

LOS PROCESOS DE CARGA ELÉCTRICA DE CUERPOS COMO INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN EN EL APRENDIZAJE DE LA ELECTRICIDAD EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

ZUBIMENDI, JOSÉ L. y CEBERIO, MIKEL

Departamento de Física Aplicada I de la Universidad del País Vasco

1. INTRODUCCIÓN

Los estudiantes perciben la electricidad como algo difícil y con escaso atractivo. En particular, las relaciones entre electrostática y electrocinética continúan siendo fuente de problemas de aprendizaje en cursos de Bachillerato (16-18 años) y primeros cursos de universidad ya que, intervienen conceptos muy abstractos y habilidades propias de la metodología científica. La investigación en enseñanza de la electricidad ha mostrado evidencias del escaso aprendizaje en esta área (Psillos 1998).

Desde un punto de vista constructivista, el conocimiento de la forma de razonar de los estudiantes es un elemento esencial en el trabajo de diseño y desarrollo de secuencias didácticas. En el área de la electricidad, muchos trabajos han investigado las dificultades de los alumnos de Secundaria a través de modelos explicativos sobre circuitos sencillos de corriente continua (Mulhall, McKittrick & Gustone 2001). Otras investigaciones muestran que los estudiantes no relacionan conceptos estudiados en electrostática, en concreto la diferencia de potencial y el campo eléctrico, con los procesos que suceden en los circuitos eléctricos (Eylon y Ganiel 1990, Park et al. 2001). Benseghir y Closset (1996) muestran que las relaciones entre electrostática y electrocinética exigen un conocimiento significativo de conceptos básicos de la electricidad (carga, potencial eléctrico ...) que los estudiantes no comprenden después de la enseñanza. Nos proponemos indagar sobre las formas de razonar de los estudiantes universitarios respecto a procesos sencillos de carga eléctrica en cuerpos.

2. OBJETIVOS

El análisis de las dificultades de los estudiantes en entrevistas preliminares nos llevó a estudiar las formas de razonamiento de los estudiantes cuando utilizan los conceptos de diferencia de potencial y capacidad eléctrica en procesos de carga eléctrica de cuerpos. Hemos elegido este tipo de fenómenos porque su interpretación mediante los conceptos teóricos de potencial eléctrico y capacidad eléctrica no pueden ser simplemente inducidos de la evidencia. La interpretación científica de los procesos de carga de un cuerpo implica un aprendizaje significativo de los conceptos básicos de electrostática como carga, potencial y capacidad eléctrica que son prerrequisitos necesarios para un aprendizaje comprensivo de la teoría eléctrica. Así pues, la correcta interpretación de los estudiantes de este tipo de procesos puede servir como indicador del aprendizaje logrado en las primeras lecciones de un programa de electricidad. En esta comunicación presentamos los resultados obtenidos, así como las formas de razonamiento detectadas cuando los estudiantes explican estos fenómenos.

Cargar un cuerpo es realizar un trabajo en el sistema cuerpo-entorno, que se almacena en forma de ener-

gía potencial eléctrica en el cuerpo cargado. El cuerpo se cargará hasta que la diferencia de potencial entre él y la pila se iguale. Cada cuerpo posee su propia capacidad eléctrica que mide su mayor o menor facilidad para cargarse con respecto al trabajo realizado para hacerlo. Los conceptos de potencial y capacidad eléctrica son interesantes para los físicos, ya que se relacionan con variables macroscópicas del proceso (la diferencia de potencial del sistema pila-cuerpo y las características geométricas del cuerpo a cargar). No es necesario conocer el valor de otras variables como son la corriente que pasa por el hilo, el campo eléctrico, etc.

3. DISEÑO EXPERIMENTAL Y MUESTRA

La muestra está constituida por estudiantes de primer y tercer curso de ingeniería Industrial. 116 estudiantes cumplimentaron el cuestionario, siendo 53 estudiantes de primer curso y 63 de tercer curso. Para la confección final del cuestionario, se realizó un estudio previo con una pequeña muestra (20 estudiantes) de cada nivel. Este estudio previo confirmó que los estudiantes no tenían, en general, dificultades de comprensión del cuestionario y se realizaron algunas correcciones en su redacción. Así mismo, hemos entrevistado a 7 estudiantes de primer curso y 4 de tercer curso para profundizar en las explicaciones encontradas en el análisis del cuestionario. Todas las pruebas fueron realizadas por los estudiantes después de recibir enseñanza en los temas de electricidad.

La validez de los contenidos del cuestionario y su relevancia para nuestros objetivos se justifica por la competencia de tres evaluadores externos a la investigación y, dos expertos en el área de Física y en Enseñanza de la Física. Los expertos rellenaron el cuestionario y realizaron sugerencias que fueron incorporadas al mismo.

4. RESULTADOS

Los resultados del estudio previo nos llevó a considerar como hipótesis de trabajo que en situación de carga eléctrica de cuerpos los estudiantes tienden a explicar el fenómeno en base al paso de cargas de un cuerpo a otro, siguiendo el flujo de cargas el sentido de mayor cantidad de carga a menor. Sin embargo, los estudiantes no emplean los conceptos de diferencia de potencial y de capacidad eléctrica, mostrando un pobre aprendizaje de la teoría eléctrica.

Una cuestión al respecto (cuestión A, ver figura 1) pregunta sobre la explicación del proceso de carga por conducción de un cuerpo dentro del sistema constituido por el cuerpo a cargar y una pila. Ambos cuerpos interactúan y producen cambios que se cuantifican a través de la diferencia de potencial que existe entre ellos. Se escribe explícitamente el potencial de la pila, para estimular al estudiante a utilizar dicho concepto.

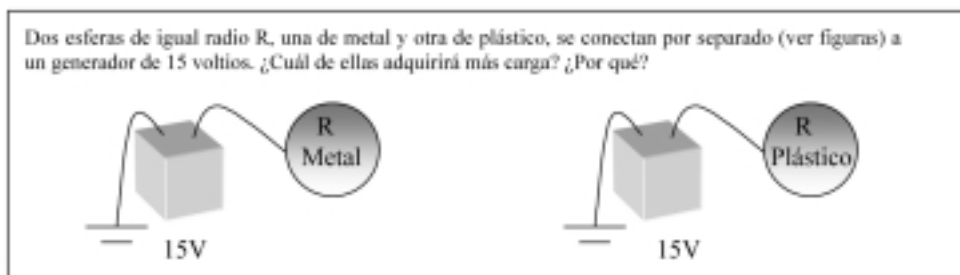


FIGURA 1
Cuestión A

- El 82,5% de los estudiantes de 1er curso y el 77,5% de los estudiantes de 3er curso incluyen en sus explicaciones razonamiento basados exclusivamente en la magnitud carga eléctrica:

- Las explicaciones de los estudiantes describen la electricidad como una propiedad que depende sólo del tamaño de los cuerpos y que se mueve desde donde haya 'mayor cantidad de carga' a donde haya 'menor cantidad de carga'.
- Las explicaciones de los estudiantes consideran únicamente el cuerpo a cargar. Así, el cuerpo es considerado como un recipiente que admite una cierta cantidad de carga dependiendo de su tamaño. Por ejemplo:

"Se cargará hasta que la carga en ambos cuerpos sea la misma o el cuerpo se llene" (1er curso)

Dentro de esta categoría explicativa hay un número muy apreciable de explicaciones (27,5% en 1º de Ingeniería y 29,5% en 3º de Ingeniería) que manifiestan explícitamente, que un aislante no puede cargarse en ningún caso.

- Únicamente el 13,5% de estudiantes de 1er curso y el 15,5% de los de 3er curso indican en sus explicaciones que el concepto de diferencia de potencial existente entre la pila y el cuerpo es el que nos permite analizar y conocer el proceso de carga. Por ejemplo:

"Adquiere más carga la esfera de metal, ya que la de plástico se carga debido a una distribución irregular que concentra la carga, con menos voltaje, y por tanto, con menos energía eléctrica" (3er curso).

- El 4% de los estudiantes de 1er curso y el 6,5% de 3er curso no contestan o bien las respuestas que proporcionan no son coherentes.

La cuestión B pregunta explícitamente sobre el papel del potencial eléctrico en el proceso de carga. El objetivo es averiguar el significado que los estudiantes atribuyen a la magnitud potencial eléctrico en relación con el proceso de carga.

Explica con palabras, no con fórmulas, cómo varía el potencial de un conductor mientras se está cargando. ¿Qué le sucede a la diferencia de potencial del sistema pila-cuerpo?

FIGURA 2
Cuestión B

- El 41% de los estudiantes de 1er curso y el 38% de los estudiantes de 3er curso atribuyen al potencial eléctrico un significado de "indicador de la cantidad de carga" que puede contener el cuerpo. Las explicaciones de los estudiantes establecen una identificación entre carga y potencial. Por ejemplo:

"Según cargamos el cuerpo, el potencial va creciendo de manera lineal porque son directamente proporcionales. Cuanto mayor potencial tenga la pila mayor cantidad de carga llega al cuerpo, lo que a su vez aumenta el potencial del cuerpo" (3er curso)

- El 20,5% de los estudiantes de 1er curso y el 29% de los estudiantes de 3er curso basan sus explicaciones en descripciones de la fórmula $C=Q/V$. Aunque en el enunciado de la pregunta se indica que no se utilicen fórmulas, estos estudiantes establecen una interpretación causa-efecto de la fórmula. Por ejemplo:

"el potencial de un conductor mientras se carga es inversamente proporcional a la capacidad del conductor: $V=Q \cdot 1/C$ " (1er curso).

- El 20% de los estudiantes de 1o y el 15,5% de los estudiantes de 3er curso mencionan en sus explicaciones que el proceso de carga depende de la diferencia de potencial pila-cuerpo. El proceso se detiene cuando el potencial de la esfera coincide con el de la pila o bien que la carga en el conductor, al ser muy elevada llega a polarizar el medio. Además, justifican que las fuentes del potencial son las cargas (sin olvidar cómo están distribuidas). Por ejemplo:

“El conductor se cargará muy fácil al principio porque no hay carga que la repela y al ir acumulándose en su superficie de manera ordenada aumentará el potencial. Tan pronto el potencial del cuerpo alcance el de la batería, finalizará la carga” (3er curso).

Las respuestas a las preguntas anteriores parecen indicar que los estudiantes no tenían un significado científico para el concepto de diferencia de potencial y que no establecen una relación significativa entre potencial, carga y capacidad eléctrica. Para indagar el significado que los estudiantes atribuyen a esta última magnitud diseñamos la cuestión C. En esta cuestión se pregunta explícitamente sobre la capacidad eléctrica de un cuerpo en relación a la carga que tiene. Una interpretación correcta de la cuestión lleva a utilizar el concepto de potencial en función de la geometría del cuerpo, el tipo de material y la energía almacenada en el proceso de carga. La respuesta correcta a la situación a) lleva a considerar la capacidad de un cuerpo como su facilidad para adquirir cargas en relación al trabajo necesario para cargarlo, independientemente de si tiene carga neta o no. Las respuestas incorrectas tenderán a identificar carga neta nula con capacidad eléctrica nula.

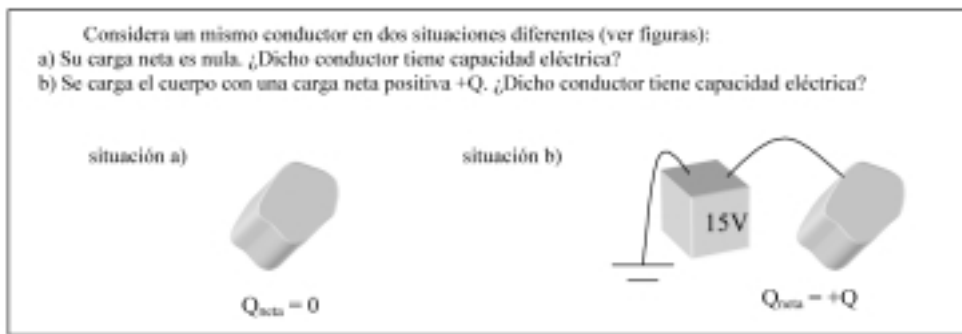


FIGURA 2
Cuestión C

- El 22% de los estudiantes de 1er curso y el 37% de los estudiantes de 3er curso consideran únicamente la magnitud carga eléctrica en sus explicaciones.
 - En estas explicaciones se identifica la capacidad eléctrica con la carga, como si el cuerpo fuera un contenedor de cargas y, por tanto, la capacidad eléctrica fuera independiente del potencial del cuerpo. Por ejemplo:

“La capacidad eléctrica es la cantidad de carga que puede admitir un cuerpo” (1er curso).

- Otras respuestas entienden la capacidad eléctrica como la facilidad para conducir carga eléctrica (no para almacenarla) y, por tanto, se establece una identidad entre carga eléctrica y corriente eléctrica. De esta manera asocian situaciones electrostáticas con situaciones electrodinámicas, confundiendo la causa de que los cuerpos tengan capacidad (su constitución y su geometría y, por consiguiente, la carga que son capaces de almacenar bajo un determinado potencial), con el efecto que puede producir un cuerpo cargado en situación de descarga. Por ejemplo:

“No tiene capacidad, porque al no estar cargado no puede haber transporte de carga y tampoco corriente eléctrica” (1er curso)

“No tiene capacidad, porque la capacidad está directamente relacionada con la presencia de cargas en movimiento” (3er curso)

- El 53% de los estudiantes de primer curso y el 33,5% de los estudiantes de tercer curso justifican sus afirmaciones como razonamientos causa-efecto basados en la fórmula $C = Q/V$. Por ejemplo:

$$\text{“Si } Q = 0 \Rightarrow C = Q/V = 0/V = 0 \text{ y si } Q \neq 0 \Rightarrow C = Q/V \neq 0\text{”}.$$

- Solamente una minoría de explicaciones, el 12% entre los estudiantes de 1er curso y el 18,5% de estudiantes de los de 3er curso responde utilizando correctamente el concepto de capacidad eléctrica estableciendo una relación comprensiva entre carga, potencial y capacidad eléctrica. Por ejemplo:

“La capacidad de un cuerpo, es la facilidad con que puede almacenar carga ese cuerpo, dependiendo de su tamaño y forma y, también, de la diferencia de potencial entre la pila y el cuerpo. Por tanto, también un cuerpo sin carga tiene capacidad eléctrica ” (1er curso).

5. CONCLUSIONES

La discusión de todos los resultados y las implicaciones para la enseñanza se realizarán en la comunicación. No obstante podemos adelantar que los resultados de nuestro estudio parecen indicar que conceptos importantes de la teoría eléctrica como diferencia de potencial y capacidad eléctrica no son utilizados por la mayoría de estudiantes (que han cursado dos o más años de física) para interpretar procesos elementales de carga de un cuerpo. Y ello aún en situaciones en las que se les estimula explícitamente a hacerlo en dichos terminos. Consecuentemente se trata de magnitudes que, aparte de su complejidad, se contemplan como irrelevantes. Los procesos analizados los podemos situar en la interface entre la electrostática y la electrocinética y, por tanto, su interpretación correcta es un prerrequisito fundamental para explicar científicamente los circuitos de corriente continua. Además la definición de los contenidos implicados en el modelo explicativo de estos fenómenos de carga (carga, potencial y capacidad eléctricos) constituyó un salto cualitativo importante en el desarrollo histórico de la teoría eléctrica y constituyen una parte fundamental del marco teórico actual de la Electricidad.

REFERENCIAS

- BENSEGHIR, A. y CLOSSET, J.L., 1996. The electrostatics-electrokinetics transition: historical and educational difficulties. *International Journal of Science Education*, 18(2), pp. 179-191.
- EYLON, B. and GANIEL, U., 1990. Macro-micro relationships: the missing link between electrostatics and electrodynamics in student's reasoning. *International Journal of Science Education*, 12(1), pp. 79-94
- MULHALL P., McKITTRICK B. & GUNSTONE R. (2001). A perspective on the resolution of confusions in the teaching of electricity, *Research in Science Education* 31, 575-587.
- PARK, J., KIM, I., KIM, M. y LEE, M., 2001. Analysis of students' processes of confirmation and falsification of their prior ideas about electrostatics. *International Journal of Science Education*, 23(12), pp. 1219-1236.
- PSILLOS, D. (1998). Teaching introductory electricity. In A. Tiberghien, E.L. Jossem & J. Barojas (Eds.) *Conecting Reseach in Teaching in physics education with teacher education*. International Commission on Physics Education. Published electronically at URL <http://www.physics.ohio-state.edu/jossem/ICPE/BOOKS.html>