

INTERPRETACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE GRÁFICAS CARTESIANAS POR ESTUDIANTES DE INGENIERÍA EN UN CONTEXTO DE LABORATORIO

INTERPRETATION AND CONSTRUCTION OF CARTESIAN GRAPHS BY ENGINEERING STUDENTS IN A LABORATORY CONTEXT

Arianna Berenice Garza Kanagusico, José David Zaldívar Rojas, Carlos Eduardo Rodríguez García

Universidad Autónoma de Coahuila (México)

ariannagarzak@hotmail.com, david.zaldivar@uadec.edu.mx, crodriguezgarcia@uadec.edu.mx

Resumen

La presente investigación en curso tiene por objetivo el análisis de la interpretación y construcción de gráficas cartesianas en estudiantes de primer semestre de Ingeniería Física, dentro de situaciones experimentales en un contexto de laboratorio de física. Para ello, utilizamos una metodología etnográfica para la toma de datos e integramos a esta investigación un marco de referencia donde se considera a la graficación desde un enfoque de práctica social. Para el análisis se hace uso de cinco componentes en ambientes científicos según los trabajos de Roth (1999). La intención es dar cuenta de los enfrentamientos, dificultades y participación de los estudiantes en la práctica social de graficación analizada a la luz de las componentes propuestas por Roth. Se presentan algunos primeros resultados del análisis de las dificultades en la interpretación y construcción de gráficas cuando los estudiantes discuten datos tomados de un experimento relacionado con el movimiento rectilíneo uniforme.

Palabras clave: graficación, experimentación, etnografía, práctica social

Abstract

This ongoing investigation is aimed at analyzing the interpretation and construction of Cartesian graphs by first-semester students of Physics Engineering, within experimental situations in the context of a physics laboratory. With this aim in mind, we used an ethnography methodology for data collection and integrated a frame of reference where graph representation is considered from a social-practice approach. For the analysis, five components in scientific environments, according to the works of Roth (1999), are used. It is intended to give an account of the confrontations, difficulties and participation of students in the social practice of graph representation analyzed according to the components proposed by Roth. Some results of the analysis of the difficulties in the interpretation and construction of graphs are shown when the students discuss data taken from an experiment related to the uniform rectilinear movement.

Key words: graphing, experimentation, ethnography, social practice

■ Introducción

Hoy en día existe una clara separación entre la matemática escolar y el contexto de nuestros estudiantes, así como también con otras disciplinas. Por ejemplo, ¿cuántas veces se nos presenta el estudio de algún fenómeno físico o biológico para aprender conceptos matemáticos?, ¿cuántas veces en la clase de matemáticas se brinda la oportunidad al estudiante de modelar algún fenómeno real? De hecho, ¿en cuántas ocasiones se permite al estudiante experimentar dentro de la clase de matemáticas usando otros contextos? Para ello, es evidente la necesidad de contar con variables, datos, gráficas, ecuaciones, pero ¿se tiene claridad sobre cómo obtienen y manejan la información los estudiantes?, ¿qué tan difícil es para ellos obtener la solución o la respuesta del problema con el uso de las matemáticas? En ocasiones, varios de los problemas que se plantean dentro de carreras de ciencias requieren el manejo de datos e información que se obtiene de manera experimental, para después analizarse e interpretarse usando una gráfica. Lo anterior se debe principalmente a que las gráficas son piezas fundamentales para compartir y expresar una gran cantidad de información de manera concreta, además de que permiten trabajar con una gran cantidad de variables y visualizar patrones (Zaldívar, 2017). Con respecto al último aspecto, es importante mencionar que la transferencia de un contexto a otro, como lo es en la física, no es algo trivial para los estudiantes.

Por lo anterior, los estudiantes deben contar con competencias en el manejo de información y en la interpretación y construcción de gráficas cartesianas que expliquen el comportamiento de un fenómeno. A raíz de esto surge la interrogante que guía nuestra investigación: *¿cuáles son las principales confusiones o interrogantes de los estudiantes con respecto a la interpretación y construcción de gráficas cuando estas se elaboran con base en datos experimentales tomados de un fenómeno físico real?*

■ Revisión bibliográfica

Al respecto de dificultades en la interpretación y construcción de gráficas cartesianas en la clase de matemáticas, es importante mencionar los trabajos de Leinhardt, Stein y Zaslavsky (1990). Estas autoras, llaman la atención a las problemáticas centradas en las funciones y sus gráficas, debido al creciente reconocimiento de la potencialidad organizativa del concepto de función y la importancia de la gráfica cartesiana como herramienta científica para representar una gran cantidad de datos de manera visual y concreta.

Además, las principales dificultades que presentan los estudiantes y que las autoras anteriores señalan en su investigación dentro del tema de funciones y gráficas son las siguientes:

- Errores conceptuales sobre lo que es una función y cómo representar una función.
- Dificultades en relación con el concepto de variable.
- Problemas con notación.
- Dificultades en fijar escalas en los ejes del plano cartesiano.
- Tendencia hacia la linealidad.
- Poca noción del significado de regla de correspondencia.
- Confusión en el término intervalo/punto, altura/pendiente.
- Interpretaciones icónicas de gráficas cartesianas.
- La disponibilidad de tecnología gráfica afecta los resultados de interés de profesores y estudiantes.

Como se puede observar, la lectura de gráficas y su adecuada interpretación no parecen ser actividades triviales dentro de la escuela, aun cuando se le brinda importancia debido principalmente a las relaciones que guarda la gráfica con la noción de función. De hecho, Bowen y Roth (como se cita en Zaldívar, 2017), afirman que la *práctica de construir e interpretar gráficas*, es de central importancia en la realización de cualquier disciplina científica y

que uno de los aspectos primordiales es alcanzar un cierto grado de culturización en dicha práctica, esto es, cuando se es capaz de usar e interpretar gráficas de maneras que son típicas en una disciplina.

Por razones como las anteriores es que enfatizamos la dirección de este trabajo de investigación: caracterizar las dificultades de los estudiantes de nivel superior cuando construyen e interpretan gráficas cartesianas en el estudio de fenómenos realizados en ambientes experimentales, siendo este, nuestro objetivo de investigación. Trabajamos desde un enfoque cualitativo a la investigación, tomado para construir un marco de referencia que permita establecer las acciones e interacciones de los estudiantes al interpretar y construir gráficas cartesianas. Los investigadores que trabajan desde este enfoque, como lo es Roth, menciona que “el uso de las gráficas es una práctica social clave en el ámbito profesional científico” (Bowen, Roth y McGinn, 1999, p.1020).

■ Marco conceptual: la graficación como práctica social

Dentro de nuestro marco teórico consideramos los trabajos de Roth (Bowen, Roth, y McGinn, 1999) quien nos brinda una serie de componentes de análisis para la interpretación y construcción de gráficas, ya que ha dedicado sus investigaciones considerando a la Graficación como una Práctica Social. Al respecto, Roth menciona: “A menos que los estudiantes hayan participado suficientemente en la graficación como una práctica social, durante la cual experimentan cómo se toman las decisiones, sobre qué transformaciones ocurren a medida que los datos se obtienen y luego se trazan en gráficas, es poco probable que lleguen a interpretaciones” (Bowen, Roth, y McGinn, 1999, p. 1021).

Roth menciona que la graficación no debe considerarse una información procedimental que solo se “transfiere” a la cabeza de los estudiantes. Desde la perspectiva de Roth ver a la graficación como una práctica social se refiere a los grados de participación cada vez mayor en la construcción del conocimiento (Bowen, Roth, y McGinn, 1999, p. 1021). En otras palabras, la Práctica Social para Roth es la participación significativa, la práctica y la experiencia para la toma de sentido colectivo (Roth y McGinn, 1997, p. 92).

En Bowen, Roth y McGinn (1999) se mencionan las 5 componentes de una Práctica Social, las cuales son consideradas en nuestra investigación:

1. *Inquietudes en desarrollo*. Esta componente se refiere a las preocupaciones constantes de los miembros de una comunidad bien definida, e incluye sus objetivos en común, intereses y miedos.
2. *Prácticas Estándar*. Se refiere a las prácticas propias de cada situación, es decir, los conocimientos necesarios para elaborar las actividades que les son propias a los miembros de la comunidad.
3. *Recursos Materiales*. Esta componente incluye los artefactos y/o materiales utilizados, tales como herramientas y equipos que los miembros usan como parte de sus prácticas estándar.
4. *Recursos Lingüísticos* usados por los miembros de la comunidad para referirse y explicar los resultados de su análisis y hacer distinciones importantes en las actividades competentes y eficientes en el campo.
5. *Rupturas* por parte de los participantes, que son mejor expresadas como las interrupciones de las prácticas estándar que frenan el progreso de la actividad.

De manera que a partir de estos cinco componentes elaboraremos descripciones de la práctica de graficación que emerge específicamente cuando estudiantes de primer semestre de ingeniería se enfrentan a prácticas de Laboratorio donde se discuten conceptos físicos de manera experimental. Nuestro interés además se dirige al análisis de las dificultades que presentan dichos estudiantes en la interpretación y construcción de gráficas.

■ Aspectos metodológicos y la población de estudio

Dentro de la investigación, se considera a la etnografía como metodología de investigación para la toma de datos. Se realizaron observaciones no participantes de las experimentaciones realizadas de un grupo de estudiantes de nivel superior en un escenario de laboratorio. Además, se usó como instrumento de investigación a la triangulación de datos (diario de apuntes, reportes de estudiantes y prácticas experimentales del docente). Para la toma de datos, se realizaron videgrabaciones de las sesiones donde los estudiantes realizaban las prácticas de laboratorio, así como de las clases teóricas que tuvieron previas al enfrentamiento con la práctica de laboratorio.

Nuestra población de estudio que participó en esta investigación fueron 44 estudiantes de primer semestre de la carrera de Ingeniería Física de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Universidad Autónoma de Coahuila en la materia de Laboratorio de Física I. Dentro de la asignatura mencionada, el trabajo de los estudiantes se divide en dos etapas: en la primera, los estudiantes presencian una clase teórica impartida por el profesor de la materia y éste explica el contenido teórico y conceptual de algunas nociones físicas y se comenta la forma en la cual se llevará a cabo la práctica experimental que será realizada en un escenario de laboratorio; mientras que la segunda etapa consiste en que los estudiantes, reunidos en equipos, realizan experimentalmente las tareas asignadas en la práctica (toman datos o reproducen un experimento) en un laboratorio donde se cuenta con el material experimental. Una vez que los estudiantes realizan experimentalmente las tareas de la práctica, realizan un reporte de la práctica de laboratorio.

Ahora bien, para la toma de datos dentro de nuestra investigación, se realizaron videgrabaciones de ocho experimentaciones de los equipos de estudiantes en el laboratorio durante el periodo Agosto-Noviembre del año 2017, llegando a un total de grabación de 11 horas para la clase teórica y 16 horas para la clase experimental. Como se mencionó, la clase teórica es la impartida por un profesor y simultáneamente se realizaba la lectura de la práctica y se daba un espacio de tiempo a los alumnos para dudas o comentarios. En cuanto a la clase experimental, consistía en realizar el experimento en el aula de Laboratorio de física y utilizar las herramientas e instrumentos necesarios para elaborarla. Las videgrabaciones fueron transcritas y se contó además con los reportes de laboratorio que los estudiantes entregan al profesor como parte de su evaluación.

Las prácticas de laboratorio a las que se enfrentaron los estudiantes fueron diseñadas previamente por el docente encargado de la asignatura de Laboratorio de física I. En dichas tareas se discuten conceptos físicos como: medición, densidad, movimiento rectilíneo uniforme y acelerado, caída libre, entre otros. Además, estas prácticas de laboratorio exigen un trabajo colaborativo de los estudiantes quienes se reúnen en grupos de trabajo para atenderlas, en cada una de ellas los estudiantes deben tomar datos y elaborar un reporte individual. Las tareas contienen un protocolo del experimento, el material e instrumentos necesario para llevarlas a cabo, añadiendo que deben realizarse en un ambiente de laboratorio. El grupo de los estudiantes acude al laboratorio y realiza el experimento en equipos de trabajo, los cuales se conforman desde el inicio del semestre.

En este manuscrito, se presenta un análisis de un primer momento del trabajo de los estudiantes mientras realizaban el experimento asociado a la práctica de Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU) y Acelerado (MUA) en el laboratorio. Una vez tomados los datos, los estudiantes realizan un análisis de la información usando paquetería de software.

El reporte de laboratorio elaborado por los estudiantes contiene los siguientes apartados: resumen, introducción, metodología experimental, resultados, discusión, conclusiones y bibliografía del tema en estudio, todo esto solicitado por el profesor. Dentro de este reporte, para la práctica #5 los alumnos debían plasmar dentro del contenido, respuestas implícitamente a algunas preguntas: 1) La velocidad promedio, 2) ¿Cómo influye el coeficiente de fricción del riel y el carrito? 3) ¿Qué valores promedio de la aceleración? y 4) ¿Qué tipo de comportamiento tiene la posición, la velocidad y la aceleración?

Sobre la práctica #5: Movimiento rectilíneo uniforme y acelerado. Riel de Aire

Esta práctica se realizó los días 20 al 27 del mes de octubre del año 2017 con el objetivo de estudiar el comportamiento de movimiento de objeto (carrito) sobre un riel de aire impulsándolo inicialmente en forma horizontal (Figura 1) y dejándolo caer libremente de una inclinación de 30° bajo la acción de la gravedad (Figura 2). En esta práctica se discuten los conceptos físicos de: velocidad, fricción, aceleración, posición, y los modelos cuadrático y lineal.

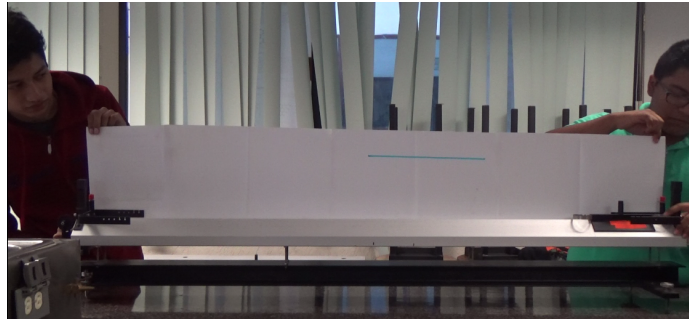


Figura 1. Movimiento del carrito sobre el riel de aire caso horizontal.



Figura 2. Movimiento del carrito sobre el riel de aire caso inclinado a 30° .

La razón por la cual se optó elegir esta práctica es que hubo la necesidad de construir e interpretar gráficas por ser un fenómeno de movimiento, además de encontrar tendencias como: x versus tiempo, rapidez en x versus tiempo, rapidez en y versus tiempo y aceleración versus tiempo. Se realizó el análisis de la posición (r), velocidad (v) y aceleración (a).

Para la resolución de las tareas contenidas en la práctica experimental y analizar la información obtenida se utilizaron dos softwares: *Tracker* y *Origin*.

Tracker es una herramienta de análisis de video. Al grabar cualquier movimiento, es fácil usar el video para rastrear el movimiento de un objeto y producir un gráfico de distancia y tiempo mediante la calibración de una distancia conocida en la pantalla (Kinchin, 2016, p. 1).

El análisis de video de Tracker se destaca como uno de los nuevos enfoques innovadores para la enseñanza y el aprendizaje de la física. Con Tracker, el modelado y el análisis del movimiento de objetos en videos es posible y fácil usando simplemente al superponer modelos dinámicos en los videos directamente. Este modelo se sincronizará

automáticamente y se escalará al video para una comparación directa con el mundo real (Ramli, 2016, p. 298), (Figura 3).

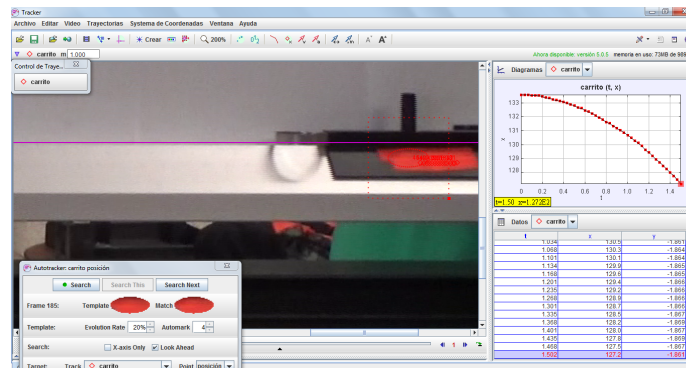


Figura 3. Funcionamiento del programa Tracker. Transportar el video al programa, ajuste del tiempo de lectura al video, colocación de vara de calibración y ejes cartesianos, crear masa puntal para asignar el objeto que se seguirá y por último buscar (se empieza a leer el movimiento y aparecen los datos y gráficas).

Por su parte, Origin es un software que se aplica para el análisis de datos y proporciona gráficos adecuados para los estudiantes en ingeniería y ciencias. Es un programa que tiene lo requerido para analizar información (Figura 4).

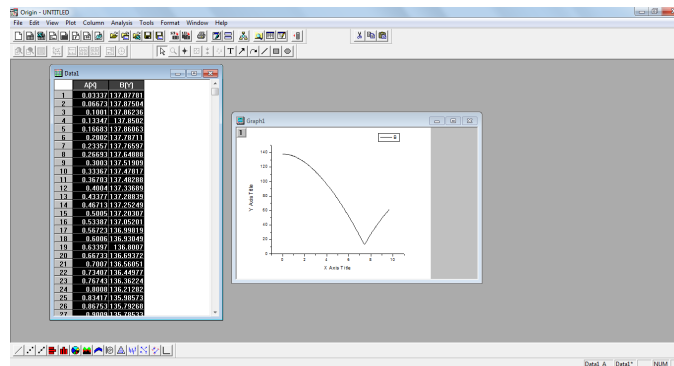


Figura 4. Graficación en el programa Origin.

Es aquí el momento donde el estudiante utiliza el software como herramienta para construir gráficas a partir de los datos recabados. En este momento, lo importante es la interpretación posterior que realiza de dichas gráficas a partir de lo que se solicita en las tareas de la práctica. Por ejemplo, los estudiantes utilizan técnicas de regresión lineal para elaborar un modelo algebraico de las relaciones.

■ Avance de resultados

En el siguiente extracto, se presenta una discusión entre un equipo de estudiantes mientras realizaban el análisis de los datos que se solicitaron en la práctica de laboratorio. El momento de diálogo se presenta una vez que los estudiantes videograbaron un video cuando el carrito se encontraba en el riel de aire de manera horizontal. Posterior a la grabación del video, este se corre en el programa Tracker y se analiza por medio de tablas y gráficas que el mismo programa despliega.

Una vez realizado el análisis y los ajustes dentro del Tracker, se presenta un momento donde los estudiantes discuten sobre los ejes de la gráfica que obtienen al ejecutar el video del movimiento del carrito sobre el riel de aire en el caso horizontal en el programa Tracker y sobre el nombramiento de las variables x y y (Ver extracto 1).

19. J. – ¿Qué es x ? [*J realiza la pregunta de manera general a sus compañeros sobre la variable que el Tracker pone*]
20. R. – x es la posición en el eje de las X [*R se refiere al eje que el programa Tracker asigna*].
21. F. – Es la posición de en dónde está.
22. J. – ¿Pero en este caso, va a ser tiempo, ¿Va a ser qué?
23. LA. – x es distancia.
24. R. – x es distancia que va a ser dada en centímetros.
25. J. – Y la y ¿Qué es?
26. L. – La altura, pero se supone que en esta parte no se iba a mover [*solamente se está trabajando con el riel, pero sin inclinación*].
27. LA. – No, porque se supone que está sobre la superficie [*LA se refiere al caso horizontal*].
28. J. – En dónde sí lo vamos a poder ver va a ser en el de treinta grados.
29. LA. – ¡Si! Ahí sí.

Extracto 1. Diálogo ente los estudiantes sobre la variable x .

Para entender mejor este extracto, presentamos la Figura 5, donde se puede observar la preparación del análisis del movimiento del carrito dentro del ambiente del Tracker, así como también que la variable “ x ” se asigna dentro del programa como la posición o la distancia del carrito con respecto al origen que los estudiantes ubican previamente en la preparación del programa.

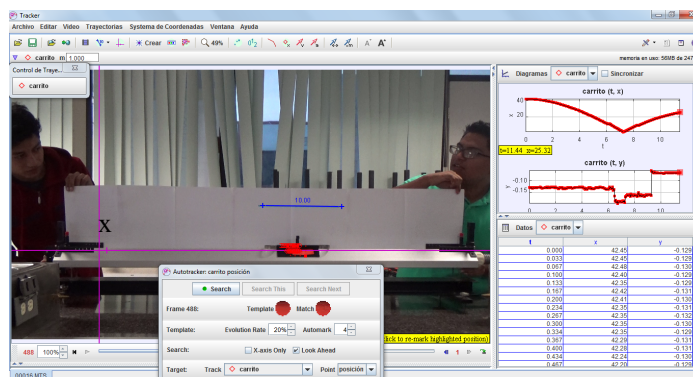


Figura 5. Lectura del video caso horizontal en el programa Tracker.

A partir del extracto, se puede observar que el cuestionamiento del estudiante se refiere a una forma no-tradicional de nombrar a los ejes, puesto que el eje horizontal (variable independiente) se denomina X en la mayoría de las ocasiones. Sin embargo, dentro del ambiente del programa Tracker la forma de nombrar a las variables es distinto, porque la variable independiente “tiempo”, viene dada por “default”. Esto indica que las preguntas de los estudiantes en cierta medida también surgen a partir del manejo del software, es decir, tienen que confrontar el conocimiento escolar que ya se tiene sobre los ejes con el manejo de estos mismos ahora en un ambiente tecnológico. En este sentido, los elementos de la práctica de graficación evolucionan con estas interrogantes que los mismos estudiantes se realizan desde el manejo del software. Consideramos además que la discusión del equipo es rica en elementos

conceptuales, puesto que los estudiantes deben reinterpretar las nociones teóricas dentro del ambiente tecnológico mientras construyen las gráficas asociadas al fenómeno, puesto que la variable x , ahora se define como la posición horizontal de la partícula y cuando se construye la gráfica cartesiana se tendrá una función $x(t)$. De hecho, al parecer el estudiante presenta un conflicto con esta forma de nombrar a la variable y a lo que “mide”, porque probablemente contradice lo que dentro de la práctica escolar se dice con respecto a los ejes y a la forma de nombrar las variables independiente y dependiente.

A partir de ese momento de discusión sobre la elaboración de la gráfica y la forma de nombrar las variables, se identificaron algunas de las componentes particulares de la práctica social de graficación, lo cual da cuenta de aquellos elementos que intervienen y participan en la interpretación de la gráfica cartesiana que el programa Tracker presenta:

Inquietudes en desarrollo de tipo conceptual:

- Reconocer la variable posición y tiempo a partir del movimiento del objeto y como eso se traduce en la gráfica cartesiana obtenida con ejes (línea 23, 25 y 26).
- Reconocer la variable x como la posición del carrito con respecto al rígen dispuesto en Tracker de manera horizontal. Esto es, x es la distancia horizontal que existe entre el origen y el carrito (línea 27).

Recursos lingüísticos:

- Los alumnos hablan del nombramiento de cada variable, utilizan términos como x , y , distancia, altura y tiempo (línea 22, 23 y 26).

Prácticas estándar:

- La manera tradicional de nombrar los ejes en el plano cartesiano contra la forma en la que se nombran los ejes dentro del programa Tracker (21, 22, 26 y 27).
- La noción de función como relación entre dos variables.

Rupturas:

- Reconocer a la variable t (tiempo) y x (posición) como la variable independiente y dependiente respectivamente, en contraposición con la práctica estándar de la manera en la cual se nombran los ejes cartesianos como x y y para la variable independiente y dependiente respectivamente. Es decir, la variable x ahora es una variable dependiente, la cual rompe con la estructura matemática estándar para referirse a las funciones.

Este ejemplo que se acaba de considerar deja ver que una de las dificultades que tienen los estudiantes al momento de construir e interpretar gráficas está referido a los significados que las variables toman en la experimentación. Ya que, al momento de cambiar el nombre de las variables o la posición de las variables de un plano ya conocido a uno similar, como en el analizador de videos (Tracker), se provocan confusiones entre los estudiantes.

Es muy importante mencionar que no todos los componentes de nuestro marco de referencia aparecerán en cada diálogo de los estudiantes, así como pueden aparecer todos, puede aparecer solo unos cuantos de ellos.

■ Conclusiones

Hemos llegado a la conclusión de que los cinco componentes de Roth nos ayudan a identificar algunas dificultades que presentan los estudiantes al momento de interpretar y construir gráficas en ambientes científicos, en este caso en el aprendizaje de un fenómeno físico. En este manuscrito quisimos mostrar únicamente un ejemplo del tipo de análisis que realizamos, con la intención de caracterizar las principales dificultades que se presentan cuando los

estudiantes hechan mano de la gráficas para analizar un fenómeno a través de la experimentación. Entre estas dificultades reportamos las siguientes: el manejo de la tecnología (Tracker y Origin) y el nombramiento de variables según el significado dentro del marco de referencia que utiliza el software. En este análisis, con estos cinco componentes mencionados por Roth, nos damos cuenta de la importancia que tiene la participación de los estudiantes en la elaboración de prácticas para poder entender el fenómeno.

Con el análisis de los videos, hemos podido identificar que mientras los estudiantes realizan los experimentos y trabajan en la realización de su reporte en forma colectiva, es donde surgen más inquietudes y rupturas que en ocasiones entran en conflicto con las prácticas estándar que el profesor explica teóricamente, mientras que en el reporte final plasman lo aprendido. Consideramos que este análisis con las componentes de Roth nos deja ver lo que realmente sucede y los conflictos por los que los estudiantes pasan al momento de interpretar y construir gráficas cartesianas.

Con estos componentes podemos apreciar desde las palabras que utilizan los estudiantes para comunicare sobre el conocimiento en juego, las inquietudes en cuanto a la tecnología usada, los conocimientos que ya han adquirido en la clase anteriormente, los recursos materiales o herramientas para poder elaborar la práctica de laboratorio y por último esas ideas que se rompen sobre los conocimientos que ya tenían.

Como mencionamos anteriormente, esta investigación es un trabajo de tesis en proceso. Por lo cual seguimos en la identificación de los cinco componentes correspondientes a nuestro marco teórico en todo el trabajo videograbado a los estudiantes y en el análisis de los reportes entregados por los integrantes del equipo, para conocer lo que ellos plasmaron al final de su trabajo.

■ Referencias bibliográficas

- Berg, C.A. y Smith, P. (1994). Assessing students' abilities to construct and interpret line graphs: Disparities between multiple-choice and free-response instruments. *Science Education* 78(6), 527-554.
- Bowen, M. y Roth, W. (1998). Lecturing graphing: What features of lectures contribute to student difficulties in learning to interpret graphs? *Research in Science Education*, 28(1), 77-90.
- Bowen, M., Roth, W. y McGinn, M. (1999). Interpretations of Graphs by University Biology Students and Practicing Scientists: Toward a Social Practice View of Scientific Representation Practices. *Journal of Research in Science Teaching* 36(9), 1020-1043.
- Kinchin, J. (2016). Using Tracker to prove the simple harmonic motion equation. *Physics Education* (51), 1-2.
- Leinhardt, G., Stein, M. K. y Zaslavsky, O. (1990). *Functions, Graphs and Graphing: Tasks, Learning and Teaching*. United States: American Educational Research Association, 60(1), 1-64.
- Ramli, M.H., Chan, K.T. y Yap W.F. (2016). Study of simple pendulum using Tracker video analysis and camera: an interactive approach to analyze oscillatory motion. *Solid State Science and Technology*, 24(2), 297-305.
- Roth, W. y McGinn, M. (1997). Graphing: Cognitive Ability or Practice? *Science Education*, 81(1), 91-106.
- Zaldívar, J. (2017). Reflexiones en torno al uso de las gráficas en la enseñanza de las ciencias. *Tlahuizcalli* 3(9), 13-24.