

Artículo de investigación

# Experiencia de aula: Modelo del Funcionamiento del Corazón. Herramienta Didáctica del Aprendizaje de Circuitos Eléctricos<sup>13</sup>

Classroom experience: model of the functioning of the heart. Tool learning teaching of electric circuits

Experiência de sala de aula: modelo do funcionamento do coração. Ferramenta de aprendizagem-ensino de circuitos elétricos

Fecha de recepción: 12 de abril de 2016 / Fecha de aceptación: 14 de mayo de 2016

Escrito por: Leidy Vanessa Cortés Ramos<sup>14</sup>  
Karen Julieth Artunduaga<sup>15</sup>  
Yessica Andrea Suarez<sup>16</sup>  
José Antonio Marín Peña<sup>17</sup>

## Resumen

El objetivo de este artículo es presentar el desarrollo de la propuesta de utilizar un modelo mecánico - eléctrico que simula el sistema del corazón como herramienta didáctica para la enseñanza y aprendizaje de circuitos eléctricos en grado once, de educación media. Metodología: se desarrollaron las siguientes fases: a) diseño del modelo didáctico, se planificó la actividad de trabajo en clase basados en metodologías constructivistas, como es el conocimiento de las ideas previas; b) pruebas de laboratorios sobre el movimiento mecánico del corazón, se realiza una confrontación de estas ideas con el proceso experimental; c) adaptación del modelo didáctico a un circuito; d) aplicación del modelo didáctico para la enseñanza de circuitos eléctricos en el aula. La práctica académica se realizó con estudiantes de la Institución Educativa Domingo Savio de la ciudad de Florencia, Caquetá. Resultados: la aplicación de una herramienta didáctica permite una mejor comprensión de conceptos físicos como los circuitos eléctricos, en especial los circuitos RC y el afianzamiento de los elementos teóricos que el estudiante tiene a partir de usos de modelos análogos a los temas estudiados. Se concluye que el estudio de situaciones reales de la vida cotidiana, complementadas con la realización

## Abstract

The aim of this paper is to present the development of the proposal to use a model mechanical - electrical simulating system of the heart as a teaching tool for the teaching and learning of electrical circuits in grade eleven, of secondary education. Methodology: the following phases were developed: to) design of the didactic model, it planned the activity of class work based on constructivist methods, as it is the knowledge of previous ideas; b) testing laboratories on the mechanical movement of the heart, is a confrontation of these ideas with the experimental process; c) adaptation of the educational model to a circuit; d) application of the teaching model for electric circuits in the classroom teaching. Academic practice was conducted with students of the educational institution of the city of Florencia, Caquetá Dominic Savio. Results: the application of a teaching tool allows a better understanding of physical concepts such as electrical circuits, especially RC circuits and the strengthening of the theoretical elements that the student is from use of models similar to the issues studied. It is concluded that the study of actual situations of everyday life, complemented by the realization of

<sup>13</sup> Resultado del proyecto de investigación: El *problema del campo: problema de movimiento*, desarrollado en el programa de la Licenciatura en Matemáticas y Física, de la Universidad de la Amazonia

<sup>14</sup> Estudiantes de la Licenciatura en Matemáticas y Física, Universidad de la Amazonia.

<sup>15</sup> Licenciada en Matemáticas y Física. Docente área de Física, Universidad de la Amazonia.

<sup>16</sup> Estudiantes de la Licenciatura en Matemáticas y Física, Universidad de la Amazonia.

<sup>17</sup> M.Sc. en Física. Docente área de Física, Universidad de la Amazonia.

de prácticas experimentales, contribuye en gran medida a la comprensión de temáticas científicas.

**Palabras Clave:** Circuitos Eléctricos; Ideas Previas; Herramientas didácticas; Enseñanza – Aprendizaje; Modelo didáctico; Experiencia de aula.

experimental practices, contributes greatly to the understanding of scientific issues.

**Key words:** Electrical circuits; Previous Ideas; Teaching tools; Teaching – learning; Teaching model; Classroom experience.

## Resumo

Objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento da proposta para usar um modelo mecânico - sistema simulando elétrico do coração como uma ferramenta de ensino para o ensino e a aprendizagem de circuitos elétricos no ano onze, do ensino secundário. Metodologia: as fases seguintes foram desenvolvidas: a) design do modelo didático, eles planejaram a atividade de trabalho de classe com base em métodos construtivistas, como é do conhecimento de idéias anteriores; b) teste de laboratórios com o movimento mecânico do coração, é um confronto dessas idéias com o processo experimental; c) a adaptação do modelo educacional a um circuito; d) aplicação do modelo de ensino para circuitos elétricos no ensino de sala de aula. Prática acadêmica foi realizada com alunos da instituição educacional da cidade de Florência, Caquetá Dominic Savio. Resultados: a aplicação de uma ferramenta de ensino permite uma melhor compreensão dos conceitos físicos, tais como circuitos elétricos, circuitos RC especialmente e o reforço dos elementos teóricos que o aluno é com o uso de modelos semelhantes aos temas estudados. Conclui-se que o estudo de situações reais da vida cotidiana, complementado com a realização de práticas experimentais, contribui grandemente para a compreensão das questões científicas.

**Palavras-chave:** Circuitos elétricos; Idéias anteriores; Ensinamentos; Ensino - aprendizagem, Modelo de ensino; Experiência de sala de aula.

## Introducción

Las acciones de cualificación de los diferentes programas académicos en el país han llevado a generar dinámicas para mostrar nuevos enfoques metodológicos; se busca ubicar al estudiante como el eje fundamental del proceso de aprendizaje de los conocimientos científicos. En esta dinámica, se promueve la resolución de problemas y los procesos investigativos generadores de cambios desde lo metacognitivo.

Es así como en la Licenciatura en Matemáticas y Física de la Universidad de la Amazonia mediante del proceso de certificación de calidad, iniciado con su primer registro en el año 2003, ha generado al interior del programa, acciones tendientes a la construcción de nuevos enfoques metodológicos y didácticos que permitan al estudiante una mejor comprensión de las diferentes situaciones físicas que se dan en su entorno y con ello, posibilitar en el estudiante, la formulación de interrogantes que orienten su

proceso de aprendizaje a través de procesos investigativos.

En esta perspectiva, el programa de Licenciatura en Matemáticas y Física, en su plan de estudios, ha estructurado un conjunto de espacios académicos que llevan al estudiante a realizar un constante reflexión de diferentes fenómenos de la naturaleza, su problemática en el aprendizaje, sus dificultades en la enseñanza y sobre las diferentes alternativas que se pueden construir para generar procesos de enseñanza-aprendizaje que contribuyen significativamente en la construcción de conocimiento en el estudiante y con ello, generar un cambio en la mirada a la naturaleza misma de su entorno. Estos espacios académicos se han denominados problemas (el movimiento, la energía, el calor y la temperatura, el electromagnetismo, las altas velocidades y el microcosmos), los cuales permiten realizar aportes importantes hacia nuevas formas de abordar el aprendizaje de la ciencias; al igual que la innovación en acciones para la enseñanza de éstas.





En este artículo, se presentan los resultados obtenidos por un grupo de estudiantes de la Licenciatura en Matemáticas y Física, durante su transición en el programa, lograron desarrollar una propuesta de estudio desde el primer semestre y analizarla a través de los diferentes espacios académicos, desde lo científico y lo pedagógico. En este sentido, se plantearon modelos didácticos para la enseñanza de los conceptos analizados a los estudiantes de la educación media.

El proyecto propuesto para este estudio se basó en el modelo del funcionamiento del corazón, el cual fue estudiado en un primer momento en su movimiento, el transporte de fluidos, la presión. En momentos posteriores, se hizo el estudio del modelo desde su comportamiento energético y desde lo eléctrico. En cada uno de los diferentes espacios académicos se aportó para la comprensión y explicación del mismo y finalmente, se propuso una herramienta didáctica para la comprensión de los circuitos eléctricos, en especial el de carga y descarga de un condensador. Dicha propuesta, se ejecutó en el aula, con un grupo de estudiantes de grado once, de la institución Educativa Domingo Savio de la ciudad de Florencia. Allí, se observó el nivel de funcionalidad para la comprensión de este tipo de temáticas.

En el desarrollo de este artículo se plantea el marco teórico y fundamentación conceptual y metodológica para determinar los resultados y respectivas conclusiones.

### Marco Teórico

- *Aprendizaje significativo*. Durante el proceso de aprendizaje de una teoría, por parte del estudiante, el docente debe tener en cuenta la estructura cognitiva previa, la cual plantea Ausubel (1983) diciendo que la “estructura cognitiva es aquel conjunto de conceptos, ideas que un individuo posee en un determinado campo del conocimiento, así como su organización” (p. 1). Desde esta visión plantea que “el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente”

(Ausubel, 1983, p. 2). Si se parte de identificar los conceptos referentes a la temática en estudio, que el estudiante ha construido durante su relación social con el medio, se podrá identificar las fortalezas que poseen dichos conceptos y los que se tendrán que reforzar. Del mismo modo, se puede reconocer los conceptos que se tendrán que controvertir para poder lograr una transformación de éstos para la construcción de los ya aprobados científicamente.

El aprendizaje significativo involucra modificación y evolución de la nueva información, así como de la estructura cognoscitiva envuelta en el aprendizaje. Es por ello que se puede plantear tres tipos de aprendizaje: a) de *representaciones* (ocurre cuando se igualan en significado símbolos arbitrarios con sus referentes y significan para el alumno cualquier significado al que sus referentes aludan); b) de *conceptos* (se pueden definir usando las combinaciones disponibles en la estructura cognitiva) y, c) de *proposiciones* (expresadas verbalmente, como declaraciones que poseen significado denotativo y connotativo de los conceptos involucrados; interactúan con las ideas relevantes ya establecidas en la estructura cognoscitiva y de esa interacción, surgen los significados de la nueva proposición) (Ausubel, 1983, p. 6).

Para lograr avanzar en cada uno de estos tres tipos de aprendizajes, el proceso se realiza a partir del planteamiento de preguntas por parte del estudiante, preguntas que se van moldeando, al punto que se convierten en problema de investigación, el cual se desarrolla paulatinamente a través de cada uno de los espacios académicos, para avanzar en la búsqueda de una solución desde diferentes ángulos de la física (mecánica, hidráulica, energía, electricidad).

Desde este punto de vista se toma la propuesta de resolución de situaciones problemáticas como una forma de abordar el desarrollo de las temáticas de los diferentes espacios académicos de la Licenciatura en Matemáticas y Física. La resolución de Problemas, aporta de manera significativa a crear

metodologías de trabajo en el estudiante, al igual que a confrontar sus ideas con situaciones propias de la vida cotidiana y encontrar respuestas adecuadas que, desde las propuestas teóricas científicas, sean validadas y comprendidas.

Es de recordar que esta propuesta metodológica fue desarrollada fuertemente en la década de los ochenta; principalmente, desde las universidades, al buscar unas dinámicas diferentes en los espacios académicos y llevarlas más a un ámbito investigativo. A este tipo proceso, se le encontraron ventajas tales como: mayor grado motivacional de los estudiantes y con ello, un mejor rendimiento académico. La búsqueda de soluciones a situaciones problemáticas los lleva hacia procesos investigativos por las ciencias experimentales; se presenta una mayor integración de los conocimientos declarativos y procedimentales y, fomenta la percepción de la utilidad de las teorías estudiadas, debido a la relación entre teoría y práctica. (Campanario, 1999)

- *Funcionamiento del corazón.* Básicamente, el corazón tiene una mecánica de bombeo le permite recibir en la aurícula derecha la sangre que ya ha recorrido el organismo -trayendo consigo el dióxido de carbono-, de ahí la pasa al ventrículo derecho, que a su vez, la lleva a las arterias pulmonares. Por otro lado, la aurícula izquierda recibe la sangre que viene oxigenada desde los pulmones, la lleva al ventrículo izquierdo y éste a la arteria aorta, que la redistribuye por todo el cuerpo. Ver figura 1:

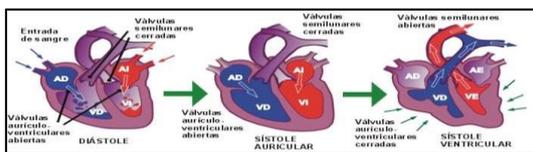


Figura 1. Funcionamiento mecánico del corazón. Fuente: Anthony & Thibodeau (1983).

La capacidad de bombeo del corazón está controlada por un sistema eléctrico interno. El corazón tiene un complicado sistema eléctrico (siendo la fuente de energía eléctrica un sitio conocido como el nodo sinusal). Este punto

puede ser comparado con la batería de un carro de donde parte la energía eléctrica en forma de impulsos eléctricos; cada impulso eléctrico generado por esa batería del corazón es distribuido por todo el corazón gracias a una red de pequeñísimos cables eléctricos que son los nervios del corazón.

El impulso eléctrico viaja desde el nódulo sinusal hasta el nódulo Aurículo-Ventricular (AV) en la parte inferior de la aurícula derecha. Desde allí, el impulso continúa por una vía de conducción eléctrica llamada sistema de *His-Purkinje* hacia los ventrículos (cámaras inferiores) del corazón. Cuando se produce el estímulo eléctrico provoca la contracción muscular y bombea sangre al resto del cuerpo. Este proceso de estimulación eléctrica seguido de la contracción muscular es lo que produce el latido del corazón. En la figura 2, se grafica esta situación:

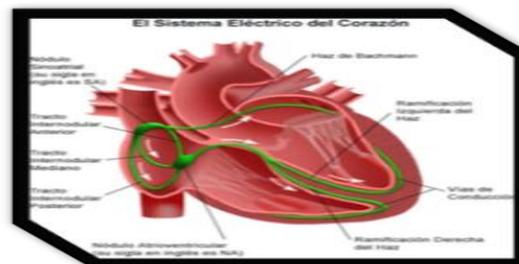


Figura 2. Sistema eléctrico del corazón Fuente: Strother (1980).

- *Circuito Eléctrico.* El circuito eléctrico es el recorrido preestablecido por el que se desplaza carga eléctrica. La carga eléctrica que se mueve de un punto que tiene mayor potencial eléctrico a otro que tiene un potencial eléctrico inferior, constituye una corriente eléctrica. Para mantener permanentemente esa diferencia de potencial, llamada también voltaje o tensión entre los extremos de un conductor, se necesita un dispositivo llamado generador (pilas, baterías, dinamos, alternadores...) que tome la carga que llega a un extremo y la impulse hasta el otro. El flujo de cargas eléctricas por un conductor constituye una corriente eléctrica. Esto se indica en la figura 3:



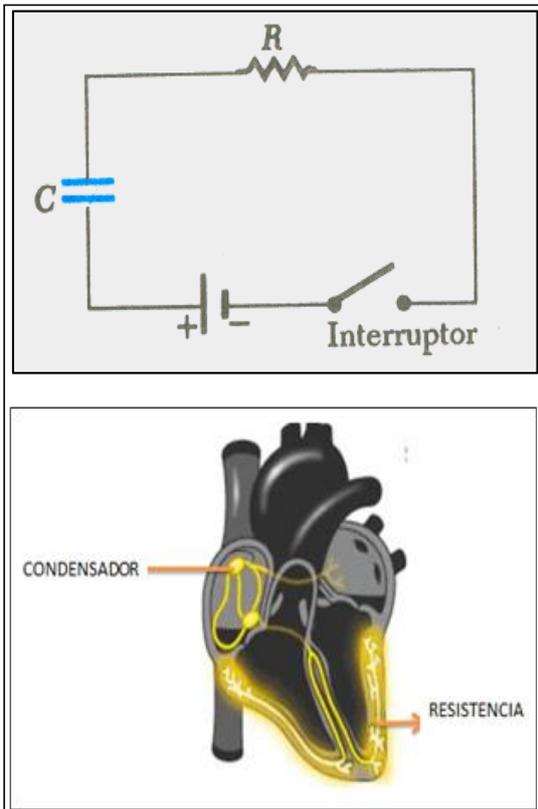


Figura 3. Comparación del funcionamiento del corazón y circuito eléctrico RC.  
Fuente: Strother (1980).

El circuito R-C (resistencia – condensador) es un circuito eléctrico formado básicamente por una fuente de alimentación (batería) con una diferencia de potencia  $E$ , una resistencia de carga  $R_1$ , una resistencia de descarga  $R_2$  y un condensador o capacitor  $C$ ; los circuitos de carga y de descarga se abren o cierran a través de un interruptor. Al cerrarse el circuito de carga el condensador va acumulando cargas eléctricas en sus placas y en consecuencia, aumentando la diferencia de potencial entre ellas, hasta que ésta se hace igual al de la batería y cesa el proceso de carga. De este modo, el condensador ha recibido y almacenado energía eléctrica, la que queda disponible para efectuar un trabajo, o sea, suministrar energía eléctrica a algún circuito eléctrico en el cual se efectuó su descarga.

El circuito de descarga sería el que forman el condensador y la resistencia de descarga  $R_2$  al cerrarse el interruptor de descarga; la diferencia de potencial de condensador produce un flujo de

cargas eléctricas (corriente eléctrica) en este circuito cerrado de descarga, la que al pasar por la resistencia produce un trabajo eléctrico, cede energía eléctrica al circuito de descarga. En la figura 4 se ilustra este proceso:



Figura 4. Carga y descarga del condensador  
Fuente: Anthony & Thibodeau (1983).

En la figura 4, se muestra cuando el condensador alcanza su máxima capacidad de carga y con ello, de energía eléctrica (durante los primeros 780 segundos) y luego, presenta el proceso de descarga, proceso en el cual es cuando se envía dicha carga al sistema; es decir, en el corazón el pulso eléctrico.

### Método

En el desarrollo del proceso para encontrar los elementos explicativos que permitieran entender el funcionamiento del corazón, parte en el momento en que se plantea la pregunta inicial de trabajo tipo investigativo en el espacio académico *problema de movimiento*, el cual era complementado con el espacio teórico, *cinemática y dinámica*, en el primer semestre académico del programa de la Licenciatura. Durante este tiempo, se inicia a reconocer que tipo de movimiento presenta el corazón, cuál es su funcionamiento mecánico y cómo se puede representar a través de un modelo que pudiese permitir la visualización de cada uno de los fases de su funcionamiento. Es así como se inicia la idealización y construcción de un modelo físico que permitiera estudiar este tipo de temáticas, durante este primer semestre. Al final del proceso se presenta un informe teórico que permite visualizar todo el trabajo realizado, al

igual que un montaje físico en el cual se puede estudiar cada uno de estos movimientos.

Asimismo, en el proceso de formación al interior de la Licenciatura, se encuentra un espacio académico relacionado con *los fluidos y la energía*, en donde se permitió ejemplificar el funcionamiento del corazón con el de una bomba que extrae e impulsa líquidos (sangre). En un tercer espacio académico, relacionado con la electricidad y el magnetismo (el problema del campo), se realizó el estudio del comportamiento eléctrico del corazón y su circuito interno, para relacionarlo con alguno de los diferentes sistemas eléctricos teóricos que se estudian en este espacio.

Durante el desarrollo de la investigación se realizó una serie de actividades para evidenciar un seguimiento cognoscitivo, manejo y de contextualización en la vida diaria de conceptos físicos (circuitos eléctricos RC y fluidos en movimiento); para ello, se utilizó una herramienta didáctica que asemeja el funcionamiento del corazón utilizando los conceptos relacionados, donde se observa y analiza la actividad mecánica y eléctrica del mismo, permitiendo que el estudiante conozca y fortalezca sus conocimientos y, a su vez, permite evaluar e identificar la utilidad de esta herramienta en la enseñanza y aprendizaje de conceptos físicos. Las actividades se realizaron en diversas fases y fueron las siguientes:

- *Fase 1. Diseño del modelo didáctico:* se construyó un modelo didáctico en acrílico compuesto por sus dos ventrículos: derecho e izquierdo, que asemeja el funcionamiento del corazón. Este modelo permitió mostrar y analizar el movimiento mecánico y el circuito eléctrico bajo el cual funciona el corazón (RC), como se indica en la figura 5:



Figura 5. Modelo del funcionamiento del corazón como herramienta didáctica para el aprendizaje de movimiento mecánico y circuitos eléctricos (RC).

En la primera fase, se aplicó una encuesta a un grupo de 18 estudiantes.

- *Fase 2. Pruebas de laboratorios sobre el movimiento mecánico del corazón:* comparar los resultados experimentales y científicos de presión, caudal, trabajo y energías del corazón.

En la segunda fase, se aplicó otra encuesta con los estudiantes presentes en la práctica, fueron 17; por ello, se destruyó una de las muestras escogida al azar, entre las 18 encuestas presentadas en la primera fase.

- *Fase 3. Adaptación del modelo didáctico a un circuito RC:* se modificó el modelo didáctico para la enseñanza del concepto de circuitos eléctricos (RC).

- *Fase 4. Aplicación del modelo didáctico para la enseñanza de circuitos eléctricos en el aula:* a partir del modelo se da a conocer y explicar a los estudiantes el circuito eléctrico del corazón, y así dar a entender de manera didáctica el concepto de circuito eléctrico (RC), el cual se analiza a





través de una encuesta para ver el resultado de los conocimientos adquiridos por los estudiantes con el modelo. Se trabajó de manera específica en cálculos de mecánica y cálculos del funcionamiento eléctrico:

- *Cálculos de la Mecánica.* El Procedimiento para la obtención de datos de velocidad, caudal, fuerza, presión, trabajo y potencia haciendo uso del prototipo se calcularon teniendo en cuenta los siguientes datos: Distancia  $X = 37 \text{ cm} \rightarrow 0.37 \text{ m}$ , distancia desde donde sale el fluido hasta donde cae; Altura =  $32,9 \text{ cm} \rightarrow 0.329 \text{ m}$ , altura desde la superficie hasta donde estaba ubicado el prototipo; 76 bombeos en 63s, movimiento horizontal sobre el eje actuador. Cantidad del fluido en los 63s de bombeo

$$636 \text{ ml} \rightarrow 6.36 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

1. Con la ecuación del movimiento semiparabólico se determinó el tiempo cuando el fluido sale de la manguera hasta llegar a la superficie del suelo del cual se obtuvo

$$t = (0,25 \pm 7,6 * 10^{-4}) \text{ s} .$$

$$y = \frac{1}{2}gt^2,$$

$$t = \sqrt{\frac{2y}{g}} = \sqrt{\frac{2(0,329\text{m})}{9,8 \text{ m/s}^2}}$$

$$t = (0,25 \pm 7,6 * 10^{-4}) \text{ s}$$

Con base a los cálculos anteriores se determina la velocidad tanto en el eje x y el eje y:

$$v_x = \frac{x}{t} = \frac{0,37\text{m}}{0,25 \text{ s}} = (1,48 \pm 0,06) \text{ m/s}$$

$$v_y = gt = (9,8 \text{ m/s}^2)(0,25 \text{ s}) = (2,45 \pm 0,1) \text{ m/s}$$

De estas velocidades, se determinó la velocidad resultante.

$$v_T = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$= \sqrt{((1,48 \pm 0,06) \text{ m/s})^2 + ((2,45 \pm 0,1) \text{ m/s})^2}$$

$$=$$

$$v_T = (2,86 \pm 0,16) \text{ m/s}$$

2. Para hallar el caudal (Q) fue necesario determinar primero el volumen teniendo en cuenta las cantidades de bombeos (76 bombeos), donde obtuvo una cantidad de  $6.36 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ , durante un tiempo de 63 s, basados en la ecuación:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{6,36 * 10^{-4} \text{ m}^3}{63 \text{ s}}$$

$$= (1,0095 * 10^{-5} \pm 1,7 * 10^{-8}) \text{ m}^3/\text{s}$$

3. Con la ecuación de la segunda ley de Newton se halló la fuerza (F) ejercida durante el ciclo del bombeo y para esto fue necesario utilizar un dinamómetro que nos permitió medir la masa, siendo esta de 1.3 kg

$$F = ma = (1,3 \text{ kg}) (9,8 \text{ m/s}^2)$$

$$= (12,74 \pm 9,8 * 10^{-3}) \text{ N}$$

4. Para encontrar la presión (p), fue necesario conocer el área en donde se ejerce la fuerza. El área de forma circular poseía un diámetro de 0,04585m

$$A = \pi r^2 = (3,1416)(0,0229\text{m})^2 = (1,64 * 10^{-3} \pm 1,4 * 10^{-4}) \text{ m}^2$$

Se halló la presión:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{12,74 \text{ N}}{1,64 * 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$= (7,77 * 10^3 \pm 6,69 * 10^2) \text{ N/m}^2$$

5. Otra característica a determinar es el trabajo (W), teniendo en cuenta que se

divide cantidad de volumen que se obtuvo durante el ciclo de bombeo siendo este  $8,37 \times 10^{-6} m^3$  y la presión ejercida.

$$W = p \Delta V = (7,768 * 10^3 N/m^2) (8,37 * 10^{-6} m^3) = W = (6,5 * 10^{-2} \pm 5,7 * 10^{-3}) Julios$$

6. Con la obtención del trabajo, se pudo hallar la potencia en los ventrículos izquierdo ( $P_I$ ) y derecho ( $P_D$ ), pero antes se determinó la cantidad de tiempo en cada bombeo ( $t_b$ ). Se resalta que para la potencia del ventrículo derecho se tiene en cuenta los datos científicos que se dan en el movimiento del corazón.

$$t_b = \frac{63 s}{76 \text{ bombeos}} = (0,82 \pm 0,01) s$$

$$P_I = \frac{W}{\Delta t} = \frac{6,5 * 10^{-2} J}{0,82 s} = (7,9 * 10^{-2} \pm 8 * 10^{-3}) w$$

$$P_D = \frac{1}{6} \text{ de } P_I = \frac{7,9 * 10^{-2} w}{6} = (1,3 * 10^{-2} \pm 8 * 10^{-3}) w$$

De lo anterior se obtuvo la potencia total ( $P_T$ ):

$$P_T = P_I + P_D = (7,9 * 10^{-2} w) + (1,3 * 10^{-2} w) = (9,3 * 10^{-2} \pm 1,6 * 10^{-2}) w$$

7. El prototipo que simula el movimiento del corazón realiza un trabajo total ( $W_T$ ) por unidad de tiempo dado de la siguiente manera:

$$W_T = W_{bomba} + E_{KF}; \quad W_T = p \Delta V + \frac{1}{2} m v^2; \quad W_T = \frac{p \Delta V}{\Delta V} + \frac{1}{2} \frac{m}{\Delta V} v^2$$

Como la densidad es  $\rho = \frac{m}{\Delta V}$  entonces:

$$W_T = p + \frac{1}{2} \rho v^2 ; \quad W_T = 7,77 * 10^3 N/m^2 + \frac{1}{2} (1000 kg/m^3) (2,86 m/s)^2 = W_T = (1,18 * 10^4 \pm 1,1 * 10^3) J$$

- **Cálculos del Funcionamiento Eléctrico.** Tomando la intensidad eléctrica ( $I = 10 \times 10^{-3} A$ ) y el potencial total del funcionamiento del corazón ( $P_T = 9,3 \times 10^{-2} w$ ) se usó la ecuación de potencia para calcular el voltaje:

$$I * V = P \quad V = \frac{P}{I} = \frac{9,3 * 10^{-2}}{10 * 10^{-3}} = 9,3 V$$

En la aplicación de la encuesta participaron 17 estudiantes, los cuales permitieron evaluar sus conocimientos acerca del manejo de circuito eléctrico. De esta encuesta se analiza cuáles son sus conocimientos previos y la evolución de los mismos tras una aplicación de una herramienta didáctica en el cual se refleja la estructura de un circuito eléctrico.

En las tablas de datos se visualiza un *antes* que se identifica como los conocimientos previos del estudiante y, un *después*, ubicada a la parte final del documento. Con estos resultados se puede visualizar la evolución de los conceptos que poseen los estudiantes acerca de circuitos eléctricos.

**Resultados**

Respecto a la aplicación en el aula y los logros en los estudiantes, en primer lugar, se dan a conocer los resultados obtenidos desde la parte mecánica en los diferentes cálculos obtenidos y luego, se darán a conocer los resultados que se dieron en la aplicación en el aula con el tema de circuito eléctrico (RC) en un *antes* y un *después* de haber aplicado la encuesta, en la figura 6 se presentan los resultados por cada una de las preguntas, en los diferentes momentos:



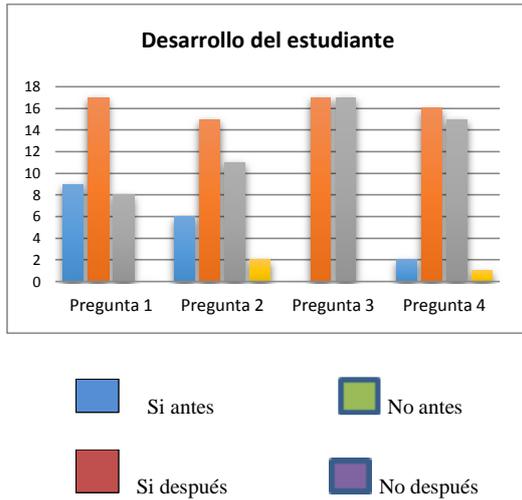


Figura 6. Desarrollo del estudiante. Experiencias en el aula.

Fuente: elaboración propia.

Cada una de las barras distribuidas por colores representa la aproximación y el poco conocimiento que tuvieron los estudiantes en las respuestas de las dos secciones de las encuestas. Cada interrogante tuvo los siguientes resultados:

- *¿Sabe que es un circuito eléctrico?* Como resultado se encuentra que para el *antes*, de los 17 estudiantes encuestados, el 53%, identificaron qué es un circuito eléctrico y, un 47% con conceptos errados o sin conocimiento de lo que se le preguntaba. (Ver figura 1)

En el momento *después*, se notó una mejor concepción de circuito eléctrico en la totalidad de los estudiantes siendo el 100% de favorabilidad.

- *¿Qué conoce de circuitos RC?* Para este numeral, el 35,3% de los estudiantes, poseían concepciones obre circuitos eléctricos RC, a diferencia del 64,7%, los cuales no los poseían. Al realizar nuevamente la encuesta tras aplicar la herramienta didáctica se notó un 88,2% de favorabilidad sobre las concepciones de circuitos RC y un 11,8% de estudiantes que siguieron con dificultades acerca de la comprensión del circuito RC.

- *¿Sabe usted bajo que circuito eléctrico funciona el corazón?* Por lo general, los estudiantes no

relacionan sus conocimientos con los hechos de la vida cotidiana, uno de estos es la relación del funcionamiento del corazón con algún circuito eléctrico, encontrando en ellos, falencias como se visualiza en el resultado del 100% de los estudiantes; dado que no tenían concepciones sobre el circuito eléctrico que se presenta en el funcionamiento del corazón; pero, cuando se realizó la actividad con el modelo didáctico los estudiantes comprendieron mejor el funcionamiento del corazón analizándolo o explicándolo con conceptos físicos.

- *¿Podría encontrar una relación entre circuitos y funcionamiento del corazón?* Antes de la realización del proceso experimental, se encontró que el 11,7% de los estudiantes podrían encontrar alguna relación entre circuitos RC y el funcionamiento del corazón. Después de realizar dicho proyecto investigativo, se obtuvo que de la totalidad de estudiantes el 94,2% de los alumnos se aproximaron a establecer una relación entre el circuito y el funcionamiento del corazón.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede concluir que la aplicación de una herramienta didáctica permite una mejor comprensión de conceptos físicos como los circuitos eléctricos, en especial los circuitos RC. Además, permite un afianzamiento de los elementos teóricos que el estudiante tiene a partir de usos de modelos análogos a las temáticas estudiadas. En este caso, se utilizó el modelo del corazón y su fenomenología eléctrica para ser comparada con el funcionamiento de un circuito RC.

## Conclusiones

Con la realización del proyecto de investigación se puede concluir:

Todo docente a la hora de enfrentarse a la planeación de una clase debe seleccionar los recursos y materiales didácticos que tiene pensado utilizar. Muchos piensan que no tiene importancia el material o recursos que se escoge porque lo importante es dar la clase; pero, se equivocan. Con este trabajo se evidencia que es

fundamental elegir adecuadamente los recursos y materiales didácticos porque constituyen herramientas fundamentales para el desarrollo y enriquecimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje de los alumnos.

De igual manera, esta investigación ayudó a entender el mundo que nos rodea, a comprender cómo funcionan las cosas y porqué, además contribuye al conocimiento sobre el funcionamiento de nuestro cuerpo, como es el caso del corazón, el cual, por medio de un modelo de prototipo que simula el funcionamiento del corazón como una bomba mecánica, permitió la mejor comprensión de conceptos físicos tales como la presión, la velocidad del fluido, el caudal, circuitos eléctricos (RC) entre otros; considerados, aspectos fundamentales para enseñanza y aprendizajes de la hidrodinámica y del campo eléctrico.

Además, uno de los beneficios que se obtuvieron, es que para los integrantes del equipo de este proyecto de investigación, se evidenció la importancia de aplicar estrategias didácticas que le permiten al alumno formar esquemas mentales más eficientes, de tal manera que tiene la posibilidad de resolver problemas desde diferentes puntos de vista y con diferentes alternativas de solución. Con ello, se favorecerá el desarrollo social de sí mismo, lo que le facilitará la adquisición de nuevos conocimientos y por ende, un buen trabajo al final de su carrera escolar.

### Referencias Bibliográficas

Ausubel, D. P., Novak, J. D. & Hanesian, H. (1983). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. 2da. ed. México: Editorial Trillas.

Ausubel, D. (1983). Teoría del Aprendizaje Significativo. Recuperado de [http://delegacion233.bligoo.com.mx/media/users/20/1002571/files/240726/Aprendizaje\\_significativo.pdf](http://delegacion233.bligoo.com.mx/media/users/20/1002571/files/240726/Aprendizaje_significativo.pdf)

Anthony, C. P. & Thibodeau, G. (1983). *Anatomía y Fisiología*. México: Editorial Interamericana McGraw-Hill

Campanario, J. M. y Moya, A. (1999) *¿Cómo Enseñar Ciencias? Principales tendencias y Propuestas*. *Revista Electrónica Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 179 – 192

Giancoli, D. (1991). *Física. Principios con Aplicaciones*. 3ra. ed. México: Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana.

Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (1), 26-33.

Gil, D. (1985). EL futuro de la enseñanza de las ciencias. *Revista de Educación*.

Strother, G. k (1980). *Física aplicada a la ciencia de la salud*. México: McGraw-Hill Editorial latinoamericana.

Saavedra, O. I. (2008). *Física 10*. Bogotá: Santillana

Serway, R. A. (1997). *Física, tomo I*. 4ta. ed. Bogotá: Santillana

\_\_\_\_\_ (1993). *Física. Tomo I*. 3ra. ed. México: Editorial McGraw-Hill

