

Enseñando las leyes de Kirchhoff a estudiantes de Nivel Medio Superior empleando instrucción por pares en el Estado de México



César Mora¹, Rubén Sánchez-Sánchez¹, Víctor Manuel González-Tavera²

¹Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Legaria. Calzada Legaria #694. Colonia: Irrigación. Delegación: Miguel Hidalgo. C.P. 11,500. México, D.F. Tel. 011(52)(55)57296000. Extensiones. 67737 y 67702.

²Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 3, Estanislao Ramírez Ruiz, del Instituto Politécnico Nacional del Estado de México. Avenida Carlos Hank González s/n. Colonia: Valle de Ecatepec. Ecatepec de Morelos. C.P. 55119. Estado de México. Tel. 011 (52)(55)57296000. Extensión: 74004.

E-mail: cmoral@ipn.mx

(Recibido el 8 de enero de 2015; aceptado el 12 de febrero de 2015)

Resumen

Este documento contiene algunos resultados que sirven para medir la efectividad de aplicar la metodología de Instrucción por Pares debida a Eric Mazur, en las instalaciones del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos *Estanislao Ramírez Ruiz* del Instituto Politécnico Nacional, o CECyT no. 3. Se analizan los factores de Hake, con la esperanza de que ellos muestren un beneficio adicional para el estudiante en su proceso de aprendizaje de las leyes de Gustav Kirchhoff de los circuitos eléctricos.

Palabras clave: Leyes de Kirchhoff, Metodologías de enseñanza, Instrucción por Pares.

Abstract

This document contains some results used to measure the effectiveness of applying the methodology of Peer Instruction due to Eric Mazur at the premises of the Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos *Estanislao Ramírez Ruiz* of the Instituto Politécnico Nacional, or CECyT no. 3. We analyze Hake factors, hoping that they show an added benefit to the student in his (her) learning process of Gustav Kirchhoff laws of electrical circuits.

Keywords: Kirchhoff laws, teaching methodologies, Peer Instruction.

PACS: 01.40.-d, 01.50.H-, 01.50.hv, 01.50.-i, 01.50.ht

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Durante décadas y generaciones de estudiantes en México, se han empleado métodos convencionales de enseñanza en las escuelas, el alto índice de reprobación en materias de las áreas de matemáticas y ciencias exactas ha sido una de las constantes durante estos períodos. En Estados Unidos ha surgido un esfuerzo por mejorar la calidad de enseñanza en sus estudiantes. Una de las metodologías que se han empleado con éxito en ese país ha sido la metodología de la Instrucción por Pares (en inglés conocida como Peer Instruction) sugerida por Eric Mazur [1].

En este trabajo se presentan resultados en investigación educativa, aplicando el método antes mencionado de Eric Mazur. La metodología tiene la bondad de hacer que el mismo estudiante participe en su propio proceso de formación, permitiéndole aprender con la ayuda de la

opinión de otros estudiantes que difieren en cuanto a su forma de pensar y en su forma de explicar fenómenos físicos.

El estudiante que quiera convencer a otro estudiante de que su razonamiento es el correcto deberá de interactuar con él, tratando de convencerlo. Generalmente este proceso se lleva a cabo en equipos de dos estudiantes, al final del proceso se espera que el estudiante con el razonamiento correcto, convenga al otro estudiante, y que de esta forma se logre que el estudiante con un razonamiento incorrecto (del fenómeno físico que se este estudiando), pueda aprender el concepto correcto. Aquí la interacción y el proceso de aprendizaje se logra mediante actividades propuestas por el docente, donde se les pide a los estudiantes que contesten una serie de preguntas de opción múltiple y que indiquen la respuesta que ellos piensen como correcta utilizando ya sea clickers o bien simplemente los dedos de las manos.

Una vez que ellos señalan la respuesta, deben de interactuar en pares, buscando a un estudiante que haya

César Mora, Rubén Sánchez-Sánchez y Víctor Manuel González-Tavera respondido de manera diferente a la suya, y tratando de convencerlo con argumentos propios de que su respuesta es la correcta.

Esta metodología de enseñanza, provoca que el estudiante participe en la clase, y pase de ser un elemento pasivo a uno activo. Las metodologías de enseñanza activa, son hoy en día vistas como una buena alternativa a las metodologías de enseñanza tradicional, donde generalmente se espera que el estudiante aprenda del docente, mediante una *transmisión del conocimiento*. Generalmente aquí, el estudiante escucha la clase y se limita a tomar notas de la misma. Se supone que esto, complementado con tareas en casa, debería de bastar para que un estudiante promedio pueda aprender, los conceptos básicos de la asignatura que este cursando.

II. DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Básicamente los pasos que se siguieron en este trabajo fue de cuatro etapas, que vamos a describir brevemente en los siguientes párrafos.

Pero antes de entrar en detalles, debemos de decir que el investigador debe de tener al menos dos grupos. Un grupo nos sirve como referencia y es al que se le ofrece una clase tradicional, a este grupo se le conoce como grupo de control. El segundo grupo es para aplicar la metodología cuya efectividad queremos medir. Entonces, a los estudiantes de este segundo grupo, le vamos a aplicar la metodología del *Peer Instruction* (o Instrucción por Pares).

En la primera etapa, el profesor aplica el test para realizar un examen de diagnóstico y de esa manera tener una idea de los conocimientos previos que tienen los estudiantes de su clase. A esta primera aplicación del test, se le llama la etapa del *pretest*. Aquí hay que medir el aprovechamiento medio de cada uno de los grupos anteriores.

La segunda etapa, consiste en aplicar la clase tradicional al grupo de control, y en aplicar la metodología didáctica de Instrucción por pares al grupo experimental.

La tercera etapa de la investigación consiste en volver a aplicar el mismo test a cada uno de los grupos para ver si hubo alguna ganancia en sus conocimientos que ya tenían previamente. A esta etapa se le conoce como *postest*. Aquí se debe de medir también cual es el aprovechamiento promedio que tiene cada uno de los grupos.

La cuarta etapa consiste en el análisis de los datos recolectados en las etapas anteriores, y el cálculo del factor de ganancia promedio normalizado o factor de Hake [2].

A partir de estas etapas entonces sería fácil decidir si la metodología ofrece alguna ventaja a los estudiantes que la toman con respecto a la enseñanza tradicional, que ya conocemos. Desde luego, si no hay alguna diferencia, entonces podríamos repetir el experimento y cuidar de hacerlo con más cuidado. Claro que si no hay diferencias posteriores entonces, podríamos concluir que la enseñanza tradicional no está del todo mal para los estudiantes. Como esta es una primera prueba, los resultados aquí mostrados deberían en un futuro continuarse para tener una mayor certeza de la efectividad de la metodología estudiada.

En los siguientes párrafos vamos a listar nuestros resultados, y después los analizaremos con el factor de Hake, para posteriormente llegar a una conclusión adecuada para este trabajo.

III. BREVE DESCRIPCIÓN DEL TEST

El test fue diseñado con el propósito de que los estudiantes pudieran responderlo con facilidad y que pudieran mostrarnos cuanto han ganado en cuanto a su conocimiento referente a las dos Leyes de Kirchhoff. Como no encontramos un test validado propio para estos temas, se trató de seguir el diseño de test similares que ya han sido validados, por la comunidad de investigadores en el área educativa para la Física. Esto es, se revisaron los test clásicos de BEMA [3] y ECCE [4], los cuales tratan los temas de campos eléctricos y magnéticos y tratan los circuitos eléctricos respectivamente.

El test consta de 10 preguntas de opción múltiple y puede ser consultado en la tesis de Maestría en Ciencias en Física Educativa de González-Tavera [5]. La tesis se encuentra en la biblioteca del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Legaria, de la Ciudad de México.

IV. DATOS RECOLECTADOS

Los datos completos de este trabajo (con sus detalles) pueden ser consultados en la tesis de maestría de González-Tavera [5]. Aquí, solamente haremos un recuento de los resultados más significativos, obtenidos en el trabajo de investigación.

En la Tabla I tenemos recolectados el número de estudiantes que ha contestado bien el test aplicado. Este registro es para el grupo experimental o grupo 5IV1, que constaba de 26 estudiantes en total.

TABLA I. Resultados del pretest para el grupo experimental 5IV1.

Pretest	
Grupo 5IV1 (Experimental) de 26 estudiantes	
Pregunta	Estudiantes que contestaron bien
1	7
2	8
3	16
4	16
5	14
6	13
7	11
8	3
9	10
10	4
puntaje	102

En la Tabla II hemos recolectado los datos relevantes correspondientes al número de estudiantes que han contestado bien cada una de las 10 preguntas del test

TABLA II. Resultados del postest para el grupo experimental 5IV1.

Pretest	
Grupo 5IV1 (Control) de 26 estudiantes	
Pregunta	Estudiantes que contestaron bien
1	20
2	17
3	20
4	20
5	18
6	20
7	20
8	2
9	22
10	4
puntaje	163

Las Tablas III y IV recogen los datos de aprovechamiento del grupo de control, con fines de comparación contra la metodología didáctica de este estudio que es la Instrucción por Pares.

Conviene aclarar que los números de las columnas izquierdas corresponden al número de pregunta del test que se les aplico a ambos grupos en sus respectivas fases de pretest y postest.

TABLA III. Resultados del pretest para el grupo de control 5IV2.

Pretest	
Grupo 5IV1 (Control) de 25 estudiantes	
Pregunta	Estudiantes que contestaron bien
1	5
2	6
3	10
4	10
5	4
6	6
7	5
8	3
9	6
10	4
puntaje	59

En los siguientes párrafos haremos un breve análisis estadístico de estos datos utilizando el factor de ganancia promedio normalizado o también conocido como factor de Hake.

Esperamos obtener una buena señal de que la metodología didáctica de la Instrucción por Pares funciona adecuadamente al menos para este caso particular de la escuela CECyT no. 3 del Instituto Politécnico Nacional, ubicada en el Estado de México.

TABLA IV. Resultados del postest para el grupo de control 5IV2.

Pretest	
Grupo 5IV1 (Control) de 25 estudiantes	
Pregunta	Estudiantes que contestaron bien
1	15
2	15
3	15
4	19
5	13
6	10
7	12
8	10
9	10
10	15
puntaje	134

V. RESULTADOS

Primero, vamos a explicar un procedimiento simple para obtener un número o *puntaje total* del grupo que nos servirá para calcular ciertos parámetros que aparecen en la fórmula de ganancia de Hake. Por ejemplo para obtener el puntaje del grupo experimental en su fase de pretest sumamos los 10 primeros números de la columna derecha de la tabla I, obteniendo el siguiente puntaje de este caso como sigue:

$$7+8+16+16+14+13+11+3+10+4=102,$$

número, que por comodidad hemos apuntado en la misma tabla en el último renglón. El procedimiento para hallar el correspondiente puntaje de las otras tablas es el mismo. Suponiendo que el grupo experimental en una de sus fases alcanza la máxima puntuación entonces este tendría como puntaje total:

$$26 \times 10 = 260,$$

ya que el número de alumnos del grupo experimental es de 16 y el número de preguntas del test es de 10. La división del puntaje entre el máximo puntaje obtenido, y esta división multiplicada por 100, nos dará un porcentaje de aprovechamiento para el grupo en una de sus fases de prueba. Por ejemplo, para el grupo experimental en sus fases de pretest, obtenemos el número siguiente:

$$\% <S_i>_{exp} = ((102 \times 100) / (260)) \% = 39.23\%.$$

Repetimos el procedimiento para el mismo grupo en su fase de postest, obteniendo entonces

$$\% <S_i>_{exp} = ((163 \times 100) / (260)) \% = 62.69\%,$$

donde el subíndice *exp*, en ambas cantidades se refieren al grupo experimental.

Repetimos dos veces más el procedimiento, pero para el grupo de control (el cual tiene 25 estudiantes en total, por lo que el denominador será aquí $25 \times 10 = 250$).

$$\%<S_i>_{\text{con}} = ((59 \times 100) / (250))\% = 23.6\%,$$

$$\%<S_f>_{\text{con}} = ((134 \times 100) / (250))\% = 53.6\%,$$

Ahora aplicamos la fórmula correspondiente a la ganancia de Hake

$$\langle g \rangle = \%<G> / \%<G>_{\text{max}} = (\%<S_f> - \%<S_i>) / (100 - \%<S_i>).$$

Para ambos grupos. Y donde las cantidades $\%<G>$ y $\%<G>_{\text{max}}$ denotan la ganancia promedio y la ganancia promedio máxima, respectivamente.

Para el grupo experimental tenemos las siguientes ganancias:

$$\begin{aligned} \%<G>_{\text{exp}} &= \%<S_f>_{\text{exp}} - \%<S_i>_{\text{exp}} \\ &= 62.69\% - 39.23\% = 23.46\%, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%<G>_{\text{max-exp}} &= 100\% - \%<S_i>_{\text{exp}} \\ &= (100 - 39.23)\% = 60.77\%. \end{aligned}$$

Y para el grupo de control tendremos

$$\begin{aligned} \%<G>_{\text{con}} &= \%<S_f>_{\text{con}} - \%<S_i>_{\text{con}} \\ &= (53.6 - 23.6)\% = 30\%, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \%<G>_{\text{max-con}} &= 100\% - \%<S_i>_{\text{con}} \\ &= (100 - 23.6)\% = 76.4\%. \end{aligned}$$

Entonces para el grupo experimental tendremos una ganancia de Hake de

$$\langle g \rangle_{\text{exp}} = 23.46 / 60.77 = 0.39,$$

que corresponde a una ganancia *g-media* para el grupo experimental.

Aunque esta ganancia no es alta podemos decir y hacer la conjetura de que entonces, la metodología de la Instrucción por Pares es una metodología que puede llevarse a cabo en las escuelas sin problemas, ya que arrojará unos muy buenos resultados en el aprovechamiento del grupo que lleve la metodología.

Para el grupo de control debemos de tener un factor de Hake, correspondiente de

$$\langle g \rangle_{\text{con}} = 30 / 76.4 = 0.41,$$

que corresponde también a una ganancia *g-media*, por lo tanto, y al menos en este caso, el grupo de control obtuvo unos resultados muy similares al grupo experimental.

Lo cual indica que posiblemente el grupo tuvo muy buenos estudiantes, o bien, que la enseñanza tradicional también es muy buena para los estudiantes.

VI. CONCLUSIONES

El análisis de resultados pasado, arroja en forma sorprendente, que tanto la enseñanza tradicional, como la enseñanza con la metodología de Instrucción por pares, son

métodos de enseñanza aceptables para que un estudiante de la escuela Politécnica CECyT no. 3 Estanislao Ramírez Ruíz, pueda aprender las Leyes de Kirchhoff. Aunque el objetivo inicial del trabajo era tratar de mostrar las ventajas de la enseñanza por Pares, sobre la enseñanza tradicional, al menos aquí, los resultados nos mostraron, que un estudiante promedio puede aprender en forma aceptablemente satisfactoria, tanto si se emplea la metodología, como si se usa la enseñanza tradicional.

Quizá este mismo experimento haya que repetirlo en otras escuelas y/o en otros grupos para tratar de respondernos a la pregunta, de si una metodología activa (como la enseñanza por pares), es mejor que una pasiva (como se supone que es la enseñanza tradicional). Sólo así podríamos dar una respuesta definitiva a este cuestionamiento del campo de la investigación educativa.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente artículo de investigación educativa, quieren expresar su agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico recibido durante la realización del trabajo.

Asimismo agradecen al apoyo económico de la COFAA del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

Y al apoyo económico recibido por la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN número 20151223, que lleva por título *Aprendizaje Activo de la Física para la Ley de Ohm*.

El apoyo de las anteriores dependencias e instituciones fue indispensable para la realización y redacción de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Mazur, E., *Peer Instruction: A User's Manual*, 1a Ed. (Prentice Hall, USA, 1997).
- [2] Hake, R. R., *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*, Am. J. Phys. **66**, 64-74 (1998).
- [3] Brief Electricity and Magnetism Assessment (BEMA). Disponible en: <http://www.compadre.org/per/items/detail.cfm?ID=3775>. Consultada el 6 de noviembre de 2014.
- [4] Electric Circuits Concept Evaluation (ECCE). Disponible en: <http://www2.ph.ed.ac.uk/AardvarkDeployments/Public/60100/views/files/ConceptualTests/Deployments/ConceptualTests/deploymentframeset.html>. Consultada el 7 de noviembre de 2014.
- [5] González-Tavera, V. M., *Enseñanza de las Leyes de Kirchhoff mediante Instrucción por Pares en alumnos de Nivel Medio Superior*, Tesis de Maestría en Ciencias en Física Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Legaria, México, D. F. (2015).