

Estrategia para la enseñanza de la energía y su conservación desde una perspectiva integradora, en las carreras universitarias de química y geología



Gilda N. Dima, Beatriz Follari, María Teresa Perrotta, Elena E. Gutiérrez

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad Nacional de La Pampa, Uruguay 151 – 6300 Santa Rosa (La Pampa), Tel.: 02954- 425166, Argentina.

E-mail: gilda@exactas.unlpam.edu.ar; bfollari@exactas.unlpam.edu.ar

(Recibido el 22 de Diciembre de 2010; aceptado el 8 de Marzo de 2011)

Resumen

En este trabajo se presenta una síntesis de los resultados obtenidos al evaluar una estrategia didáctica para la enseñanza del concepto de energía de manera integrada a lo largo de las asignaturas Física I y Física II. Éstas corresponden a las carreras de Geología y Química de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa. La idea central fue presentar este concepto desde una perspectiva unificadora, lo que ayudó a los estudiantes a una comprensión más profunda del mismo, permitiéndoles aplicarlo en las otras asignaturas de sus carreras. Los instrumentos utilizados para la toma de datos y posterior evaluación de resultados, fueron: pre y postest, entrevistas semiestructuradas individuales, producciones escritas de los estudiantes (trabajos prácticos de problemas e informes de laboratorio), exámenes parciales y finales, observación no participante de clases. Los resultados alcanzados indican que los alumnos han podido aplicar el teorema generalizado de la conservación de la energía tanto en mecánica como en electromagnetismo, ya que lograron establecer el sistema de estudio, identificar las fuerzas internas y externas y evaluar los balances energéticos.

Palabras clave: Energía, conservación de la energía, estrategia didáctica, evaluación.

Abstract

In this work a summary of the results obtained by evaluating a didactic strategy to teach the concept of energy in an integrated way in the subjects Physics I and Physics II is presented. These subjects correspond to the degree in Geology and Chemistry at the School of Natural Sciences and Mathematics at the National University of La Pampa. The central idea was to present this concept from a unifying perspective; this helped the students to understand the concept deeply and allowed them to apply this concept to other subjects of their course of study. The instruments utilized to collect information and then to evaluate the results were: pre and posttest, individual semi-organized interviews, written productions from the students (practice papers including problems and laboratory reports) mid-term and final exams, non-interactive participation in class. The attained results show that the students have been able to apply the widespread theorem of the energy conservation in mechanics as well as in electromagnetism. Furthermore, the concepts learned by the students were useful to be applied in new situations.

Key words: Energy, energy conservation, didactic strategy, evaluation.

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

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Los resultados encontrados en distintas investigaciones educativas ayudan en la tarea docente al momento de transferir conocimiento. Sin esta información la labor de enseñanza se verá imposibilitada de experimentar mejoras [1]. Aunque la investigación en Educación en Ciencias ha sido ampliamente trabajada en aspectos tales como ideas previas, dificultades de aprendizaje y enseñanza, en menor medida se ha investigado la transferencia al aula y la evaluación crítica de estrategias de enseñanza [1, 2, 3, 4].

Sin descuidar el contenido científico de la disciplina, deben pensarse e implementarse estrategias de enseñanza con referente teórico y metodológico coherente y consistente [5, 6]. Para que la estrategia promueva el aprendizaje significativo (el proceso más importante en el aprendizaje escolar) se debe tener en cuenta la estructura cognitiva del estudiante, anterior a la instrucción, implementando algún instrumento que permita determinarla [7, 8].

Siendo la energía y su conservación particularmente claves en la alfabetización científica consistente en la adquisición de aptitudes y actitudes, es que algunos autores afirman que su estudio favorece la formación de ciudadanos

participativos en la toma de decisiones útiles a la sociedad a la cual pertenecen [9, 10, 11].

No obstante, en general, se observa que en la totalidad de los niveles educativos el concepto de energía es presentado de manera disociada, restringiéndolo a situaciones en las que sólo interviene la energía mecánica sin mencionar otros tipos de energía. En el contexto de la termodinámica, no en mecánica, se estudia el Primer Principio aplicado a otros tipos de situaciones, por ejemplo un gas en un recinto cerrado, estableciéndose escasa o nula vinculación entre esto y lo estudiado en mecánica.

Podemos destacar también el hecho de que el concepto de sistema es considerado en muy pocos textos [12, 13]; siendo este concepto (fundamental en nuestra estrategia) poco abordado en los textos usualmente consultados por docentes y estudiantes [14, 15, 16, 17, 18, 19].

Los autores del presente trabajo conformamos un Proyecto de Investigación¹, el cual tiene como objetivo la elaboración y puesta en práctica de estrategias tendientes a favorecer la integración de conceptos físicos en las asignaturas de aquellas carreras en las cuales Física es parte de su currícula pero no el objeto de estudio por sí mismo. Para ello recurrimos a la energía y su conservación como hilo conductor.

La implementación de la estrategia comenzó en Física I, materia que estudia mecánica newtoniana y óptica geométrica; continuando en Física II, la cual incluye electromagnetismo y óptica ondulatoria. Ambas asignaturas se dictan para estudiantes universitarios de Química y Geología, son cuatrimestrales y tienen una carga horaria de diez horas semanales.

Con la estrategia se pretendió que los estudiantes pudieran incluir la energía en un mismo esquema conceptual cuando es estudiada en otros contextos de su carrera [20, 21, 22]. Las distintas actividades propuestas promovieron un razonamiento tendiente a evidenciar que el cambio de energía de un sistema puede deberse al trabajo, al calor o a ambos. Para ello desarrollamos la Primera Ley de la Termodinámica [12], realizando el balance energético entre los estados inicial y final del sistema de estudio a través de la ecuación:

$$W_{ext} + Q = \Delta K + \Delta U + \Delta E_{int} \quad (1)$$

Donde W_{ext} es el trabajo realizado por las fuerzas externas sobre el sistema, Q es la transferencia de energía al sistema debido a la diferencia de temperatura, K es la energía cinética asociada al movimiento total (traslacional, y/o rotacional) de los cuerpos del sistema, U es la energía potencial relacionada con las fuerzas conservativas entre los cuerpos del sistema y $E_{int} = K_{int} + U_{int}$ es la energía interna del sistema. Esta última, (que también es potencial o

¹“La enseñanza del tema energía en la formación básica de las carreras de Química y Geología, desde una perspectiva que integre el concepto de energía a lo largo del desarrollo de toda la Física y que lo vincule con su uso en otras asignaturas”. Aprobado por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de La Pampa. La dirección de este proyecto está a cargo de Vicente Capuano, de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba

cinética) tiene origen microscópico o macroscópico debido a las interacciones y al movimiento de las distintas partes que forman el sistema, siendo difíciles de expresar exactamente.

En el primer cuatrimestre del ciclo académico del año 2006 se comenzó entonces con el estudio de la energía de manera integrada en Física I. Planificamos cada una de las actividades propuestas de manera que los alumnos razonaron su resolución sobre la base de la Primera Ley de la Termodinámica [21].

En el segundo cuatrimestre en la asignatura Física II se continuó con el análisis y la resolución de situaciones problemáticas de electromagnetismo, siempre recurriendo a la ecuación generalizada de la conservación de la energía mencionada anteriormente.

Se presentan en este trabajo los instrumentos utilizados para evaluar la estrategia aplicada y los resultados alcanzados.

II. METODOLOGÍA

Los integrantes del grupo de investigación, a partir del año 2005, se abocaron a la elaboración de cada uno de los instrumentos utilizados para la toma de datos. Estos instrumentos fueron: pretest y postest; entrevistas semiestructuradas individuales (para docentes y estudiantes), trabajos prácticos de problemas y de laboratorio; exámenes parciales y finales. Se procedió también a la planificación cuidadosa de cada una de las actividades a desarrollar.

Se realizaron observaciones no participantes a efectos de analizar el contexto donde se desarrollaron la totalidad de las clases.

A. Sobre la planificación de la estrategia

Como primer paso se procedió a indagar las ideas de los estudiantes de Física I respecto de la energía, su conservación, transferencia [22], recursos energéticos, fuentes primarias y secundarias. Se planteó al principio de la asignatura el estudio del movimiento de las partículas y de un sistema de partículas sobre la base de la mecánica Newtoniana; luego fueron estudiados desde el punto de vista de la energía y de su conservación.

Al planificar las actividades de Física II nos propusimos indagar las concepciones de los estudiantes en referencia a la energía y su conservación en electromagnetismo. Para lo cual se les solicitó que definieran en principio un sistema de estudio y para él identificaran los tipos de interacciones y las transformaciones energéticas que se producían [23, 24]. Las situaciones presentadas y analizadas durante el cursado de la asignatura fueron: movimiento de partículas dentro de un campo eléctrico y en un campo magnético, potencial eléctrico, capacitores, análisis de circuitos con resistencias, con resistencias y capacitores (RC), con resistencia e inductores (RL) y campo magnético.

Las clases fueron teórico – prácticas, buscando una participación activa y permanente de los estudiantes realizando hipótesis, predicciones, experiencias de

laboratorio, análisis de situaciones problemáticas, discusión de resultados, etc.

B. Instrumentos para la toma de datos

B.1 Pretest y Postest

La mayoría de las preguntas de los cuestionarios utilizados en ambas materias fueron redactadas por los autores (Apéndice A y B). Algunas de ellas tuvieron como base trabajos de investigación de autores reconocidos [25]. Se procedió a la validación de estos pretest y postest con alumnos de perfil similar a los estudiantes que conformaron esta investigación.

Una primera versión fue empleada en el año 2006, antes y después del desarrollo de la estrategia, con el propósito de obtener datos que nos informaran sobre los cambios producidos en las concepciones de los estudiantes sobre cada uno de los temas estudiados.

El análisis de los resultados alcanzados con cada uno de los instrumentos anteriores nos permitió mejorar las actividades de la estrategia para aplicarla nuevamente a partir del año 2007, donde también se emplearon el pre y postest en una versión mejorada. La modificación consistió en corregir la redacción de aquellos ítems que presentaron dificultad de interpretación en los estudiantes encuestados en el año 2006. Además se cambió la figura que acompaña el test del apéndice A y se agregó la figura en la pregunta 1 del test del apéndice B, llegando a la versión final presentada en este trabajo.

B.2 Entrevistas semiestructuradas a estudiantes y docentes

Las entrevistas realizadas a los estudiantes fueron dirigidas y semiestructuradas [26] en ellas las preguntas hechas permitieron elaborar esquemas estandarizados de respuestas, lo que hizo posible establecer comparaciones de las respuestas dadas a la misma cuestión por los distintos entrevistados.

-Entrevistas a estudiantes al finalizar la cursada.

Se prepararon cuestiones cuidadosamente seleccionadas de textos pertinentes [12, 13] con modificaciones por el grupo de trabajo tendientes a realizar preguntas concretas sobre el tema (Apéndice C). El protocolo de la entrevista fue validado por un lado, tomándose a alumnos de perfil similar al de la muestra y por el otro se consultó a docentes especialistas en el tema [27, 28]. Sobre la base de las respuestas dadas por los estudiantes y las sugerencias de los docentes, se realizaron las modificaciones necesarias hasta llegar a la versión final.

Las cuestiones básicas que se analizaron involucran los siguientes conceptos y relaciones principales:

- a) Determinación del o los sistemas en estudio.*
- b) Relación del trabajo con las energías puestas en juego, de acuerdo al sistema seleccionado.*
- c) Transferencia de energía*

Con estas cuestiones se pretendió conocer cómo conceptúan los alumnos el tema, qué terminología utilizan y cuál es el nivel de comprensión que alcanzan [26].

-Entrevistas a estudiantes en un tiempo posterior (dos años después) de haber cursado Física I y Física II.

Estas entrevistas tuvieron como fin evaluar el impacto de la estrategia en el desempeño de los estudiantes en asignaturas posteriores, específicas de sus carreras. Se realizaron según el siguiente protocolo:

- 1. ¿Aprobaste el examen final de Física I?*
- 2. ¿Utilizaste la ecuación del Teorema Generalizado de la Energía en las asignaturas posteriores de la carrera?, ¿en cuáles?*
- 3. ¿Tuviste dificultades en la interpretación de los nuevos conceptos relacionados con la energía?*
- 4. Si tuviste dificultades, ¿Cuáles fueron?*

-Entrevistas a los docentes

Para complementar el seguimiento del grupo en las materias posteriores se realizaron entrevistas a los docentes de Química Física I, Química Tecnológica, Química Biológica y Geofísica. Se formularon las siguientes cuestiones:

-¿Cómo presentan los conceptos relacionados con la energía, el Primer Principio de la Termodinámica, la conservación de la energía, en los temas tratados en sus asignaturas?

-¿Cómo responden los alumnos, con respecto a años anteriores, cuando tratan estos temas? ¿Les resulta familiar o diferente su presentación? ¿Pueden relacionar los conceptos visto en Mecánica con los nuevos?

-Otros comentarios

B.3 Trabajos prácticos de problemas y de laboratorio

Los problemas cuali y cuantitativos fueron redactados nuevamente contextualizándolos de manera que los estudiantes delimitaran su sistema de estudio y analizaran las transformaciones de energía que en él sucedían. Se favoreció un clima áulico en el cual la discusión intergrupala estuviera presente. Las experiencias de laboratorio fueron redactadas de manera que promovieran aprendizajes en aspectos procedimentales como la organización, representación e interpretación de datos y resultados y la identificación de posibles fuentes de error. Se favoreció la adquisición de una actitud flexible y de colaboración con el grupo de trabajo y una predisposición para participar activamente en el proceso de su propio aprendizaje [21]. Con el trabajo en el laboratorio se ayudó también a la comunicación tanto oral como escrita.

Una de las experiencias fue determinar el trabajo realizado por una fuerza variable: el caso de la fuerza del resorte. La otra experiencia tuvo como objetivo verificar la conservación de la energía mecánica en un péndulo y en una caída libre utilizando sensores e interface.

Estas prácticas experimentales pretendieron la integración de las diferentes actividades de la asignatura [29, 30, 31, 32]. Basándonos en el objetivo de que el alumno fuera partícipe activo de las experiencias, se realizó una instancia denominada predicción; se promovió la discusión grupal en cuanto al cuidado de la tarea experimental, la toma de datos e interpretación de los mismos y al concluir, la

contrastación de los resultados obtenidos con sus predicciones.

B.4 Exámenes parciales y finales

En los exámenes parciales se plantearon situaciones problemáticas que nos permitieron evaluar el aprendizaje de los conceptos trabajados en las clases prácticas de problemas y de laboratorio, para lo cual incluimos situaciones numéricas y cuestiones teóricas. Se les solicitó que definieran su sistema de estudio que identificaran las fuerzas tanto externas como las internas y que plantearan la ecuación (1) para que analizaran las transformaciones energéticas que se producían en el sistema elegido. Algo similar ocurrió en el examen final, donde también se evaluó con especial cuidado el razonamiento del alumno para llegar a la solución, la comprensión de los conceptos involucrados y que el lenguaje utilizado fuera el adecuado.

B.5 Observación no participante

Las clases en la cuales se trabajó el tema energía y su conservación fueron observadas en su totalidad por uno de los integrantes del Grupo de Investigación. Para ello el investigador permaneció en la parte trasera del aula de clase tomando nota de los intercambios verbales que se suscitaban entre la docente a cargo de la clase (otro integrante del Grupo de Investigación) y los estudiantes o entre los estudiantes entre sí. El registro de estas observaciones sirvió de complemento para el análisis del resto de los resultados hallados a partir de los otros instrumentos. Además se registró la asistencia de los alumnos que concurrían a clases.

III. RESULTADOS ALCANZADOS

Los resultados obtenidos con cada uno de los instrumentos utilizados en la presente investigación, fueron cuidadosamente analizados e interpretados.

Realizamos una triangulación tanto longitudinal como transversal. La primera nos permitió realizar las modificaciones necesarias en cada actividad de la estrategia que así lo requiriera.

Podemos mencionar que de acuerdo a los resultados de los postest, para Física I, la estrategia favoreció a los estudiantes en la interpretación del concepto integrado de energía, pudiendo ellos establecer su sistema de estudio e identificar las fuerzas internas y externas. Además han podido reconocer cuando el sistema es conservativo, planteando el balance energético dentro del sistema o del sistema con su entorno de acuerdo con la Primera Ley de la Termodinámica [22, 32].

Los resultados de las entrevistas realizadas al finalizar la cursada [33] mostraron también que reconocen los distintos tipos de fuerzas distinguiéndolas entre fuerzas externas e internas y de entre ellas cuáles son conservativas y cuáles no. La mayoría considera el trabajo como un proceso capaz de modificar la energía del sistema y reconoce al calor como otro proceso que tiene el mismo efecto.

Se observa que gran parte del alumnado comprende el significado de la energía interna como perteneciente a las partes del sistema, tanto macroscópicas (partes móviles) como microscópicas. Además entienden que la naturaleza de la fuerza de rozamiento impide calcular su trabajo en forma exacta. Identifican sistemas en los cuales no se conserva la energía mecánica y evalúan los cambios de energía interna reconociendo sus causas. Aplican el teorema generalizado de la conservación de la energía en un sistema cerrado de partículas interpretando los cambios de energía cinética, potencial e interna como transformaciones debidas al trabajo de las fuerzas internas.

Con respecto al lenguaje y al nivel de comprensión, un análisis global de las entrevistas, muestran que en general, los alumnos se expresan utilizando una terminología correcta y completa tanto en lo coloquial como en lo simbólico. Logran interpretar la situación planteada, relacionar correctamente fuerzas, trabajos y variaciones de energía e inferir el movimiento posterior del móvil en cada caso.

De acuerdo a los resultados de los postest, para Física II, los estudiantes también fueron capaces de delimitar el sistema de estudio, identificar su entorno así como el intercambio energético entre ellos. Sin embargo algunos tuvieron dificultad para identificar las transformaciones energéticas que se producían en el sistema [23, 24]. En general, en la resolución de los problemas, se observa que lo aprendido en Física I, en relación a la energía y su conservación, resulta operativamente aplicable a nuevas situaciones, en este caso en el electromagnetismo.

En el año 2006 un número importante de estudiantes no pudo relacionar las reacciones químicas ocurridas en la pila con las transformaciones de energía que se producen el circuito. Buscando solucionar esta dificultad, en el año 2007 se modificó la estrategia tratando específicamente en clase el funcionamiento de una pila y al aplicar el pre y el postest en ese año se alcanzó un resultado mejor [24].

En lo que hace a la utilización del concepto de energía y su conservación en otros contextos después de un tiempo, las entrevistas realizadas luego del cursado de otras asignaturas reflejaron que los estudiantes de Química utilizaron los conceptos relacionados con la energía en asignaturas como Química Física I y II, Biología y Química Tecnológica. Particularmente, mencionan que aplicaron lo estudiado en Física en temas como termodinámica, termoquímica, cinética de gases, bioenergética, balances de energía. Los estudiantes de Geología manifiestan no haber utilizado estos conceptos en Geofísica. La mayoría de los estudiantes entrevistados ya habían aprobado Física I. Todos respondieron que no tuvieron dificultades en aplicar lo aprendido en esta asignatura en las específicas de su carrera.

Las entrevistas a los docentes de materias posteriores a Física ponen de manifiesto que los enfoques dados al principio de conservación de la energía por los docentes de otras asignaturas son diferentes y las interpretaciones no coinciden con las dadas en Física. Por ejemplo un concepto que se introduce en Química Física al tratar la Primera Ley de la Termodinámica es entalpía, importante para las reacciones químicas y asociado a la energía interna. Otro concepto asociado es energía libre. Los profesores sugirieron que sería conveniente para los estudiantes que en Física se

hiciera la vinculación con estos conceptos. En cuanto a la aplicación del concepto de energía y su conservación manifestaron, en general, que los estudiantes no tienen dificultades y relacionan adecuadamente lo aprendido en Física con los nuevos conceptos introducidos en sus asignaturas.

Los alumnos presentaron informes del trabajo de laboratorio. Antes de su realización debieron contestar un cuestionario donde se plantea la situación y se pide al estudiante que exprese lo que cree que ocurrirá, esta etapa es personal y constituye la predicción. En el análisis de los informes se consideraron las respuestas dadas en las predicciones y las conclusiones a las que arribaron, así como el uso del vocabulario propio de la Física. En general, los informes muestran un trabajo experimental satisfactorio, tanto en la manipulación de los equipos, en la recolección y tratamiento de los datos como en el análisis de los resultados, aunque se detectan dificultades para expresar correctamente las conclusiones a las que llegan. Los estudiantes manifiestan su satisfacción ante la comprobación experimental de las predicciones y, en general, de los desarrollos teóricos. La etapa de predicción se llevó a cabo con la participación activa de los miembros de cada grupo.

Los exámenes parciales que han sido tomados a lo largo de los años en los que se ha aplicado la estrategia, muestran en general que: 1) Un 60% de los estudiantes definieron su sistema de estudio e identificaron bien las fuerzas externas e internas. El resto lo hizo en forma incompleta; 2) Un 80% planteó la conservación de la energía para un sistema de partículas utilizando la ecuación (1) correctamente lo que les permitió analizar las transformaciones energéticas en el sistema elegido y responder a las preguntas realizadas. 3) En las situaciones donde se preguntaban sobre qué sucedía con la variación de la energía interna (ej.: sistema bloque+ superficie) un 55% de los estudiantes lo expresaron bien. En los casos en los que debían aplicar la ecuación de la energía del centro de masa para averiguar, por ejemplo, la fuerza de roce entre las partes en contacto o alguna otra variable, la mayoría (65%) también lo hizo satisfactoriamente.

En los exámenes finales, donde también se analizaron estas cuestiones, se observó en la mayoría de los estudiantes a los que se les interrogó sobre estos temas, que comprendieron los conceptos involucrados y utilizaron un lenguaje apropiado.

Todos estos elementos contribuyeron no sólo a la evaluación de los estudiantes para su acreditación sino a la de la estrategia misma que fue modificada año a año. Los resultados muestran mejoras en el rendimiento de los estudiantes en las siguientes cohortes.

Los registros escritos de las clases realizados por el observador no participante permitieron hacer un análisis continuo de las actividades y actitudes tanto de las docentes de la asignatura como de los estudiantes. La profesora expone los temas tratando permanentemente de generar la participación de los estudiantes mediante preguntas. Sin embargo, sólo unos pocos responden. Las clases se desarrollaron utilizando filminas proyectadas que se complementaron con desarrollos escritos sobre el pizarrón. La exposición teórica se apoya en ejemplos y se resuelven algunas situaciones. Las clases fueron teórico-prácticas

tratando de evitar la dicotomía entre teoría y práctica que se produce con frecuencia en el nivel universitario, es decir que los docentes responsables de práctica y de teoría se encuentran simultáneamente en el aula y las actividades de resolución de problemas, experimentales y teóricas se llevan a cabo en forma armónica, según las necesidades. Los registros escritos por el observador fueron muy útiles a fin de efectuar los ajustes necesarios durante la aplicación de la estrategia y contribuyeron a evaluarla en su totalidad.

En cuanto a la asistencia a clases, la mitad de los estudiantes concurren a todas, mientras que el resto tiene altos porcentajes de inasistencia, concurriendo principalmente a las clases en las que se realizaron las experiencias de laboratorio. El rendimiento de los alumnos que concurren a todas o a la mayoría de las clases es alto ya que un 85% de ellos aprueba el parcial o su recuperatorio en el que fue evaluado el tema energía, mientras que sólo un 15% de los que muestran altos índices de ausentismo logran aprobar.

IV. CONCLUSIONES

En una breve síntesis se detallan en este trabajo los resultados alcanzados a partir de la aplicación de esta estrategia didáctica, presentando el concepto de energía de manera integrada a lo largo de Física I y Física II, en carreras de Geología y Química.

Las entrevistas que se tomaron al finalizar la cursada, en particular, mostraron que los alumnos fueron capaces de manejar el lenguaje apropiado a la asignatura, de relacionar el trabajo y el calor con las variaciones de energías involucradas, reconocer y distinguir las variaciones de energía interna. Se observó también el razonamiento y la argumentación lógica al momento del examen final, el cual es oral.

Los resultados indican que los estudiantes han podido aplicar la energía, su conservación y la Primera Ley de la Termodinámica en diversos ejemplos tanto en mecánica como en electromagnetismo. Pensamos que estos logros se dieron debido a la continuidad de la estrategia a lo largo de las asignaturas Física I y Física II.

En lo que hace a la utilización del concepto de energía y su conservación en otros contextos después de un tiempo, se puede ver en las entrevistas realizadas posteriormente, tanto en lo expresado por los docentes de las asignaturas de las distintas carreras como en las de los alumnos, que lo aprendido resulta operativamente aplicable a nuevas situaciones.

Creemos que una presentación de la energía con una visión más amplia, no tan centrada en la mecánica, permitiría una mejor integración entre las distintas asignaturas de estas carreras y una comprensión más profunda de este concepto, fundamental para las Ciencias Naturales.

Por ello alentamos a seguir trabajando en esta propuesta de enseñanza no sólo en estas materias sino en otras del ciclo básico para que, con el aporte de nuevas metodologías superadoras mejore la enseñanza de la Física.

REFERENCIAS

- [1] Moreira, M. A., *Una visión toulminiana respecto de la "disciplina". Investigación en Educación en Ciencias: el rol del foro institucional*, Conferencia dictada en el Séptimo Simposio en Educación en Física, Santa Rosa, La pampa, Argentina (2004).
- [2] Sanmartí, Neus., *Contribuciones y desafíos de las publicaciones del área de educación en ciencias en la construcción y consolidación de la identidad del área: la experiencia de la revista*, Enseñanza de las Ciencias **26**, 301–310 (2008).
- [3] Guisasola, J., Almudí, J. M., Zubimendi, J. L., Zuzá, K., *Campo magnético: diseño y evaluación de estrategias de enseñanza basadas en el aprendizaje como investigación orientada*, Enseñanza de las Ciencias **23**, 303–320 (2005).
- [4] De Pro Bueno, A., *Planificación de unidades didácticas por los profesores: análisis de tipos de actividades de enseñanza*, Enseñanza de las Ciencias **17**, 411–429 (1999).
- [5] Mc Dermott, L. C., *Investigación en Educación en la Física*, Revista de Enseñanza de la Física **11**, 17-20 (1998).
- [6] Cotignola, M. I., Bordogna, C. M., Punte, G., Cappannini, O., *Reorganización e integración curricular en un curso universitario inicial de Física*, Revista de Enseñanza de la Física **14**, 27-37 (2001).
- [7] Ausubel, D., Novak, J., Hanesian, H., *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*, (Trillas, México, 1996).
- [8] Moreira, M. A., *Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física*, 1ª Edición, (Editora da Universidade, Porto Alegre, Brasil, 1983).
- [9] Raviolo, A., Siracusa, P., Herbel, M., *Desarrollo de actitudes hacia el cuidado de la energía: experiencia en la formación de maestros*, Enseñanza de las Ciencias **18**, 79-86 (2000).
- [10] Doménech, J., Gil-Pérez, D., Gras, A., Martínez, T. J., Guisasola, G., Salinas, J., *La enseñanza de la energía en la educación secundaria. Un análisis crítico*, Revista Enseñanza de la Física **14**, 45–60 (2001).
- [11] Souza, S. S. C. de., Zylbersztajn, A., *El accidente radiactivo de Goiania: una experiencia de enseñanza de CTS utilizando el aprendizaje centrado en eventos*, Revista Enseñanza de la Física **13**, 35-44 (2000).
- [12] Resnick, R., Halliday, D., Krane, K., *Física*, Vol. 1 (Compañía Editorial Continental, México, 2002).
- [13] Serway, R., Jewet, J., *Física I*, (Thomson, México, 2004).
- [14] Serway, R. A., *Física. Tomo I*, (Mc Graw-Hill, México, 1997).
- [15] Tipler, P. A., *Física. Vol. I*, (Reverté, España, 1995).
- [16] Alonso, M., Finn, E., *Física*, (Addison-Wesley Iberoamericana, U.S.A, 1995).
- [17] Wilson, J., Bufo, A., Lou, B., *Física*, (Pearson Educativa, México, 2003).
- [18] Mckelvey, J., Grotch, H., *Física para Ciencias e Ingeniería*, Vol. 1, (Harla, México, 1981).
- [19] Young, H. D., *Physics*, (Addison-Wesley, U.S.A, 1992).
- [20] Follari, B., Perrotta, M. T., Glusko, C., *La visión económica, social y ambiental como introducción al estudio de la energía desde la Física*, Memorias Décimo Sexta Reunión Nacional en la Física (REF XVI), E3–Trabajo 46, 7 p. San Juan, Argentina (2009).
- [21] Perrotta, M. T., Dima, G. N., Capuano, V. C., Botta, I. L., Follari, B., de la Fuente, A., Gutiérrez, E. E., *La Energía. Planificación, aplicación y evaluación de una Estrategia Didáctica para un curso universitario de Física Básica en carreras de Ciencias Naturales*, Latin American Journal of Physics Education **3**, 350-360 (2009).
- [22] De la Fuente, A. M., Gutiérrez, E. E., Perrotta, M. T., Dima, G. N., Capuano, V. C., Botta, I. L., Follari, B., *Evaluación de una estrategia didáctica sobre el tema energía. Comparación de resultados de un postest como uno de los indicadores*, Memorias en CD SIEF 9, Sesión B4–Área temática 6, 9 p. Rosario, Argentina (2008).
- [23] Perrotta, M., Capuano, V., Botta, I., Follari, B., Gutierrez, E., Dima, G., *El concepto unificador de la energía en un curso de electromagnetismo. Resultados de un pretest y un postest. Cohorte 2006*, Memorias Décimo Sexta Reunión Nacional en la Física (REF XVI), E3–T38, San Juan, Argentina (2009).
- [24] Gutiérrez, E., Perrotta, M. T., Dima, G., Capuano, V., Botta, I., Follari, B., *El concepto unificador de la energía en un curso de electromagnetismo. Resultados de pretest y postest. Cohorte 2007*, Latin American Journal of Physics Education **4**, 153-159 (2010).
- [25] Pozo, J. I., Gómez, C. M. A., *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*, (Morata, Madrid, 1994).
- [26] García, F. M., Ibáñez, J., Alvira, F., *El Análisis de la Realidad Social: métodos y técnicas de la investigación*, (Alianza Editorial, España, 2000).
- [27] 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).
- [28] Moreira, M. A., Lang da Silveira, F., *Instrumento De Pesquisa Em Ensino & Aprendizagem*, (Edipucrs, Porto Alegre, Brasil, 1993).
- [29] Gil, P. D., Furió, M. C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez, T. J., Guisasola, J., González, E., Dumas, C. A., Goffard, M., Pessoa de Carvalho, A., *¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?*, Enseñanza de las Ciencias **17**, 311-320 (1999).
- [30] Dima, G. N., Benegas, J., Willging, P., *Alistamiento para el aprendizaje significativo en experiencias de laboratorio*, Memorias en CD de la Décimo Quinta Reunión Nacional de Educación en Física (REF XV), T: 5-31, p. 10 (2007).
- [31] Dima, G. N., Willging, P., Benegas, J., *Las prácticas de laboratorio para una enseñanza integrada de la física. Algunos resultados de entrevistas estudiantiles*, Memorias en CD del Noveno Simposio de Investigación en Física (SIEF9), Sesión C1-Áreas Temáticas 3, 10 y 4, p. 13 (2008).
- [32] Follari, B., de la Fuente, A. M., Gutiérrez, E., Perrotta, T., Dima, G., Capuano, V., Botta, I., *El concepto unificador de la energía en un curso de Física Básica Universitaria: resultados de un pretest y postest*, Memorias en CD del Noveno Simposio de Investigación en Física (SIEF9), 978-

987-22880-4-4. M4-Área Temática 6, p. 10. Rosario, Santa Fe (2008).

[33] Dima, G. N., Perrotta, M. T., Capuano, V. C., Botta, I. L., Follari, B., Gutiérrez, E. E., *Evaluación de una estrategia didáctica sobre el tema energía. Análisis de entrevista*, Memorias de la XVI Reunión Nacional de Educación en Física (REF XVI). Trabajo E3-T63 (2009).

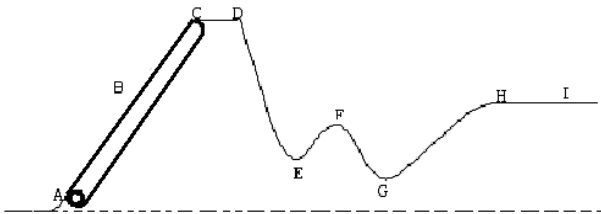
APÉNDICE A

Protocolo pretest –postest

Nombre: Fecha: Carrera:

El presente cuestionario es parte de un trabajo de investigación educativa llevada a cabo por docentes del dpto. de Física de esta facultad con el objetivo de contribuir a mejorar la enseñanza de la Física. Tus respuestas serán confidenciales y reservadas y no afectarán para nada tus notas. MUCHAS GRACIAS.

El dibujo muestra el esquema de una montaña rusa. Si un carrito se sube mediante una cinta transportadora accionada por un motor a nafta desde el nivel inicial (punto A) hasta el punto C. Desde C es llevado hasta el punto D por un camino horizontal, donde se lo detiene. Luego, el carrito es dejado en libertad (velocidad inicial nula) en el punto D y comienza su movimiento sobre la montaña rusa. Considera el rozamiento entre la montaña rusa y el carrito despreciable hasta el punto H. El carrito tiene una batería que sólo le permite, mientras está en movimiento, prender sus luces y hacer sonar una sirena.



Pregunta a): Utilizando las palabras que creas necesarias entre las siguientes (o las que quieras agregar), **interna - potencial- luminosa- cinética- química- nuclear- sonora- eléctrica- elástica**, indica qué transformaciones de energía se producen

- a₁) en el sistema motor – cinta – carrito, desde A hasta C.
- a₂) debido a la batería que posee el carrito mientras está en movimiento a partir de D.

Pregunta b): De donde proviene la energía utilizada por el carrito para subir de A a C. Explica el proceso.

Pregunta c): Suponiendo que el carrito sube con velocidad constante desde A hasta C, marca con una X la respuesta que consideres correcta:

- La energía mecánica del carrito es mayor en el punto A que en el punto B.
 - La energía mecánica del carrito es igual en el punto A que en el punto B.**
 - La energía mecánica del carrito es menor en el punto A que en el punto B.
- Fundamenta tu respuesta.

Pregunta d): Una vez que el carrito inicia su movimiento en el punto D, ¿en qué punto de su viaje sobre la pista tiene mayor velocidad?. Fundamenta tu respuesta.

Pregunta e): ¿Qué ocurre con la energía del carrito, si desde H a I existe rozamiento de manera que el carrito se detiene en el punto I?

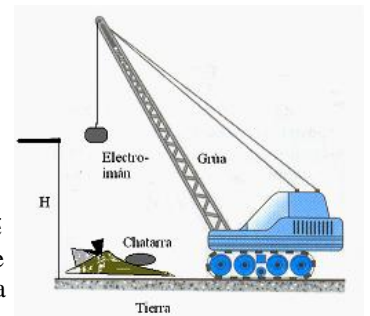
APÉNDICE B

Protocolo pretest –postest

Nombre: Fecha: Carrera:

El presente cuestionario es parte de un trabajo de investigación educativa llevada a cabo por docentes del dpto. de Física de esta facultad con el objetivo de contribuir a mejorar la enseñanza de la Física. Tus respuestas serán confidenciales y reservadas y no afectarán para nada tus notas. MUCHAS GRACIAS.

Pregunta 1: Una grúa levanta chatarra para colocarla hasta cierta altura H. La grúa dispone de un electroimán como muestra la figura. Delimita un sistema, marcándolo en el gráfico e indica qué transformaciones de energía se producen en esta acción en el sistema elegido



Pregunta 2: Selecciona, marcando con una cruz, la/s opción/es que consideras correcta/s.

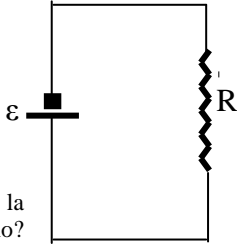
- Una pila es un dispositivo que almacena energía eléctrica.
- Una pila es un dispositivo donde se producen reacciones químicas que generan energía.
- Una pila suministra corriente a una lamparita, y en este proceso pierde su energía.

Pregunta 3: Habitualmente se dice que: “los aparatos tales como radio, linterna, secador de cabello, plancha, estufa de cuarzo, consumen electricidad” lo cual es incorrecto. Sobre la base de los conceptos físicos que conoces, escribe esta expresión correctamente.

Pregunta 4:

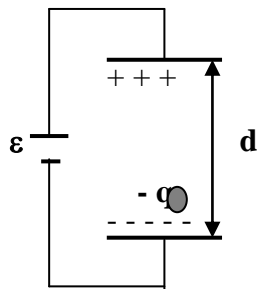
El diagrama representa un circuito simple, donde una resistencia (R) está conectada en serie con una batería (ϵ).

- ¿Qué elemento/s suministra/n energía al circuito?
- ¿Qué transformaciones de energía se producen en el circuito?
- ¿Podemos hablar de conservación de la energía considerando solamente el circuito? ¿Por qué?
- ¿Podemos hablar de conservación de la energía considerando el circuito y su entorno? ¿Por qué?



Pregunta 5: Dos placas metálicas paralelas (condensador) están conectadas a una batería. Considerando que entre las placas hay una partícula de masa m y carga $-q$ inicialmente en reposo, como se ve en la figura, responde:

- ¿Hacia dónde se va a mover la partícula? ¿Por qué?
- ¿Cómo obtendrías la variación de la energía cinética de la partícula al moverse entre ambas placas?:
 - Considerando el sistema "partícula".
 - Considerando el sistema "partícula + condensador".
- Si la partícula se encuentra inicialmente en la placa negativa, ¿cómo se vincula la variación de energía cinética con el voltaje existente entre las placas?

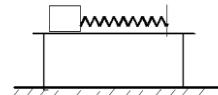


- Realiza distintos esquemas señalando claramente cada sistema y su frontera.
- En cada uno de esos sistemas, ¿qué fuerzas actúan? (indagar cuáles son internas, externas)
- ¿Qué hacen esas fuerzas? (si realizan trabajo).
- ¿Cómo lo relaciona con las energías puestas en juego?
- A través de qué ecuaciones lo justifica?
- Responder lo mismo para los distintos sistemas.
- Si no toma todos los sistemas preguntar el que falta.
- En algún sistema que elegiste se conserva la energía?
- En cada situación quién transfiere energía al sistema?
- ¿Conoce algún otro tipo de transferencia de energía?

Situación 2

Analice la siguiente situación:

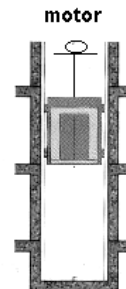
Un bloque sobre el que actúa un resorte se desliza por una mesa que ejerce una fuerza de fricción. Definir distintos sistemas en forma conveniente y una vez trazada su frontera, considerar todas las formas de energía que los objetos de él pueden adoptar.



Situación 3

Analice la siguiente situación:

Un ascensor con dos personas en su interior está ascendiendo. Ha partido del reposo siendo accionado por un motor eléctrico, deslizándose sobre rieles que le ejercen una fuerza de rozamiento constante. Definir distintos sistemas en forma conveniente y una vez trazada su frontera, considerar todas las formas de energía que los objetos de él pueden adoptar.



APÉNDICE C

Protocolo de la entrevista

Nombre del alumno:

Edad:

Carrera:

Situación Académica en la carrera (materias aprobadas, cursadas, año en que se encuentra cursando,.....)

Situación 1

Analice la siguiente situación:

Un esquiador parte del reposo desde la parte superior de una montaña como indica la figura y llega con una cierta velocidad al punto más bajo de la ladera después de una fuerte nevada.

Considerar todas las formas de energía puesta en juego, definiendo distintos sistemas.

