

Textos con imágenes secuenciadas como herramienta para mejorar la interpretación de gráficos

Texts with sequential images as a tool for enhancing graphical interpretation

M.^a Cecilia Pocoví¹, Liliana Ledesma¹ y Marta Pesa²

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

²Universidad Tecnológica Nacional, Rivadavia 1050, San Miguel de Tucumán, CP 4000, Tucumán, Argentina.

*E-mail: cpocovi@gmail.com

Resumen

La presente investigación describe las diferencias que existen en la interpretación de gráficos lograda a partir de dos tipos de textos: uno que contiene imágenes presentadas en forma secuencial, aumentando su complejidad de manera progresiva y otro que muestra solamente la última imagen de la secuencia. En ambos casos, las imágenes son acompañadas de explicaciones en formato lingüístico. El grupo de alumnos participantes pertenecen a un primer curso de Física de una tecnicatura universitaria y el tema presentado en los textos es el de curvas de posición en función del tiempo en un movimiento unidimensional. La metodología utilizada corresponde a un estudio de caso mediante el cual se logró describir las dificultades de interpretación de gráficos a partir de la lectura de cada tipo de texto. Se concluye que, si bien algunos alumnos siguen manifestando dificultades en la lectura de las gráficas, otro grupo de alumnos logra realizar la interpretación correcta a partir del aprendizaje realizado mediante el texto con imágenes secuenciadas.

Palabras clave: Textos; Interpretación gráfica; Imágenes secuenciadas; Cinemática

Abstract

This work addresses the differences between the interpretation of graphs that is achieved from two types of texts: those that show images presented in a sequential way, ordered in increasing complexity, and those that only show the last image of the sequence. In both cases, images are accompanied by linguistic explanations related to the shown pictures. The subjects of this study were students from a first Physics course of a university technical degree (undergraduate) and the selected topic for the texts was the physical interpretation of the curves that represent position against time for a one-dimensional motion. The study was carried out through a Case Study methodology that allowed to describe some graph-interpretation difficulties that were detected when learning from each type of text. It is concluded that even though some students continue to show difficulties in the interpretation of those graphs, some of them were able to enhance their interpretation when reading the text with sequenced images.

Keywords: Texts; Graphical interpretation; Sequential images; Kinematics.

I. INTRODUCCIÓN

Es sabido que la lectura constituye uno de los procesos más relevantes en el aprendizaje de las ciencias a nivel universitario (Nist y Simpson, 2000; Kelly, 2007; Phillips y Yarden, 2017). En la situación de enseñanza exclusivamente virtual producida en el actual contexto de restricciones establecidas por la pandemia y, en particular, en localidades en donde la mayoría de los alumnos no cuentan con computadoras para acceder a las clases dictadas a través de los sistemas de video conferencia, los textos complementarios a dichas clases se tornan un instrumento indispensable

para lograr el aprendizaje.

A la situación descrita se le agrega la complejidad de los contenidos de Física: éstos no pueden enseñarse solamente mediante palabras, como sí sucede con la mayoría de los contenidos de las ciencias sociales, sino que también involucran el lenguaje simbólico correspondiente a ecuaciones y gráficos que tienen su génesis en conceptos matemáticos. Extendiendo la idea de Taschow (1972) acerca del lenguaje matemático, en Física, también se tiene "un lenguaje adentro de otro lenguaje". En el caso de los gráficos de una variable en función de otra, los libros de texto de Física básica a nivel universitario, comienzan a presentarlos para el caso de contenidos de cinemática en los cuales se muestran las gráficas (posición, velocidad y aceleración en función del tiempo) en un formato ya terminado, es decir, se presenta la forma de dichos gráficos para los distintos movimientos y su interpretación se supone suficientemente descripta mediante las ecuaciones correspondientes. Si bien la interpretación de un gráfico sencillo es prácticamente "automática" para una persona experimentada, la realidad de los alumnos novatos en Física dista mucho de esta situación. La consigna "dado el siguiente gráfico $x = x(t)$, describa la situación física que representa", constituye un reto que escasos alumnos logran realizar con éxito. La lectura de los gráficos (o su interpretación) involucra una serie de pasos que generalmente no son identificados ni explicitados mediante textos lingüísticos que los acompañen.

En el presente artículo se describen algunos aspectos en los que mejora la interpretación de gráficos de posición en función del tiempo cuando los alumnos aprenden a hacerlo a partir de textos diseñados específicamente para describir la secuencia de los pasos a seguir para lograrla.

II. ESTADO DEL ARTE Y MARCOS TEÓRICOS SELECCIONADOS

Esta investigación involucra varios aspectos del aprendizaje de la Física: a) la codificación de la información en los textos, b) el aprendizaje de conceptos de ontología tipo Proceso y c) la comprensión de gráficas a nivel universitario. Así, presentaremos de manera resumida algunos resultados de investigaciones previas.

En cuanto al primero de los aspectos enumerados, dentro de las investigaciones en el área de comprensión lectora algunos estudios se han referido a los distintos modos de codificación que se incluyen en los textos, siendo este caso muy relevante para los textos de Física. Alexander y Kulikowich (1994) describieron a los textos de esta disciplina como "bilingües" ya que constituyen un ejemplo por excelencia del uso del sistema lingüístico (palabras, frases) acompañado por el sistema simbólico (ecuaciones y gráficos). Alexander y Jetton (2000) señalaron que el proceso de traducción de un sistema a otro que deben realizar los lectores se ve facilitado cuando el texto mismo contiene aclaraciones en palabras referidas al sistema simbólico. O sea, los requerimientos de procesamiento de la información leída aumentan cuanto menos abundantes y explícitas son las traducciones lingüísticas presentes en los textos (Alexander y Jetton, 2000). Sadoski y Paivio (2013/2004) presentaron su Teoría de codificación dual (TCD) que luego refinaron (Sadoski y Paivio, 2013). En ella establecen las diferencias que existen entre las unidades básicas de las representaciones mentales obtenidas a partir de experiencias verbales, llamadas Logogens, y aquellas creadas a partir de experiencias no verbales, denominadas Imagens (escrita con mayúscula para distinguirla del sustantivo "imagen", en castellano). Ambos tipos de unidades se organizan en sistemas o códigos llamados Verbal y No Verbal que poseen estructuras diferentes. Por un lado, las unidades Logogens se organizan por ligaduras denominadas secuenciales de manera tal que las unidades más chicas (letras, por ejemplo) pueden agruparse, siguiendo ciertas restricciones y jerarquías, en unidades más grandes (palabras, por ejemplo). En cambio, los Imagens se organizan en un sistema que se caracteriza por tener una estructura más continua y anidada que implica que los elementos de una imagen no pueden ser separados tan fácilmente en elementos discretos (como sí sucede con los fonemas, las palabras y las frases). En otras palabras, los sistemas No Verbales son "más holísticos y simultáneos" (Sadoski y Paivio, 2013/2004, p. 890). La característica holística de los sistemas No Verbales podría llegar a ser una desventaja cuando se presentan imágenes para enseñar un tema. Por ejemplo, si se presenta un gráfico de posición en función del tiempo en su versión ya acabada, y se espera que los alumnos interpreten la Física asociada a él, estamos requiriendo que los alumnos aislen e identifiquen los elementos relevantes de un gráfico para poder realizar correctamente la interpretación. Si bien los Imagens son considerados como una ayuda para comprender y recordar conceptos concretos pues contribuyen a "sumar sustancia sensorial concreta al significado" (p. 892), es difícil comprender y hasta encontrar Imagens que representen ideas más abstractas y, por esa razón, estas ideas son más difíciles de entender pues "la codificación del lenguaje abstracto es primariamente una cuestión de asociaciones verbales" (p. 897). O sea, el sistema lingüístico toma un papel relevante en la comprensión de conceptos abstractos. Los gráficos de variables cinemáticas en función del tiempo, son un ejemplo de ideas abstractas ya que en el plano formado por dos ejes ortogonales se representa cómo cambia a una variable en función de otra. Podría pensarse que explicaciones lingüísticas detalladas sumadas a la presentación secuencial de gráficos, faciliten el aprendizaje del proceso de su interpretación. Así, se seleccionó el marco teórico de la TCD de Sadoski y Paivio (2013/2004) para guiar el planteo de esta investigación, en cuanto a elegir una serie de imágenes secuenciadas de gráficos (para facilitar el aislamiento de sus elementos y de los pasos a seguir en su interpretación) y su correspondiente complementación

con el sistema Verbal (para ayudar en la comprensión de una idea abstracta).

El segundo aspecto tenido en cuenta en esta investigación fueron las contribuciones realizadas por Chi (1992, 2008 y 2013), que resultan fundamentales en el área de comprensión de la ontología de los conceptos. De manera resumida, su teoría sobre cambio conceptual detalla las dificultades más comunes que existen en el aprendizaje de conceptos pertenecientes a dos categorías ontológicas: Materia y Proceso (esta última engloba los conceptos más difíciles de comprender). En el caso de la interpretación de las gráficas de la posición en función del tiempo para el movimiento unidimensional, la conclusión acerca de si el movimiento es acelerado -o no- requiere considerar un intervalo de tiempo (cambio en el tiempo o diferencia entre dos tiempos) y el desplazamiento correspondiente (cambio en la posición o diferencia entre dos posiciones). Los conceptos que se definen con base en cambios o incrementos, corresponden a conceptos tipo Proceso y la dificultad más generalizada en su comprensión radica en que los alumnos tienden a asociar el cambio de una variable con la variable en sí. Por esa razón, el presente trabajo también incorporó los aportes de la teoría de Chi (1992, 2008 y 2013) para guiar qué aspectos deben resaltarse en las explicaciones verbales acerca de cómo interpretar las gráficas de la posición en función del tiempo, *i. e.*, deberán incluirse referencias a la elección de un intervalo de tiempo y su correspondiente desplazamiento (cambio de posición).

El problema de la lectura, comprensión y construcción de gráficos en cinemática ha sido abordado desde hace décadas, lo cual muestra la relevancia y complejidad del tema en el área del aprendizaje de la Física. Mc Dermott, Rosenquist y van Zee, (1987) realizaron un estudio exhaustivo en el cual se identificaron diferentes problemas de comprensión de gráficas de estudiantes universitarios. Uno de los problemas señalados consiste en que los estudiantes se concentran sólo en la pendiente de una curva de posición versus tiempo; así, llegan a la conclusión de que el móvil *“aumenta su velocidad pues la curva es creciente”* (p. 505). Los autores proponen la presentación simultánea de gráficos de la misma forma para resaltar las diferencias entre la información que provee cada uno. Leinhardt, Zaslavsky y Stein (1990) realizaron una revisión de trabajos de investigación llevados a cabo tanto en la escuela media como a nivel universitario, acerca del aprendizaje y enseñanza de gráficas en diferentes ciencias (biología, física, matemática, entre otras). En su revisión, clasifican las respuestas incorrectas de los estudiantes, señalando que muchos alumnos confunden un intervalo con un punto. Bleichner (1996), trabajó con videos que permiten el análisis de un movimiento y estudió su influencia sobre la interpretación de gráficos. Glazer (2011) realizó una revisión de las investigaciones sobre las dificultades de los estudiantes en la interpretación de gráficos en distintas áreas y concluye que debe ser explícitamente enseñada dada la complejidad de esta capacidad. Bollen, De Cock, Zusa, Guisasola 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 y otros a cursos basados en cálculo y se encontraron algunas falencias comunes entre ellos. Con base en sus resultados, Bollen *et al.* (2016) abogan por la enseñanza tanto cualitativa como cuantitativa de los gráficos de la cinemática lineal. Pala, Scancich y Yanitelli (2017) estudian el desarrollo de habilidades cognitivas en estudiantes de Ingeniería, relativas a la interpretación de gráficos de velocidad en función del tiempo obtenidos a partir de experiencias de laboratorio. 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 en las que se utilicen, para enseñar ese proceso, gráficos secuenciados acompañados de la descripción lingüística del proceso de interpretación de éstos.

III. PROBLEMA Y PREGUNTA DE LA INVESTIGACIÓN

Las investigaciones previas muestran que los alumnos manifiestan serias dificultades en diversos aspectos del trabajo con gráficas de una variable en función de otra. Estos problemas se presentan tanto en la construcción como en la interpretación (o lectura) de los gráficos y son generalizados tanto en el nivel de enseñanza media como en el universitario. Siendo la representación gráfica una parte esencial de la comunicación de la información en carreras científico-tecnológicas, es imperioso que se busquen formas de facilitar el aprendizaje de los estudiantes que deberán recurrir a ella a lo largo de su vida académica y profesional. En esta investigación nos centramos en el proceso de interpretación de gráficas ya realizadas (y no en el proceso de construcción).

Con base en lo ya investigado, en este trabajo se avanza examinando si existen diferencias en la interpretación de gráficos a partir de dos tipos de textos: aquellos que contienen imágenes presentadas en forma secuencial, aumentando su complejidad de manera progresiva, y acompañados de explicaciones lingüísticas y aquellos que muestran solamente la última imagen de la secuencia y cuya explicación lingüística se refiere al gráfico completo.

IV. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN Y METODOLOGÍA ELEGIDA

Esta investigación se llevó a cabo con alumnos de la asignatura Física General correspondiente a la Tecnicatura Universitaria Industrial Electromecánica en San Antonio de los Cobres (provincia de Salta) cuya primera edición se concretó en el presente año. La asignatura pertenece al primer año y primer cuatrimestre de la carrera. Por las restricciones existentes en el contexto de la pandemia de covid-19, el dictado del curso y la interacción con los estudiantes es de carácter exclusivamente virtual. Todos los alumnos realizaron el curso de ingreso obligatorio y no eliminatorio de la universidad, pero ningún estudiante de este grupo lo aprobó. En el momento del cursado de Física General, los alumnos todavía no han tenido en su currículo los conceptos de límite, derivada ni integrales; por lo tanto, la presentación de los conceptos de cinemática se realiza con base en incrementos finitos y la idea de velocidad y aceleración utilizada se refiere a los valores promedio de estas variables. De los 178 estudiantes anotados inicialmente, 28 permanecieron hasta la tercera semana en la que se comenzó a estudiar cinemática, sin haber realizado ninguna prueba eliminatoria en el curso. Una situación similar se planteó en las otras asignaturas de la carrera (Matemática, Química General e Introducción a la Tecnología). Cabe aclarar que la gran mayoría de los estudiantes no cuenta con computadoras para presenciar las clases y, por ende, complementarlas con material escrito resulta indispensable. El nivel de escritura y lectura de los alumnos podría calificarse como el de lectores “*en aclimatación*” (Alexander y Jetton, 2000) ya que, además de ser su primer encuentro con la Física a nivel universitario, también se expresan de manera sencilla y con notorias falencias en la estructuración de las oraciones que arman.

Los 28 estudiantes participaron en el estudio y constituyen una muestra intencional (Merriam, 1998). Se decidió implementar la metodología de estudio de caso, que permite lograr la descripción, interpretación y comprensión del objeto bajo estudio (Marradi, Archenti y Piovani, 2012) que, en este caso, es el aprendizaje del proceso de interpretación de gráficos de posición en función del tiempo.

V. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN Y SUS RESULTADOS

El segundo tema del curso corresponde a cinemática y comienza con movimiento en una dimensión, definiendo posición, desplazamiento, velocidad y aceleración. En la clase teórica se presentaron estos conceptos (con el apunte escrito correspondiente) y luego, antes de realizar la deducción de las ecuaciones para los movimientos uniforme y uniformemente acelerado como se presenta en la mayoría de los libros, se explicó de forma genérica cómo se pueden graficar la posición y la velocidad en función del tiempo para cualquier movimiento. Posteriormente, se trabajó con los textos diseñados de la siguiente manera.

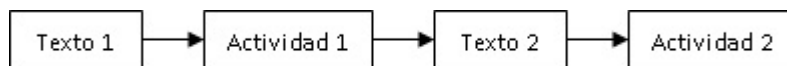


FIGURA 1. Esquema de la investigación.

Se diseñaron dos textos que describen cómo se realiza la interpretación física de curvas de posición en función del tiempo para llegar a comparar velocidades promedio en distintos tramos. Estos textos se utilizaron para lograr una aproximación posterior al concepto de velocidad instantánea. El primer texto (T1) muestra una gráfica de la posición en función del tiempo de manera acabada (típica de los libros de texto) con una explicación corta acerca de la velocidad promedio en los distintos tramos. En este tipo de gráfico, que corresponde al código No Verbal (que generan Imagens) de la TCD, se libra al lector el desagregado de los distintos elementos presentes en el dibujo (Imagens anidados). Más aún, las explicaciones lingüísticas correspondientes a su interpretación son escasas lo cual, según la misma teoría, no ayuda a comprender ideas abstractas como las que, en este caso, se muestran en el gráfico. El segundo texto (T2) muestra una secuencia de gráficos que se van complejizando a medida que se realiza la interpretación por medio del Sistema Verbal que acompaña a las figuras. Así, los distintos elementos componentes de la unidad No Verbal acabada se van incorporando de manera paulatina y son explicados en palabras lo cual, según la TCD, ayudaría a la comprensión de conceptos abstractos. Más aún, las explicaciones verbales apuntarán a resaltar los “*cambios*”, “*incrementos*” o “*deltas*” que son característicos de los conceptos tipo Proceso, como lo son los intervalos de tiempo y el desplazamiento. Luego de cada una de las lecturas, los alumnos llevaron a cabo una Actividad de carácter virtual, individual y escrita.

En la figura 2 se muestra la secuencia de gráficas que se presentan en el texto T2 y las explicaciones correspondientes. Por razones de espacio, la disposición de la serie de imágenes y el texto asociado a cada una es mostrada de forma agrupada mientras que, en el texto original presentado a los alumnos, estas figuras son colocadas una debajo de la otra con el texto explicativo al costado de cada imagen. En el texto T1, se muestra solamente la figura 2 (vi).

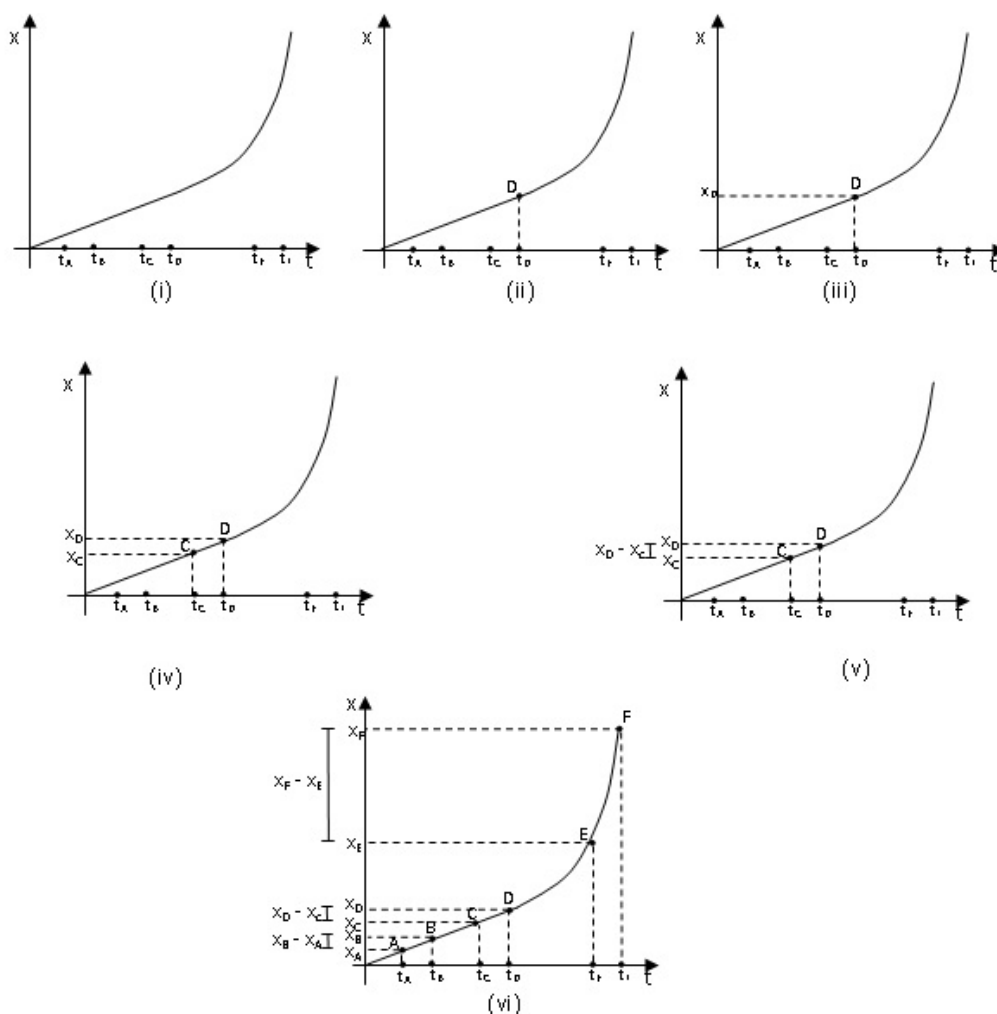


FIGURA 2. Secuencia de pasos a seguir para comparar los desplazamientos correspondientes a intervalos iguales de tiempo.

Las explicaciones verbales que acompañan a cada una de las figuras en el texto T2 son las siguientes:

(i) La figura muestra una curva que describe cómo cambia la posición de un móvil que se mueve a lo largo del eje x , a medida que pasa el tiempo. En el eje temporal se indican los tiempos t_A , t_B , t_C , t_D , t_E y t_F . Nuestro objetivo será comparar cualitativamente (sin otorgar valores) el tamaño (magnitud) de la velocidad promedio en distintos intervalos de tiempo. Recuerden que hemos definido a la velocidad promedio como el cambio en la posición del móvil en cierto intervalo de tiempo. Entonces, no basta con mirar qué es lo que sucede en cada tiempo individual, sino que tendremos que determinar qué cuál es el cambio de la posición en cada intervalo de tiempo que elijamos. O sea, tendremos que identificar un intervalo de tiempo (resta de dos tiempos) y su correspondiente desplazamiento (cambio o resta de dos posiciones). De la figura, se puede apreciar que los intervalos de tiempo entre t_A y t_B , t_C y t_D , t_E y t_F son iguales (o sea, el tamaño del segmento entre cada par de tiempos es el mismo);

(ii) Para lograr determinar los desplazamientos o cambios de posición en los distintos intervalos de tiempo, primero identificaremos la posición individual que corresponde a cada tiempo para luego, hacer la diferencia entre las dos. Por ejemplo, para identificar el punto de la curva que corresponde al tiempo t_D , se traza una paralela al eje de las posiciones hasta que corta la curva (en palabras simples, “se sube” desde el t_D hasta la curva) y se marca el punto D correspondiente;

(iii) Para averiguar la posición que tiene el móvil en el tiempo t_D , se traza una paralela al eje de los tiempos hasta que corta el eje de las posiciones. Allí, se indica la posición x_D ;

(iv) Lo mismo se puede hacer para el tiempo t_C ;

(v) el segmento mostrado sobre el eje x , indica la magnitud del desplazamiento entre x_C y x_D ;

(vi) Se trabaja de la misma manera para conseguir las posiciones y desplazamientos para los distintos intervalos de tiempo mostrados. De esta última figura, se puede apreciar que, siendo los intervalos de tiempo iguales, el desplazamiento entre A y B es el mismo que aquel entre C y D , lo cual significa que la velocidad promedio en ambos tramos es la misma ya que el cambio en la posición en los dos intervalos de tiempo, tiene el mismo valor. En cambio, el desplazamiento entre C y D es más pequeño que aquel entre E y F por lo que, se puede decir que la velocidad promedio en el tramo $C-D$ es menor que la

del tramo E-F.

Como ya se dijo, en el Texto 1 sólo se muestra la figura 2 (vi) y la explicación verbal que la acompaña (similar a la que se presenta en los libros de texto) es:

Gráfica posición-tiempo para una partícula que se mueve a lo largo del eje x . Se muestran tres intervalos de tiempo iguales. En los dos primeros tramos, A-B y C-D, el desplazamiento es del mismo tamaño y, por lo tanto, la velocidad promedio es la misma mientras que en el tercero (E-F), el desplazamiento es mayor y, por lo tanto, la velocidad promedio, también.

Luego de cada lectura se requirió a los estudiantes realizar una actividad escrita, individual, sin consulta de apuntes y virtual. Este grupo de estudiantes ya había tenido dos pruebas previas (una del curso de Matemática y otra del mismo curso de Física, acerca del tema Errores de medición) por lo que realizar pruebas virtuales con cámara abierta no resultaba una novedad. A las actividades desarrolladas después de leer T1 y T2 las denominaremos A1 y A2, respectivamente, para hacer referencia al momento en el que fueron realizadas. Las gráficas con las que se trabaja en ambos casos son similares; por cuestiones de espacio, la figura 3 muestra la gráfica (a) correspondiente a A1 y la (b) correspondiente a A2. El enunciado de ambas actividades es idéntico:

El siguiente gráfico -ver figura 3 (a) o (b) de acuerdo a la actividad- muestra la posición en función del tiempo para una partícula que se mueve sobre el eje x . En el eje temporal se indican los tiempos t_a , t_b , t_c y t_d . Los intervalos de tiempo entre t_a y t_b y entre t_c y t_d son iguales. Compare cualitativamente las velocidades promedio en los intervalos de tiempo A-B y C-D (mayor/menor/igual). Justifique su respuesta con una explicación detallada acerca de cómo llega a su conclusión. Respuestas sin justificación, no tienen puntaje. Puede ayudarse completando el gráfico con lo que considere necesario.

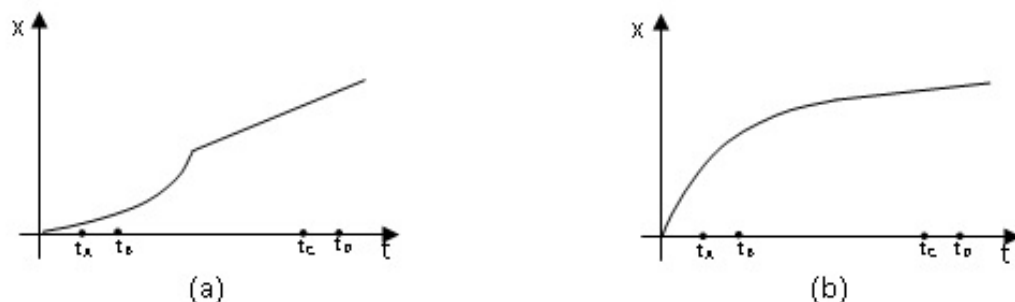


FIGURA 3. (a) Gráfico de $x = x(t)$ presentado en A1. (b) y Gráfico de $x = x(t)$ presentado en A2.

A. Resultados de la Actividad A1

En el análisis de las respuestas se tuvieron en cuenta tanto las conclusiones explicadas en palabras como los agregados realizados por los estudiantes al gráfico original. Con base en las respuestas de los alumnos, se generaron tres categorías que indican si fueron capaces de aislar los elementos relevantes del gráfico para interpretar su contenido. La clasificación fue realizada por dos investigadores independientes y, luego, las discrepancias fueron consensuadas.

- NR: No Resuelve o es ininteligible. en esta categoría se encuentra la mayoría de los alumnos (17).
- T-I (Tiempo en lugar de Intervalo): En esta categoría, los alumnos (4) mencionan en su explicación que la curva es creciente para un tiempo individual o dibujando una recta vertical desde algún tiempo particular.
- A-D (Altura en lugar de desplazamiento): En esta categoría, los alumnos (7) se refieren al valor de la velocidad como mayor cuanto más alta es la curva, o sea, asocian el valor de la posición con la velocidad.

Como se puede apreciar, no se obtuvo ninguna respuesta correcta que debería basarse en la comparación del tamaño de los desplazamientos para cada uno de los intervalos (iguales). Los estudiantes no lograron aislar (Sadovski y Paivio, 2013/2004) o identificar los elementos relevantes del gráfico (intervalos, desplazamientos) y los que esbozaron alguna explicación no se refirieron a cambios en las variables (temporal o de posición) por lo que la característica de Proceso (Chi, 2013) del concepto de velocidad no fue manifestada en su explicación.

B. Resultados de la Actividad A2

En las respuestas de los estudiantes a la Actividad 2, todavía se mantuvieron algunas que pertenecen a las ya mencionadas (NR y A-D) aunque en menor cuantía. Así, las respuestas NR fueron 9 y las A-D fueron 6 de las cuales,

una sola corresponde a un alumno que había contestado previamente en esta categoría y las otras cinco, corresponden a alumnos que previamente no habían resuelto la A1.

Sin embargo, hubo también otras categorías que pasan a describirse:

- RC: respuesta correcta. En esta categoría se incluyeron 8 respuestas en las cuales los alumnos se refirieron a los intervalos de tiempo y sus correspondientes desplazamientos para establecer cualitativamente la relación (mayor, menor, igual) entre las velocidades promedio de los intervalos. En este caso, puede decirse que los alumnos lograron aislar los elementos importantes de las gráficas (Sadoski y Paivio, 2013/2004) e incluir los cambios de tiempo y de posición en sus explicaciones lo cual resulta necesario para describir adecuadamente un concepto tipo Proceso.

- RPC 1: Son respuestas parcialmente correctas. En esta categoría se incluyeron aquellas respuestas en las que el estudiante identifica en el dibujo las posiciones correspondientes a los tiempos dados; sin embargo, su conclusión acerca del tamaño de las velocidades promedio se basa en la altura de la curva. Si bien la relación entre la velocidad promedio y la altura de la curva es también característica de la categoría A-D, en estas respuestas se vislumbra una consideración del intervalo de tiempo y de los desplazamientos, aunque no sea luego utilizada en la conclusión final y sólo se muestre a nivel de dibujo sobre el gráfico. En esta categoría se clasificaron 3 alumnos.

- RPC 2: En este tipo de respuesta, los alumnos (2) concluyeron correctamente acerca de la relación entre las velocidades promedio, pero se refirieron verbalmente al desplazamiento en cada tiempo (en lugar de en cada intervalo de tiempo) y no agregaron nada en el gráfico dado en el enunciado.

VI. CONCLUSIONES

Se llevó a cabo el análisis de las respuestas a las pruebas realizadas con dos textos, a nivel descriptivo general. Mientras que en el texto T1 se presenta una gráfica acabada acompañada de su interpretación en palabras, en el texto T2, se muestra (gráfica y verbalmente) la secuencia de pasos mediante los cuales se llega al formato final y a la interpretación final. Desde el punto de vista de la TCD de Sadoski y Paivio (2013/2004) y de la Teoría ontológica de Chi (2013), el texto T2 ayudaría a aislar los elementos relevantes de un gráfico, de otra manera anidado, y a señalar las características ontológicas del concepto a identificar en la gráfica. Si bien los resultados del aprendizaje con el texto (T2) distan de ser ideales, se detectó una notable mejora en las respuestas de los alumnos. Estas mejoras se manifestaron en que varios estudiantes pudieron identificar los elementos relevantes de una unidad no verbal y que representa una idea abstracta como lo es un gráfico de posición en función del tiempo.

En la revisión bibliográfica se mostró que los textos de Física poseen una característica “*bilingüe*” que sirve para aclarar los conceptos presentados. Los resultados de la presente investigación abren la puerta a futuros estudios en los cuales, por ejemplo, se amplíe el formato de unidades no verbales (gráficas, dibujos, fotos) que son presentadas en forma desagregada y secuencial para estudiar su influencia en la comprensión de los conceptos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la Agencia de Promoción Científica y Tecnológica por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo mediante el subsidio correspondiente al proyecto de investigación PICT-2019-2260.

REFERENCIAS

Alexander, P.A, y Kulikowich, J. (1994). Learning from a Physics text: A synthesis of recent research. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(9), 895-911.

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* (285-310). N.J.: Lea Inc.

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., Guisasola, 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* (129-186). Minneapolis: MN: University of Minnesota Press.

- Chi, M. T. (2008). Three types of conceptual change. Belief Revision, Mental Model Transformation and categorical shift. En S. Vosniadu (Ed.), *Handbook of research on conceptual change*. (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. Vosniadu (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (49-70). Londres: Routledge Handbooks.
- Glazer, N. (2011). Challenges with graph interpretation: a review of the literature. *Studies in Science Education*, 47(2), 183–210.
- Kelly, G.J. (2007). Discourse in Science Classrooms. En S. Abell y N.G. Lederman (Eds.). *Handbook of Research on Science Education* (443-470). Londres: LEA, Publishers.
- Leinhardt, G., Zaslavsky, O. y Stein, M. K. (1990). Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning, and teaching, *Review of Educational Research*, 60(1),1-64.
- 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., van Zee, E. H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics*, 55, 503-513.
- Merriam, S. (1998). *Qualitative research and case study applications in education*. San Francisco (USA): Jossey Bass.
- Nist, S., y Simpson, M. (2000). College studying. En M. Kamil, P. Mosenthal, P. D. Pearson y R. Barr (Eds.), *Handbook of reading research*. (Vol. III, 645-666). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- 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.
- Phillips M. P y Yarden, A. (2017). Structure, Epistemology and Metalanguage, foundations in reading comprehension of scientific texts. En S. E. Israel (Ed.) *Handbook of Research on Reading Comprehension*. (2a ed.) (428-441). New York: Guilford Press.
- Sadoski, M. y Paivio, A. (2013). A Dual Coding Theoretical Model of reading, En D.E. Alvermann, N. J. Unrau y R. B. Ruddel (Eds.) *Theoretical Models and Processes of Reading* (6a ed.). Newark, DE: IRA. (Trabajo Original publicado en 2004 *Theoretical Models and Processes of Reading* (5a ed.). En R. B. Ruddell y N. J. Unrau (Eds.), Newark, DE: IRA).
- Taschow, H. G. (1972). Reading in mathematics. *Improving college and university teaching*, 20(4), 312-314.

