



# La comprensión conceptual y la resolución de problemas en el aprendizaje de los conceptos de desplazamiento, velocidad y aceleración

Jorge Flores Herrera<sup>a</sup>, Carlos Briones Galarza<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Investigación Científica, Tecnológica e Innovación,  
Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, ULVR, Guayaquil, Ecuador

<sup>b</sup>Facultad e Ingeniería, Industria y Construcción,  
Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, ULVR, Guayaquil, Ecuador

## ARTICLE INFO

**Received:** September 2, 2016

**Accepted:** October 14, 2016

**Available on-line:** November 1, 2016

**Keywords:** Concept, Conceptual understanding, Problem solving, Multiple representations, Kinematics variables.

**E-mail addresses:**

[floresh@ulvr.edu.ec](mailto:floresh@ulvr.edu.ec),

[cbrionesg@ulvr.edu.ec](mailto:cbrionesg@ulvr.edu.ec)

ISSN 2007-9842

© 2013 Institute of Science Education.

All rights reserved

## ABSTRACT

The purpose of this study was to apply the processes of conceptual understanding and problem solving to the concepts of the cinematic variables to improve the students' performance. The subjects were 82 students who are registered in a physics course for engineering students. The age of them is between 18 and 19 years of age, which include 59 men and 25 women. The instructional task corresponded to the unit of kinematics of particle in one dimension and the topics discussed were the concepts of displacement, instantaneous and average velocity and average and instantaneous acceleration. The instrument for measuring the performance of the students was a test of multiple choices with 16 questions. The procedure followed during the intervention was as follows: (1) present the intervention to the experimental group and the control group the traditional model (2) administer the posttest to both groups. The application of the Gosset test gave a  $p$  value  $< 0.035$  therefore the research hypothesis is accepted. The results are due to the application of the multiple representations that engage the student in the learning of the concept.

El propósito de este estudio fue aplicar los procesos de comprensión conceptual y de resolución de problemas a los conceptos de las variables cinemáticas para mejorar el rendimiento de los estudiantes. Los sujetos fueron 82 estudiantes que están registrados en un curso de física para estudiantes de ingeniería. La edad de ellos está comprendida entre los 18 y 19 años de edad, entre los cuales se cuentan 59 hombres y 25 mujeres. La tarea instruccional correspondió a la unidad de Cinemática de la partícula en una dimensión y los temas tratados fueron los conceptos de desplazamiento, velocidad media e instantánea y aceleración media e instantánea. El instrumento para medir el desempeño de los estudiantes fue una prueba de múltiple respuesta con 16 preguntas. El procedimiento seguido durante la intervención fue el siguiente: (1) Presentar la intervención al grupo experimental y al grupo de control el modelo tradicional (2) Administrar la prueba de desempeño. La prueba de Gosset aplicada dio un valor de  $p < 0,035$  por lo tanto se acepta la hipótesis de investigación. Los resultados obtenidos se deben a la aplicación de las representaciones múltiples que enganchan al estudiante en el aprendizaje del concepto.

## I. INTRODUCCIÓN

Los estudiantes registrados en los cursos de física que se ofrecen a las diferentes carreras de ingeniería, logran un aprendizaje significativo cuando siguen en primer lugar el proceso de comprensión conceptual y luego el proceso de resolución de problemas. Sin embargo, algunos estudiantes comienzan con el segundo proceso, para lo cual se aprenden de memoria las formulas y los procedimientos de resolución de un problema, y aunque lo resuelven correctamente, lo hacen a expensas de la comprensión conceptual (Elby, 2009; Mazur, 1997; McMillan & Swadener, 2006). En otras palabras, los estudiantes pueden resolver un problema, sin siquiera entender los conceptos relacionados con el mismo (Lawson & McDermott, 1987).

Otro factor que impide la comprensión conceptual son las concepciones alternativas, las mismas que son construidas por los estudiantes para explicar los fenómenos naturales de una manera que no coincide con los hechos científicamente aceptados. La suma de estos factores no les permite alcanzar la comprensión conceptual y por ende la resolución de problemas.

Por lo tanto, el propósito de este estudio fue aplicar los procesos de comprensión conceptual y de resolución de problemas a los conceptos de las variables cinemáticas (desplazamiento, velocidad media e instantánea y aceleración media e instantánea), para mejorar el rendimiento de los estudiantes.

### Comprensión conceptual

Para explicar la comprensión conceptual es necesario definir qué se entiende por concepto. J. Novak define un concepto *como una regularidad percibida (o patrón) en eventos u objetos, o registro de eventos u objetos, designados por un nombre* (Novak, 2006). A. L. Pines define un concepto como *paquetes de significados (que) capturan regularidades (similitudes y diferencias) patrones o relaciones entre objetos, eventos y otros conceptos* (Pines, 1985). D. Jonassen (2006) define un concepto *como representaciones mentales de categorías de objetos, u otras entidades*. En esencia, los tres coinciden en que un concepto se caracteriza por mostrar un patrón que tiene un significado y al cual las personas le dan una representación mental.

Los conceptos en general y los conceptos de la física en particular no son entidades aisladas, sino que están interconectados (Tsai, Chen, Chau & Lain, 2007). Por ejemplo, el concepto de desplazamiento esta interconectado con el concepto de velocidad y este a su vez con el concepto de aceleración.

Los conceptos de la física se construyen a partir de otros conceptos. Por ejemplo, el concepto de desplazamiento se construye a partir de los conceptos de partícula, posición y sistema de referencia como puede observarse de su definición. El desplazamiento es el cambio de posición que experimenta una partícula con respecto a un sistema de referencia.

Los conceptos de la física están organizados jerárquicamente (Reif, 2008). Por ejemplo, el orden y la secuencia son desplazamiento, velocidad media e instantánea y aceleración media e instantánea. Esto hace notar que el prerrequisito para el concepto de velocidad es el desplazamiento y a su vez la velocidad es el prerrequisito para el concepto de aceleración.

Los conceptos de la física se pueden describir cualitativamente o cuantitativamente. Por ejemplo, la descripción cualitativa del desplazamiento es el cambio de posición de un objeto desde la fuente hasta la meta. La descripción cuantitativa es equivalente a su definición operacional, esta última permite medirlo o calcularlo y lo que es más importante permite su representación matemática, la misma que se representa mediante una ecuación o formula.

La comprensión conceptual se refiere a la comprensión del contenido y al significado de los conceptos con un énfasis en la comprensión cualitativa (Mantyla & Kaponen, 2007). La comprensión conceptual se logra cuando los estudiantes se empoderan del concepto y por lo tanto pueden: (1) pensar en el concepto; (2) usar el concepto en la misma área del conocimiento; (3) usar el concepto en otras áreas del conocimiento; (4) encontrar una metáfora o una analogía para el concepto; (5) declarar la definición del concepto en sus propias palabras y (6) construir un modelo mental del concepto (Konicek, 2015).

### **Modelos mentales**

Los modelos mentales son representaciones analógicas de la realidad (Johnson- Laird, 1983). En otras palabras los modelos mentales son modelos de trabajo de situaciones y eventos del mundo y que a través de su manipulación mental son capaces de comprender y explicar un fenómeno y son capaces de actuar de acuerdo a las predicciones resultantes (Greca & Moreira, 2009). Para asegurar la comprensión conceptual se puede utilizar el texto para comunicar la información básica y a partir de este punto los estudiantes formen un modelo mental coherente con la información presentada (Schnotz, 2009) de tal manera que ellos se conviertan en niveles de análisis entre el fenómeno y el modelo matemático resultante (Nersessian, 1992).

El uso de ilustraciones tales como diagramas, figuras y graficas son esenciales para construir los modelos mentales de cómo un sistema físico funciona (Mayer, 1993; 1997).

### **Representaciones externas múltiples**

Para lograr una mejor comprensión conceptual es necesario que los conceptos sean significativos y que los profesores presenten al estudiante texto y figuras. Por lo tanto, el material de aprendizaje, textos y figuras tiene que ser conceptualmente claro y presentado con un mensaje relacionado al conocimiento del estudiante y a un ritmo que permita la comprensión por parte del estudiante (Weimer, 2015).

Los conceptos de la física se lo pueden presentar en diferentes formas para que este sea asimilado de manera correcta por los estudiantes y logre la comprensión conceptual. La primera es la representación verbal que en este caso corresponde a la definición del concepto. La segunda es la representación pictórica que es un diagrama que muestra la situación en que la se encuentra el concepto. La tercera es la representación matemática que es la ecuación matemática que describe el concepto, pasando primero por la demostración de la misma. Otras representaciones son la representación gráfica y simbólica (Knight, 2008).

### **Evaluación formativa**

La evaluación formativa es el uso de los procesos de evaluación, materiales y resultados para mejorar calidad del aprendizaje de los estudiantes mediante una retroalimentación efectiva durante la presentación de una clase (Sadler, 1989). En tanto que la evaluación sumativa es la que juzga el aprovechamiento del estudiante al final de una unidad de estudio.

La retroalimentación es la componente clave en la evaluación formativa (Black & William, 1998) y, además, es un método que anima a los estudiantes a participar más activamente en las clases (Black & William, 2009).

### **Modelo de la intervención**

El modelo de la intervención consta de las siguientes fases: La fase pre-instruccional, la fase instruccional y la fase de evaluación.

La fase pre-instruccional comprende la presentación de los objetivos instruccionales a los estudiantes.

La fase instruccional abarca la presentación del contenido de la clase. Esta actividad comprende la presentación de la representación verbal del concepto y la activación del conocimiento previo, la presentación de la representación pictórica y finalmente la presentación de la representación matemática mediante la demostración de la expresión matemática del concepto bajo estudio y la aplicación del concepto en la resolución de problemas utilizando diferentes contextos, promoviendo la transferencia del concepto a otros contextos.

La fase de evaluación que comprende la evaluación formativa del aprendizaje de los estudiantes y la evaluación sumativa del aprendizaje de los estudiantes.

Este modelo de intervención está fundamentado en como las personas aprenden: (1) Los estudiantes aprenden relacionando la información nueva con los conocimientos previos que ellos tienen. (2) Los estudiantes están motivados para aprender cuando ellos establecen sus metas instruccionales y tienen el control de su propio aprendizaje. (3) Los

estudiantes para aprender a razonar y resolver problemas necesitan aprender los conceptos centrales de la disciplina. (4) Los estudiantes están motivados para aprender cuando pueden reflexionar sobre su progreso (National Research Council, 2000).

### **Hipótesis**

La hipótesis de investigación es: Aquellos estudiantes a los cuales se aplica la intervención tienen mejor desempeño que aquellos estudiantes a los cuales no se aplica la intervención.

La hipótesis nula es: Aquellos estudiantes a los cuales se aplica la intervención tienen el mismo desempeño de aquellos estudiantes a los cuales no se aplica la intervención.

### **Importancia del estudio**

Es útil, tanto por razones teóricas como prácticas, investigar como la comprensión conceptual mejora el rendimiento de los estudiantes. Por el lado teórico, este estudio provee evidencia experimental directa de como aprenden los estudiantes. Por el lado práctico aplicar las representaciones múltiples en la comprensión conceptual para mejorar el aprendizaje de la física ayuda a los estudiantes a resolver los problemas.

Los problemas de cinemática requieren que los estudiantes hagan uso de habilidades espaciales para resolver los mismos. La habilidad de construir e interpretar gráficos es una habilidad básica del científico ya que ellos se requieren para mostrar los resultados de la experimentación (Beichner, 1994).

## **II. METODOLOGÍA**

### **Sujetos**

Los sujetos fueron 84 estudiantes, entre los cuales se cuentan 59 hombres y 25 mujeres. Ellos están registrados en un curso de física para las carreras de ingeniería. La edad de ellos está comprendida entre los 18 y 19 años de edad.

### **Tareas y materiales instruccionales**

La tarea instruccional corresponde a la unidad de Cinemática de la partícula en una dimensión y los temas tratados fueron los conceptos de desplazamiento, velocidad media e instantánea y aceleración media e instantánea. En el Anexo A se muestra el contenido del desplazamiento.

### **Instrumentos**

El instrumento para medir el desempeño de los estudiantes fue una prueba de múltiple respuesta con 16 preguntas.

### **Procedimiento**

El procedimiento seguido durante la intervención fue el siguiente: (1) Presentar al grupo experimental la intervención y al grupo de control impartir la clase de acuerdo al modelo tradicional. El contenido y los problemas propuestos fueron los mismos para ambos grupos, lo único que varío fue la manera de presentarlos. (2) Administrar la prueba de conocimientos tanto al grupo experimental como de control. La prueba de conocimientos fue la misma para ambos grupos.

### **Análisis de datos**

El análisis estadístico aplicado en esta investigación fue la prueba de Gosset con un nivel de significación  $p < 0,05$ .

### III. RESULTADOS

#### Hipótesis

En la tabla I, se muestran los resultados de la prueba de desempeño administrada al grupo experimental y de control.

**Tabla I.** Datos estadísticos de la prueba de desempeño.

| Grupo        | Número | Media | Desviación Estándar |
|--------------|--------|-------|---------------------|
| Experimental | 42     | 3,88  | 1,33                |
| Control      | 42     | 3,22  | 1,49                |

La prueba de Gosset dio un valor de  $p < 0.035$  por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación.

### IV. CONCLUSIONES

Este estudio probó la hipótesis de que los estudiantes que reciben la instrucción utilizando las representaciones múltiples tienen mayor rendimiento que aquellos que no la reciben. Los resultados de este estudio pueden atribuirse a que la enseñanza de las representaciones múltiples promueve la comprensión antes que la memorización (Thomas, 2008). Además, los resultados de este estudio se complementan con los de Bergey, Cromley y Newcombe (2015), en la que los estudiantes coordinan textos con gráficos.

En vista de los resultados obtenidos se recomienda aplicar la intervención no solo en física, sino también en biología, química, matemática y las materias de ingeniería. Finalmente, este estudio puede tener mayor impacto si es que se utilizan las tecnologías de la información y comunicación, tales como animaciones y simulaciones.

### REFERENCIAS

- Elby, A. (2009). Another reason that students learn by rote. *Physics Education Research*, 67(7), 852-857.
- Mazur, E. (1997). *Peer instruction: A user's manual*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- McMillan, C. & Swadener, M. (2006). Novice use of qualitative versus quantitative problem solving in electrostatics. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 661-670.
- R. Lawson & L. McDermott. (1987). Students understanding of the work-energy and impulse-momentum theorems. *American Journal of Physics*, 55(9), 811-817.
- Novak, J. & Cañas, A. (2008). *The theory underlying concepts maps and how to construct and use them*. Technical report IHMC Cmap Tools 2006-01 Rev 01-2008.
- Pines, A. (1985). Toward a taxonomy of conceptual relations and the implications for the evaluation of cognitive structures. En L. West & A. Pines (Eds.), *Cognitive structures and conceptual change*, New York: Academic Press.
- Jonassen, D. (2006). On the role of concept learning and instructional design. *Educational Technology Research and Development*, 54(2), 177-196.
- C. Tsai, H., Chen, C., Chou, & K. Lain. (2007). Current as the key concept of Taiwanese students' understanding of electric circuits. *International Journal of Science Education*, 29(4), 483-496.

- Reif, F. (2008). *Applying cognitive science to education: Thinking and learning in scientific and other complex domains*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Mäntylä, T. & Koponen, I. (2007). Understanding the role of measurements in creating physical quantities: A case study of learning to quantify temperature in physics teacher education. *Science and Education*, 16, 291-311.
- Konicek-Moran, R. & Keeley, P. (2015). *Teaching for conceptual understanding in science*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models. Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Greca, I & Moreira, M. (2009). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1-11.
- Schnotz, W. (2009). An integrated model of text and picture comprehension. En R. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Nersessian, N. (1992). How do scientists think? Capturing the dynamic of conceptual change. En R. Glaser (Ed.) *Cognitive models of science*. Minneapolis, MN: University Press.
- Mayer, R. (1993). Illustrations that instruct. En R. Glaser (Ed.) *Advances in instructional psychology*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Mayer, R. (1997). Multimedia in learning: Are we asking the right question? *Educational Psychology*, 32(1), 1-19.
- Weimer, M. (2015). *Are we clear? Tips for crafting better explanations*. Recuperado de <http://www.facultyfocus.com/articles/teachin-professor-blog/are-we-clear-tips-for-crafting-better-explanations/>, 2015
- Knight, R. (2008). Using multiple representations to understand energy. En D. Gende (Ed.) *Multiple representation of knowledge: Mechanics and energy*. College Board.
- Sadler, D. (1989). Formative assessment and the design of systems. *Instructional Science*, 18(2), 119-144.
- Black, P. & William, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education*, 5(1), 7-74.
- Black, P. & William, D. (2009). Developing a theory of formative assessment. *Education, Assessment, Evaluation, and Accountability*, 21, 5-31.
- National Research Council. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Academy Press.
- Beichner, R. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62(8), 750-762.
- Thomas, M. (2008). Conceptual representations and versatile mathematical thinking. En M. Niss (Ed.) *ICMI-10 Proceedings and regular lectures*, Copenhagen, Denmark.
- Bergey, B., Cromley, J. & Newcombe, N. (2015). Teaching high school biology students to coordinate text and diagrams. Relation with transfer, effort, and spatial skills. *International Journal of Science Education*, 37, 2476-2502.