



Análisis de la práctica de graficación en estudiantes de ingeniería en un contexto de laboratorio de física

An analysis of the graph interpretation practice in engineering's students in a laboratory of Physics' context

Análise da prática da representação gráfica em estudantes de engenharia em um contexto de laboratório de física

Arianna Berenice Garza-Kanagusico

ariannagarza@uadec.edu.mx

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas,
Universidad Autónoma de Coahuila,
Coahuila, México.

Orcid: <http://orcid.org/0000-0003-2822-5570>

José David Zaldívar-Rojas

david.zaldivar@uadec.edu.mx

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas,
Universidad Autónoma de Coahuila,
Coahuila, México.

Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-4274-0336>

Samantha Quiroz-Rivera

Samanthaq.rivera@gmail.com

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas,
Universidad Autónoma de Coahuila,
Coahuila, México.

Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-1332-8000>

Carlos Eduardo Rodríguez-García

crodriguezgarcia@uadec.edu.mx

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas,
Universidad Autónoma de Coahuila,
Coahuila, México.

Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-6983-8798>

Received: 26/Ago/2019 • Accepted: 21/nov/2019 • Published: 31/jul/2020

Resumen

El objetivo principal de esta investigación es caracterizar la *práctica de graficación* en estudiantes del primer semestre de Ingeniería Física dentro de situaciones experimentales en un contexto de laboratorio. Para ello se utiliza una metodología etnográfica en la toma de datos y se integra a esta investigación un marco de referencia que considera a la graficación como una práctica social. Para el análisis se hace uso de cinco componentes en ambientes científicos: inquietudes en desarrollo, prácticas estándar, recursos materiales, recursos lingüísticos y rupturas. La intención es dar cuenta de los enfrentamientos, dificultades y participación de un grupo de 44 alumnos de primer semestre en Ingeniería Física, en la práctica social de graficación, mientras construyen e interpretan gráficas cartesianas. Por tanto, se presenta una síntesis de los resultados obtenidos y se logra mostrar una categorización de los componentes de la graficación durante la práctica experimental, y se asume que dicha categorización permitió caracterizar algunas dificultades que presentan los estudiantes en la interpretación y construcción de gráficas cartesianas.

Palabras clave: Graficación; Construcción e interpretación; Laboratorio; Etnografía; Práctica social.



Abstract

The aim of this research is to characterize the graphing practices in first semester Physical Engineering students in a lab context. An ethnographic methodology is used to collect data, and the paper follows a framework that considers Graphing a social practice. For the analysis, five components in scientific environments were used: ongoing concerns, standard practices, material resources, linguistic resources, and breakdowns. The intent is to account for the confrontations, difficulties, and participation of 44 students in the first semester of the Physical Engineering Program in the social graphing practice as they construct and interpret Cartesian graphs. A summary of the results obtained is presented, and a categorization of graphing components during the experimental practice is shown. This categorization allowed us to find some difficulties students exhibit when interpreting and constructing cartesian graphs.

Keywords: Graphing; Construction and Interpretation; Laboratory Context; Ethnography; Social practice.

Resumo

O principal objetivo desta pesquisa é caracterizar a *prática da representação gráfica* em estudantes do primeiro semestre de Engenharia Física em situações experimentais dentro de um contexto laboratorial. Para isso, utiliza-se uma metodologia etnográfica na coleta de dados e integra-se nesta pesquisa um referencial que considera a representação gráfica como prática social. Para a análise, são usados cinco componentes em ambientes científicos: preocupações em desenvolvimento, práticas padrão, recursos materiais, recursos linguísticos e rupturas. O objetivo é exibir os confrontos, dificuldades e participação de um grupo de 44 alunos do primeiro semestre de Engenharia Física, na prática social da representação gráfica, enquanto eles constroem e interpretam gráficos cartesianos. Portanto, apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos e é possível mostrar uma categorização dos componentes da representação gráfica durante a prática experimental, e supõe-se que essa categorização tenha permitido caracterizar algumas dificuldades que os alunos passam na interpretação e construção de gráficos cartesianos.

Palavras-chaves: Representação gráfica; Construção e interpretação; Laboratório; Etnografia; Prática social.

Introducción

De manera general, muy pocos dudarían de la importancia que tienen las gráficas cartesianas para el aprendizaje de las matemáticas y, en particular, para la enseñanza del concepto de función, puesto que se consideran una de las representaciones por excelencia de dicha noción (Leinhardt, Zaslavsky y Stein, 1990; Bell y Janvier, 1981). Además, usar e interpretar gráficas de modos determinados forma parte importante de la práctica de los investigadores dentro de una comunidad científica. Las gráficas se

constituyen como poderosas herramientas que condensan una gran cantidad de datos de manera económica, así como permiten el análisis de la covariación entre cantidades continuas (Bowen y Roth, 1998; Bowen, Roth y McGinn, 1999). De hecho, socialmente hablando, la lectura e interpretación de gráficas podría considerarse una competencia matemática que debería procurarse para la formación de ciudadanos, con el afán de que sean utilizadas en el entorno político y social de estos (Sánchez, 2014).

No obstante, este rol tan relevante que pueden asumir las gráficas cartesianas



en el campo disciplinar de las ciencias y en la alfabetización científica de las personas, las primeras distan mucho de la verdadera potencialidad que pudieran tener en la matemática escolar. Al entender de Buendía (2012), es necesario reconocer que, en el sistema didáctico institucional, las gráficas tienen un uso desarrollado situacionalmente, lo cual implica que considerarlas más allá de la mera representación del concepto de función supondría que la graficación, como una práctica institucional, sostiene por sí misma el desarrollo del razonamiento y de la argumentación en diversas situaciones de empleo. Sin embargo, en la matemática escolar, la situación es un tanto distinta. Por ejemplo, cuando se discute sobre las gráficas, estas no constituyen más que el resultado de un ejercicio típico como el de “representar la gráfica de una función, dada su ecuación” (Fabra y Deulofeu, 2000; Deulofeu, 1991; Cordero, Cen y Suárez, 2010; Cordero y Flores, 2007; Cordero, 2008; Buendía, 2012). Así, la herramienta principal que se utiliza para este tipo de tareas es la elaboración de tablas, a partir de la evaluación, punto a punto, de valores que están en el dominio de la función, con la intencionalidad de ubicar parejas ordenadas en el plano cartesiano, para posteriormente unirlos con una “curva suave”.

Aun cuando el procedimiento anterior podría resultar muy común para los profesores con experiencia y posiblemente no representaría problema alguno para los estudiantes, la construcción e interpretación de las gráficas cartesianas es problemática y no se encuentra exenta de dificultades. Algunas de las deficiencias de los estudiantes con respecto a la construcción e interpretación de gráficas han sido reportadas en diversas investigaciones (ver, por ejemplo: Leinhardt *et al.*, 1990; Deulofeu,

1991; Bowen *et al.*, 1999; Bowen y Roth, 1998; Dolores, 2004; Nemirovsky y Tierney, 2001; García y Perales, 2007). En el trabajo de Leinhardt *et al.* (1990), se describen algunas de las principales complicaciones cuando se enfrenta a los estudiantes a tareas de construcción e interpretación de gráficas de funciones, por ejemplo:

- *Deficiencias en cuanto al reconocimiento de lo que es y lo que no una función, y con respecto a la forma de la correspondencia.* En este caso, los estudiantes atribuyen propiedades a las gráficas de las funciones que ellos consideran necesarias, lo cual restringe las formas que aquellas pueden poseer. Otro caso, en este sentido, se refiere a que los estudiantes en muchas ocasiones no consideran una función constante como legítima, puesto que les parece que una función siempre se referirá a una relación “uno-uno”.
- *Existe una preferencia por la linealidad.* Los estudiantes tienden a definir las funciones como una relación que produce un patrón lineal cuando se grafica. Incluso cuando los alumnos utilizan la técnica de la tabulación a partir de la ecuación de la función, tienden a unir las parejas de puntos por medio de líneas rectas, sin considerar el tipo de función por graficar.
- *Gráficas continuas versus gráficas discretas.* Los estudiantes tienen dificultades para reconocer la naturaleza de las variables que intervienen en la situación de la cual se genera la gráfica o una relación funcional.
- *Problemáticas en la forma en la cual se representan las funciones.* Para los estudiantes, es mucho más complejo pasar de la gráfica de una función a la



expresión algebraica de dicha función, que pasar de la ecuación a la gráfica (Duval, 2006). Esto, debido a que la primera situación exige aspectos cognitivos más complejos como la visualización y la detección de patrones. Lo anterior podría explicarse debido al privilegio que en la matemática escolar se le brinda a la ubicación de puntos y al uso de tablas. De tal manera, los estudiantes, la mayoría de las veces, usan las gráficas del mismo modo en el que utilizan las tablas: para acomodar piezas específicas de información, sin considerar, en muchas ocasiones, la situación a partir de la cual se genera.

- *Interpretaciones icónicas.* Los estudiantes tienden a interpretar a la gráfica de una función que se obtiene de una situación particular como una imagen literal de esta. En este caso, algunos educandos también tienden a realizar una lectura literal de la forma de la gráfica como si fuera un *mapa*, puesto que la gráfica ofrece indicadores con respecto a localizar “arriba” o “abajo” y, por ende, da pie a interpretaciones narrativas como “subir” o “bajar” (Radford, 2009; Zaldívar y Briceño, 2019). Este tipo de problemáticas se presentan, por ejemplo, cuando se pide a los estudiantes interpretar gráficas de distancia contra tiempo, pero, en lugar de que “lean” una gráfica, terminan entendiendo la gráfica cartesiana en términos de una *trayectoria*.

Aunque el trabajo de Leinhardt *et al.* (1990) hace hincapié en diversas dificultades que presentan los estudiantes en temas relativos a las gráficas, las funciones y la graficación, no pretende decir por qué los alumnos tienen esas dificultades, qué se

puede hacer para subsanarlas o de qué manera estas complejidades también permiten generar ideas matemáticas.

En síntesis, se podría considerar que la direccionalidad de la relación función-gráfica en la matemática escolar ha generado una serie de fenómenos y problemáticas alrededor de la graficación. Principalmente, en la matemática escolar, las gráficas son usadas para “explicar” la función; esto implica que se parte de una regla de correspondencia algebraica, con la intención de organizar y ubicar parejas ordenadas para construir una gráfica. Mientras, en el ámbito científico, la mayoría de las presentaciones provienen de la observación, del posterior arreglo de datos a pares ordenados de datos, a la selección de escalas y ejes, con el fin de obtener una gráfica y, algunas veces, una función (Leinhardt *et al.*, 1990). Lo anterior conlleva que la interpretación cualitativa de gráficas aparece aún como un tema poco explotado en la matemática escolar (Bell y Janvier, 1981).

Es así como, en la presente investigación, se cuestiona la forma en la cual los estudiantes participan en la práctica de graficación, bajo un contexto escolar no relacionado directamente con la clase de matemáticas, sino cuando se enfrentan a un contexto científico más formal, a través de prácticas que exigen la experimentación sobre un fenómeno físico, que demanda, además, la toma de datos, su codificación, su posterior análisis y una reflexión sobre lo encontrado. Al conocer qué dificultades enfrentan los estudiantes de ingeniería en formación, sería posible repensar sobre la función de las gráficas en el aprendizaje de las matemáticas. De esta forma, en este artículo, se obtiene la pregunta de investigación: *¿Cómo se caracteriza la graficación en un grupo de estudiantes de ingenieros en formación en actividades experimentales de laboratorio?*



Para responder a dicha interrogante, a continuación, se presenta el marco teórico que sustenta la forma en la cual se caracteriza la graficación en esta investigación y los aspectos metodológicos e instrumentos por medio de los cuales se construye la evidencia empírica.

Marco teórico

Numerosos estudios en educación matemática consideran la graficación un compuesto de habilidades y destrezas cognitivas, y ven las gráficas como representaciones mentales. Por ejemplo, [Leinhardt, Stein y Zaslavsky \(1990\)](#) afirman: “las gráficas sirven como representaciones de observaciones reales y como herramientas analíticas para detectar patrones subyacentes, que a su vez informan al observador y el alumno sobre los fenómenos bajo investigación” (p. 20). Por otro lado, algunas indagaciones que se inscriben en un contexto científico se enfocan en aquellos conceptos representados con una gráfica y en la interpretación que realizan los estudiantes de esta, con lo cual surgen nuevas perspectivas, en las cuales, por ejemplo, se contempla la graficación como *práctica social*.

La graficación como una práctica social

En diversas investigaciones de corte sociocultural, se considera la graficación como una práctica social clave en la praxis de las diferentes disciplinas científicas ([Bowen y Roth, 1998](#); [Bowen, Roth y McGinn, 1999](#); [Bowen y Roth, 2003](#)), ya que las gráficas son usadas, fundamentalmente, para representar una gran cantidad de información de manera más resumida; además, permiten trabajar con un número grande de variables y

constituyen una herramienta para simbolizar la covariación entre estas. Por otra parte, en el ámbito científico, las gráficas se utilizan para presentar resultados con respecto a un análisis, por ejemplo, de fenómenos físicos, de salud, poblacionales, etc.

Como se puede apreciar, la graficación es esencial en la práctica científica, además de que el tipo de lectura que se realiza varía según el campo disciplinar, por lo que es importante “enculturizar” a los integrantes de una comunidad científica en la lectura e interpretación de gráficas propias del área. Sin embargo, algunas investigaciones señalan que la graficación es problemática, ya que los estudiantes no muestran un desarrollo en la habilidad interpretativa de las gráficas, pues esto involucra la transformación de datos de lo que se ha medido a tablas en las cuales se realizan análisis estadísticos, para posteriormente plasmarlas en una gráfica. De igual manera, tampoco se desarrollan los escenarios requeridos para generar competencias entre los estudiantes, con miras al uso de las gráficas en contextos donde los científicos las emplean de manera cotidiana ([Bowen et al., 1999](#)).

Las problemáticas anteriores permiten, igualmente, afirmar que la graficación no debe considerarse una simple información procedimental que solo se “transfiere” a la cabeza de los estudiantes, sino “a los grados de participación cada vez mayor en la construcción del conocimiento” ([Bowen, Roth y McGinn, 1999, p. 1021](#)). De esta manera, a menos que los estudiantes hayan participado lo suficiente en actividades de graficación como una *práctica social*, en la cual hayan contado con experiencias sobre la toma de decisiones sobre los datos cuando estos se transforman para construir una gráfica, será complejo que lleguen a elaborar interpretaciones canónicas de las gráficas construidas.



Así, la práctica social se refiere a la participación significativa, a la praxis y la experiencia para la toma de sentido colectivo, en lugar de exclusivamente en términos de capacidad cognitiva (Roth y McGinn, 1997). De este modo, la forma en la que se usa una gráfica se debe relacionar con la comunidad que la emplea, puesto que esta última y sus prácticas le dan sentido.

Con base en lo dicho, el análisis de una práctica social indica necesariamente contar con un marco de referencia que guíe la interpretación de acciones recurrentes en un dominio particular. Ahora bien, la graficación vista como una práctica social se examina a partir de los siguientes componentes (Bowen, Roth y McGinn, 1999):

1. *Inquietudes en desarrollo*. Se definen como el conjunto de preocupaciones constantes de los integrantes, incluyendo objetivos, intereses y conflictos. Por ejemplo, una preocupación para los físicos es la modelización de los aspectos relativos a un fenómeno de su campo.
2. *Prácticas estándar*. Se refieren a aquello representado por los integrantes, por medio de lo cual las actividades características del dominio se realizan. Por ejemplo, entre las prácticas estándar que pudiera llevar a cabo un ecologista, entre otras cosas, se encuentran: diseñar experimentos donde se producen gráficas, la lectura de materiales que incluyen gráficas, elaborar artículos en los cuales las gráficas se usan para justificar afirmaciones, así como interpretar y criticar información contenida en gráficas realizadas por otros colegas.
3. *Recursos materiales*. Se refieren a las herramientas, equipo o instrumentos que los integrantes del grupo tienen a la mano y se usan como parte de sus

prácticas estándar. Una herramienta se considera que se tiene “a la mano” cuando es transparente en su uso para el individuo, tomando en consideración más la tarea que la herramienta misma. Aquí se podría incluir, por ejemplo, el *software* que se emplea para construir y manipular gráficas.

4. *Recursos lingüísticos*. Son las terminologías que los integrantes usan para hacer distinciones en las actividades competentes en el campo. En ecología, por ejemplo, hay una diferencia entre *densidad de población* y el *tamaño de la población*, conceptos que se usan con regularidad en dicha disciplina.
5. *Rupturas*. Son las interrupciones de las prácticas estándar, las cuales frenan el proceso de una actividad que evoluciona de la ruptura y la ausencia de herramientas o el cambio de contextos *cotidianos*. Una ruptura puede surgir cuando no se cuenta con los recursos lingüísticos necesarios para hacer distinciones importantes en el campo disciplinar, cuando los recursos que son necesarios para una interpretación no son suficientes en una gráfica o cuando las herramientas que son normalmente usadas y se encuentran disponibles están ausentes o no funcionan.

Los componentes anteriormente descritos constituyen una guía y una interpretación de las acciones que se realicen en un dominio específico. Cabe mencionar que este marco conceptual en el cual la graficación es considerada una práctica social permite, en la investigación que se reporta, caracterizar la manera en la que un grupo participa en dicha práctica, en un dominio particular. En el presente estudio, estamos interesados en establecer el mecanismo por



medio del que un grupo de estudiantes de nivel superior son partícipes de actividades en las que la graficación es esencial para el desarrollo de actividades escolares. Para ello, se pone especial atención a dinámicas de construcción e interpretación de gráficas cartesianas, producidas en colectivo por estudiantes de ingeniería física, cuando se involucran en el desarrollo de ejercicios experimentales desarrollados en un laboratorio.

Diseño de la investigación

Esta investigación parte de un paradigma fenomenológico, ya que intenta interpretar y comprender la conducta humana desde los significados e intenciones de los sujetos que intervienen en un escenario educativo (Valenzuela y Flores, 2012). De esta manera la investigación tiene un enfoque cualitativo, pues se pretende analizar el mundo interior de los participantes y así comprender el qué y el cómo de los significados que estos construyen alrededor de los eventos de su vida (Schuster, Puente, Andrada y Maiza, 2013).

En la indagación se conduce un estudio de tipo etnográfico para la toma de datos. De manera general, se considera a la etnografía como un método investigativo que consiste en realizar observaciones a un colectivo, pero sin intervenir. También se utilizó, como instrumento metodológico para el análisis de los datos y la construcción de la evidencia empírica, la técnica de triangulación (se consideraron como productos los reportes individuales elaborados por los estudiantes —producción escrita—, las videograbaciones, la posterior transcripción de las sesiones de trabajo de los estudiantes y las bitácoras de observación realizadas por el equipo investigador).

Según lo anterior, el diseño de la investigación y el posterior análisis se basan, al igual que en los trabajos de Bowen *et al.*, (1999), en que el razonamiento de los estudiantes es observable en forma de la actividad socialmente estructurada e incorporada, donde los estudiantes debaten y confrontan tanto ideas como argumentos. Es así que el trabajo analítico se basó en la interpretación de las realizaciones de los participantes del estudio.

La población de estudio que se considera en el trabajo es un grupo de 44 estudiantes de primer semestre de la Licenciatura de Ingeniería Física de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Universidad Autónoma de Coahuila, que cursaban la materia de Laboratorio de Física I.

Para la toma de datos, se realizaron videograbaciones, durante todo un semestre, de las sesiones de trabajo de los estudiantes. Estas sesiones fueron de 2 tipos: *clases teóricas* y *clases prácticas*. Las primeras se realizaron en un aula, previas a la parte experimental y en las cuales el grupo contó tanto con la presencia como con las explicaciones del profesor titular de la asignatura. A lo largo de ellas, se entregaba la práctica experimental de laboratorio diseñada por el docente (hoja de trabajo con instrucciones, tareas y preguntas que el estudiante debía de responder). Posterior a la clase teórica, se consideraba la práctica, durante la cual los estudiantes acudían a las instalaciones del laboratorio para realizar el experimento que se marcaba en la hoja de trabajo. En esta, se llevaron a cabo videograbaciones del trabajo colaborativo de algunos de los equipos que se formaron entre los estudiantes (de entre 4 y 5 integrantes), mientras trabajaban con la información obtenida y dialogaban al respecto para analizar los datos del fenómeno



estudiado, así como para elaborar un reporte final que era calificado por el profesor. Se consideran, para el análisis, algunos equipos formados en el grupo por las limitaciones técnicas del equipo investigador.

Todo el semestre, se tomaron datos de un total de 8 prácticas experimentales y de todas las clases teóricas impartidas por el docente. Entre las prácticas experimentales realizadas se encuentran: medición directa y cálculo de área real; técnicas fotográficas para la estimación del área y medición de alturas promedio; densidad como propiedad intensiva; movimiento rectilíneo uniforme; movimiento rectilíneo uniforme y acelerado; caída libre; leyes de Newton y tiro semiparabólico. Las grabaciones fueron realizadas durante el semestre agosto-noviembre de 2017. Se llegó a un total de 11 horas de videograbación en la clase teórica y 16, en la clase práctica de laboratorio. Todas estas horas de grabación fueron transcritas para su posterior análisis y resultaron parte fundamental para dar sentido y estructura del ambiente tanto físico como social que se vivió durante la experimentación.

Debido al número de prácticas de laboratorio a las que se enfrentaron los estudiantes y a la gran información material recabada, se optó por elegir solo una de ellas para la descripción en el presente artículo: la 5, denominada Movimiento rectilíneo uniforme y acelerado: riel de aire. Además, esta sesión experimental brindó material necesario

(principalmente solicitaba la construcción e interpretación de diversas gráficas que los estudiantes requerían incluir en el reporte) para reflexionar sobre el tipo de prácticas de interpretación que los estudiantes empleaban, cuando examinaban las gráficas producidas durante la resolución de la misma práctica experimental.

La dinámica de laboratorio consistía en estudiar el comportamiento del movimiento de un objeto, impulsándolo inicialmente en forma horizontal y después dejándolo caer libremente de una inclinación de 30° bajo la acción de la gravedad (ver figura 1). Para la realización del experimento, los estudiantes utilizaron el programa *Tracker*, con el propósito de obtener datos sobre la posición del objeto; posteriormente, usaron el programa *Origin*, con miras al análisis de los datos recabados y la construcción de gráficas cartesianas.

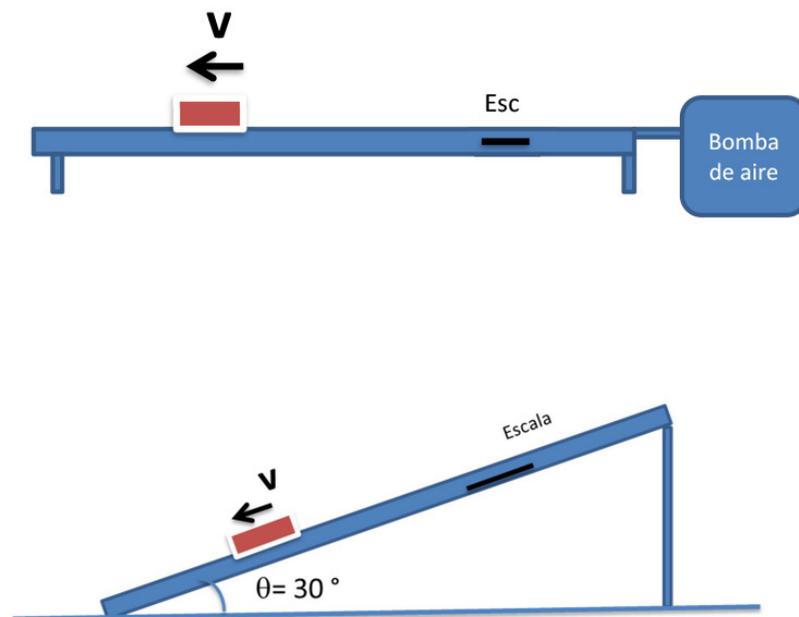


Figura 1. Práctica 5. Movimiento rectilíneo uniforme y acelerado. Caso horizontal y caso inclinado a 30° .

Nota: Fuente propia de la investigación.



Metodología de análisis de video

El trabajo conversacional y cognitivo realizado por los estudiantes durante la resolución de la práctica 5 se ejecutó bajo el siguiente esquema:

1. Elección de la práctica.
2. Elección al azar de un equipo mixto (hombres y mujeres), sin considerar como criterio las notas.
3. Realización de las videograbaciones (clase teórica y clase práctica).
4. Elaboración de bitácoras de observación.
5. Análisis de video, en 2 partes. 1) Transcripción completa del video, los momentos de trabajo en equipo en los cuales los estudiantes discutían sobre la práctica de laboratorio. 2) Elección de extractos, tomando en cuenta los siguientes criterios: cuando los estudiantes trabajaban o discutían sobre los *software* utilizados, o si aparecía explícitamente la tarea de construir o interpretar una gráfica. De lo anterior, se filtraron las transcripciones y se subdividieron en diálogos, 10 en total.
6. Contando con los 10 diálogos transcritos en los que era explícita la discusión sobre algún aspecto de graficación, se examinaron, a partir de la evidencia del uso de prácticas estándar, recursos lingüísticos y materiales, rupturas y las inquietudes en desarrollo. Cada uno de los integrantes del equipo de investigadores revisó todos los documentos varias veces, para construir categorías significativas de manera individual.
7. Posterior a la lectura independiente de las transcripciones y de haber realizado un primer nivel de afirmaciones sobre lo analizado, se continuó con la revisión de las grabaciones en video, para

un análisis de las interacciones. Durante esta revisión, el video era examinado de acuerdo con los diálogos encontrados y el equipo investigador determinaba eventos significativos en cada diálogo sobre lo ocurrido en el video. A partir de este minucioso chequeo, se creaban afirmaciones tentativas sobre lo ocurrido, las cuales eran validadas según su aparición en posteriores diálogos. Lo anterior permitió la creación de afirmaciones validadas y reformuladas.

8. A partir de estas interacciones y de las afirmaciones validadas, se creó una serie de categorías para agrupar estos componentes. De esta manera, cada categoría delimitada se estructura en la forma de una afirmación sostenida por la evidencia de los diálogos, las notas de campo y el reporte entregado por cada estudiante.

Resultados

En este apartado, se presentan como ejemplos de análisis 2 de los 10 diálogos seleccionados del trabajo de los estudiantes durante la práctica 5, en la cual se identificaron cada uno de los componentes de la práctica social de graficación. Es importante señalar que la elección de los diálogos se realizó, principalmente, por medio de la identificación de una *ruptura*, que permite establecer momentos de reflexión, duda, diálogo e interacción por parte de los estudiantes.

Diálogo [1]: Análisis del video con *Tracker*

Los alumnos discuten sobre el uso del programa *Tracker*, específicamente, sobre la preparación del video para su análisis y la construcción de la gráfica x vs. t . En *Tracker*, x representa la distancia del origen de la masa puntual (cm) y t , el tiempo en



segundos. A continuación, se presenta un extracto de la interacción de un equipo en el que discuten acerca de los datos y la gráfica obtenida por el programa (ver extracto 1 del equipo A) (para referirnos a los estudiantes se utilizarán las claves E1, E2, etc.):

- [1] E1: ¿Ya está?, ¿los videos ya los estás corriendo? (el alumno E1 le pregunta al alumno E2)
- [2] E2: No, todavía no, apenas voy a poner la barra de calibración y ahorita ya voy a poner los ejes para que podamos poner esta cosilla. Le pones la barra de calibración, entonces aquí le das en crear y masa puntual.
- [3] E3: ¿Y ahí como le van a poner?, ¿riel o qué?
- [4] E2: El carrito. ¿Está bien puesto el eje un poquito más adelante?
- [5] E4: Que te quede en medio. ¿No?
- [6] E2: ¿Por aquí no?
- [7] E1: Más adelantito para que se cruzara más.
- [8] E2: Ahora damos control shift y le pones el punto aquí, como por aquí, ¡no!, más arriba. ¿No?, porque para que no salga el eje y negativo y luego lo encierras. Cuando hago esto en tu computadora se me olvida (E2 le comenta a E1)
- [9] E1: Sí, pues no le pidas “peras al olmo”.
- [10] E4: ¡Ay qué padre! (Miran la computadora donde están corriendo el video en Tracker). ¿Sí la está siguiendo?
- [11] E1: Sí, se tarda un poquillo, pero sí.
- [12] E2: Sí.
- [13] E4: Sí, es que se trata de que se quede el último pedazo.
- [14] E2: De hecho, ahí lo alcanza.
- [15] E4: Conmigo de repente se adelantó punto acá y salió más drástico al punto uno.
- [16] E2: Es un problema cuando pasa eso, lo bueno que le pusimos esta cosita,

esa cosa de rojo (señala un círculo en el programa Tracker).

- [17] E3: ¿Sí la está siguiendo?
- [18] E2: ¡Sí, sí la está siguiendo!, en la gráfica de este lado donde tenemos la masa que va en x versus t .

Extracto 1. Discusión sobre el programa Tracker por parte del equipo A.

En este primer diálogo, se pueden distinguir los siguientes componentes asociados a la práctica social de graficación, que se presentan en este momento. Cabe aclarar que para referirnos al componente *inquietudes en desarrollo*, se hizo una distinción en las de tipo tecnológico y las de tipo conceptual, con el afán de hacer referencia a lo asociado propiamente a la tecnología usada (*software*) o con respecto a los significados matemáticos que están involucrados en la interpretación de una gráfica, respectivamente.

Inquietudes en desarrollo de tipo tecnológico

- A los estudiantes les interesa nombrar los objetos que están utilizando en el programa.
- Ubicación de los ejes con respecto al origen del movimiento del objeto en análisis.
- El alumno se preocupa de que el *software* realice la lectura correcta del video. Los alumnos están al pendiente de que el programa no se quede sin correr el movimiento del objeto. El programa *Tracker* tiene la característica de que, al momento de seguir objetos, posee un cierto retraso, por lo que el alumno procura que nunca



deje de “leer” el movimiento del objeto (ver figura 2).

Inquietudes en desarrollo de tipo conceptual

- El estudiante reconoce que la ubicación de los ejes en el programa influirá en la forma de las gráficas, esto es, que los valores obtenidos tengan signos “cambiados”, lo cual afectará la gráfica lograda y su concavidad o si es creciente o decreciente.

Recursos materiales

- Uso del programa *Tracker* en el análisis de videos, preparando los objetos y herramientas para la toma de datos.

Prácticas estándar

- Los alumnos siguen el procedimiento aprendido durante la clase teórica, para la utilización del programa *Tracker*.
- Identificación de los ejes y su correspondencia con lo explicado en clase. Por ejemplo, durante la clase teórica, el profesor explica el funcionamiento de *Tracker* y hace alusión a los ejes que los estudiantes obtienen al realizar un experimento.

Una vez que los alumnos corrieron el programa con el video cargado del carrito sobre el riel, obtuvieron una tabla de datos y una gráfica, como las que se muestran a continuación (ver figura 3).

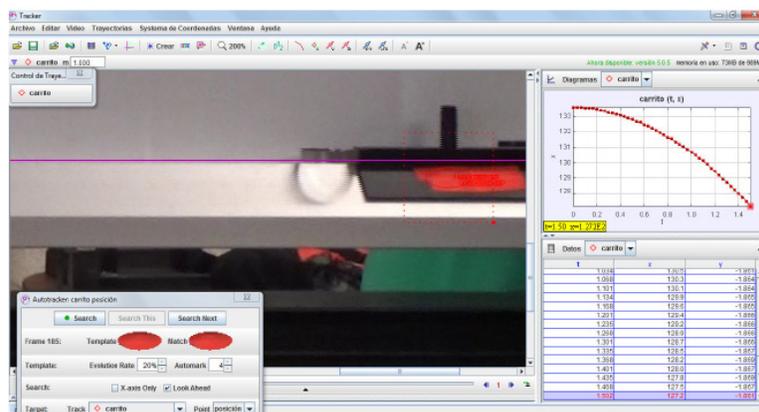


Figura 2. Elementos mostrados en la pantalla del programa Tracker

Nota: Fuente propia de la investigación.

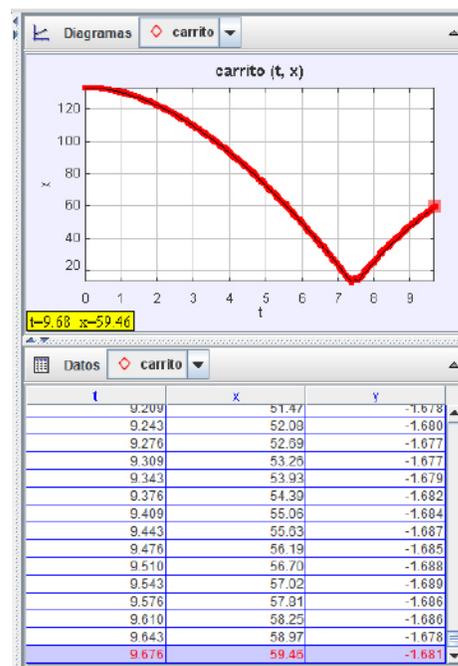


Figura 3. Gráfica y tabla de datos obtenidos a partir del video, usando Tracker

Nota: Fuente propia de la investigación.

Como se puede apreciar durante el diálogo entablado entre los participantes (ver extracto 1), el punto clave de la discusión se encuentra en la forma en la cual se prepara el experimento. Dicha preparación



implica ubicar adecuadamente el origen que determina si la gráfica será decreciente o creciente. Posteriormente, y una vez obtenida la gráfica, se presenta una nueva discusión (ver extracto 2), con la cual se establece una reflexión sobre el significado de las variables usadas en el programa y la manera en la que se interpreta la gráfica antes obtenida (figura 3).

Diálogo [2]: Las gráficas en *Tracker*. Primer análisis

- [1] E1: ¿Qué es x ?
- [2] E2: x es la posición en el eje de las X .
- [3] E3: Es la posición de en dónde está.
- [4] E1: ¿Pero, en este caso, va a ser tiempo?, ¿va a ser qué?
- [5] E4: x es distancia.
- [6] E2: x es distancia que va a ser dada en cm.
- [7] E1: Y la y , ¿qué es?
- [8] E5: La altura, pero se supone que en esta parte no se iba a mover.
- [9] E4: No, porque se supone que está sobre la superficie.
- [10] E1: En donde sí lo vamos a poder ver va a ser en el de treinta grados.
- [11] E4: ¡Sí! Ahí sí...

Extracto 2. Discusión sobre las variables utilizadas en la construcción de la gráfica

A continuación, se presentan los componentes identificados a partir del diálogo anterior.

Inquietudes en desarrollo de tipo tecnológico

- Reconocer la variable posición y tiempo, a partir del movimiento del objeto y cómo eso se traduce en la gráfica cartesiana obtenida con ejes.

- Reconocer la variable x como la posición del carrito, con respecto al origen del eje dispuesto en *Tracker* de manera horizontal. Esto es, x es la distancia horizontal que existe entre el origen y el carrito.

Recursos lingüísticos

- Los alumnos hablan del nombramiento de cada variable, utilizan términos como x , y , *distancia*, *altura* y *tiempo*.

Prácticas estándar

- La manera de nombrar los ejes en el plano cartesiano y su cambio en los ejes del programa *Tracker*.
- La noción de función como relación entre 2 variables.

Rupturas

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

Como se puede apreciar en el diálogo, la discusión del equipo gira en torno a significados relacionados con cómo se denominan los ejes, lo que causa ruido por el modo en el que, habitualmente, se manejan las variables en la clase de matemáticas; x ,



la gran mayoría de las veces, se refiere a la variable independiente. De hecho, uno de los aspectos interesantes es que la variable tiempo parecería no ser reconocida como independiente en el análisis, por lo que choca con la estructura habitual de nombrar a los ejes.

Posteriormente, los alumnos continúan con la discusión relativa a la gráfica antes obtenida y el movimiento del objeto en el programa *Tracker*. Sin embargo, identifican una parte de la gráfica que no les es útil en sus análisis. Esto habla de la forma en la cual interpretan lo obtenido gráficamente con un tipo de situación en el movimiento del carrito (ida o vuelta) (ver figura 4).

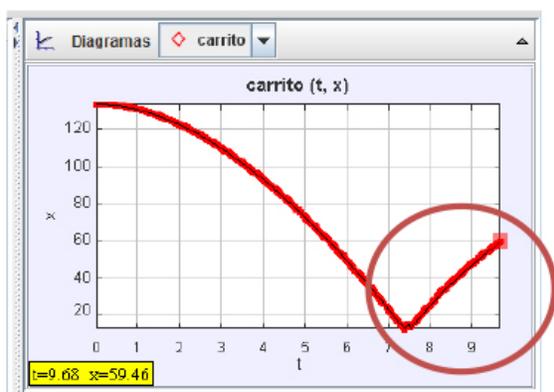


Figura 4. Información no útil identificada a partir de la gráfica construida
 Nota: Fuente propia de la investigación.

Más adelante, y como parte del análisis que se les solicita a los estudiantes, estos usan el programa *Origin*. En este software, se pasan los datos de las tablas obtenidas en *Tracker* y se construyen gráficas a partir de dichos datos. En el siguiente diálogo entre los alumnos (extracto 3), se aprecia cómo la interpretación de la gráfica alude ahora al comportamiento de esta y a una discusión sobre la realización del experimento.

Diálogo [3]: Discusión sobre el comportamiento de la gráfica

- [1] E1: Nos vamos a Origin y tenemos que llenar las columnas.
- [2] E2: ¿Este es el tiempo? (Señala la primera columna de datos en Origin). ¿El tiempo va a estar en x?
- [3] E1: ¡Sí!, el tiempo siempre va en x.
- [4] E2: Sí, porque lo único que no varía es el tiempo, el tiempo siempre es escalar y siempre es constante, lo único que varía es la posición dependiendo del tiempo.
- [5] E3: ¿Vas a pegar todos los datos o nada más de donde dijeron que el video?
- [6] E2: Vamos a pegar todos los datos y luego vamos a recortar según nuestra
- [7] conveniencia.
- [8] E1: Y ahora vamos a graficar tiempo versus x. Aquí salen negativos porque fue el momento en que nuestra...
- [9] E4: Se desplazó hacia el otro lado.
- [10] E2: Sí, se desplazó hacia la izquierda.
- [11] E4: Dijo que podías invertir el video.
- [12] E1: De hecho, como se estaba desplazando hacia la izquierda entonces nos van a salir negativas todas.
- [13] E2: Pero eso es en y, entonces nos va a salir hacia abajo. ¿No?, la gráfica.
- [14] E1: No. Vamos a ver cómo sale la gráfica.
- [15] E5: Nos va a salir negativo.
- [16] E4: Va a salir hacia abajo.
- [17] E1: Sale como negativos, pero de todas formas lo podemos invertir. ¿No?

Extracto 3. Discusión sobre el comportamiento de la gráfica

Una vez que los estudiantes realizan el experimento en *Tracker*, toman los datos y los analizan con *Origin* (ver figura 5) y ahí discuten sobre el “signo” que determina que la gráfica resulte decreciente, como se aprecia



en las líneas de la 7 a la 11 del anterior extracto; es decir, el plano cartesiano dado por el programa *Tracker* toma en consideración el sentido del movimiento, de manera que para que los estudiantes obtengan una gráfica creciente requieren considerar dicho sentido e “invertir el video” (línea 16, extracto 3).

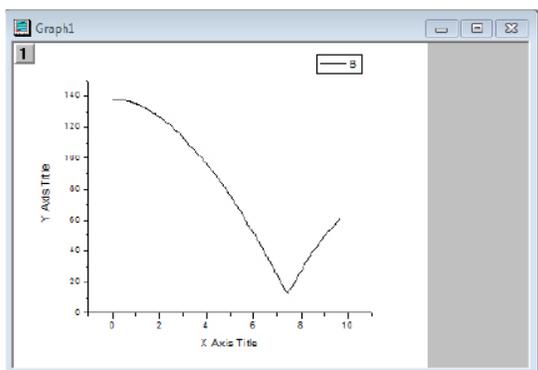


Figura 5. Gráfica obtenida en Origin, a partir de los datos de Tracker

Nota: Fuente propia de la investigación.

A continuación, describimos los componentes identificados en este último diálogo.

Inquietudes en desarrollo de tipo conceptual

- Identificación de gráficas crecientes y decrecientes.
- Identificación de las variables, independiente y dependiente, respectivamente.

Recursos materiales

- Uso del programa *Origin* para la graficación de los datos.

Recursos lingüísticos

- Lo negativo de los datos obtenidos para referirse a una gráfica decreciente.

Prácticas estándar

- Relacionan la función que tiene la variable tiempo, según lo aprendido en la clase teórica y el papel que juega su posición ahora en el programa Origin.
- Definen la variable dependiente como posición y la independiente como tiempo.

Rupturas

- Ubicación del origen. Los alumnos plantean interrogantes con respecto al resultado del desplazamiento del objeto, mencionan números negativos, cuando ellos esperaban positivos reflejados en la tabla de datos que emitió el programa Tracker. Detectaron que la posición del objeto depende de su colocación sobre el eje cartesiano del Tracker. Para ellos era conveniente colocar el eje sobre el objeto corriendo de izquierda a derecha, lo resolvieron de forma contraria, de derecha a izquierda, y hablan de “invertir el video” para obtener números positivos en los valores de la distancia recorrida por dicho objeto.
- El Tracker les brinda un eje horizontal con “signo” (la parte izquierda del eje corresponde al cuadrante negativo).

Discusión de resultados

Posterior a la identificación de cada componente en los diálogos del equipo A, se construyeron tablas con las categorías determinadas en el análisis detallado de componentes. Estas categorías exhiben las clases de componentes halladas. A continuación, se presentan las categorías referidas a las *prácticas estándar* y *rupturas*, que



exhiben también las dificultades enfrentadas por los estudiantes en la construcción e interpretación de gráficas cartesianas.

Comentarios finales

El análisis de los componentes descritos de nuestro marco conceptual permitió ver cómo sucede la graficación en un espacio social de interacción entre pares, en este caso, de una comunidad de estudiantes de nivel superior de ingeniería física. Más allá de contar con una ecuación por graficar, como los cursos tradicionales de matemáticas podrían proponer, los educandos se involucraron en una práctica auténtica de graficación (Bowen *et al.*, 1999). Pusieron

en funcionamiento recursos materiales y lingüísticos, al igual que prácticas estándar y rupturas en inquietudes que iban surgiendo conforme se avanzaba en el análisis de la práctica experimental.

No obstante, es importante mencionar que la graficación para los estudiantes no es completamente una competencia ausente de dificultades. De acuerdo con el análisis, se pudieron observar que las principales complejidades presentadas por los alumnos estuvieron relacionadas con el uso de una tecnología para la construcción de gráficas, así como con la identificación y nombramiento de las variables involucradas en el fenómeno; también, con la ubicación e interpretación del origen, incluso, con ciertas nociones

Tabla 1.

Categorías de los componentes de la graficación durante la práctica de laboratorio. Prácticas estándar

Categoría	Descripción
C1.1. Ejes	Identificación y nombramiento del eje cartesiano en <i>Tracker</i> .
C1.2. Variación	Discusión sobre una gráfica creciente y decreciente, según el punto de referencia y la identificación del tipo de gráfica MRU y MRUA.
C1.3. Escalas	Establecimiento de escalas en el origen cartesiano.
C1.4. Nociones teóricas	Identificación y uso de conceptos físicos y matemáticos.
C1.5. Variables	Identificación de las variables usadas por el programa (posición y tiempo, dependiente e independiente).

Nota: Fuente propia de la investigación.

Tabla 2

Categorías de los componentes de la graficación durante la práctica de laboratorio. Rupturas

Categoría	Descripción
C2.1. Variables	Reconocimiento de las variables dependiente e independiente.
C2.2. Ejes	Ubicación del origen en el plano cartesiano, en el programa <i>Tracker</i> ; localización de los cuadrantes en él y la posición del objeto en el eje, para obtener números positivos y negativos.
C2.3. Software	Uso y manejo del software <i>Tracker</i> y <i>Origin</i> .
C2.4. Tipo de variación	Confusión en determinar si el movimiento tiene una función lineal o exponencial. Gráfica curva, recta, gráfica de la velocidad.
C2.5. Conceptos	Conocimiento de los conceptos físicos de fricción y aceleración, además de los matemáticos de función lineal y exponencial.

Nota: Fuente propia de la investigación.



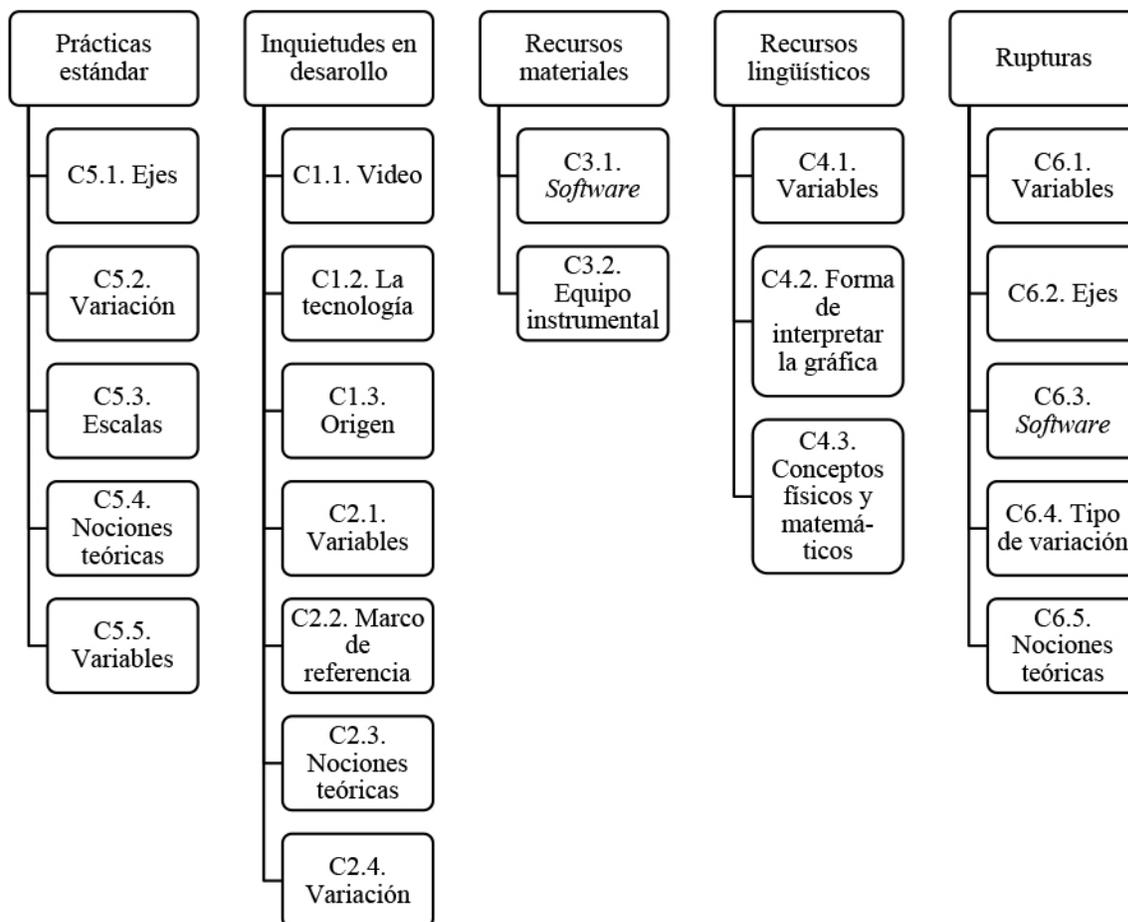
teóricas físicas. De igual manera, se pudo apreciar que a ellos se les complicó el momento de discutir sobre la variación del fenómeno o determinar qué está variando y cómo varía; igualmente, con el marco de referencia, los ejes del plano cartesiano, las escalas y el equipo instrumental empleado.

A manera de síntesis, a continuación, se presenta un cuadro en el que aparecen las categorías resultantes del análisis de la práctica experimental, el cual permite dar cuenta de cómo se caracteriza la práctica de graficación en los estudiantes de nivel superior, al enfrentarse a una práctica experimental de laboratorio, específicamente

para la comunidad de ingenieros físicos en formación (ver tabla 3).

No obstante las dificultades mencionadas, se puede apreciar cómo la graficación resulta ser una práctica social cotidiana en el contexto escolar de los estudiantes, que se pone en acción y se reflexiona. A la vez, es una actividad social producida con la cooperación con otros. De igual manera, se aprecia cómo las dinámicas de los estudiantes son impulsadas por las inquietudes que tienen en determinado momento. Es claro que las dudas e inquietudes no eran establecidas de antemano por el profesor, sino también por las rupturas que van guiando lo que

Tabla 3
Componentes y sus categorías



Nota: Fuente propia de la investigación.



sucede en el trabajo de los aprendices. Estas mismas inquietudes permiten que los estudiantes hagan uso de determinados recursos materiales y lingüísticos para la construcción e interpretación de gráficas cartesianas.

Es posible observar que los estudiantes quizás no tienen la suficiente experiencia para realizar adecuadas interpretaciones de las gráficas, es decir, que se está ante un proceso de desarrollo del aprendizaje. Por lo tanto, los alumnos, al ingresar a una comunidad científica, comienzan a enfrentarse con una gran cantidad de representaciones gráficas a las cuales no están acostumbrados o incluso con el uso de la tecnología. Lo anterior implica el reto de construir adecuados ambientes de aprendizaje, para que los educandos logren argumentar, construir, discutir, explicar y justificar cualquier afirmación realizada, donde se enfrenten a prácticas de graficación cercanas a las que emplean en su dominio científico.

Esos ambientes de aprendizaje deberían proveer al estudiante experiencias en las que sean copartícipes y pongan en funcionamiento los componentes descritos en el marco teórico: recursos, prácticas, rupturas e inquietudes en desarrollo que presenten prácticas auténticas de la comunidad científica. Se trata de escenarios en donde también el rol de la tecnología sea esencial en la comunidad, ya que permitía generar gráficas cartesianas inmediatamente, dando retroalimentación rápida a las reflexiones y dudas de los estudiantes. Este tipo de posturas abre la discusión a reflexionar sobre propuestas curriculares para carreras de ciencias, en las cuales debería involucrarse a los estudiantes en dinámicas propias de la disciplina. Una de estas propuestas podría encontrarse en la *modelación matemática y aplicaciones* (Niss, Blum y Galbraith, 2007; Molina-Mora, 2017), en la que, a través de actividades y

el uso de modelos, se trabajen aspectos cercanos al futuro contexto de los estudiantes y en cuyo propósito la graficación sea herramienta esencial para el tratamiento de las problemáticas inherentes al dominio.

Referencias

- Bell, A. y Janvier, C. (1981). The Interpretation of Graphs Representing Situations. *For the Learning of Mathematics*, 2(1), 34-41. Recuperado de <https://flm-journal.org/Articles/342368A19260FACE7BC364E-D38AD7.pdf>
- Bowen, G. M. y Roth, W. M. (1998). Lecturing graphing: ¿What features of lectures contribute to student difficulties in learning to interpret graphs? *Research in Science Education*, 28(1), 77-90. Recuperado de <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF02461643.pdf>
- 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. Recuperado de [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199911\)36:9%3C1020::AID-TEA4%3E3.0.CO;2-%23](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/(SICI)1098-2736(199911)36:9%3C1020::AID-TEA4%3E3.0.CO;2-%23)
- Bowen, G. y Roth, W. (2003). Graph interpretation practices of science and education majors. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 3(4), 499-512. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1080/14926150309556585>
- Buendía, G. (2012). El uso de las gráficas cartesianas: un estudio con profesores. *Educación Matemática*, 24(2), 9-35. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4419940.pdf>
- Cordero, F. y Flores, R. (2007). El uso de las gráficas en el discurso matemático escolar: un estudio socioepistemológico en el nivel básico a través de los libros de texto. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 10(1), 7-38. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/154338788.pdf>



- Cordero, F. (2008). El uso de las gráficas en el discurso del cálculo escolar. Una visión socioepistemológica. En R. Cantoral, O. Covián, R. M. Farfán, J. Lezama y A. Romo (Eds.), *Investigaciones sobre enseñanza y aprendizaje de las matemáticas: Un reporte Iberoamericano* (pp. 285-309). México, D. F.: Díaz de Santos y Comité Latinoamericano de Matemática Educativa. A. C.
- Cordero, F.; Cen, C. y Suárez, L. (2010). Los funcionamientos y formas de las gráficas en los libros de texto: una práctica institucional en el bachillerato. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 13(2), 187-214. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/relime/v13n2/v13n2a4.pdf>
- Deulofeu, J. (1991). El lenguaje de las gráficas cartesianas y su interpretación en la representación de situaciones discretas. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, (11-12), 77-86. Recuperado de <https://documat.unirioja.es/download/articulo/126222.pdf>
- Dolores, C. (2004). Acerca del análisis de funciones a través de sus gráficas: concepciones alternativas de estudiantes de bachillerato. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 7(3), 195-218. Recuperado de <https://documat.unirioja.es/download/articulo/2095497.pdf>
- Duval, R. (2006). Un tema crucial en la educación matemática: la habilidad para cambiar el registro de representación. *La Gaceta de la RSME*, 9.1, 143-168. Recuperado de <https://skat.ihmc.us/rid=1JM80DWCV-2BL5619-23T/La%20habilidad%20para%20cambiar%20el%20registro%20de%20representaci%C3%B3n.pdf>
- Fabra, M. y Deulofeu, J. (2000). Construcción de gráficos de funciones: continuidad y prototipos. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 3(2), 207-230. Recuperado de <https://profesorjonas.jimdo.com/app/download/6298659877/CONSTRUCCION+DE+GRAFICO+DE+FUNCIONES.pdf?t=1439519912>
- García, J. J. y Perales, F. J. (2007). ¿Comprenden los estudiantes las gráficas cartesianas usadas en los textos de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 107-132. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/38989915.pdf>
- Leinhardt, G.; Zaslavsky, O. y Stein, M. (1990). Functions Graphs and Graphing: tasks, learning and teaching. *Review of Educational Research*, 60(1), 1-64. Doi: <https://doi.org/10.3102/00346543060001001>
- Molina-Mora, J. (2017). Experiencia de modelación matemática como estrategia didáctica para la enseñanza de tópicos de Cálculo. *Uniciencia*, 31(2), 19-36. Doi: <https://doi.org/10.15359/ru.31-2.2>
- Nemirovsky, R. y Tierney, C. (2001). Children creating ways to represent changing situations: on the development of homogeneous spaces. *Educational Studies in Mathematics*, 45(1-3), 67-102. Recuperado <https://link.springer.com/content/pdf/10.1023%2FA%3A1013806228763.pdf>
- Niss, M.; Blum, W. y Galbraith, P. (2007). Part 1. Introduction. En W. Blum, P. Galbraith, H.W. Henn y M. Niss (Eds.), *Modelling and Applications in Mathematics Education* (pp. 3-32). New York: Springer.
- Radford, L. (2009). Signifying Relative Motion. Time, Space and the semiotics of cartesian graphs. En W. M. Roth (Ed.), *Mathematical Representation at the interface of body and culture* (pp. 45-69). Charlotte, Carolina del Norte, Estados Unidos: Information Age Publishing.
- Roth, W. y McGinn, M. (1997). Graphing: Cognitive Ability or Practice? *Science Education*, 81(1), 91-106. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/%28SICI%291098-237X%28199701%2981%3A1%3C91%3A%3AAID-SCE5%3E3.0.CO%3B2-X>
- Sánchez, M. (2014). Educación matemática crítica en México: una argumentación sobre su relevancia. *DIDAC*, 64, 30-36. Recuperado de http://revistas.iberomx.com/didac/articulo_detalle.php?pageNum_paginator=1&totalRows_paginator=7&id_volumen=18&id_articulo=219&pagina=1
- Schuster, A.; Puente, M.; Andrada, O. y Maiza, M. (2013). La metodología cualitativa, herramienta para investigar los fenómenos que ocurren en el aula. La investigación educativa. *Revista Electrónica Iberoamericana de Educación en Ciencias y Tecnología*, 4(2), 109-139. Recuperado de <http://www.exactas.unca.edu.ar/riecyt/VOL%204%20NUM%202/TEXTO%207.pdf>



Valenzuela, J. R. y Flores, M. (2012). *Fundamentos de investigación Educativa* (volumen 2). México: Editorial Digital Tecnológico de Monterrey. Recuperado de https://s6f-8d95476e64bd09.jimcontent.com/download/version/1344614700/module/5705454619/name/volumen_2.pdf

Zaldívar, J. y Briceño, E. (2019). ¿Qué podemos aprender de nuestros estudiantes? Reflexiones en torno al uso de las gráficas. *Educación Matemática*, 31(2), 212-240. Recuperado de http://www.revista-educacion-matematica.org.mx/descargas/vol31/2/09_REM31-2.pdf



Análisis de la práctica de *graficación* en estudiantes de ingeniería en un contexto de laboratorio de física (Arianna Berenice Garza-Kanagusico y otros) in *Uniciencia* is protected by [Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported \(CC BY-NC-ND 3.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/)