

La comprensión de los circuitos electrónicos a partir del método investigativo: una experiencia de aprendizaje con estudiantes de secundaria

[Understanding of electronic circuits based on investigative method: a learning experience with secondary school students]

William Holguín Castaño¹
Oscar Alonso Herrera Gutiérrez²
Jairo Mora Delgado³

Resumen. El aprendizaje de diseño de circuitos eléctricos es importante para que el estudiante tenga la capacidad de desarrollar competencias operativas analíticas relacionadas con la abstracción de la forma de un circuito eléctrico. El estudio se realizó con el fin de implementar una estrategia metodológica de aprendizaje, basada en la indagación y redefinición de conceptos, que permitieron la fácil diferenciación de los circuitos en serie y paralelo. Tomando como punto de partida la definición de nodo eléctrico, se desarrolló una metodología de enseñanza que permitió la fácil comprensión y el análisis para su diseño, montaje y construcción de circuitos eléctricos, tanto en *protoboard* como en plaqueta. El ejercicio se llevó a cabo con estudiantes, de los grados séptimo y noveno de la institución Educativa Antonio Lizarazo. Se concluye que el uso de esta metodología, basada en el método investigativo, mejoró los indicadores de aprendizaje de los estudiantes y la capacidad de diseñar circuitos eléctricos de manera autónoma y creativa.

Palabras Clave: diseño, creatividad, electricidad, conexión serie, didáctica, pedagogía

Abstract. Learning electrical circuit design is important for a student to have the ability to develop operational and analytical skills related abstraction of form of an electrical circuit. This is critical issue in a world that moves with the use of instruments based on the flow of electrical energy converted to other forms of energy. This was done in order to implement a strategy of learning methodology, based on experimentation with redefinition of concepts which allowed easy differentiation of

¹ Magíster en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Docente Ocasional, Área Física Mecánica, Universidad Nacional de Colombia, Palmira. Docente Institución Educativa Antonio Lizarazo, Área de Física y Tecnología, Palmira, Valle, Colombia. e-mail: williamhol1@hotmail.com

² Master of Science. Profesor Asociado (Pensionado), Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Valle, Colombia. e-mail: oherrera@palmira.unal.edu.co

³ Doctor en Sistemas de Producción Agrícola Tropical Sostenible. Profesor Asociado, Universidad del Tolima, Ibagué, Tolima, Colombia. e-mail: jrmora@ut.edu.co

series and parallel circuits. Taking as starting point the definition of electrical node, we developed a learning methodology that allowed for easy understanding and analysis for design, assembly and construction of electrical circuits, both breadboard as platelet. The study was carried out with students in grades seven and nine of the Institución Educativa Antonio Lizarazo. We conclude that the use of this methodology based on the research method, improved indicators of student learning and the ability to design electronic circuits independently and creatively.

Keywords: design, creativity, electricity, Serial, didactics, pedagogy

Introducción

Varios estudios señalan que muchos de los estudiantes están teniendo dificultades en la comprensión de estos conceptos de la ciencia y a menudo desarrollan preconceptos sobre estos temas (Driver *et al.*, 1985).

Incluso estudiantes universitarios aún tienen ideas erróneas, procedentes de la secundaria, sobre conceptos básicos relacionados con la electricidad, lo cual implica un problema persistente, si los métodos de enseñanza tradicionales se adoptan continuamente en el aula (Kyunghye y Hyunsook, 2004).

Ya desde el siglo XVII, Comenio (1998), uno de los primeros partidarios del aprendizaje activo, en su obra *Didáctica Magna*, indica la necesidad de prender en el niño el deseo de adquirir los conocimientos y cultivar la asiduidad hacia el aprendizaje. Esto está en la línea de pensamiento de Rousseau (2000), quien luchó por el desarrollo de las capacidades mentales del niño y la introducción del enfoque investigativo en la enseñanza, al indicar que no debía llegar a conocer por lo que se dijera, sino por lo que él mismo comprendiera. Así, los maestros deberían estimular la actividad cognoscitiva y estimular el desarrollo de la imaginación (De Luz y Caballero, 2001).

Pero sólo hasta 1913 Raikov comenzó a referirse al “método investigativo” como una estrategia de aprendizaje que contribuía a la formación de hábitos de la actividad mental y el desarrollo del pensamiento lógico (en la esfera de luchas concretas, lo cual se corresponde con las leyes del desarrollo psíquico e intelectual del niño, cuya propiedad natural es la curiosidad) (Ortiz *et al.*, 2003).

El método creaba en la escuela una atmósfera de atracción hacia el aprendizaje, proporcionaba a los alumnos alegría por la búsqueda y descubrimientos independientes y, lo principal, la aplicación de este método proporcionaba el desarrollo de la independencia cognoscitiva de los niños y garantizaba su activación creativa. Testimonio de ello es la aplicación del método investigativo por Shatsi, durante 1964 y 1965 (Ortiz *et al.*, 2003).

Desde hace algunos años, muchos autores utilizan el método científico como herramienta para trabajar la clase, como es el caso de Gowin (1988), que lo llama investigación metodológicamente orientada, o lo que Caicedo (1989) denominó investigación teóricamente orientada. Por su parte, Vasco (1989) también se refiere a promover una “enseñanza por búsqueda”, que va más allá del llamado “aprendizaje por descubrimiento”.

Otros autores conciben el método de las ciencias como el modelo de “investigación en la acción”, siendo en Deakin University, de Victoria en Australia (Fuentes y Mestre 1997) donde se acuñó esta expresión, pero, en realidad, el psicólogo alemán Lewin (1973), a finales de la década de los 30 propuso esta denominación, en su afán de combinar la investigación experimental clásica con un objetivo de cambio social. Stenhouse (1984) es uno de los representantes más connotados de la investigación en el campo educativo.

Esta tendencia pedagógica, en la práctica educativa actual, parece que es restringida. Se constata una creciente difusión en el plano de las ideas; mientras que en países como México, Venezuela y Ecuador se reportan experiencias con este modelo, uno de los aspectos más “oscuros” y controvertidos radica en la concepción del diseño curricular. Por otra parte, es considerable el riesgo de obtener una enseñanza muy empírica, debido a su excesiva contextualización (MG Pérez, 2005).

Los puntos de vista que plantea González (1996) niegan el valor pedagógico y la importancia social del método investigativo, que define el nivel más alto de asimilación de los conocimientos y no sólo permite dar a los estudiantes una suma de conocimientos, sino que, al mismo tiempo, los relaciona con el método de las ciencias y con las etapas del proceso real del conocimiento y contribuye, además, a desarrollar el pensamiento creador.

Las consideraciones anteriores se corresponden con las investigaciones de Valdés y Valdés (2001), que han demostrado hasta la fecha que a este enfoque de la educación científica tradicionalmente se ha antepuesto la transmisión, a los estudiantes, de conocimientos preparados, a veces demasiado específicos, por lo que se evidencia y pone en práctica el aprendizaje de las diferentes asignaturas como actividad científico-investigadora, es decir, para hacer que corresponda el aprendizaje con los adelantos de la ciencia y la tecnología.

Así, cada autor tiene su propia definición, pero la que se asume en este trabajo es la que indica que el Método Investigativo integra los resultados del trabajo independiente y de las experiencias acumuladas y permite dominar el sistema integral de procedimientos científicos, necesarios en el proceso de investigación. Este método se caracteriza por un alto nivel de actividad creadora y de independencia cognoscitiva de los estudiantes, ya que no sólo se puede manifestar en la práctica a través de la solución de problemas, sino de su propio planteamiento en un momento determinado.

El método investigativo, en la práctica científica, se diferencia del de la enseñanza, no sólo en virtud de las particularidades de las edades de los alumnos, sino que la investigación que ellos realizan es una imitación de la investigación científica, no su copia o su repetición.

McDermott y otros (1996; 1998) plantean una estrategia del aprendizaje por indagación en la enseñanza de la física, en la Universidad de Washington (UW), que persigue la construcción de conceptos básicos de física, el desarrollo de representaciones científicas y la elaboración de modelos con capacidad predictiva, para lo que resulta fundamental la observación de fenómenos simples y el planteamiento de una primera explicación, el planteamiento de preguntas, la construcción de modelos y la contrastación como prueba. En el mismo sentido lo expresan Abd-El-Khalick y otros (2004), en lo referente a la indagación en la enseñanza de las ciencias.

Los docentes de las instituciones de la Media Técnica Industrial en las áreas de electrónica, tecnología e informática y física, observan con preocupación la dificultad que tienen los estudiantes para comprender el concepto, la aplicación y montaje de circuitos eléctricos, necesarios para el desarrollo de la mayoría de los proyectos tecnológicos, indispensables en la electrónica, la electricidad y el magnetismo en la física.

En la Institución, se presentaba una desmotivación de los estudiantes respecto al aprendizaje de los circuitos eléctricos, indispensables en las áreas de tecnología, ciencias naturales (física) y la modalidad de electrónica. Por lo tanto, se hace necesario detectar las opiniones sobre estas temáticas. El tema de los circuitos eléctricos siempre despertará interés entre los estudiantes; el simple hecho de encender una bombilla impresiona los sentidos, entonces ¿por qué la apatía de los estudiantes de secundaria para el estudio de los circuitos eléctricos?, ¿por qué a los estudiantes se les hace tan complicado analizarlos?, ¿por qué los estudiantes de la Institución Antonio Lizarazo de la ciudad de Palmira presentaban bajo rendimiento en la modalidad de electrónica y optan por otra modalidad? Encontrar respuestas a estas preguntas constituyó la base de esta investigación.

Por ello, se trata de indagar sobre una metodología de enseñanza que permita romper las barreras que impiden el aprendizaje de los estudiantes en la comprensión, diseño y montaje de los circuitos eléctricos, para lo que se hace necesario diseñar un modelo de enseñanza que se ajuste a las necesidades de los jóvenes, basado en la construcción del conocimiento mediante un proceso de descubrimiento que los acerque a la investigación científica: aprender haciendo. Por ello se propone el uso del método investigativo, que despierta la actividad creadora de los estudiantes, además de permitirle al maestro la fácil transmisión del conocimiento.

El objetivo de este estudio fue el desarrollo y sistematización de una estrategia de aprendizaje basada en el método investigativo para el aprendizaje, desarrollo y montaje de los circuitos eléctricos a partir del concepto de nodo.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló siguiendo la metodología de grupos focales (Escobar y Bonilla-Jiménez, 2009). Discentes de la Institución Técnica Comercial e Industrial Antonio Lizarazo, de la Ciudad de Palmira, constituyeron los sujetos de análisis: un primer grupo focal de 27 estudiantes del grado 7, conformado por 15 niños y 12 niñas, con edades que oscilan entre 12 y 15 años, y un segundo grupo focal de 12 estudiantes del grado noveno, conformado por 5 niñas y 7 niños, con edades entre los 13 y 17 años, de los cuales cuatro de ellos eran repitentes, todos pertenecientes a la Comuna uno, una de las comunas más vulnerables de la ciudad de Palmira.

Se partió de realizar una encuesta diagnóstica que permitiera construir una línea base de las percepciones y saberes respecto a indicadores claves en el tema de indagación, como: el gusto por la electricidad; la percepción sobre el grado de dificultad y el manejo de conceptos claves, como electricidad, voltaje, circuito en serie y circuito paralelo.

Al seguir el protocolo de Kyunghee y Hyunsook (2004), se elaboró un cuestionario con el fin para evaluar adecuadamente los conocimientos básicos previos de los alumnos de electricidad y su concepción sobre el tema. El cuestionario desarrollado lo validaron y revisaron profesores del área. El cuestionario se componía de 7 preguntas: dos de opinión binaria, tres abiertas y dos de opción múltiple.

Con esta línea base, se desarrolló una metodología de aprendizaje de los circuitos eléctricos siguiendo la hipótesis de trabajo de que es posible desarrollar una estrategia de aprendizaje sencilla que permita a los estudiantes de secundaria agilidad en el diseño de los circuitos eléctricos. El grupo investigador partió de la definición de nodo eléctrico, como el punto de un circuito donde se unen los terminales de varios elementos; sobre este concepto de nodo se cimentaron los nuevos conceptos de: circuito serie, circuito paralelo y circuito mixto.

La experiencia se desarrolló en dos fases: la primera consistió en el desarrollo de definiciones sobre los circuitos serie, con el propósito de clarificar conceptos (circuito serie, paralelo y mixto), con lo que se pretendía facilitar su comprensión por parte de los estudiantes de los grupos focales; en la segunda fase, se desarrolló una técnica basada en la identificación de los nodos del circuito dado, así como la numeración de sus terminales, para el proceso de diseño, construcción, prueba y montaje en plaqueta de un circuito eléctrico, cuyo propósito era desarrollar en el estudiante competencias interpretativas, argumentativas y propositivas.

Las actividades encaminadas a corroborar o rechazar la hipótesis se desarrollaron con estudiantes de grado séptimo y noveno de la Institución Educativa Antonio Lizarazo; los estudiantes del grado séptimo han recibido previamente conceptos básicos generales de resistencia eléctrica, voltaje, corriente eléctrica y circuito eléctrico en el

grado sexto, mientras que los estudiantes del grado noveno han recibido formación teórica- práctica de estos conceptos en los grados sextos, séptimos y octavos.

Para comprobar la hipótesis, se les entregó a los estudiantes del grado séptimo un circuito conformado por una resistencia, cuatro diodos *LED* y una fuente de voltaje (pila de 9 voltios). Al tomar en cuenta que ellos apenas se están iniciando en el mundo de los circuitos, se buscó que fuese sencillo, pero que, al mismo tiempo, impresionara sus sentidos con la iluminación del circuito. A los estudiantes del grado 9 se les entregó el circuito de un *timer* para control de alumbrado, compuesto por resistencias, TRIAC, condensadores y una bombilla de 100w. Con estos circuitos, entregados a los estudiantes, deben elaborar el diseño del circuito, para su montaje en *protoboard* y plaqueta.

La actividad consiste en desarrollar un pensamiento lógico en el proceso que el estudiante deberá realizar a partir de los conceptos enseñados previamente y que empieza con el dibujo del circuito eléctrico; después, en el circuito eléctrico dibujado, se señalan los puntos que representan los nodos donde se unen los terminales de cada elemento y se marcan con letras; luego, se deben asignar números consecutivos que identifiquen a cada uno de los terminales de cada elemento del circuito para, a continuación, realizar el análisis del circuito entre nodos y terminales.

Esta fase de la actividad es determinante en la elaboración del diseño para el montaje en plaqueta y *protoboard*, pues de ella depende la funcionalidad o no del diseño; el estudiante debe tener claridad en el concepto de nodo como punto equipotencial. Esta etapa le permite despertar su creatividad para ubicar cada uno de los elementos del circuito, de tal forma que esa ubicación le permita alcanzar el objetivo de realizar un diseño que sea funcional, si se tiene en cuenta que, para un mismo circuito, pueden existir miles de diseños diferentes. Terminada esta etapa, el estudiante comprobará la funcionalidad del circuito, para luego poder realizar el montaje y prueba en el *protoboard*, así como realizar el montaje en la plaqueta (Figura 1).

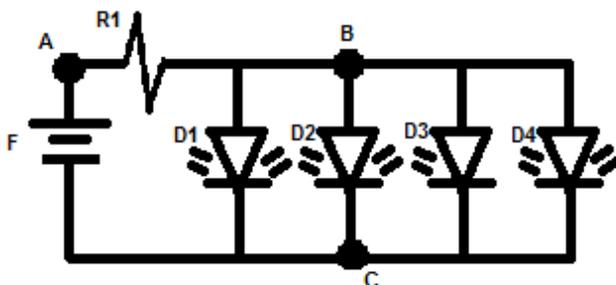


Figura 1. Circuito entregado a los estudiantes del grado 7-4 para el desarrollo de la actividad.

Taller en grupo focal en el grado noveno

De mutuo acuerdo, el equipo investigador planificó y desarrolló la actividad del grado noveno, centrándose en el diseño, montaje y prueba de un circuito electrónico. La actividad se desarrolló en las instalaciones del taller de electrónica de la Institución Educativa Antonio Lizarazo, de la ciudad de Palmira.

La actividad consiste en realizar el diseño, montaje en *protoboard*, prueba y construcción de un *timer* para control de alumbrado, con la siguiente secuencia de actividades a realizar:

- Diseño del circuito impreso.
- Montaje en *protoboard* del circuito eléctrico.
- Prueba del funcionamiento del circuito.
- Quemada del circuito en plaqueta.
- Montaje de elementos en plaqueta.
- Prueba del circuito en plaqueta.

Para ello, se debe seguir un procedimiento, con cada uno de los pasos que se enumeran en forma secuencial: Identificar y cuantificar los elementos del circuito dado; Ubicar y marcar cada uno de los nodos del circuito; Numerar cada uno de los elementos que componen el circuito dado; Identificar los terminales que conforman cada uno de los nodos del circuito; Dibujar en papel los terminales de cada elemento del circuito en forma de puntos (se recomienda empezar por las resistencias, luego condensadores, TRIAC, carga y fuente de voltaje); Unir mediante líneas los terminales que conforman cada uno de los nodos del circuito, y el dibujo resultante se utilizará para el montaje en el *protoboard*, y se pintará al respaldo de la hoja (contracara), que será el que se dibujará en la plaqueta, para quemar el circuito. Con el circuito ya quemado en plaqueta, el paso siguiente será realizar el montaje en la plaqueta de cada uno de sus elementos, para su posterior soldada y puesta en funcionamiento.

Resultados

Del grupo focal del grado 7, el 89% manifiesta tener motivación por la electricidad, aunque al 56 % le parece difícil la electricidad; en la prueba realizada, los estudiantes presentaron dificultades en el momento de comprender las definiciones de los diferentes tipos de circuito. El 63% no comprende la definición de circuito serie y el 96% no comprende la definición de circuito paralelo; argumentan que las definiciones dadas por los docentes no son claras.

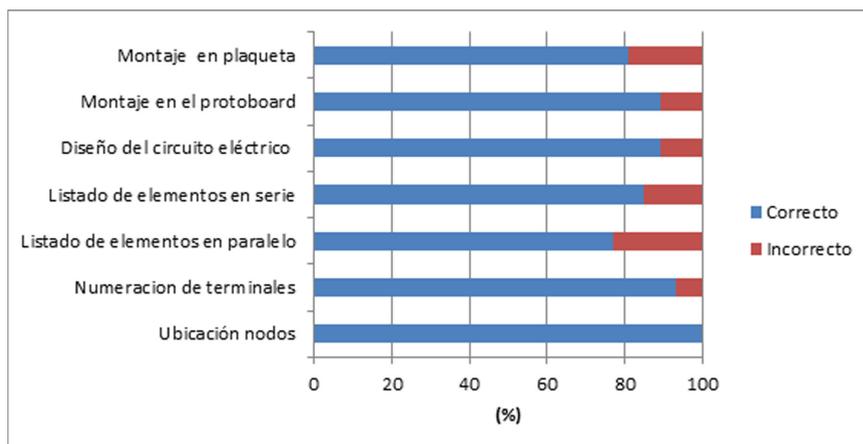


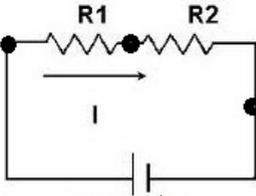
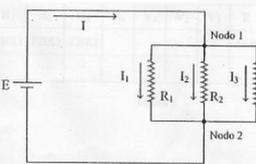
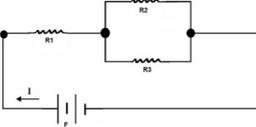
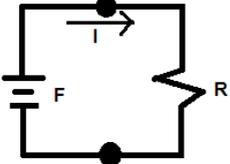
Figura 2. Encuesta diagnóstica sobre actitudes y saberes sobre electricidad (n= 27).

Conceptos abstractos, como voltaje, corriente, resistencia, representan una dificultad para el estudiante de secundaria, como lo muestran los resultados de la encuesta. Cabe señalar que el aprendizaje del alumno depende de la estructura cognitiva previa que se relaciona con la nueva información (Ausubel, 2009); por lo tanto, se hace necesario revisar los conceptos fundamentales de los circuitos eléctricos, con el fin de presentarlos comprensibles para su desarrollo cognitivo.

Una duda recurrente es: ¿si la corriente que circula en dos resistencias tiene el mismo valor, por qué no están necesariamente en serie?, o ¿si tienen el mismo valor de voltaje, necesariamente no están en paralelo? Posiblemente se relaciona con las dificultades que tiene el estudiante de secundaria en asimilar la diferencia que existe entre los términos “igual” y “lo mismo”, usuales en las definiciones de circuitos serie y paralelo. Al recurrir al concepto de Bachelard (1987) de “obstáculos verbales”, se podría afirmar que tales confusiones pueden constituir limitaciones para el aprendizaje de nuevos conocimientos en el niño. Algo similar concluye el profesor Campo (2009), cuando habla de las dificultades relacionadas con la corriente eléctrica en un circuito de corriente continua y expone el problema de los conceptos errados como causantes de las dificultades para el aprendizaje de los estudiantes.

Con esta base, el investigador se ve en la necesidad de redefinir los conceptos de circuitos serie, paralelo y mixto, con el objeto de usar definiciones más precisas y de fácil comprensión por parte del estudiante. En el Cuadro 1 se pueden observar las definiciones utilizadas para el ejercicio en los Grupos Focales.

Cuadro 1. Redefinición de conceptos utilizados en los grupos focales.

Concepto	Definición	Representación
Circuito serie	De cada uno de los nodos que posee el circuito, únicamente salen dos elementos, por uno de ellos entra la corriente eléctrica al nodo y por el otro sale. Esta es una característica única de los circuitos serie, donde la corriente que pasa por cada uno de sus elementos es la misma; por lo tanto, se puede definir el circuito serie como: el circuito donde, en cada uno de los nodos que componen el circuito, salen únicamente dos elementos. Así, se pueden detectar fallas en el funcionamiento de un circuito eléctrico o la comprobación de las leyes de corriente de Kirchooff en el análisis de un circuito eléctrico.	
Circuito paralelo	En cada uno de sus nodos salen tres elementos; o sea, que no puede ser un circuito serie, pero una característica única de los circuitos en paralelo es que sólo poseen dos nodos. Por lo tanto, se puede definir que: un circuito es paralelo si sólo posee dos nodos; o sea, que todos sus terminales se encuentran conectados entre los mismos.	
Circuito mixto	Se encuentran nodos donde salen dos elementos y nodos donde salen más de dos; en ellos se encuentran elementos que se conectan entre los mismos nodos; en conclusión, se puede definir el circuito mixto como: el circuito que posee elementos en serie y elementos en paralelo.	<p>Esquema de un circuito mixto</p> 
Caso especial	Cumple con la definición de circuito serie y, al mismo tiempo, cumple con la definición de circuito paralelo: el circuito conformado únicamente por dos elementos.	<p>Esquema de un circuito eléctrico conformado por dos elementos</p> 

Sistematización de la experiencia: Grupo focal del grado 7

El resultado de la primera parte de la actividad fue ampliamente satisfactorio: el 100% de los estudiantes del grupo de investigación ubicó correctamente la cantidad de nodos que contenía el circuito.

Un ejercicio más complejo consiste en ordenar y concebir una secuencia. Los estudiantes debían asignarle números consecutivos a cada uno de los terminales de cada elemento del circuito, numerando, en primer lugar, las resistencias y, luego, la fuente, lo que corresponde a una competencia operativa.

En esta parte de la actividad, 25 de los 27 estudiantes de grado séptimo no presentaron ninguna dificultad en la numeración de los terminales (ver Figura 3).

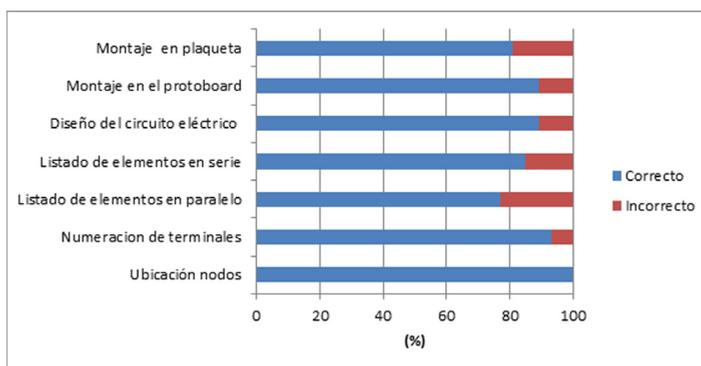


Figura 3. Competencias para identificar el diseño y montaje de circuitos eléctricos por estudiantes de grado 7.

El análisis del circuito, para estos estudiantes, consistía en identificar, con base en las definiciones, qué elementos del circuito se encontraban en serie o en paralelo, si los hubiese. Los resultados mostrados por los estudiantes en esta actividad continuaron siendo altamente satisfactorios, ya que el 85% de ellos no presentó ninguna dificultad en identificar qué elementos estaban en serie, y el 78% ubicaron correctamente los elementos en paralelo (Figura 3).

Diseño del circuito

Para el diseño del circuito eléctrico, los estudiantes del grado noveno comenzaron con la identificación y cuantificación de la cantidad de materiales del circuito propuesto.

En la primera fase del diseño, el 100% de los estudiantes cuantificó correctamente los elementos eléctricos requeridos en el circuito a diseñar; igualmente, no se presentó dificultad en la ubicación de nodos en el circuito, ya que la totalidad de los estudiantes ubicó correctamente los nodos existentes en el circuito propuesto y marcó todos los terminales de los elementos del circuito propuesto (Figura 3).

Diseño en papel del circuito eléctrico

Los estudiantes proceden a clasificar por familias (resistencias, condensadores y circuitos integrados); luego, mediante líneas, unen los terminales pertenecientes a un mismo nodo con cuidado de no cruzar las líneas que unen los terminales de cada nodo; en esta etapa del diseño, diferenciaron los nodos del circuito con líneas de diferentes colores; el dibujo así resultante será el diseño del circuito para el montaje en *protoboard*. El 85% de los estudiantes no presentó dificultades para la realización del diseño. En general, se puede considerar como satisfactorio el resultado obtenido por el grupo en la elaboración del diseño eléctrico del circuito para su montaje en plaqueta y *protoboard* (Figura 2)

Montaje del circuito en *protoboard*

Con el diseño realizado, los estudiantes deben pasar del papel al montaje del circuito en el *protoboard*, con el fin de realizar la prueba de funcionamiento del circuito, tratan de conservar el mismo esquema del diseño planteado en el papel y diferencian cada uno de los nodos con conductores de diferentes colores. El 81% no presentó dificultades en la etapa de montaje y funcionamiento del circuito en la plaqueta, lo que corresponde a un resultado satisfactorio.

Sistematización de la experiencia: Grupo focal del grado 9

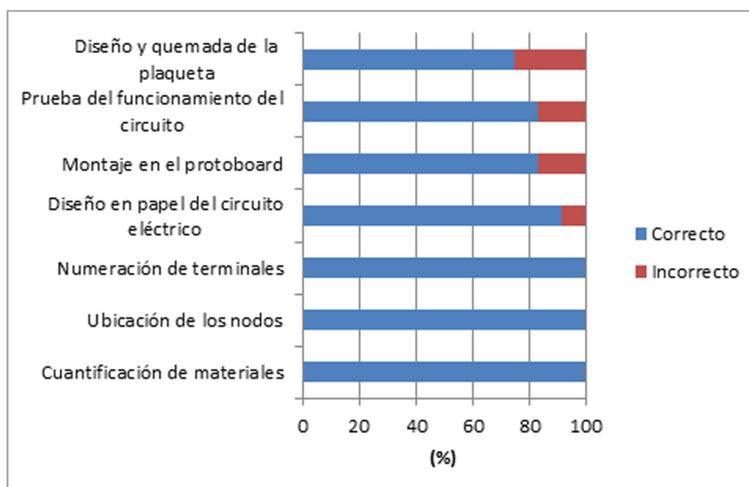


Figura 4. Competencias en el diseño y montaje de circuitos eléctricos por estudiantes de grado 9.

Para el diseño del circuito eléctrico, los estudiantes del grado noveno comenzaron con la identificación y cuantificación de la cantidad de materiales del circuito propuesto.

En la primera fase del diseño, el 100% de los estudiantes cuantificó correctamente los elementos eléctricos requeridos en el circuito a diseñar, ubicó correctamente los nodos existentes en el circuito propuesto y marcó todos los terminales de los elementos del circuito propuesto (Figura 4).

Diseño en papel del circuito eléctrico

De los 12 estudiantes del grupo base de investigación del grado noveno, el 91.67% no presentó dificultades para la realización del diseño. En general, se puede considerar como satisfactorio el resultado obtenido por el grupo en la elaboración del diseño eléctrico del circuito.

Con el diseño realizado, los estudiantes deben pasar del papel al montaje del circuito en el *protoboard*, con el fin de realizar la prueba de funcionamiento del circuito. De los doce estudiantes del grupo base de investigación, sólo dos presentaron dificultades en la etapa de montaje del circuito en el *protoboard*, lo que corresponde, para los restantes, a un resultado satisfactorio del 83.33%.

Prueba de funcionamiento del circuito

Después de montar el circuito en el *protoboard* (Figura 4), se conecta la alimentación del circuito a una fuente de voltaje de 110V y se comprueba su buen funcionamiento. El 83% de los estudiantes del grupo base de investigación pudo comprobar el correcto funcionamiento del circuito.

Al haber comprobado el funcionamiento del circuito en el *protoboard*, la siguiente etapa consiste en copiar en la plaqueta el diseño visto, por el envés de la hoja, labor que se realiza con el marcador de tinta permanente, como se había explicado en la actividad del grado séptimo; después de quemada la plaqueta, se procede a realizar el montaje y soldado de los elementos que componen el circuito, para su puesta en funcionamiento. El 75% de los estudiantes del grupo base de investigación concluyó con éxito la actividad propuesta para el grado noveno

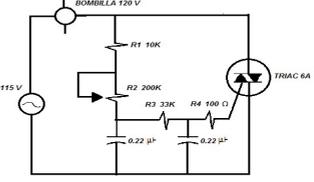
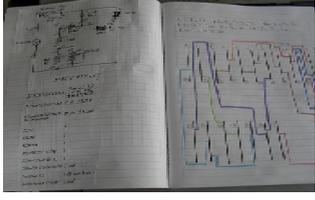
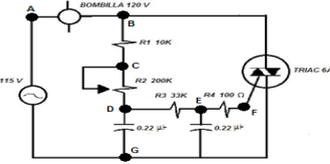
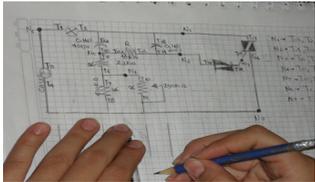
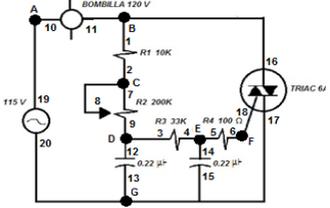
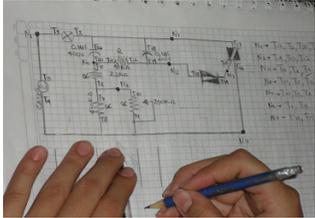
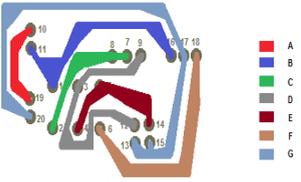
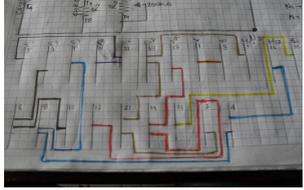
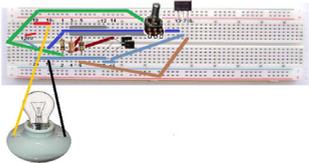
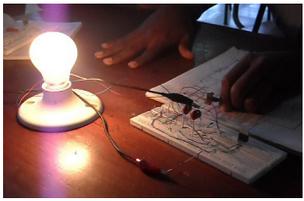
Prototipo	Diseño del Estudiante
 <p data-bbox="275 458 512 487">Elementos del circuito</p>	 <p data-bbox="698 458 1002 487">Cuantificación de elementos</p>
 <p data-bbox="288 713 499 742">Ubicación de nodos</p>	 <p data-bbox="744 713 955 742">Ubicación de nodos</p>
 <p data-bbox="255 1004 543 1033">Numeración de terminales</p>	 <p data-bbox="705 997 994 1026">Numeración de terminales</p>
 <p data-bbox="293 1252 499 1281">Diseño del circuito</p>	 <p data-bbox="749 1252 955 1281">Diseño del circuito</p>
 <p data-bbox="203 1496 589 1525">Prueba de funcionamiento del circuito</p>	 <p data-bbox="646 1496 1058 1525">Prueba de funcionamiento del circuito</p>

Figura 5. Imágenes del desarrollo de competencias por estudiantes del grado 9°.

Discusión

La línea base denota una dificultad para comprender elementos abstractos en el tema de electricidad, lo cual concuerda con que plantean Kyunghye *et al.* (2003), quienes señalan que los estudiantes tienen dificultad de entender conceptos abstractos y que se necesitan estrategias de enseñanza con el fin de facilitar el aprendizaje y la comprensión de la materia. No hay acuerdo sobre qué analogías, metáforas y modelos son apropiados en diferentes etapas de aprendizaje sobre circuitos eléctricos (Mulhall, McKittrick *et al.*, 2001). Posiblemente la dificultad radica en la brecha entre la “realidad” y la abstracción que constituye una analogía, como lo es circuito eléctrico. Schechter (2004) lo estudió e indicó la dificultad de comprender cómo una batería produce una corriente que fluye, lo que es mucho más complejo de lo que sugiere la descripción en un modelo análogo; así, las palabras metafóricas del lenguaje causan confusión.

Con la aplicación de la metodología propuesta en este trabajo – basada en el diseño y comprensión de los circuitos eléctricos – se evidencia la capacidad que adquieren los estudiantes para diferenciar un circuito serie de un circuito paralelo, justamente porque el aprendizaje se basa en el hacer. Este resultado va en la misma línea de Kyunghye y Hyunsook (2004), quienes sugieren que el modelo de circuito eléctrico fue efectivo en ayudar a los estudiantes a comprender y entender conceptos relacionados con la electricidad, a diferencia de modelos análogos normalmente usados en libros de texto de la ciencia.

Estos resultados confirman que aclararles los conceptos a los estudiantes conlleva una mejor comprensión de los circuitos eléctricos, además de lograr que trasladaran esos diagramas analógicos a figuras más comprensibles para la elaboración de montajes de los circuitos, inicialmente en *proto-board* y luego en plaquetas, teniendo en cuenta que cada caso es particular.

En otras palabras, para buscar un cambio de paradigma en el diseño y montaje de los circuitos eléctricos se requería buscar una metodología que generalizara el montaje de los estos circuitos a partir de un circuito en particular, para el mejoramiento de su creatividad y sus competencias. En este mismo sentido, Doll (1993) expresa que la caracterización del cambio de paradigma subraya la necesidad del cambio del descubrimiento y determinismo hacia la creatividad e indeterminismo; es decir, hacia una construcción pluralista, donde el estudiante tiene la posibilidad de crear desde múltiples interpretaciones y transitar por diversos grados de complejidad.

Respecto a la ubicación de nodos, podría decirse que este ejercicio tiene un grado de complejidad baja, pues se acepta que las representaciones mentales de los sujetos se ligan fuertemente a acciones, a rasgos perceptivos o a funciones lingüísticas. Una fase más compleja del aprendizaje se presenta cuando el estudiante debe aprender a enumerar una serie de terminales, lo que implica un ejercicio de clasificación, que

es una habilidad básica en la construcción de los diferentes conceptos matemáticos, como son los números y las operaciones numéricas, pero también implica la capacidad de ordenar, que consiste en organizar los elementos de una colección con un criterio, que se basa en las diferencias que presentan los objetos o conceptos y se coordinan según la variación del criterio establecido (Arteaga y Ruiz, 2012).

La determinación de los terminales que conforman cada uno de los nodos, y entre los nodos que estos elementos se encuentran, muestra la capacidad de relacionar que tienen los estudiantes, pues ellos deben relacionar cada uno de los terminales con los nodos que le corresponden, lo que resulta fundamental en el desarrollo del circuito, ya que demanda las competencias de clasificación y cuantificación, lo cual parte de la diferenciación de los objetos, según posean o no una cualidad determinada a partir de una colección, que es una capacidad que se desarrolla desde la infancia, pero que a medida que el cerebro desarrolla la capacidad de relacionar, clasificar y operar, el pensamiento se vuelve complejo y capaz de interpretar la realidad.

Gardner (1983) sugiere que la inteligencia es la habilidad para el razonamiento complejo, la relación causa-efecto, la abstracción y la resolución de problemas, que se reconoce por el uso del razonamiento matemático, lógica, moverse con facilidad de lo concreto a lo abstracto, organizar las ideas; o sea, la capacidad de idear soluciones nuevas y diferentes para resolver problemas o situaciones que se presentan. Los resultados mostrados por los estudiantes evidencian un mejoramiento en el desarrollo creativo del grupo base de investigación con respecto a los diseños de los circuitos eléctricos.

Conclusiones

Este estudio muestra el rol del profesor en la facilitación de las mejores estrategias de aprendizaje del alumno y para motivar su interés mediante el uso de diversos medios visuales y accesorios, debido a que muchos conceptos abstractos son difíciles de entender cuando se explican sólo verbalmente. Así, la redefinición de conceptos, con palabras sencillas y el uso de diversos medios de enseñanza alrededor del hacer, puede contribuir a la formación de competencias específicas y de comprender los conceptos, lo cual es importante en el aprendizaje.

Referencias

- Arteaga, P. y Ruiz, J. F. (2012). Lógica. Clasificación, Ordenación y seriación. Disponible en: http://www.cepguadix.es/moodle2/mod/resource/view_hp?id=286
- Ausubel, D. P.; Novak, J. D. & Hanesian H. (2009). *Psicología Educativa, un punto de vista cognoscitivo*. 2ª ed. México: Trillas.

- Bachelard, G. (1987). *La Formación del Espíritu Científico*. México: Siglo XXI.
- Caicedo, H. (1989). Tendencias en la investigación sobre la enseñanza de las ciencias. *Educación y Cultura*, Bogotá: N°19, p.11-15.
- Campo, M. (2009). Conceptos errados en circuitos eléctricos: “dificultades relacionadas con la corriente eléctrica en un circuito de corriente continua”. *Ciencia Ahora*. No. 24.
- Comenio, J. A. (1998). *Didáctica Magna*. 8ª ed. México: Porrúa.
- De la Luz y Caballero J. (1991). *Escritos Educativos*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Driver, R.; Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes [Buckinghamshire], Philadelphia: Open University Press.
- Escobar, J. & Bonilla-Jimenez, F. I. (2009). Grupos focales: una guía conceptual y metodológica. *Cuadernos Hispanoamericanos de Psicología*, Vol. 9, No. 1, 51-67.
- Fuentes, H. C. & Mestre, U. (1997). Curso de diseño curricular. Santiago de Cuba: Universidad de Oriente. 69 p.
- Garritz, A. (2006). Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano. *Revista Iberoamericana de Educación*, No. 42.
- Gil, D. (1989). *Qué pretendemos que los estudiantes aprendan cuando enseñamos ciencias*. Valencia: Universidad de Valencia.
- _____. (1989). *Aprender investigando, una propuesta metodológica basada en la investigación*. Sevilla: Diada.
- González, M. I. (1996). *Ciencia Tecnología y Sociedad*. Madrid: Tecnos. 173 p.
- Gowin, N. J. (1988). *Aprendiendo a Aprender*. Barcelona: Martínez Roca. 97 p.
- Kyunghee, C. & Hyunsook, C. (2004). The Effects of Using the Electric Circuit Model in Science Education to Facilitate Learning Electricity-Related Concepts. *Journal of the Korean Physical Society*, Vol. 44, No. 6, pp. 1341-1348

- Lewin, K. (1973). Action research and minority problems. En: Lewin, K. (201 – 216): *Resolving Social Conflicts: Selected Papers on Group Dynamics* (ed. G. Lewin). Londres: Souvenir Press.
- Mulhall, P.; B. McKittrick, *et al.* (2001). A perspective on the resolution of confusions in the teaching of electricity. *Research in Science Education*. No. 31: 575-587.
- Ortiz, R. A; Lima, L. & Buchaca, D. (2006). ¿Por qué el Método Investigativo? Sancti Spiritus, Cuba: Instituto Superior Pedagógico. Cap. “Silverio Blanco Núñez”. Disponible en: <https://www.google.com.co/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espy=2&ie=UTF-8#q=sancti+spiritus+cuba>
- Rousseau, J. J. (2000). *Emilio o la Educación*. Disponible en: http://www.escritorio_docentes.educ.ar/datos/recursos/libros/emilio.pdf . Consultado: 18 febrero 2012.
- Schechter, B. (2004). Ghost in the machine. *New Scientist*. 182 (2449): 38.
- Stenhouse, L. (1984). *Investigaciones y Desarrollo del Currículo*. Madrid: Morata. 87 p.
- Vasco, C. E. (1989). La integración como componente del proceso educativo. *Investigación Educativa*. (DIE-CEP, Bogotá), (1), 51-59.

Referencia

William Holguín Castaño, Oscar Alonso Herrera Gutiérrez y Jairo Ricardo Mora Delgado, “La comprensión de los circuitos electrónicos a partir del método investigativo: una experiencia de aprendizaje con estudiantes de secundaria”, revista *Perspectivas Educativas*, Ibagué, Universidad del Tolima, Vol. 6, (enero-diciembre), 2013, pp. 77 - 93

Se autoriza la reproducción del artículo para fines estrictamente académicos, citando la fuente y los créditos de los autores.

Fecha de recepción: 03/06/13

Fecha de aprobación: 02/08/13