known as Active Learning of Physics and taking into consideration the general equation of energy conservation. We believe that this working methodology would help to integrate concepts related to energy studied during the first and second year, thus favouring a broader and more integral view of Physics. In this article we show not only the development of the strategy employed at first year Polimodal at Colegio María Auxiliadora from Santa Rosa, La Pampa, Argentina, but also the results obtained.

Keywords: Energy conservation, didactic strategy, active learning, High School Level.

PACS: 01.40.Fk, 01.40.gb, 01.55.+b

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

La enseñanza del tema energía se plantea como un desafío para quienes se desempeñan como docentes en los diferentes niveles educativos. En el lenguaje diario la palabra energía es utilizada de formas diversas en diferentes contextos que no se acercan a la definición científicamente aceptada. Es por lo tanto, necesario presentarlo a los estudiantes de una manera clara y suficientemente amplia para que puedan aplicarlo a diferentes fenómenos a lo largo de su escolaridad. Por otra parte, creemos que los conceptos deben ser tratados con rigurosidad, ya que a veces se hacen presentaciones muy generales y coloridas pero un poco difusas

Hace aproximadamente treinta años diversos autores [1, 2, 3] han manifestado que desde el punto de vista teórico es

necesario incorporar algunas ideas sobre el trabajo y la energía que surgen de un análisis detallado de los conceptos involucrados. Sin embargo, los libros de texto de uso habitual en el nivel universitario reiteran conceptos erróneos que deberían modificarse.

Arnold Arons [4] hace una síntesis de estas ideas. Pone de manifiesto algunas imprecisiones en el cálculo del trabajo y en la aplicación del teorema del trabajo y la energía cinética. Insiste en que si no se trata el tema correctamente (a veces en pos de una simplificación para la introducción del tema) se induce en los estudiantes concepciones erróneas que pueden ser un obstáculo para la comprensión de la energía y de la termodinámica. Subraya el hecho de que dicho teorema es una relación dinámica que se obtiene directamente de la Segunda Ley de Newton y no un enunciado general sobre la energía.

En el mismo artículo, Arons señala que no es correcto, para los análisis de la energía tratar un cuerpo cualquiera como una partícula. Hace notar que es erróneo calcular el trabajo de la fricción multiplicando dicha fuerza por el desplazamiento del centro de masas. Este producto suele llamarse pseudotrabajo.

Arons [4] pone de manifiesto que esta confusión está presente en los textos tradicionales de Física Universitaria [5, 6, 7, 8, 9] reproducida en las sucesivas ediciones. También en varios textos de nivel medio se encuentra esta confusión indicada anteriormente [12, 13, 14].

Luego de este artículo, Resnick *et al.* [10] replantean su texto, haciendo una nueva presentación de la energía a la vez que modifican también el orden en que se desarrollan los temas coincidiendo con la propuesta de Priscilla Laws [11]. Jewett [15, 16, 17, 18, 19] ha profundizado las ideas presentadas por Arons [4] en una serie de cinco artículos. En ellos trata detalladamente los distintos aspectos a tener en cuenta si se desea una enseñanza del tema energía clara y que pueda utilizarse en cualquier situación. Remarca la idea de que la energía es un concepto que forma parte de todos los fenómenos que estudia la Física (y también otras ciencias). Señala la gran importancia de definir claramente el sistema que se va a estudiar. La energía del sistema puede cambiar si ingresa o egresa energía a través de su frontera. A diferencia de otros autores, incorpora otros procesos de transferencia de energía además del trabajo y el calor. Esto le permite aplicar la ecuación de la energía (1) a cualquier tipo de situación:

$$\sum T = \Delta E_{\text{sistema}}, \quad (1)$$

Donde T representa la cantidad de energía transferida a través de la frontera y $\Delta E_{\text{sistema}}$ es la variación de la energía total del sistema considerado. Identifica seis formas de transferencia: trabajo, calor, materia que ingrese o salga del sistema, ondas mecánicas, radiación electromagnética y transmisión eléctrica. Los ejemplos que expone resultan convincentes y amplían considerablemente la perspectiva con la que puede presentarse la energía a nuestros estudiantes.

Atendiendo a estos hechos profundizados por otros autores [20, 21, 22], consideramos necesario un replanteo de la forma en la cual se aborda el tema en los diferentes niveles educativos. Particularmente en el presente artículo mostramos una estrategia para estudiar el tema energía de una manera integrada en la escuela media.

Habitualmente, el tratamiento que se da a la energía cuando se la enseña en el marco de la Mecánica no contempla explícitamente cambios en la energía potencial diferentes de los originados por la fuerza peso o, en el mejor de los casos, en la fuerza elástica. No suele mencionarse la posibilidad de otras clases de energía potencial derivadas de otro tipo de interacciones conservativas. Por otra parte, si se habla de situaciones donde debe tenerse en cuenta la fricción a menudo se dice que la energía mecánica “se transforma en calor”, (frase desafortunada que induce una concepción errónea en los estudiantes [4]), y se calcula el trabajo de la fuerza de fricción sin tener en cuenta que no es un cálculo correcto.

Por todo lo expuesto, se ha diseñado una estrategia de enseñanza de la energía que inicia en 1° año del nivel

Polimodal (que se convirtió en 4° del nuevo secundario) luego de que los alumnos han estudiado las Leyes de Newton y se continúa en el año siguiente con el tema calor y temperatura. Dicha estrategia forma parte de un Proyecto de Investigación del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa, Argentina.

Cuando hablamos de tipos de energía consideramos que es necesario distinguir entre su concepción social y económica como recurso según la cual la energía puede ser solar, hidroeléctrica, termoeléctrica, eólica, atómica, etc. y la idea física de energía que tiene sólo dos formas principales: cinética y potencial. Es importante que los alumnos comprendan que la energía cinética proviene tanto del movimiento total (traslacional y/o rotacional del sistema) como a movimientos de partes de este cuerpo o a movimientos microscópicos de los átomos o de las moléculas que lo constituyen (energía cinética interna). Es necesario ver que la energía potencial está relacionada con el trabajo de las fuerzas conservativas e internas entre los cuerpos del sistema. Según qué interacción consideremos puede hablarse de distintas contribuciones a la energía potencial. También existe la energía potencial interna. La suma de la energía cinética y potencial internas, contribuyen a la energía interna del sistema (por ejemplo la energía debida a las fuerzas de cohesión).

Si bien estas ideas no se pueden profundizar en el primer año, es bueno que se mencionen como una apertura a los conceptos necesarios para el segundo año. Naturalmente para que esto sea posible es necesaria la colaboración de las docentes de ambos cursos que deben coordinar sus esfuerzos para lograr una continuidad conceptual y metodológica que favorezca el aprendizaje. Por otra parte, es fundamental el apoyo del Colegio que permite que se experimente desde la universidad en sus aulas.

Las actividades que se han diseñado en ambos cursos están basadas en la metodología del Aprendizaje Activo [23, 24]. En esta metodología se utiliza un ciclo de aprendizaje que procura que el estudiante reconozca sus propios pensamientos respecto de cómo funciona el mundo físico y lo confronte con los resultados de la experimentación, tanto como sea posible. Ellas utilizan los siguientes pasos: predicción (basada en las creencias del alumno), discusión entre pares en pequeños grupos, observación de la experiencia y comparación entre el resultado experimental y las predicciones. En estas estrategias el rol del profesor es el de guiar al alumno en su proceso de aprendizaje.

La tarea experimental va de la mano del resto de las actividades propuestas por el docente [25, 26, 27, 28, 29, 30]. La investigación ha mostrado que esta metodología de Aprendizaje Activo, promueve el aprendizaje de la Física [31, 32, 33].

II. METODOLOGÍA

Se presenta a continuación una reseña de las actividades llevadas a cabo en el primer y segundo año de Polimodal del

Colegio María Auxiliadora de Santa Rosa, La Pampa, Argentina.

En primer año, se aborda el tema energía luego de tratar cinemática y dinámica; mientras que en segundo año los temas a estudiar son calor, temperatura, energía interna, cambio de fase y equilibrio térmico. El crédito horario, en ambos cursos, es de dos módulos semanales, de 80 minutos cada uno de ellos y la estrategia fue implementada en los años 2010, 2011 y 2012. Planificamos la tarea para ser desarrollada con los estudiantes de primer año en los meses de octubre y noviembre; dándole continuidad en segundo año con la misma muestra de alumnos.

Los datos recogidos fueron analizados sobre la base de una combinación de diseños cualitativos y cuantitativos, para poder conocer los múltiples aspectos de las concepciones de los estudiantes sobre estos temas [34, 35, 36, 37]. Para el procedimiento cuantitativo se llevó a cabo un diseño cuasi-experimental. Éste se utiliza en contextos educativos donde no es viable alterar la estructura o configuración de grupos ya formados, con lo que es difícil poder aleatorizar los sujetos [38, 39].

La eficiencia de una estrategia de enseñanza debe ser medida adecuadamente para poder realizar una evaluación de la misma y elaborar futuras reformulaciones que mejoren los puntos débiles detectados [40, 41].

Sobre esta base los instrumentos de evaluación de la estrategia fueron los siguientes:

✓ *Test sobre Trabajo y Energía*, fue tomado en primer año. Se redactó sobre la base del *Force and Motion Conceptual Evaluation (FMCE)* de Thornton y Sokoloff [42].

✓ *Test sobre Calor y Temperatura*, fue tomado en segundo año. Las preguntas fueron seleccionadas del test presentado por Lang da Silveira y Moreira [43].

✓ *Observaciones no participantes*: se recurrió a un protocolo escrito elaborado por el grupo de investigación para analizar la clase escolar desde la multirreferencialidad, teniendo en cuenta una *perspectiva social* (comunicación, liderazgo, interacción al realizar tareas, roles), *psicológica*; (conductas que se manifiestan en los grupos que afectan al desarrollo de una clase e *instrumental* (referente a la tarea y producción realizados por alumnos y docentes) [44, 45].

✓ Producciones escritas individuales y/o grupales

✓ Evaluaciones escritas individuales

Los dos primeros instrumentos fueron implementados en dos instancias: antes y al finalizar el estudio del tema correspondiente.

Con cada uno de los instrumentos pretendimos no solamente evaluar la estrategia empleada para la enseñanza, sino también obtener información acerca de la evolución de las ideas de los estudiantes respecto de los temas involucrados.

En este primer artículo mostramos el desarrollo y los resultados alcanzados con la estrategia didáctica en primer año de Polimodal, durante el ciclo lectivo 2012. Debemos aclarar que esta versión de los hechos cuenta con modificaciones hechas sobre aquellos aspectos débiles detectados con anterioridad al año 2012.

III. DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA

En primer año llevamos adelante las siguientes actividades:

A. Introducción del concepto de energía. Lectura de distintos artículos

Tomamos como punto de partida la idea social y económica de la energía para, con actividades preparadas para tal fin, llegar al concepto físico. Esto nos permitió vincular algunos contenidos estudiados en otras asignaturas (por ejemplo Geografía y Ecología) con el tema motivo de esta investigación.

Una semana antes de comenzar a con el estudio de la energía, se solicitó a los alumnos que buscaran artículos periodísticos sobre la energía. En la primera clase en grupos de cinco estudiantes cada uno, debieron analizar los artículos y dar respuesta a una serie de preguntas que apuntaban a indagar sobre la idea económica, social y física de la energía.

Una vez finalizado el trabajo grupal, se procedió a socializar las respuestas de todos los grupos, en esta instancia el docente actuó como moderador de la tarea. Respecto del concepto de energía básicamente los estudiantes escribieron que “*es lo que hace que todo funcione*”; “*es sumamente necesaria para el funcionamiento del mundo*”; “*por ejemplo la energía solar que es la que hace que se desarrolle la vida en la Tierra, y si no tuviésemos un suministro constante de la misma, no podríamos existir*”; “*es la capacidad de realizar trabajo*”.

A partir de las respuestas de los alumnos es posible comentar que tienen la idea que la energía es necesaria para el funcionamiento de las cosas y el desarrollo de la vida. Diferencian también los aspectos económicos, sociales y ambientales respecto del punto de vista de la física (como ciencia); esto se deja traslucir frases tales como: “*los físicos a partir del concepto de energía, explican el funcionamiento de la cosas*”.

Tomando como base lo dicho por los estudiantes, el docente introdujo el concepto de energía como una propiedad de los cuerpos o sistemas que le permite producir modificaciones o procesos (de cualquier naturaleza) en sí mismos o en otros cuerpos. Seguidamente presentó los conceptos de energía cinética y energía potencial.

Desde el primer momento se trató el concepto de sistema, frontera y entorno, y se estudió el trabajo como un mecanismo de transferencia de energía a través de la frontera. Se mencionaron otros tipos de transferencia de energía, entre ellos el calor, pero se aclaró que se profundizaría en esto en el próximo año. Más adelante, recurriendo a una actividad experimental, se introdujo el concepto de energía interna.

También se presentó a los alumnos la ecuación (1) y se la desarrolló como:

$$W_{ext} + Q = \Delta E_c + \Delta E_p + \Delta E_{int}, \quad (2)$$

donde W_{ext} es el trabajo de las fuerzas externas, Q la energía transferida por calor, ΔE_c la variación de la energía cinética,

ΔE_p es la variación de la energía potencial y ΔE_{int} la variación de la energía interna.

En una primera etapa se eligió como sistema un cuerpo puntual (o que pueda considerarse como tal) en el que el único tipo de energía asociada es la cinética y como única forma de transferencia el trabajo. En ese momento se definió la energía cinética y se presentó la expresión para el cálculo del trabajo en el caso de fuerzas constantes. En la discusión de ejemplos y utilizando analogías se reforzó la idea de que el trabajo es un proceso por el cual se transfiere energía al sistema.

Como último concepto de esta etapa se consideró la potencia como la rapidez a la cual se transfiere la energía. Se la presentó como un concepto que se puede aplicar a diferentes tipos de sistemas y a distintas formas de transferencia de energía, recurriendo a ejemplos de la vida cotidiana (funcionamiento de: una lámpara, un lavarropa, una heladera, un secarropa, los ventiladores, un equipo de música, un microondas, un automóvil, etc.). Creemos que es importante que las ideas relacionadas con la energía no se circunscriban a los sistemas mecánicos y que los jóvenes tengan siempre presente que se pueden aplicar a otros fenómenos aunque ellos no puedan hacerlo todavía. Las situaciones planteadas en los ejercicios cuantitativos consideraron como única forma de transferencia de energía el trabajo, haciendo énfasis siempre en que existen otras formas de transferencias.

B. Ejercicios de lápiz y papel

Esta actividad se desarrolló resolviendo situaciones problemáticas sobre los conceptos anteriores inicialmente en el pizarrón y luego en pequeños grupos de estudiantes.

A modo de ejemplo se transcribe el siguiente problema:

“Clara y Sofía llevan cajas idénticas a un salón situado al fondo del corredor de un piso superior. Clara prefiere subir las escaleras que están en el frente y luego atravesar el corredor, Sofía en cambio va al fondo del corredor del piso de abajo y luego sube por otras escaleras. ¿Quién realiza más trabajo?”

Como puede observarse de la lectura de este problema pretendimos reforzar la idea de que el trabajo de la fuerza peso es independiente de la trayectoria elegida.

Utilizando este ejemplo se introdujo el concepto de fuerzas conservativas y no conservativas llegando a la definición de energía potencial del sistema. Se insistió con ejercicios que pusieran de relieve que los resultados de los trabajos realizados por fuerzas conservativas no dependen de la forma de la trayectoria. Se tuvieron en cuenta aspectos importantes tales como que: la energía potencial se refiere al sistema y la fuerza conservativa que hace trabajo debe ser interna, cada tipo de fuerza conservativa origina un tipo de energía potencial, la energía potencial gravitatoria debida al peso es sólo uno de ellos. Se propició una apertura hacia otros fenómenos (elástico, eléctrico, y otros) fuera de los tratados tradicionalmente en un primer curso de Física en la escuela media.

En los primeros problemas se sugirió a los alumnos elegir como sistema de estudio aquel que estuviese formado por la

Tierra y los cuerpos que están sobre ella incluyendo aire y excluir la existencia de interacciones no conservativas, por lo que no existía variación de energía interna. De esta manera en la ecuación (2) el $W_{ext} = 0$.

Se resolvieron ejemplos en el pizarrón y luego realizaron ejercicios de lápiz y papel sobre sistemas conservativos.

C. Actividad Experimental

En una clase interactiva demostrativa, se llevó a cabo una experiencia sobre la conservación de la energía. Esta estrategia está basada en la metodología del Aprendizaje Activo de la Física [24]. Se propuso como objetivo último el análisis de las transformaciones de energía para un sistema dado para lo cual se redactaron una serie de consignas tendientes a que los estudiantes identificaran qué tipo de transformaciones ocurrían en el sistema de estudio. El sistema experimental elegido fue un péndulo.

El protocolo de la guía de trabajo respetó las etapas de predicción, experimentación y contrastación, propias del Aprendizaje Activo y fue redactada por los autores de este trabajo

Para realizar las mediciones correspondientes, se empleó una computadora y un sensor de velocidad electrónico (Science Workshop; Pasco), proyectando la pantalla de la computadora mediante un cañón de proyección de manera que todos podían ver los resultados de las mediciones.

Debemos mencionar que en el año lectivo 2011 la tarea experimental se desarrolló luego de haber trabajado problemas para comprobar qué transformaciones de energía se producían a partir de la ecuación (2). Un número importante de estudiantes señaló al hacer sus predicciones que la energía potencial inicial era igual a la energía cinética en el punto más bajo de su trayectoria, sin realizar explícitamente un análisis basado en dicha ecuación. En el año 2012 se desarrolló el trabajo experimental para introducir el concepto de transformaciones de energía, sin haber resuelto ejercicios antes. En este año, también en una segunda clase, se plantearon consignas considerando el efecto de la fricción para trabajar el concepto de variación de energía interna del sistema.

De los resultados obtenidos en el año 2011, concluimos que la redacción de las consignas no era lo suficientemente clara para el grupo de alumnos, razón por la cual para el año 2012 se modificaron llegando a la versión final.

D. Problemas ricos en contexto (PRC)

Como última actividad se recurrió a problemas ricos en contexto [42]. En los mismos se relata una situación muy próxima a las vivencias diarias de los estudiantes. Debe ser motivador para el estudiante e integrador de conceptos. Su resolución requiere por parte del alumno acciones tales como: esquematizar la situación, realizar diagramas físicos y gráficas, aplicar principios básicos, resolver y por último evaluar la solución encontrada [24].

Se muestra a continuación uno de los problemas que fue redactado por las autoras de este trabajo y que se propuso para su resolución en grupos colaborativos:

“En Las Leñas, Manuel y Pablo se encuentran esquinando. Pablo se sube a un trineo en la parte más alta de la pista y se desliza hacia la parte más baja, donde el resto de sus amigos lo espera. El punto desde donde Pablo parte está 45 m más arriba que el lugar donde están sus amigos. Manuel está parado en un lugar de la pista, a 30 m de altura. En el momento en que Pablo pasa junto a él, se empuja con sus bastones y adquiere una velocidad inicial tal que llega a la parte más baja con una velocidad igual a la que tiene Pablo al llegar a ese punto. ¿Cuál fue la velocidad inicial de Manuel? (considere despreciable el rozamiento con la nieve)”

Se retomó el problema anterior considerando la variación de energía interna debido a la presencia de fuerzas no conservativas, como puede ser la fricción. El texto quedó de la siguiente manera:

“Vuelve a pensar en el trineo de Pablo deslizándose en Las Leñas. Los amigos que están abajo estiman que la velocidad del trineo al llegar a la parte más baja de la pista era 22 m/s, lo que muestra que el rozamiento no puede despreciarse. ¿Cuál fue el aumento de energía interna del trineo, Pablo y la nieve?”

III. RESULTADOS ALCANZADOS EN ESTA ESTRATEGIA

Antes de dar comienzo a la introducción del tema, se tomó el pretest sobre trabajo y energía y al finalizar la totalidad de las tareas se administró el postest (Apéndice)

Los resultados de estas dos etapas en el año 2011, permitieron realizar los ajustes necesarios para volver a aplicar la estrategia en 2012. Las respuestas al ítem III evidenciaron que no fue bien interpretado que el trabajo de una fuerza conservativa es independiente de la trayectoria elegida. Se reforzó este concepto con actividades y discusiones al respecto.

En el año 2011, no hubo un progreso destacable en las respuestas dadas sobre las transformaciones de energía cuando existe rozamiento (ítem V). Ante estos resultados se decidió reordenar las actividades de la estrategia realizando la clase interactiva experimental para introducir el concepto de transformaciones de energía.

En el año 2012 para el análisis del pre y postest se calculó la ganancia obtenida para cada ítem luego de desarrollar la unidad didáctica con sus actividades modificadas. La ganancia es una medida de la mejora obtenida en un tema determinado después de aplicar la estrategia en relación a los conocimientos previos de los alumnos [24].

$$g = \frac{\% \text{ respuestas correctas Postest} - \% \text{ respuestas correctas Pretest}}{100 - \% \text{ de respuestas correctas Pretest}}$$

En la Tabla I se presentan los resultados, en porcentajes, de respuestas correctas en el pretest y postest sobre Trabajo y Energía año 2012. El número de alumnos este año fue de 34.

TABLA I. Resultados, en porcentajes, de respuestas correctas en el pretest y postest sobre Trabajo y Energía año 2012

ítem	I (%)	II (%)	III (%)	IV (%)	V (%)
Porcentaje de respuestas correctas en pretest	18	26	21	62	18
Porcentaje de respuestas correctas en postest	44	74	21	76	79
ganancia	0,32	0,65	0	0,37	0,74

Las ganancias alcanzadas son satisfactorias en general. Esta mejora es muy evidente en el ítem V que trata de las transformaciones de energía en un caso en el que existe rozamiento. En este ítem se logró el mayor porcentaje de respuestas correctas luego de la instrucción y es el punto con menos aciertos iniciales. En este resultado puede haber influido el trabajo experimental con el péndulo, en el que se invirtieron tres clases en contraste a lo ocurrido en 2011 en que se empleó sólo una clase y no se planteó la cuestión del efecto del rozamiento.

Sin embargo siguen existiendo dificultades para comprender que el trabajo de la fuerza peso es independiente de la trayectoria. Inclusive los alumnos con más altos rendimientos académicos y mayor interés en la asignatura tienen problemas para comprender este concepto. Los numerosos ejemplos comentados y resueltos no fueron suficientes para modificar su concepción inicial. Este punto merece un análisis más profundo que permita comprender el por qué de este obstáculo y cómo puede resolverse.

Los registros de la observación del trabajo áulico mostraron que los aspectos social, psicológico e instrumental estuvieron presentes, ya que los estudiantes se expresan en un lenguaje apropiado y que discuten acalorada y entusiastamente entre ellos cuando se les pide la resolución de problemas en grupo y en las demás actividades propuestas. Particularmente durante el desarrollo del laboratorio pudimos observar que los alumnos deseaban ser protagonistas de esta tarea operando con el equipo experimental. La docente actuó realizando preguntas tendientes a orientar la discusión. Sólo una parte minoritaria de estudiantes no participó o se mantuvo indiferente.

También se observó en las clases una actitud de curiosidad cuando la docente se refería a situaciones de la vida cotidiana en la cual se deben incluir fenómenos que involucren temas de otras áreas de la Física y las relaciones con la Química y la Biología. En muchos casos presentaron otros ejemplos y se plantearon discusiones intensas e interesantes entre los alumnos y entre éstos y la docente.

Las evaluaciones reflejan que los alumnos logran comprender el concepto de sistema, su frontera y las transferencias de energía a través de ella. Un 78% aprobó, mientras que podemos mencionar que un 38%, de la totalidad de los aprobados, obtuvo la calificación máxima.

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, creemos que la estrategia aplicada, basada en el Aprendizaje Activo de la Física, además de favorecer el aprendizaje significativo, contribuirá a que los estudiantes o jóvenes acepten con naturalidad el concepto de sistema, energía del sistema y sus variaciones por transferencia desde o hacia el exterior a través de la frontera.

Pensamos que la ecuación (2) de conservación de la energía puede ser un punto de partida y no una consecuencia a la cual se llega al final. Es crucial que el docente sea cuidadoso con el lenguaje utilizado y que sus comentarios sean siempre coherentes con esta presentación. Por ejemplo, es clave la idea respecto que el trabajo es un proceso o mecanismo y que lo que se transfiere es energía.

Por otro lado, reparamos en que el trabajo experimental ayuda a la comprensión de las transformaciones de la energía de un sistema. Se hace necesario enfrentar a los alumnos con situaciones en las que se producen otros procesos que pueden modificar la energía interna además del rozamiento. Por ejemplo, explicar los cambios de energía que se producen cuando caminamos o para que un automóvil se mueva. Estos ejemplos van a permitir transitar la evolución al tratamiento de los fenómenos térmicos con facilidad, sin los obstáculos conceptuales que se observan habitualmente.

En una segunda parte se presentará el tratamiento que se ha dado a la enseñanza de calor y temperatura en el segundo año del actual nivel polimodal con el mismo grupo de alumnos siguiendo con la misma metodología de trabajo.

Por último, estamos convencidos que la metodología propuesta ayudaría a integrar los conceptos referidos a la energía dados en primer año con los tratados en segundo, favoreciendo así, una visión más amplia e integrada de la Ciencia y de la Física en particular.

REFERENCIAS

[1] Watts, D., *Some alternative views of energy*, Physics Education **18**, 213-217 (1983).
 [2] Sherwood, B. A. y Bernard W. H. *Work and heat transfer in the presence of sliding friction*, American Journal of Physics **52**, 1001-1007 (1984).
 [3] van Huls, C. and van der Berg, E., *Teaching energy: a systems approach*, Physics Education **28**, 146-153 (1993).
 [4] Arons, A., *Development of energy Concepts in introductory physics courses*, American Journal of Physics, **67**, 1063-1067 (1999).
 [5] Young, H. D., *Physics*, (Addison-Wesley Publishing Company, USA, 1992).
 [6] Tipler, P. A., Mosca, G., *Física para la Ciencia y la Tecnología. Vol. I*, (Reverté, Barcelona, 2005).
 [7] Alonso, M., Finn, E., *Física*, (Addison-Wesley Iberoamericana, USA, 1995).
 [8] Serway, R., *Física, Tomo I y II*, (McGraw-Hill, México, 1999).

[9] Sears, F., Freedman, M., Young, H., Zemansky, M., *Física Universitaria, Volumen I y II*, (Perason Educacion, México, 2004).
 [10] Resnick, R., Halliday, D., Krane, K., *Física, Vol. I y II*, (Compañía Editorial Continental, México, 2002).
 [11] Laws, P. W. *A New Order for Mechanics*, J. Wilson, Ed. Proceedings of the Conference on University of Minnesota, USA, Wiley, pp. 125-136 (1997).
 [12] Aristegui, R., Baredes, C., Dasso, J., Delmonte, J.I., Fernandez, D., Sobico, C., Silva, A., *Física I: Energía. Mecánica. Termodinámica. Electricidad. Ondas. Nuclear*. (Santillana, Polimodal, Buenos Aires, Argentina, 1999).
 [13] Zitzewitz, P. W., Neft, R., *Física I y Física 2: Principios y Problemas*, (Mc Graw Hill, México, 1997).
 [14] Rubinstein, J., Tignanelli, H., *Física I. 2º edición* (Estrada, 2000).
 [15] Jewett, J., *Energy and Confused Student I: Work*, The Physics Teacher **46**, 38-42 (2008).
 [16] Jewett, J., *Energy and Confused Student II: Systems*, The Physics Teacher **46**, 81-86 (2008).
 [17] Jewett, J., *Energy and Confused Student III: Language*. The Physics Teacher **46**, 149-153 (2008).
 [18] Jewett, J., *Energy and Confused Student IV: A Global Approach to Energy*, The Physics Teacher **46**, 210-217 (2008).
 [19] Jewett, J., *Energy and Confused Student V: The Energy/Momentum Approach to Problems Involving Rotating and Deformable Systems*, The Physics Teacher **46**, 269-274 (2008).
 [20] Legge, K and Petrolito, J., *The use models in problems of energy conservation*, American Journal of Physics **72**, 436- 43 (2004).
 [21] Mungan, C., *A primer on work-energy relationships for introductory physics*, The Physics Teacher **43**, 10-16 (2005).
 [22] Mungan, C., *Thermodynamics of a block sliding across a frictional surface*, The Physics Teacher **45**, 288-291 (2007).
 [23] Redish, E. F., *Teaching Physics with the Physics Suite*, (Wiley, Hoboken, N. J., 2004).
 [24] Sokoloff, D. R., Benegas, J., *Aprendizaje Activo de la Física. II Mecánica. Manual de Entrenamiento*, (Universidad Nacional de San Luis, Argentina, 2009).
 [25] Reigosa Castro, C. E., Jiménez Aleixandre, M. P., *La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio*, Enseñanza de las Ciencias **18**, 275-284 (2000).
 [26] Bernardino Lopes, J., *Desarrollar conceptos de física a través del trabajo experimental: evaluación de auxiliares didácticos*, Enseñanza de las Ciencias **20**, 115-132 (2002).
 [27] Petrucci, D., Ure, J., Salomone, H., *Cómo ven los trabajos prácticos de laboratorio de física los estudiantes universitarios*, Revista Enseñanza de la Física **19**, 7-20 (2006).
 [28] Cano, M. y Cañal, P., *Las actividades prácticas, en la práctica: ¿Qué opina el profesorado?*, Alambique **47**, Didáctica de las Ciencias Experimentales, 09-22 (2006).
 [29] Reigosa Castro, C. E., Jiménez Aleixandre, M. P. *Formas de actuar de los estudiantes en el laboratorio para la fundamentación de afirmaciones y propuestas de acción*, Enseñanza de las Ciencias **29**, 23-34 (2011).

La enseñanza de la energía en el nivel medio: una estrategia didáctica. Primera parte. en cada caso. Tus respuestas ayudarán a planificar la enseñanza para otros alumnos. No es una evaluación. Gracias por contestar a conciencia.

[30] Benegas, J., Sokoloff, D., Laws, P., Zavala, G., Punte, G. Gangoso, Z., Alarcón, H., *Aprendizaje Activo De La Física. IV- Termodinámica y Fluidos. Manual De Entrenamiento*, (Universidad Nacional de San Luis, Argentina, 2011).

[31] Benegas, J., *Tutoriales para Física Introductoria: Una experiencia exitosa de Aprendizaje Activo de la Física*, Latin American J. Physics Education **I**, 32-38 (2007).

[32] Benegas, J., Villegas, M., Pérez de Landazábal, M., Otero, J y el grupo ACEM. *Resultados de la enseñanza Secundaria en Algunos Países Iberoamericanos*. Memorias en CD Décimo Quinta Reunión Nacional de Educación en Física (REF XV), trabajo 3-73, 11p. Merlo, San Luis, Argentina. ISBN: 978-987-24009-0-3 (2007).

[33] Sokoloff, D. R., Laws, P., Thornton, R. K., *Real Time Physics: active learning labs transforming the introductory laboratory*, European Journal of Physics **28**, S83-S94 (2007).

[34] Hayman, J. L., *Investigación y Educación*, (Paidós, Buenos Aires, Argentina, 1989).

[35] Taylor, S., Bodgan, R., *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*, (Paidós, España, 1996).

[36] Erickson, F., *Métodos cualitativos de investigación sobre la enseñanza*. En Wittrock, M. C: La investigación de la enseñanza II, (Paidós/MEC, Barcelona, 1989).

[37] Arnal, J., del Rincón, D., Latorre, A., *Investigación educativa. Fundamentos y métodos*, (Labor, S.A, España, 1992).

[38] Crowl, T., *Fundamentos de la investigación educativa*. Capítulo 12, (McGraw-Hill, México, traducción de V. González, 1992).

[39] Litwin, E., *El oficio de enseñar. Condiciones de contextos*, (Paidós, Argentina, 2009).

[40] Anijovich, R., Mora, S., *Estrategia de enseñanza. Otra Mirada al quehacer en el aula*, (Aique, Argentina, 2010):

[41] Heller P. and Heller, K., *Cooperative Group Problem Solving in Physics*, (University of Minnesota, 1999).

[42] Thornton, R., Sokoloff, D., *Assessing student learning of Newton's laws: The force and Motion Conceptual Evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula (FMCE)*, American Journal of Physics **66**, 338-352 (1998).

[43] Lang da Silveira, F., Moreira, M. A., *Validación de un test para verificar si el alumno posee concepciones científicas sobre calor, temperatura y energía interna*. Enseñanza de las Ciencias **14**, 75-86 (1996).

[44] Souto, M., *Las formaciones grupales en la escuela*, (Paidós, Ecuador, 2000).

[45] Souto, M., *La clase escolar. Una mirada desde la didáctica de lo grupal*. En *Corrientes didácticas contemporáneas*. Camilloni y otros, (Paidós, Ecuador, 1996).

APÉNDICE A

Protocolo: test trabajo y energía

N Nombre y Apellido _____ fecha: _____

Responde **individualmente** cada una de las siguientes preguntas. Elige una (y sólo una) de las opciones presentadas

Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 7, No. 3, Sept., 2013



I.- Una persona empuja un trineo por la ladera de una colina. Al llegar a la parte más alta, lo deja caer por la pendiente. Esta operación la realiza en dos oportunidades: en la primera el trineo desliza por la misma cuesta por la que subió (I) y en la segunda, por la otra ladera, más empinada (II). Suponga que no existe rozamiento entre el trineo y el hielo de la superficie y que la resistencia del aire se puede despreciar.

¿Cómo será la rapidez del trineo al pie de la colina cuando baja por el lado más empinado (II) en relación a cuando baja por la ladera menos empinada (I)?

A.- La rapidez al pie de la colina es mayor para la ladera más empinada (II).

B.- La rapidez al pie de la colina es igual para las dos laderas.

C.- La rapidez al pie de la colina es mayor para la ladera menos empinada (I) porque el trineo viaja una distancia mayor.

D.- No dan suficiente información como para decir cual rapidez al pie de la colina es mayor.

E.- Ninguna de estas descripciones es correcta.

II.- Compare la energía cinética (energía de movimiento) del trineo al pie de la colina. Seleccione la mejor respuesta entre las siguientes:

A.- La energía cinética al pie de la colina es mayor para la ladera más empinada (II).

B.- La energía cinética al pie de la colina es igual para las dos laderas.

C.- La energía cinética al pie de la colina es mayor para la ladera menos empinada (I) porque el trineo viaja una distancia mayor.

D.- No dan suficiente información como para decir cual energía cinética al pie de la colina es mayor.

E.- Ninguna de estas descripciones es correcta.

III.- Compare el trabajo realizado por la persona si sube el trineo por la ladera I o por la ladera II.

A.- El trabajo es mayor cuando sube por la ladera más empinada (II).

B.- El trabajo es mayor cuando sube por la ladera menos empinada (I), ya que la distancia es mayor.

C.- El trabajo realizado cuando sube por la ladera más empinada (II) es igual al trabajo hecho cuando sube por la ladera menos empinada (I).

D.- No dan suficiente información como para decir cual trabajo es mayor.

E.- Ninguna de estas descripciones es correcta.

IV.- Suponga ahora que la persona hace deslizar al trineo hacia abajo por la ladera menos empinada (I) pero que no pueda despreciarse el rozamiento. Compare la energía cinética que tiene al pie de la colina con la que tendría si no hubiera rozamiento.

A.- La energía cinética al pie de la colina es mayor para la ladera sin rozamiento.

B.- La energía cinética al pie de la colina es menor para la ladera sin rozamiento.

C.- La energía cinética al pie de la colina es igual para los dos casos.

D.- No dan suficiente información como para decir cual energía cinética es mayor.

E.- Ninguna de estas descripciones es correcta.

Describa con palabras el razonamiento empleado para responder a la pregunta 4.

V.- Si consideramos un sistema que incluya el trineo, la colina y la tierra, y el rozamiento debe tenerse en cuenta, indique la opción que considere correcta.

A.- La energía total disminuye a causa del rozamiento; la energía cinética aumenta y la potencial disminuye.

B.- La energía total no se modifica. La energía cinética y la interna aumentan y la potencial disminuye.

C.- La energía total no se modifica. La energía cinética aumenta y la potencial disminuye.

D.- La energía total disminuye. La energía cinética y la interna aumentan y la potencial disminuye.

E.- Ninguna de estas descripciones es correcta.

Describa con palabras el razonamiento empleado para responder a la pregunta 5.