

Manos a la obra: de la represa al electromagnetismo en los primeros años de la educación secundaria

Let's do it: from the dam to electromagnetism in the first years of secondary education

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Germán G. Blesio^{1,2,3}, Rodrigo E. Menchón^{1,2}, Lucas Giraudo^{3,4}, Andrea Fourty^{1,2} y Hugo D. Navone^{1,2}

¹Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Av. Pellegrini 250, CP 2000, Rosario. Argentina.

²Instituto de Física de Rosario (CONICET-UNR), Bv. 27 de Febrero 210 Bis, CP 2000, Rosario. Argentina.

³Instituto Politécnico Superior 'Gral. San Martín', Universidad Nacional de Rosario, Av. Pellegrini 250, CP 2000, Rosario. Argentina.

⁴Escuela Secundaria N° 3183 'Raúl Arino', H. Yrigoyen S/N, CP 2132, Funes. Argentina.

E-mail: blesio@fceia.unr.edu.ar

Resumen

El estudio de la energía, su conversión y las fuentes de electricidad en los primeros años del nivel secundario pocas veces son tratados en profundidad. Con el objetivo de entender el funcionamiento de una central hidroeléctrica, en esta propuesta se parte de la construcción de un generador que funciona de disparador de preguntas y experiencias para entender su funcionamiento y abordar el estudio del efecto de inducción electromagnética. La propuesta se originó como el proyecto final del Taller de Práctica de la Enseñanza III de tercer año del Profesorado en Física de la Universidad Nacional de Rosario. En este artículo, se incluye una implementación adaptada de la propuesta.

Palabras clave: Educación secundaria; Participación activa; Electromagnetismo; Hidroelectricidad; Trabajo grupal.

Abstract

The topics of energy, its transformation and the sources of electric power are seldom covered in detail in the syllabi of courses of the first years of secondary school. So as to understand how a hydroelectric power station works, in this proposal we begin by building a power generator, an experience that promotes the posing of questions about its operation and allows the study of electromagnetic induction effects. This proposal was created as the final project in the Teaching Practice Workshop III of the third year of the Physics Teacher degree of the National University of Rosario. In this paper, a modified implementation of the proposal is included.

Keywords: Secondary education; Hands-on activity; Electromagnetism; Hydroelectricity; Work group.

I. INTRODUCCIÓN

El electromagnetismo es un área de la física que se encuentra muchas veces postergada en el currículo secundario. Frecuentemente, con el objetivo de priorizar una introducción a la disciplina a través del formalismo matemático, se favorece el estudio de la mecánica. Posiblemente, debido a que los conceptos que introduce resultan más sencillos, menos abstractos, y además los contenidos de matemática necesarios para mecánica coinciden con los presentes en el secundario. Sin embargo, el electromagnetismo es fundamental en nuestro estilo de vida contemporáneo basado en el consumo de energía eléctrica, el uso de dispositivos eléctricos y en las telecomunicaciones. Aunque en algunos cursos tempranos suelen trabajarse circuitos simples o actividades con imanes, es rara la ocasión donde se estudie la generación de la energía eléctrica desde el punto de vista físico.

La presente propuesta viene a completar esta área de vacancia, apuntando al aprender haciendo sobre tecnologías conocidas, pero no siempre comprendidas. Además promueve la discusión sobre las distintas fuentes de generación de energía eléctrica y su sustentabilidad. Diversas regiones del país cuentan con centrales hidroeléctricas, favoreciendo su estudio. Otras están en construcción, o propuestas, generando la necesidad de una educación en ciencias con enfoque en Ciencia–Tecnología–Sociedad–Ambiente (CTSA), que permita un análisis crítico de la relación de los cuatro conceptos, y ayude a comprender los aspectos epistemológicos y sociológicos de la construcción de la ciencia, como así su vinculación con temas socio–ambientales relevantes y polémicos.

II. PROPUESTA DIDÁCTICA

A. Fundamentación

La siguiente propuesta se ha originado como trabajo final de dos estudiantes del Profesorado en Física de la Universidad Nacional de Rosario, en el marco del Taller de Práctica de la Enseñanza III. Fue diseñada para alumnos de los primeros años del secundario que previamente hayan trabajado conceptos de electricidad y magnetismo desde un abordaje experimental, teniendo especial cuidado en el diseño de actividades, en otorgar un espacio importante a la participación activa del alumno y a la interacción docente–alumno, y en integrar elementos que proporcionaran una contextualización del tema atendiendo a los intereses de los estudiantes (Tabares y otros, 2011).

La misma se enmarca dentro de la propuesta para primer y segundo año del Ciclo Básico de Educación Secundaria de los Núcleos de Aprendizajes Prioritarios (NAP) del Ministerio de Educación de la Nación, donde en relación con los fenómenos del mundo físico, se incluye “*la introducción a la noción de campo de fuerzas como una zona del espacio donde se manifiestan interacciones de diferente naturaleza, utilizando ejemplos gravitatorios, eléctricos y magnéticos.*” y “*el análisis de experiencias donde aparecen interrelaciones eléctricas y magnéticas, por ejemplo con un electroimán.*”

Además se vincula con los lineamientos presentes en el Diseño Curricular de la provincia de Santa Fe donde se plantea que

Públicamente se discuten temas relacionados con la contaminación ambiental, los problemas energéticos, la elaboración de nuevos materiales, (...). Estas temáticas son de interés general y se relacionan con la vida cotidiana, por lo tanto, poner la cultura científica al alcance de todos es una prioridad, ya que no puede ejercerse plenamente la ciudadanía sin conocimientos básicos provenientes de la actividad científica.

En consonancia con las corrientes pedagógicas actuales, se considera que

...la educación debe lograr la alfabetización científica de todos los ciudadanos en un hacer que consiste en brindar herramientas fundamentales para interactuar de modo racional con un mundo cada vez más atravesado por los productos y discursos de la ciencia y la tecnología, y permitir a la ciudadanía participar y fundamentar sus decisiones con respecto de temas científico–tecnológicos que afectan a la sociedad en su conjunto.

Con el objetivo de superar la fragmentación del currículum en asignaturas aisladas, el Ministerio de Santa Fe generó los Núcleos Interdisciplinarios de Contenidos (NIC). Entre las temáticas abordadas, para energía se propone que

La energía constituye un tema central para los seres humanos no sólo por ser fuente de vida, sino también de trabajo y producción. En este sentido, numerosas luchas han signado la historia de la humanidad por la obtención y uso de recursos naturales que generan energía.

Así, sugiere entre sus actividades:

- *Construir un generador eléctrico casero y un motor eléctrico casero para comprender el fenómeno de la inducción electromagnética.*
- *Elaborar un modelo a escala que simule el funcionamiento de una central hidroeléctrica, eólica, solar, o térmica de algún tipo.*

Por otra parte, consideramos que los contenidos y abordajes propuestos, tanto en esos documentos como en la presente propuesta, son compatibles con el enfoque Ciencia–Tecnología–Sociedad–Ambiente. Fernandes, Pires y Villamañán (2014) sostienen que:

...para implementar una educación CTSA capaz de promover la cultura científica, es necesario que los currículos de ciencias propongan: (a) el desarrollo de procedimientos científicos (observar, inferir,

clasificar, explicar, relacionar, argumentar...); (b) la resolución de problemas; (c) la mejora del pensamiento crítico; (d) el desarrollo de principios y normas de conducta responsables y conscientes, individuales y colectivas; (e) la toma de decisiones conscientes, informadas y argumentadas frente a las consecuencias de la acción humana en el ambiente; y (f) el poderse desenvolver en cuestiones problemáticas actuales relacionadas con la ciudadanía, la sostenibilidad y la protección del ambiente.

Sin embargo, a pesar de los progresos registrados en los últimos años en relación al enfoque CTSA, algunos autores (Solbes y Vilches, 2005) mencionan el no uso de los avances de la didáctica de las ciencias, como ser la utilización de la historia en la enseñanza de las ciencias.

En este aspecto, encontramos coincidencias con las concepciones de educación y aprendizaje presentes en el Diseño Curricular de la provincia de Santa Fe:

Educación como lugar de encuentro con el otro para explorar posibilidades y contribuir a los sentidos compartidos, siendo ésta una de las herramientas para propiciar apropiación creativa y transformadora de la cultura, la igualdad de oportunidades en la sociedad y asegurar la horizontalidad y democratización del conocimiento y de los bienes simbólicos y materiales –concepción que posibilita comprender que no hay verdades absolutas, ni conocimientos neutrales, ni procesos lineales, ni posibilidades de avanzar en soledad–; y Aprendizaje como forma de resolver problemas con otros en un marco ético que preserve el bien común.

En cuanto a lo metodológico, coincidimos con Freire y Faundez (1985) cuando sostienen:

El problema que se le plantea al profesor es ir creando en [los estudiantes], en la práctica, el hábito de preguntar, de 'admirarse'. Para el educador que adopta esa posición no existen preguntas tontas ni respuestas definitivas. El educador que no castra la curiosidad del educando, que se adentra en el acto de conocer, jamás le falta el respeto a ninguna pregunta. Porque, aun cuando pueda parecerle ingenua o mal formulada, no siempre lo es para quien la formula. (...) el papel del educador es ayudarlo a reformular la pregunta. De este modo, el educando aprende formulando la mejor pregunta.

Por esto, resulta fundamental para el correcto desarrollo de esta propuesta que se haya generado previamente un espacio de confianza, no solo de los alumnos con los docentes, sino también entre ellos; para así lograr una buena exploración de la situación, sin vergüenza ni temor a cuestionar en todas las etapas; se busca crear un ambiente que fomente y favorezca la formulación de preguntas. De la misma manera también se desea que en cada momento los estudiantes tengan en claro las preguntas a las que se les pretende buscar respuestas con la realización de la actividad.

B. Desarrollo de la secuencia

Se comienza separando al curso en dos grandes grupos. A cada uno de ellos se le da un conjunto de imágenes que deben ordenar cronológicamente. El primer conjunto corresponde a seis distintas etapas históricas, con sus respectivas formas de consumo y producción de energía. Las seis etapas históricas son:

- Pre-agrícola (800000 a. C. – 25000 a. C.);
- Agrícola (25000 a. C. – 5000 a. C.);
- Agrícola avanzada (5000 a. C. – 800 d. C.);
- Pre-industrial (800 d. C. – 1750 d. C.);
- Industrial (1750 d. C. – 1850 d. C.);
- Industrial avanzada (1850 d. C. – Actualidad).

El segundo conjunto está constituido por diversas imágenes sobre molinos de agua, junto a otras que hacen referencia a los avances del electromagnetismo. Las mismas corresponden a:

- Antiguo Oriente, primer molino de agua del mundo (aprox. 200 a. C.);
- Antigua China, primera esfera armilar hidráulica del mundo (aprox. 100 a. C.);
- Dinamarca, Hans Ørsted descubre que las corrientes eléctricas generan campos magnéticos (1820 d. C.);
- Estados Unidos e Inglaterra, Joseph Henry e independientemente Michael Faraday descubren que la variación de campos magnéticos induce corrientes eléctricas (1831 d. C.);
- Inglaterra, Cragside, primera estación hidroeléctrica del mundo (1870 d. C.);
- Argentina, Casa Bamba, Córdoba, la primera central hidroeléctrica del país (1897 d. C.).

Esta actividad inicial permite simultáneamente un relevamiento de conocimientos previos con relación a temáticas como: fuentes de energía, generación de energía, electricidad y magnetismo, entre otros. Además, contribuye a acercar a los estudiantes a una visión del conocimiento científico como una construcción histórico-social.

Una vez finalizada dicha etapa, se hace una puesta en común en donde cada grupo presenta al resto del curso su secuencia explicando las discusiones que llevaron a esa decisión. En este caso, el docente generará cuestionamientos para fomentar la externalización de justificaciones a ese resultado, y será moderador en la presentación. En esta etapa es importante que el docente anote en el pizarrón las preguntas principales de la actividad “¿Cómo funciona un generador hidroeléctrico? ¿Qué es el efecto de inducción electromagnética?”, como así también que tome nota de otros conceptos que considere clave y que sea oportuno aclarar y tener en cuenta.

Si bien tradicionalmente se suele partir de los conceptos y las abstracciones más generales para, en una segunda instancia, arribar a las aplicaciones prácticas de los conceptos, en la presente propuesta se consideró interesante optar por un esquema inverso: partiendo de la observación de un dispositivo funcional y la experiencia de la construcción de otro similar, se efectúa un análisis de su funcionamiento, y finalmente se realiza una síntesis de forma de arribar a los conceptos más generales. Esto permitirá el abordaje de la pregunta sobre el funcionamiento del dispositivo antes de ver la respuesta, en concordancia con lo que señalan Freire y Faundez: “...ante todo el profesor debería enseñar a preguntar. Porque el inicio del conocimiento es preguntar. Sólo a partir de preguntas se buscan respuestas y no al revés”.

Luego de la observación de un generador hidroeléctrico casero, se propone la construcción en grupos de otros dispositivos similares bajo la guía del docente. Si bien existe una vasta variedad de modelos de generadores hidroeléctricos caseros en la bibliografía, en la presente propuesta, se decidió realizar una adaptación de un modelo que consiste en utilizar cucharas descartables como paletas, madera para su estructura y discos compactos (CD), tapitas plásticas y alambre para el eje, tal como se observa en la figura 1. En el extremo de la varilla se coloca un imán, el cual se enfrenta a una bobina conectada a un led. De esta manera, el dispositivo propuesto tiene la ventaja de emplear materiales que son de fácil acceso, bajo costo y sencilla manipulación. Por otra parte, el uso de un led permite percibir fácilmente los efectos de inducción en el generador, haciendo la experiencia más accesible.

Para ponerlo en funcionamiento sólo resta ubicarlo bajo el flujo de agua de una canilla o de un botellón grande. Es probable que esta experiencia provoque que los alumnos se mojen un poco, sobre todo si tienen que trabajar cerca del dispositivo, en la dirección donde deposita agua las paletas.

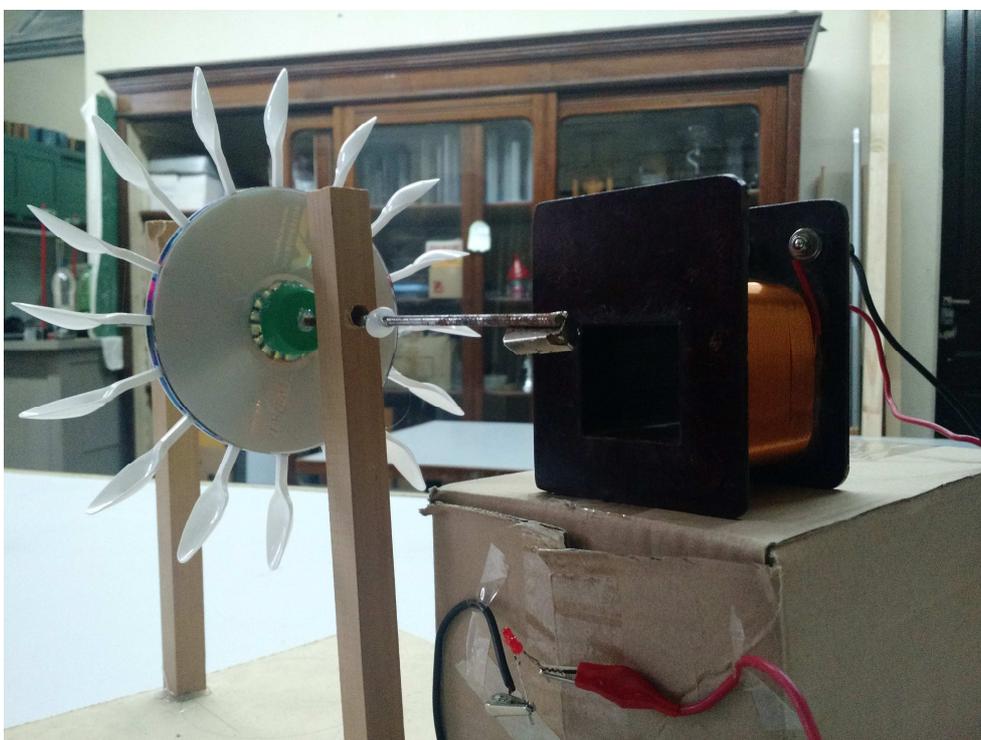


FIGURA 1. Montaje del experimento construido. Se observa el eje con el imán en el extremo, ubicado frente a la bobina. Conectado a la misma por cables cocodrilos-banana, se encuentran debajo dos leds.

Con la construcción finalizada, y contando con la experiencia del armado del dispositivo, se pasa a una etapa exploratoria de su funcionamiento. Aquí se dan pautas generales para comenzar a analizar el funcionamiento, dando libertad a que investiguen por sí mismos. Algunas pautas consisten en recordar conceptos previamente vistos de magnetismo, brújulas, imanes y circuitos. Otras consisten en formular preguntas disparadoras de forma tal de fomentar en los estudiantes razonamientos que los conduzcan, a través de un análisis sistemático, a formular hipótesis sobre el efecto observado.

Contar con la posibilidad de mostrar los efectos de inducción electromagnética a través del experimento simple de acercar y alejar un imán a una bobina conectada a un led facilita a los estudiantes la posibilidad de observar el efecto de manera aislada. De esta forma, se contribuye al análisis y se facilitan los procesos de abstracción debido a que permite identificar cuáles son los componentes del generador hidroeléctrico que intervienen en el efecto electromagnético, y descartar los que no.

En función del tiempo disponible y cuanto se desee profundizar, se abre la posibilidad de agregar un segundo led conectado antiparalelo al primero. Así, al hacer funcionar el dispositivo, se observa que van alternando entre uno y otro led encendido. Trabajando con esto, jugar con los imanes de forma manual (acercándolo rápidamente y luego alejándolo, mientras se observan los leds) se llega a entender que aumentar o disminuir el campo magnético genera corrientes en distintos sentidos y así al concepto de corriente alterna.

Para finalizar la propuesta, se pide a los alumnos que escriban sus impresiones y conclusiones, y luego se hace una puesta en común oral sobre lo discutido en el grupo. Así, se busca armar una síntesis explicativa del fenómeno en cuestión a partir de las propias explicaciones de los participantes, promoviendo una apropiación significativa del contenido. En el momento de la puesta en común, es importante que el docente tome nota en el pizarrón de los conceptos centrales para la elaboración de la síntesis. Esto permitirá que los estudiantes puedan tener en claro las ideas más importantes y que todos compartan una misma visión.

En instancias posteriores, a fin de explorar las relaciones Ciencia–Tecnología–Sociedad–Ambiente, se plantea como tarea para las próximas clases una investigación previa a un debate que involucre activamente a los estudiantes y que permita abordar preguntas como: ¿qué impacto puede tener en el medio ambiente el uso de generadores hidráulicos como fuente de energía?, ¿qué porcentaje de la matriz de generación eléctrica argentina ocupa la energía hidráulica en la actualidad?, ¿cuáles son las centrales hidroeléctricas que hay en Argentina?, ¿cuáles son las ventajas y desventajas de este método de generación de energía eléctrica?

III. IMPLEMENTACIÓN ADAPTADA

La escuela secundaria “Raúl Arino” (EESO N° 3183) de la localidad de Funes, Santa Fe, utiliza una modalidad de enseñanza–aprendizaje por proyectos. Una adaptación de esta propuesta se implementó con alumnos de 2° año de la educación secundaria, abordada transversalmente en todas las asignaturas, enmarcadas en un proyecto llamado “Energía”. En particular, en la asignatura Físico–Química tuvo el objetivo específico de aplicar y afianzar los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de la unidad “La Energía y sus transformaciones”, donde se trabajó con el concepto de energía y las distintas formas en que se manifiesta, y cómo las diferentes clases de energía pueden interconvertirse.

Los alumnos eligieron este proyecto entre un conjunto de distintas propuestas donde se pudieran observar transformaciones entre distintos tipos de energía; les resultó atractivo el hecho de lograr encender un led sin que medien enchufes o baterías. Al tener una participación activa en la construcción, mostraron interés y predisposición en el aprendizaje que se estaba llevando a cabo. Como era de esperar, la construcción del dispositivo no estuvo exenta de dificultades, pero ese desafío resultó motivador. Debido al proyecto educativo de la escuela, los proyectos fueron presentados en una muestra, con invitación a padres. Esto llevó a una mayor profundización de los fenómenos involucrados, para lo cual debieron utilizar lenguaje científico y terminología adecuada. En contraposición, en sintonía con otras iniciativas similares, este trabajo insumió un tiempo significativamente mayor al que normalmente se destina a la unidad didáctica en cuestión.

IV. CONCLUSIONES

Se elaboró una propuesta didáctica desde el enfoque Ciencia–Tecnología–Sociedad–Ambiente promoviendo el involucramiento activo de los estudiantes en un proyecto de armado de un dispositivo y en el posterior análisis de su funcionamiento, dando lugar a debates e intercambio de opiniones, todo esto en un cálido ambiente de comunicación grupal. De esta manera, se incentiva la exploración y la

indagación, el desarrollo de actitudes de curiosidad y de búsqueda sistemática, la formulación de hipótesis, el intercambio de puntos de vista y la puesta a prueba de distintos argumentos.

Las actividades descritas contribuyen a que el conocimiento científico sea comprendido como una construcción histórico-social, de carácter provisorio, y permiten un espacio para la reflexión crítica sobre los temas vistos y su relación con la sociedad y el ambiente.

Al estar elaborada en el marco de los Núcleos de Aprendizajes Prioritarios (NAP) del Ministerio de Educación de la Nación, respetando el Diseño Curricular de la provincia de Santa Fe y atendiendo a la propuesta de los Núcleos Interdisciplinarios de Contenidos (NIC) del Ministerio de Educación de Santa Fe en la temática energía; su implementación en el salón puede ser completamente curricular. Es importante tener en cuenta que el trabajo con cursos numerosos puede constituirse en todo un desafío, ya sea por el tiempo que consumen las discusiones intra e inter grupos o por la imposibilidad de responder a todas las consultas sobre la construcción del dispositivo. Por lo tanto, en la puesta en práctica será necesario realizar convenientes adaptaciones según cantidad de alumnos, la dinámica del grupo y el tiempo disponible, además de otros factores a tener en cuenta. En este sentido, se puede decir que se logró implementar exitosamente una variante de esta propuesta en una escuela secundaria, logrando su objetivo de trabajar un tema complejo como el electromagnetismo sin formalismo matemático, a través de la experimentación, cuestionamiento y descubrimiento, “poniendo manos a la obra” para construir objetos cotidianos, entenderlos y poder explicarlos. Contribuyendo, al fin y al cabo, a formar ciudadanos reflexivos con conocimiento científico para entender y cuestionar su entorno.

REFERENCIAS

Build Your Hydroelectric Generator. GreenLearning. www.re-energy.ca/docs/hydroelectric-generator-cp.pdf Sitio consultado en mayo de 2017.

Energías de mi país. Educ.ar y Fundación YPF. <http://energiasdemipais.educ.ar/hitos-de-la-energia/> Sitio consultado en julio de 2017.

Fernandes, I. M., Pires, D. M., y Villamañán, R. M. (2014). Educación Científica con enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente. Construcción de un Instrumento de Análisis de las Directrices Curriculares. *Formación Universitaria*, 7(5), 23-32.

Freire P. y Faundez A. (1985). *Por una pedagogía de la pregunta*. Buenos Aires: Siglo Veintiuno.

Ministerio de Educación de la Nación (2011). *Núcleos de Aprendizajes Prioritarios. Ciencias Naturales. Ciclo básico. Educación secundaria 1° y 2° / 2° y 3° Años*. Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación.

Ministerio de Educación de la Provincia de Santa Fe (2014). *Diseño Curricular de Educación Secundaria Orientada*. Santa Fe: Ministerio de Educación de la Provincia de Santa Fe.

Ministerio de Educación de la Provincia de Santa Fe (2016). *Núcleos Interdisciplinarios de Contenidos (NIC): la educación en acontecimientos*. Santa Fe: Ministerio de Educación de la Provincia de Santa Fe.

Proyectos – Generador Hidráulico De Energía Eléctrica (muy fácil de hacer). Canal Muy Fácil de Hacer. <https://www.youtube.com/watch?v=bI5B6BJrPwk> Sitio consultado en noviembre de 2016.

Solbes, J. y Vilches, A. (2005). Las relaciones CTSA y la formación ciudadana. En Membiela, P. y Padilla, Y., *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en los inicios del siglo XXI*. Educación Editoria.

Tabares, I., Farina, J., Jardón, A., Fernández P. y Milicic, B. (2011). Interacción entre campos magnéticos y corrientes eléctricas. Una propuesta para los primeros años del secundario. *Memorias XVII REF*, Villa Giardino, CD.