

Código no verbal: ontología y procesamiento asociativo inicial en el caso de un concepto *tipo proceso*

Nonverbal code: ontology and initial association processing in the case of a Process-type concept

Ma. Cecilia Pocoví^{1*} y Liliana Ledesma¹

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Avda. Bolivia 5150, CP 4400, Salta, Argentina.

*E-mail: cpocovi@gmail.com

Resumen

Se estudiaron dos aspectos relacionados al aprendizaje del concepto de movimiento acelerado. En primer lugar, se analizó la situación ontológica inicial de los estudiantes universitarios, previo al aprendizaje formal del tema, en cuanto a las representaciones no verbales y en forma de dibujos que asocian con la aceleración. En segundo lugar, se estudió el procesamiento asociativo que logran realizar estos estudiantes, entre los códigos no verbales correspondientes a los dibujos y las gráficas. En ambos casos, la metodología seleccionada fue la de Estudio de Caso: los alumnos que se aprestan a cursar la primera asignatura de Física universitaria fueron los participantes. Los resultados muestran que la ontología manifestada a través de los dibujos de los alumnos presenta características de conceptos tipo Proceso erróneo, en concordancia con investigaciones sobre las representaciones verbales. La mayoría de los estudiantes iniciales no logran llevar a cabo un correcto procesamiento asociativo entre dibujos y gráficas.

Palabras clave: Código no verbal; Dibujos; Gráficos; Aceleración; Nivel universitario básico.

Abstract

This study was centered on two aspects related to the learning of the concept of accelerated motion. In the first place, the freshmen- student's initial ontological conceptions shown through nonverbal representations (in the form of drawings) about acceleration were studied. In the second place, the associative processing that these students manage to achieve between two non-verbal codes such as drawings and graphs was analyzed. In both cases a Case Study methodology was used: freshmen students that are about to take the first physics course were the participants. Results show that the ontology that students show through the drawings about an accelerated motion have the characteristics of a misconceived Process type of concept, in accordance with other researches on verbal representations. Most of the novice students do not carry out an associative processing between drawings and graphs.

Keywords: Non-verbal codes; Drawings; Graphs; Acceleration; Basic university level.

I. INTRODUCCIÓN

Los gráficos que muestran la relación entre dos variables han sido reconocidos en las investigaciones educativas en Física (Mc Dermott, Rosenquist y van Zee, 1987) como herramientas didácticas que juegan un papel fundamental en lograr el conocimiento acerca de distintos conceptos. La comprensión de estos gráficos por parte de los alumnos no será suficiente para lograr un conocimiento profundo del concepto graficado si ellos no logran asociar estas gráficas con otras representaciones del concepto como lo son las ecuaciones, las descripciones verbales, los dibujos, entre otros. Sadoski y Paivio (2004) presentaron una teoría de la cognición que fundamenta la importancia del aprendizaje de un concepto a partir de diferentes representaciones como lo son los códigos verbales (letras, palabras, frases) y los

no verbales (entre los que se incluyen los gráficos y los dibujos); mostrando que "las imágenes juegan un rol invaluable en sumar sustancia sensorial concreta al significado; tomado literalmente, esto es lo que se conoce como "dar sentido" a lo que se lee" (Sadoski y Paivio, 2004, p. 892).

La comprensión de gráficos en el área de Física no sólo involucra diferentes habilidades relacionadas con la construcción de funciones matemáticas; antes bien, entra en juego la interpretación física de las relaciones entre las variables que éstos muestran. En el nivel universitario y, en particular en las carreras de ingeniería, los alumnos poseen un bagaje de conocimiento matemático acerca del gráfico de funciones adquirido en cursos previos de cálculo y en el de Ingreso al nivel superior. Sin bien este conjunto de conocimientos previos es necesario para poder graficar funciones, puede no resultar suficiente para asignar significado físico a las gráficas (Planinic, Ivanjek, Susac y Milin-Sipus, 2013; Beichner, 1994; Mc Dermott *et al.*, 1987) si otras representaciones del mismo concepto, como ser los dibujos o imágenes que el estudiante asocia con él, no poseen la ontología correcta y no pueden asociarse con lo graficado.

En todo aprendizaje, la ontología que el estudiante asigna inicialmente a un concepto, define el tipo de proceso que llevará a cabo para lograr el cambio conceptual (Chi, 2008). El caso más complejo se presenta cuando los conceptos a aprender se definen como el cambio de otros y los alumnos les asignan inicialmente una naturaleza errónea. Ontológicamente, dichos conceptos pertenecen a la categoría de tipo Proceso (Chi, 2008, 2013). La ontología que los alumnos asignan a los conceptos puede ser evaluada en base a los predicados que usan para describirlos (Reiner, Slotta, Chi y Resnick, 2000; Chi, 1992) así como también mediante los dibujos que realizan para representarlos (Pocovi, 2007). Cuanto más detalladamente se conozcan las falencias en la asignación de la ontología a un concepto previo al aprendizaje formal de éste, mejor se podrán diseñar estrategias para lograr el aprendizaje posterior.

En este trabajo se estudiaron dos aspectos que pueden echar luz acerca de la situación inicial de los estudiantes en cuanto a la ontología que le asignan al concepto de aceleración y en cuanto a la capacidad para llevar a cabo un procesamiento asociativo entre dibujos y gráficas.

II. ESTADO DEL ARTE

En el presente trabajo confluyen tres áreas de investigación, cuyos resultados previos serán presentados en esta sección: a) problemas de comprensión de gráficas en estudiantes universitarios, b) ontología de conceptos y las falencias de comprensión en el caso de conceptos tipo Proceso, c) influencia de la codificación de la información en el aprendizaje.

En cuanto a la primera de las áreas mencionadas, Mc Dermott *et al.* (1987) realizaron un estudio muy comprensivo en el cual se identificaron diferentes problemas de comprensión de gráficas de estudiantes universitarios. Las gráficas presentadas a los alumnos fueron en su mayoría de posición vs. tiempo y de velocidad vs. tiempo. El caso de aceleración versus tiempo se limitó a un caso en que la aceleración cambia de sentido y el estudio detectó que los alumnos no logran comprender que dicho gráfico no provee información acerca del sentido de la velocidad. Los autores proponen la presentación simultánea de gráficos de la misma forma para resaltar las diferencias entre la información que provee cada uno. Bleichner (1994) describió los pasos específicos para desarrollar un test que abordara el problema y, luego, estudió la influencia que tiene sobre la interpretación de gráficos la incorporación de un video de análisis de movimiento (Bleichner, 1996). Glazer (2011) realizó una revisión de las investigaciones sobre las dificultades de los estudiantes en la interpretación de gráficas en distintas áreas y argumenta que debe ser explícitamente enseñada dada la complejidad de esta capacidad; además, hace notar que la mayoría de los trabajos existentes se centran en el problema de interpretación de gráficos y no en su construcción. Bollen, De Cock, Zuza, Guisasaola y van Kampen (2016) estudiaron y clasificaron las respuestas de alumnos de tres universidades distintas ante situaciones problemáticas que incluían gráficos de distancia versus tiempo. En este estudio, algunos alumnos pertenecían a cursos basados en álgebra mientras que otros realizaban cursos basados en cálculo y se encontraron algunas falencias comunes entre ellos. En base a sus resultados, Bollen *et al.* (2016) abogan por la enseñanza tanto cualitativa como cuantitativa de los gráficos de la cinemática lineal. Maeyoshimoto, Granchetti e Idoyaga (2016) analizaron el uso y la información que se presenta asociada a los gráficos de cinemática, en el caso de un libro de texto. Pala, Scancich y Yanitelli (2017) estudian el desarrollo de habilidades cognitivas en estudiantes de ingeniería, relativas a la interpretación de gráficos obtenidos a partir de experiencias de laboratorio, en particular, de gráficas de velocidad en función del tiempo. Si bien los trabajos relevados muestran diversos aspectos referidos a la comprensión de las gráficas tanto en la física como en otras ciencias, no se han encontrado investigaciones que intenten relacionar las concepciones de los alumnos manifestadas en sus dibujos acerca de un concepto, con las gráficas que son capaces de elaborar.

Chi (1992, 2008 y 2013) realizó aportes fundamentales en el área de comprensión de la ontología de los conceptos. Su teoría sobre Cambio Conceptual fue evolucionando en el tiempo, comenzando por el estudio detallado de las

concepciones tipo Materia hasta clasificar los conceptos tipo Proceso que existen y las dificultades de aprendizaje relacionadas con cada uno (Slotta y Chi, 2006; She, 2004; Reiner *et al.*, 2000). En el caso particular de la aceleración, su ontología fue analizada en Ledesma y Pocoví (2013) y se llegó a la conclusión de que es un concepto tipo Proceso Directo cuya definición involucra componentes ontológicas (cambio de velocidad e intervalo de tiempo) que dan lugar a un patrón (aceleración). Además, Ledesma (2018) analizó las interacciones entre las componentes y entre las componentes y el patrón para el caso de la definición de la aceleración mediante la ecuación correspondiente y mostró cómo el proceso de aprendizaje de la noción de aceleración depende de la ontología asignada por los alumnos, previo al aprendizaje formal del tema. El problema más relevante y generalizado entre estos estudiantes es el de identificar la componente ontológica "cambio de velocidad" con la "velocidad", quitándole el carácter de Proceso tipo Directo a la aceleración (Ledesma, 2018). La detección de la naturaleza asignada se realizó mediante un análisis de los predicados utilizados por ellos en la descripción lingüística del concepto. El estudio de las falencias que existen entre los alumnos para describir gráficas que poseen la misma forma pero que representan magnitudes diferentes, se realizó en Pocoví y Ledesma (2019), llegando a la conclusión de que los participantes no logran distinguir el comportamiento del concepto de segundo orden (como la aceleración) de aquel de primer orden (como la velocidad); este trabajo, se limitó a analizar las descripciones de los estudiantes acerca de gráficas seleccionadas por los investigadores.

En cuanto a las investigaciones que han estudiado la influencia de la codificación de la información en el aprendizaje a partir de la lectura de textos, aquellas fundamentadas en la Teoría de la Codificación Dual (TCD) de Sadoski y Paivio (2004) resultan muy relevantes para el objetivo del presente trabajo. Este modelo supone que todas las representaciones mentales retienen algunas cualidades concretas de las experiencias a partir de las cuales se obtienen; así, las unidades básicas de las representaciones obtenidas a partir de experiencias verbales se llaman *logogens* y aquellas creadas a partir de experiencias no verbales constituyen los *Imagens*. Los *Imagens* no sólo incluyen los gráficos cartesianos convencionales sino también las imágenes tipo dibujos que los estudiantes tengan acerca de los distintos conceptos. En el caso de la lectura, los alumnos pueden llegar a conocer un concepto a partir de la información contenida en el código verbal y el no verbal presente en el texto. Estos códigos, toman distintos nombres en otras teorías que describen la forma de codificar la información; por ejemplo, Alexander y Jetton (1994) los denominan códigos lingüístico y no lingüístico. La TCD va un paso más allá que la mera descripción de la forma de presentación de la información y postula que mediante los denominados "procesamiento asociativo" y "procesamiento referencial" (Sadoski y Paivio, 2004, p.1334), se activan representaciones de la misma noción en el mismo o en diferente código, respectivamente, favoreciendo un aprendizaje más profundo del significado. Este postulado es fundamentado en evidencia empírica (van den Broek, 2008; Sadoski y Paivio, 2004) y permite asegurar que cuantas más representaciones se activen relacionadas con un mismo concepto, mejor resulta el aprendizaje.

III. PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN Y MARCOS TEÓRICOS SELECCIONADOS

En base a la revisión realizada previamente, se puede notar que, en los estudios previos realizados en el nivel universitario, no se ha incluido como parte de las representaciones en código no verbal, a los dibujos que pueden asociarse con un concepto. Si se combinan los resultados de las investigaciones en base a la TCD (Sadoski y Paivio, 2004) y a la Teoría de Cambio Conceptual de Chi (1992, 2008 y 2013), estos dibujos pueden resultar valiosos tanto para conocer la situación ontológica inicial de los estudiantes como determinar si los alumnos logran asociar dibujos que representen un movimiento acelerado con las gráficas cartesianas correspondientes.

Así, el presente estudio constó de dos partes. En la primera, se analizan los dibujos que realizan los estudiantes acerca de un movimiento acelerado y, en base a ellos, se detecta la situación ontológica inicial de los estudiantes. En la segunda parte, se determina si los alumnos son capaces de asociar los *Imagens* correspondientes a dibujos con *Imagens* correspondientes a gráficas acerca del movimiento acelerado, previo al aprendizaje formal del tema. Así, para cada parte, se diseñaron las correspondientes preguntas de investigación: 1) Previo al aprendizaje formal del concepto de aceleración, ¿qué características ontológicas tienen los *Imagens* tipo dibujo que realizan los alumnos referidos al concepto? y 2) En la etapa previa al aprendizaje formal, los alumnos, ¿llevan a cabo un "procesamiento asociativo" que les permita relacionar *Imagens* en forma de dibujos, con la representación en la forma de una gráfica cartesiana?

IV. METODOLOGÍA SELECCIONADA

En ambas partes del estudio se utilizó una metodología de Estudio de Caso. Según Marradi, Archenti y Piovani (2012), constituye una estrategia de indagación que permite lograr una caracterización profunda del objeto bajo estudio que incluye la descripción, interpretación y comprensión de los procesos involucrados en el aprendizaje de los estudiantes y, además, permite identificar patrones recurrentes en la forma de temas o categorías. En nuestro caso, el objeto de estudio estuvo constituido por la cohorte de 104 alumnos de carreras de ingeniería que se aprestan a cursar la primera asignatura de Física; se excluyó de este grupo aquellos en condición de *recursantes*. Según el currículo de las carreras de ingeniería de la universidad donde se llevó a cabo el estudio, para poder cursar la asignatura Física I, los estudiantes deben haber cursado y aprobado dos cursos de matemática (álgebra y cálculo) con lo cual, la situación del grupo en cuanto a sus conocimientos previos de matemática es bastante homogénea. La descripción del grupo estará centrada en la detección de patrones existentes en los dos aspectos relacionados con las preguntas de investigación.

IV. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN Y SUS RESULTADOS

A. Primera parte

El estudio de las características ontológicas de los *Imagens* que expresan los alumnos mediante sus dibujos acerca de una situación de movimiento acelerado fue llevado a cabo mediante dos pruebas (Ver Anexo I) tomadas secuencialmente. Ambas están apuntadas a la detección de la principal dificultad ontológica señalada en investigaciones anteriores que consiste en asociar, con el concepto de aceleración, la noción de "velocidad" en lugar de la del "cambio de velocidad". Se debe recordar que estos alumnos no han estudiado aún el concepto de variables cinemáticas instantáneas y, por lo tanto, de tener una concepción correcta acerca de la aceleración, ésta estaría asociada a una idea más acorde con la aceleración promedio involucrando un cambio de velocidad en dos puntos del trayecto. En la primera prueba, se solicita el dibujo de una situación correspondiente a un movimiento acelerado general, sin más indicaciones; o sea, se requiere el dibujo de un concepto abstracto. Este tipo de concepto (abstracto) es uno de los más difíciles de comprender. Según Sadoski y Paivio (2004) "*el logogen de una 'idea básica' difícilmente activará una imagen (pues el logogen es altamente abstracto. Sin el contexto de la situación concreta carecen de significado referencial) [...] Esto implica que el lenguaje concreto será generalmente mejor entendido...*" (p. 1335) Por esta razón, en la segunda prueba, se plantea una situación más definida en la cual se especifican dos localizaciones entre las cuales se mueve una persona y se expresa subrepticamente la necesidad de aumentar la velocidad ("para llegar a tiempo..."). Las pruebas fueron tomadas secuencialmente, la segunda inmediatamente después de terminada la primera.

Los dibujos de los estudiantes fueron analizados para detectar la concepción ontológica de "cambio" de velocidad. Así, se aceptaron como representativos de esta situación, aquellos que mostraron a la velocidad como un vector (o una flecha) de distinto tamaño en dos localizaciones o aquellos que indicaron un cambio de velocidad mediante algún recurso pictórico como el de rayas horizontales de distinta longitud.

Los resultados fueron clasificados en grupos de acuerdo a la ontología del concepto de aceleración que reflejaran. Dicha clasificación fue realizada por dos investigadores independientes y luego, las discrepancias fueron consensuadas. En ambas pruebas, se encontraron las siguientes categorías de dibujos:

CPe 1: en esta concepción tipo Proceso Erróneo (en consonancia con la designación utilizada en trabajos previos), se esquematiza una persona en una sola localización con una flecha asociada a ella lo cual implica que se identifica a la aceleración con la velocidad; a veces a la flecha se le coloca la denominación de velocidad, en otras ocasiones no tiene nombre y en otras ocasiones se dibujan recursos pictóricos como el de rayas horizontales para indicar movimiento pero en una sola localización. En otras palabras, este *imagen* representa una ontología incorrecta del concepto de aceleración.

CPe 2: en esta concepción tipo Proceso Erróneo, se esquematiza a la persona en varios lugares, pero no se muestra ninguna indicación de cambio de velocidad. Estos dibujos se toman como indicativos de la asociación de la aceleración con un cambio en la posición sin que intervenga un cambio de velocidad. Por el hecho de representar un cambio, podría decirse que este tipo de *Imagens*, aunque erróneo, es más cercano a mostrar la ontología correcta del concepto que aquellos dibujos del primer tipo. De todas formas, la imagen que tiene el estudiante no es completa.

CP 1: en esta concepción tipo Proceso, se esquematiza a una persona en dos posiciones, con flechas u otros recursos que muestran un cambio en su velocidad, indicando una idea ontológicamente correcta.

CP 2: en este caso, los estudiantes dibujaron una flecha a la que llamaron fuerza. Si bien en la concepción correcta, el movimiento acelerado se produce bajo la acción de una fuerza neta constante, los alumnos a esta altura no han tenido instrucción formal acerca de la Segunda Ley de Newton por lo que se sospecha que, o bien estos dibujos son

una muestra de una asociación errónea ya reconocida en las investigaciones entre fuerza y movimiento, o bien, los alumnos poseen algún recuerdo de lo estudiado por lo menos dos años antes en el nivel medio.

La tabla I muestra los resultados para cada prueba:

TABLA I. Número de alumnos que realizan distintos tipos de dibujos en cada prueba.

Tipo de <i>Imagens</i>	N° de alumnos Prueba 1	N° de alumnos Prueba 2
CPe 1	69	54
CPe 2	15	25
CP 1	13	18
CP 2	7	7

Los números correspondientes a las dos pruebas muestran un resultado coincidente con lo hallado en Ledesma (2018) para el caso de la ontología asociada por los estudiantes al concepto de aceleración y detectada en el código verbal. Es decir, los *Imagens* de los estudiantes de tipo dibujo muestran que las ideas más generalizadas corresponden a una ontología de tipo Proceso Erróneo. Entre ellos, los dibujos correspondientes a la categoría CPe1 están ontológicamente más alejados de la categorización correcta que aquellos clasificados como CPe2 ya que en el primer caso, se identifica la aceleración con la velocidad.

Si bien la tabla I no lo muestra explícitamente, existió una migración de respuestas del primer tipo, exclusivamente hacia el segundo y tercer tipo: 10, hacia CPe2 y 5, hacia CP1. Se puede decir, entonces, que esta migración es consecuente con la TCD ya que pareciera que la situación más concreta presentada en la prueba 2 ayuda a algunos alumnos a evocar *Imagens* que se revelan una ontología del concepto más cercana a la del concepto científico.

B. Segunda parte

El poseer representaciones de un concepto en código no verbal, presenta varias ventajas respecto de aquellas en código verbal. Una de las más importantes radica en que las representaciones no verbales tienen una estructura anidada (Sadoski y Paivio, 2004) (a diferencia de la secuencial del sistema verbal) que permite integrar varios tipos de *Imagens* mediante un procesamiento asociativo, lo cual ayuda a formar una idea más rica de un concepto. Por esta razón, se decidió realizar el estudio de la asociación que llevan a cabo los estudiantes participantes entre dos tipos de *Imagens* acerca del movimiento acelerado: los dibujos y las gráficas. Dado que los estudiantes participantes ya poseen conocimiento acerca de gráficas, adquirido en la asignatura previa de cálculo, se decidió probar si logran procesar asociativamente un dibujo dado con una gráfica cartesiana.

Para ello, se plantearon dos pruebas (Ver Anexo II) que difieren en el sentido en el que se mueve una persona. En ellas, el enunciado muestra dibujos que representan dos localizaciones de una persona que realiza un movimiento acelerado. Se solicita a los estudiantes representar cada uno de los dibujos en la gráfica lo cual correspondería a dos puntos en el plano velocidad-tiempo.

Para ambas pruebas, las respuestas de los alumnos se clasificaron según las siguientes categorías:

PAC: esta categoría corresponde al Procesamiento Asociativo Correcto y en ella se ubicaron los alumnos que indicaron en la gráfica, los dos puntos que describen cada una de las situaciones dibujadas (una velocidad mayor que la otra).

PAR1: esta categoría se denominó Procesamiento Asociativo con Recta ya que los alumnos dibujan rectas con pendiente positiva que unen dos puntos correspondientes a las velocidades distintas.

PAR2: esta categoría corresponde a un Procesamiento Asociativo con Rectas de un segundo tipo y, en este caso, los alumnos dibujan rectas verticales u horizontales para describir los dibujos.

NC: no contesta o no es posible clasificar la respuesta.

Para el caso de la prueba 2, se agregó otra categoría además de las anteriores:

PAR3: esta categoría corresponde a un Procesamiento Asociativo con Rectas de un tercer tipo, manifestado a través de gráficas en las cuales realizan el gráfico de una recta con pendiente positiva, no teniendo en cuenta el sentido de la velocidad en la prueba 2.

La tabla II muestra los resultados para cada prueba:

TABLA II. Número de alumnos que realizan distintos tipos de dibujos en cada prueba.

Tipo de <i>Imagens</i>	N° de alumnos Prueba 1	N° de alumnos Prueba 2
PAC	5	5

PARI	45	3
PARVuH	25	23
NC	29	31
PAR3	-----	42

Un número escaso de alumnos (5) logra asociar correctamente los *Imagens* de los dibujos presentados en el enunciado con dos puntos en una gráfica cartesiana con lo cual se podría inferir que la capacidad para lograr el procesamiento asociativo pareciera ser muy limitada. En la prueba 1, 45 alumnos dibujan una recta con la pendiente adecuada que correspondería a un movimiento uniformemente acelerado, dato que no es explicitado en el enunciado. Si bien esta respuesta no es del todo correcta, podría interpretarse como que incluye los puntos (inicial y final) representados por los dibujos del enunciado. Tal vez, la necesidad de "rellenar" el espacio entre los puntos con una recta provenga de que en los cursos de matemática rara vez se representan puntos aislados sin unirlos mediante la gráfica de alguna función. En esa misma prueba, un alto número de estudiantes no contestaron nada o dibujaron rectas horizontales o verticales que muestran que no son capaces de asociar los dibujos con una gráfica.

La migración de las respuestas de los estudiantes hacia la categoría PAR3, en la prueba 2, se produce porque los alumnos que dibujaron una recta de pendiente positiva en la primera prueba, realizaron el mismo gráfico para el nuevo caso, de manera que no se tiene en cuenta el sentido de la velocidad y, por lo tanto, no se lleva a cabo un procesamiento asociativo adecuado de la situación.

V. CONCLUSIONES

Dos aspectos de las concepciones previas de los alumnos acerca del movimiento acelerado fueron estudiados; ambos, relacionados con las representaciones no verbales o *Imagens* (Sadoski y Paivio, 2004) tipo dibujo. Por un lado, se analizó la ontología asignada al concepto de aceleración (Chi, 1994, 2003 y 2008) que se expresa a través de los dibujos y, por otro lado, se analizó si los alumnos son capaces de realizar un procesamiento asociativo entre dos tipos de códigos no verbales (dibujos y gráficas). La importancia de conocer estos aspectos radica en que ambos influyen el aprendizaje de un concepto y resulta fundamental conocerlos previo al aprendizaje formal del tema. Como establece la TCD, las representaciones que tiene un individuo acerca de un concepto interactúan y permiten el aprendizaje; abordar el cambio conceptual considerando sólo una de ellas (por ejemplo, los *Imagens* correspondientes a los gráficos) no resultará fácil si no se cambian también los *Imagens* correspondientes a los dibujos o imágenes que el individuo posee acerca del concepto.

Los resultados obtenidos sugieren futuras líneas de investigación que permitan plantear nuevos abordajes didácticos para lograr el cambio conceptual en varias dimensiones correspondientes tanto a los *logogens* (unidades verbales) como a los distintos tipos de *Imagens* (ecuaciones, gráficas y dibujos). No será sino modificando todas las dimensiones que existen en la representación de un concepto que posee un estudiante, que se logrará el cambio conceptual buscado.

REFERENCIAS

- Alexander, P. A. y Jetton, T. L. (2000). Learning from Texts: A multidimensional and developmental perspective. En M. P. Kamil (Ed.), *Handbook of Research of Reading* (pp. 285-310). N. J.: Lea Inc.
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62, 750-762.
- Beichner, R. J. (1996). The impact of video motion analysis on kinematics graph interpretation skills. *American Journal of Physics*, 64, 1272-1277.
- Bollen, L., De Cock, M., Zusa, K., Guisasaola, J. y van Kampen, P. (2016). Generalizing a categorization of students' interpretations of linear kinematics graphs. *Physical Review Physics Education Research*, 12, 010108-1-10.

- Chi, M. T. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. En R. N. Giere, y H. Feigl (Eds.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science* (pp. 129-186). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Chi, M. T. (2008). Three types of conceptual change. Belief Revision, Mental Model Transformation and categorical shift. En Vosniadu (Ed.), *Handbook of research on conceptual change*. (pp. 61-82). Hillsdale, N. J: Erlbaum.
- Chi, M. T. (2013). Two kind and four sub-types of misconceived knowledge way to change it, and learning outcomes. En S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (pp. 49-70). Londres: Routledge.
- Glazer, N. (2011). Challenges with graph interpretation: a review of the literature. *Studies in Science Education*, 47(2), 183-210.
- Ledesma, L. T. (2018). La Comprensión de Textos de Física a Nivel Universitario Básico. El Caso De La Aceleración. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Catamarca.
- Ledesma, L. T. y Pocoví, M. C. (2013). Ontología del concepto de Aceleración: Su comprensión mediante el aprendizaje a partir de textos. *Latin American Journal of Physics Education*, 7(1), 68-78.
- Maeyoshimoto, J. E., Granchetti, H. e Idoyaga, I. (2016). El uso y la cantidad de información de gráficos en un libro de texto de física. *Revista de Enseñanza de la Física*. 28(Extra), 287-295.
- Marradi, A., Archenti, N. y Piovani, J. I. (2012). *Metodología de las ciencias sociales*. Bs. As.: Cengage Learning.
- Mc Dermott, L. C., Rosenquist, M. L. y van Zee, E. H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics*, 55, 503-513.
- Pala, L., Scancich, M. y Yanitelli, M. (2017). Desarrollo de habilidades cognitivas asociadas a las gráficas de datos experimentales en estudiantes de ingeniería: su incidencia en la modelización, *Revista de Enseñanza de la Física*, 29(Extra), 197-206.
- Planinic, M., Ivanjek, L., Susac, A y Milin-Sipus, Z. (2013). Comparison of university students understanding of graphs in different contexts, *Physical Review Physics Education Research*, 9, 02010-3.
- Pocoví, M. C. (2007). The effects of a history-based instructional material on the students' understanding of field lines. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(1), 107-132.
- Pocoví, M. C. y Ledesma, L. T. (2019). Comprensión del sistema simbólico que representa conceptos tipo proceso. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31(Extra), 613-620.
- Reiner, M., Slotta, J. D., Chi, M. T. y Resnick, L. B. (2000). Naive physics reasoning: A commitment to substance-based conceptions. *Cognition and Instruction*, 18, 1-34.
- Sadoski, M. y Paivio, A. (2004). A Dual Coding View of imagery and verbal processes in reading comprehension. En Ruddell, R. B y Ruddell, M. R. y Singer, H. (Eds.), *Theoretical Models and Processes of Reading*, 4^o Ed., 1329-1362. Newark, DE: International Reading Association.
- She, H. C. (2004). Fostering "Radical" conceptual change through dual situated learning model. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(2), 142-164.
- Slotta, J. D. y Chi, M. T. (2006). Helping students understand challenging topics in science through ontology training. *Cognition and Instruction*, 24, 261-289.
- van den Broek, P. (2008). Cognitive processes in comprehension of science texts: The role of co-activation in confronting misconceptions. *Applied Cognitive Psychology*, 22(3), 335-351.

ANEXO I

Prueba 1: Lea la siguiente oración y luego realice la actividad solicitada.

Oración: "Me muevo de forma acelerada."

Realice un dibujo de la situación descrita en la oración anterior que muestre los detalles que Ud. considera importantes.

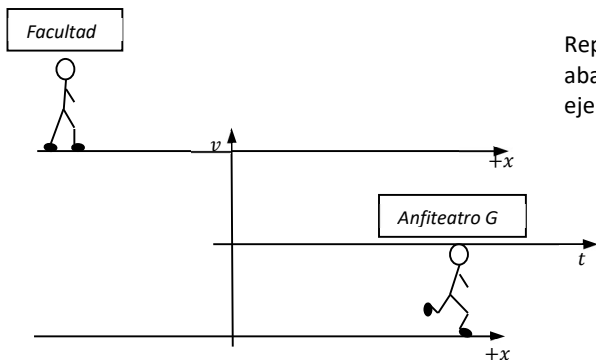
Prueba 2: Lea el siguiente relato y luego realice la actividad solicitada.

"Tengo que ir desde la Facultad hasta el Anfiteatro G para rendir un parcial. Para llegar a tiempo, me muevo de forma acelerada."

Realice un dibujo de la situación descrita en el relato anterior que muestre los detalles que Ud. considera importantes.

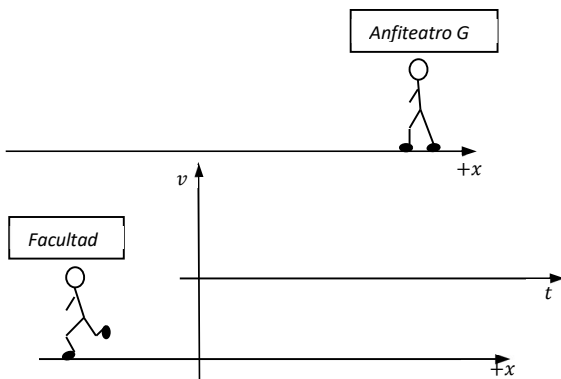
ANEXO II (por cuestiones de espacio, la distribución de los enunciados y dibujos es más reducida que en la versión presentada a los estudiantes)

Prueba 1: Un estudiante realizó dos esquemas que muestran una situación en la que él se mueve de forma acelerada para ir desde la Facultad hacia el Anfiteatro G.



Represente las dos situaciones esquematizadas en la gráfica de abajo, cuyo eje vertical es la magnitud de la velocidad y cuyo eje horizontal representa el tiempo.

Prueba 2: Un estudiante realizó dos esquemas que muestran una situación en la que él se mueve de forma acelerada para ir desde el Anfiteatro G hacia la Facultad.



Represente las dos situaciones esquematizadas en la gráfica de abajo, cuyo eje vertical es la magnitud de la velocidad y cuyo eje horizontal representa el tiempo.