

ENSEÑANZA DE LA CAPACIDAD ELÉCTRICA POR ANALOGÍA CON UN CILINDRO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO

SZTRAJMAN, J. (1) y SZTRAJMAN, A. (2)

(1) Departamento de Ciencias Exactas. Universidad de Buenos Aires jsztraj@fibertel.com.ar

(2) Universidad de Buenos Aires. asztrajman@fibertel.com.ar

Resumen

Introducimos una analogía que intenta ayudar en la enseñanza del concepto de capacidad eléctrica. La misma está destinada, principalmente, a alumnos y alumnas de nivel medio y del ciclo básico universitario con dificultades en el aprendizaje de conceptos abstractos como éste, y se basa en la comparación del capacitor con un recipiente de gas natural comprimido (GNC) como el que utilizan muchos vehículos en la actualidad. Este modelo puede facilitar la comprensión de la relación entre la carga eléctrica adquirida por un capacitor y la diferencia de potencial aplicada entre sus placas. Por otra parte, el contexto gaseoso, más familiar para la mayoría del alumnado, ayuda a comprender muchas situaciones en las que participan dos capacitores, las que tradicionalmente presentan dificultades para el aprendizaje.

Palabras clave: analogía, capacitor, electricidad

OBJETIVOS

Los autores de este trabajo se desempeñan en “Física e Introducción a la Biofísica”, en el Ciclo Básico Común (CBC) de la Universidad de Buenos Aires, asignatura del primer año común para el alumnado que sigue carreras de las facultades de Medicina, Odontología y Farmacia y Bioquímica. Una de las características de los cursos del CBC es su *masividad*, con cursos del orden de 150 estudiantes; otra es su *heterogeneidad*, ya que los cursos están integrados por estudiantes que provienen de diversos sectores

socioeconómicos y culturales. Por otra parte, la asignatura se desarrolla durante un cuatrimestre (alrededor de tres meses) y abarca un contenido bastante extenso: mecánica del punto, mecánica de fluidos, fenómenos de transporte, calor, termodinámica y electricidad.

En este contexto, el buen aprovechamiento de los recursos didácticos por parte de los docentes resulta muy importante, a fin de facilitar el aprendizaje. Entre esos recursos, hemos visto de mucha utilidad en el aula el uso de analogías. En este trabajo, abordamos una analogía para facilitar la enseñanza del concepto de capacitor, uno de los que presenta más dificultades en nuestras clases.

MARCO TEÓRICO

Las analogías han cumplido un papel muy importante en el desarrollo de la física (Acevedo Díaz, 2004) y han sido utilizadas desde hace mucho en su enseñanza. Por ejemplo, la analogía entre la corriente eléctrica y una corriente de agua se ha venido empleando desde hace más de cien años (Lodge, 1889). El mérito de esta idea es considerar el flujo de electrones a través del flujo de líquidos, que resulta más familiar e intuitivo (Greenslade Jr., 2003).

El valor del uso de analogías en la enseñanza reside en que facilita la comprensión de un dominio nuevo a partir de otro más familiar o conocido (Dagher, 1995). Por otra parte, la investigación didáctica reciente ha mostrado evidencia de que el uso de analogías en la enseñanza favorece la superación de concepciones alternativas (Refik Dilber, 2008). Se puede encontrar una buena revisión del uso de las analogías en la enseñanza de las ciencias en Fernández González y col. (2005).

METODOLOGÍA

En la literatura aparecen varias analogías para los capacitores. Básicamente, estas analogías pueden clasificarse en las conocidas analogías *mecánicas*, en la que el capacitor es analogado con un resorte (ver, por ejemplo, Serway, 1997), analogías *hidráulicas* (Newburgh, 1993), en las que se lo compara con un recipiente que contiene líquido, usualmente agua, e incluso analogías de tipo mixto, que combinan líquido y un resorte (Baser, 2007).

Con relación a la acumulación de energía en el capacitor, en las analogías mecánicas es de tipo potencial elástica, mientras que en las hidráulicas se considera habitualmente la energía potencial gravitatoria del líquido. En este trabajo proponemos una analogía *gaseosa* de capacitor, en la que la energía acumulada es la energía interna del gas, asociada con su compresión.

Por otra parte, consideramos importante que la analogía responda a algún mecanismo que el alumnado pueda relacionar con su experiencia diaria. Para ello, hemos elegido un recipiente rígido que pueda contener gas a alta presión, y un ejemplo familiar es el cilindro de gas natural comprimido (GNC) utilizado por muchos vehículos, como alternativa a los combustibles líquidos.

Nuestro modelo analógico de capacitor está representado en la Fig. 1 y consiste en un cilindro rígido en el que se introduce gas por medio de un compresor:

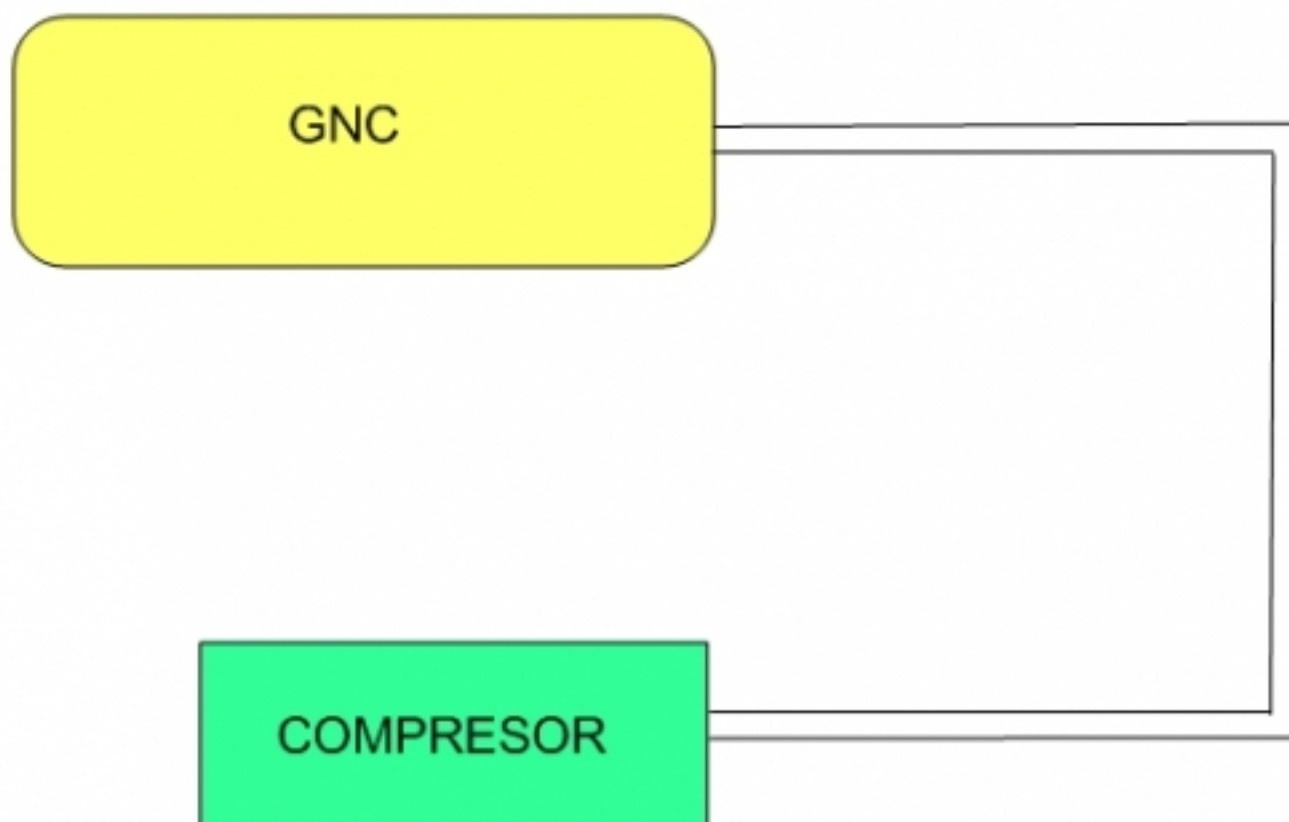


Fig. 1

La función del compresor es establecer una diferencia de presión entre la tubería y el interior del cilindro, a fin de que el gas se introduzca en aquel. La cantidad de gas (carga) **Q** no depende solamente del volumen del cilindro sino también de la diferencia de presión **ΔP** y, dentro de ciertos límites, ambas magnitudes son proporcionales. La constante de proporcionalidad **C** puede ser denominada *capacidad* del recipiente:

$$Q = C \cdot \Delta P \quad (1)$$

Así, nuestro recipiente rígido que contiene gas (ideal) cumple una relación de proporcionalidad entre la carga gaseosa y la diferencia de presión con el exterior.

Consideramos, además que el recipiente tiene una válvula que permite mantener la presión interior, aun en ausencia de presión exterior. De esta manera, una vez cargado el gas a la presión establecida por el compresor, éste puede retirarse y la presión del gas se mantiene constante dentro del cilindro.

Una vez introducido el modelo gaseoso del capacitor (campo origen de la analogía), la extensión al caso eléctrico resulta bastante directa. El cilindro se reemplaza por un capacitor de placas paralelas. El compresor es sustituido por una batería que provee la diferencia de potencial necesaria para que las cargas se movilicen hacia el capacitor.

La relación entre la carga eléctrica **Q** acumulada y la diferencia de potencial **ΔV** es la misma que la del caso gaseoso:

$$Q = C \cdot \Delta V \quad (2)$$

En la tabla resumimos las relaciones entre el modelo gaseoso (el análogo, o dominio conocido) y el modelo eléctrico (el objetivo, o dominio nuevo):

Modelo gaseoso		Modelo eléctrico	
Elemento	Función	Elemento	Función
cilindro rígido	contener gas	capacitor	contener carga eléctrica
gas (Q)	contenido	carga eléctrica (Q)	contenido
compresor	proveer una diferencia de presión	batería	proveer una diferencia de potencial
diferencia de presión (ΔP)	hacer entrar el gas	diferencia de potencial (ΔV)	hacer entrar la carga eléctrica
diferencia de presión máxima	indica el límite de rotura del cilindro	diferencia de potencial máxima	indica el límite de rotura del capacitor
válvula	no deja salir el gas	extremos desconectados	no deja salir la carga eléctrica
capacidad (C)	$C = Q / \Delta P$	capacidad (C)	$C = Q / \Delta V$

En principio, podríamos introducir tanto gas en el cilindro como quisiéramos, a condición de aumentar suficientemente la presión externa. Sin embargo, en la práctica la carga tiene un límite ya que el recipiente soporta una presión máxima, por encima de la cual podría romperse. Lo mismo ocurre con el capacitor, ya que una diferencia de potencial excesiva podría destruirlo.

Una situación problemática, en la que el alumnado suele tener dificultades, es la de descargar un capacitor cargado sobre otro inicialmente descargado e averiguar las cargas en el equilibrio. En este caso, la dificultad reside, las más de las veces, en reconocer qué magnitud física tienen en común ambos capacitores en el equilibrio (la diferencia de potencial). En el trabajo de aula hemos visto que la utilización del modelo gaseoso facilita mucho el reconocimiento de esta situación, ya que el contexto gaseoso, más familiar, ayuda a establecer que el equilibrio se alcanza cuando se igualan las presiones de los recipientes.

Finalmente, como en toda analogía, es necesario señalar sus límites de aplicación, reconociendo las diferencias entre el análogo y el objetivo. En este caso una diferencia importante es que en el caso eléctrico hay dos tipos de carga (positivas y negativas), de manera que la carga neta del capacitor siempre es cero, mientras que al haber un solo tipo de gas en el modelo analógico hay una carga gaseosa neta dentro del cilindro.

CONCLUSIONES

El modelo de recipiente de gas puede resultar una analogía útil, como alternativa para introducir el concepto de capacitor, ya que proviene de un ámbito más familiar y menos abstracto, particularmente en clases masivas y con un alumnado de diferentes intereses u orientaciones.

Al construir significados en el ámbito del modelo gaseoso, la enseñanza del modelo eléctrico resulta favorecida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO DÍAZ, J.A. (2004). *El papel de las analogías en la creatividad de los científicos: la teoría del campo electromagnético de Maxwell como caso paradigmático de la historia de las ciencias*. *Eureka*, 1(3), pp. 188-205.
- BASER, M. (2007). *Hydraulic capacitor analogy*. *Phys. Teach.*, 45, pp. 172-173.
- DAGHER, Z. (1995). *Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education*. *Science Education*, 79(3), pp. 295-312
- FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, J., GONZÁLEZ GONZÁLEZ, B.M. y MORENO JIMÉNEZ, T. (2005). *Hacia una evolución de la concepción de analogía: aplicación al análisis de libros de texto*. *Enseñanza de las Ciencias*, 23, pp. 33-46.
- GREENSLADE Jr., T.B. (2003). *The hydraulic analogy for electric current*. *Phys. Teach.*, 41, pp. 464-466.
- LODGE, O. J. (1889). *Modern Views on Electricity I*. New York: McMillan & Co, pp.54-62.
- NEWBURGH, R.G. (1993). *Capacitor, water bottles and Kirchhoff's loop rule*. *Phys. Teach.*, 31, pp.16-17.
- REFIK DILBER, B.D. (2008). *Effectiveness of Analogy on Students' Success and Elimination of Misconceptions*. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 2(3), pp. 174-183.
- SERWAY, R.A. (1997). *Física*, Tomo II. México: McGraw-Hill Interamericana, pp. 949.

CITACIÓN

SZTRAJMAN, J. y SZTRAJMAN, A. (2009). Enseñanza de la capacidad eléctrica por analogía con un cilindro de gas natural comprimido. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 1851-1855
<http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-1851-1855.pdf>