

---

# ESTUDIO DE LAS FUNCIONES A TRAVÉS DE SITUACIONES DE MOVIMIENTO USANDO LA TABLETA IPAD

---

Apolo Castañeda, Rosa Isela González-Polo y Alejandro Miguel Rosas-Mendoza

## RESUMEN

*Este artículo reporta el diseño e implementación de una situación didáctica para el estudio del concepto de función con estudiantes de secundaria (11-13 años), a través del modelaje del movimiento de una persona utilizando la tableta iPad. El propósito fue motivar una discusión sobre las condiciones físicas del modelo y reconocer el sentido de las variables, elaborar bosquejos de gráficas y realizar interpretaciones del movimiento a partir de gráficas. Para el desarrollo de la situación se utilizó la metodología de la ingeniería didáctica. La situación propone introducir la idea de relación entre variables a través del modelaje del movi-*

*miento, donde la experiencia de actividad física sirve de referente para la interpretación y construcción de gráficas. La implementación de la situación didáctica motivó el trabajo autónomo entre los estudiantes debido a que emplearon la tableta electrónica como medio para validar sus predicciones gráficas y esto motivó la discusión al interior del equipo. Los estudiantes desarrollaron también la habilidad de bosquejar gráficas para representar intensidades del movimiento y profundizaron en la interpretación de la gráfica al reconocer características como la inclinación, crecimiento, decrecimiento y dominio.*

---

## Introducción

Los estudiantes de secundaria tienen los primeros acercamientos formales con el concepto de función a través de actividades de graficación empleando la técnica de tabulación y ubicación de puntos en el plano. Esto solo les permite afrontar problemas típicos de graficación, pero sus conocimientos son insuficientes para realizar otras tareas más avanzadas como la interpretación cualitativa de las gráficas (Leinhardt *et al.*, 1990) en donde deben leer y obtener significados de las gráficas.

Una forma de propiciar un ambiente didáctico para el análisis de las gráficas es a través del estudio de situaciones experimentales. En este escenario es usual que no se

conozca una regla y la información del contexto se debe interpretar para establecer el dominio, contradominio, etiquetar ejes, la forma de las gráficas, etc. Este escenario favorece que los alumnos exploren, hagan predicciones, discutan y argumenten sus resultados, con lo cual se logra un conocimiento significativo, ya que, al ser construido por ellos, adquiere más sentido (Kaput, 1999).

Una característica relevante del modelaje es el control de las situaciones, pues los estudiantes tienen en sus manos el desarrollo de la experiencia, la posibilidad de establecer las condiciones iniciales del experimento y, en ocasiones, definir las variables que intervienen. En opinión de Borba y Villarreal (2005) la experimentación cambia la

naturaleza del conocimiento que se construye en clase, ya que el tipo de actividad matemática que se encuentra en estos escenarios (opuesto a los enfoques formalistas) les permite desarrollar conceptos matemáticos a partir de los hechos que observan, de las situaciones variacionales que experimentan, e incluso, conectar la experiencia corpórea a las representaciones matemáticas. Nemirovsky *et al.* (1998) sustentan la idea que la fusión de actividad física y las formas gráficas representan un gran recurso didáctico para involucrar a los estudiantes en discusiones sobre la construcción e interpretación de gráficas. Cuando se plantean situaciones de estudio del movimiento es posible establecer una fuerte conexión entre la construcción interna

y algo que se obtiene a través de los sentidos. Por esta razón la experiencia sensorial es un elemento a considerar en el diseño de este tipo de actividades de aprendizaje, ya que permite la construcción de argumentos que usualmente se apoyan en incursiones ‘visuales’ o modelajes verbales de los fenómenos que se estudian (Barwise y Etchemendy, 1991).

El propósito del presente estudio es desarrollar e implementar una situación didáctica dirigida a estudiantes de segundo grado de secundaria, para el estudio de la función lineal a través del modelaje del movimiento de una persona, utilizando la aplicación *Video Graphics* para la tableta móvil iPad. La situación tiene la intención de situar a los estudiantes en una discusión sobre las condiciones físicas

---

## PALABRAS CLAVE / Dispositivos Móviles / Educación Secundaria / Funciones / Situación Didáctica / TIC's /

Recibido: 16/02/2017 Modificado: 21/11/2017. Aceptado: 30/11/2017.

**Apolo Castañeda** (Autor de correspondencia). Maestro en Ciencias y Doctor en Matemática Educativa, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN), México. Profesor, IPN, México. Dirección: Centro de Investi-

gación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA-IPN). Legaria N° 694 Col. Irrigación, Del. Miguel Hidalgo C.P. 11500 México DF, México. e-mail: apcastane@gmail.com

**Rosa Isela González-Polo.** Licenciada en Educación en el área de Matemáticas, Normal

Superior del Estado de México. Maestría en Ciencias en Matemática Educativa, CINVESTAV-IPN, México. Estudiante del Doctorado, CICATA-IPN, México. Profesora de Educación Secundaria. **Alejandro Miguel Rosas Mendoza.** Licenciado en Mate-

máticas, Universidad Veracruzana, México. Maestría en Ciencias en Matemáticas, CINVESTAV-IPN, México. Doctor, IPN, México. Profesor Investigador, CICATA-IPN, México.

## THE STUDY OF FUNCTIONS THROUGH MOVEMENT SITUATIONS USING THE IPAD TABLET

Apolo Castañeda, Rosa Isela González-Polo and Alejandro Miguel Rosas-Mendoza

### SUMMARY

*This article reports the design and implementation of a didactic situation for the study of the concept of function with secondary students (11-13 years), through the modeling of the movement of a person, using the iPad tablet. The purpose was to motivate a discussion about the physical conditions of the model and to recognize the meaning of the variables, to elaborate sketches of graphs and to make interpretations of the movement from graphs. For the development of the situation we used the didactic engineering methodology, which provides references for the didactic design from the epistemological, didactic and cognitive fields. The situation pro-*

*poses to introduce the idea of relationship between variables through the modeling of movement, where the experience of physical activity is a reference for the interpretation and construction of graphs. The implementation of the didactic situation motivated the autonomous work among the students as they used the electronic tablet to validate their graphic predictions and this motivated the discussion inside the team. Students also developed the ability to sketch graphs to represent intensities of movement and deepened the interpretation of the graph by recognizing characteristics such as inclination, increase, decrease, and domain.*

## ESTUDO DAS FUNÇÕES ATRAVÉS DE SITUAÇÕES DE MOVIMENTO USANDO O TABLET IPAD

Apolo Castañeda, Rosa Isela González-Polo e Alejandro Miguel Rosas-Mendoza

### RESUMO

*Este artigo relata o desenho e implementação de uma situação didática para o estudo do conceito de função com estudantes de secundária (11-13 anos), através da modelagem do movimento de uma pessoa utilizando o tablet iPad. O propósito foi motivar uma discussão sobre as condições físicas do modelo e reconhecer o sentido das variáveis, elaborar rascunhos de gráficos e realizar interpretações do movimento a partir de gráficos. Para o desenvolvimento da situação se utilizou a metodologia da engenharia didática. A situação propõe introduzir a ideia de relação entre variáveis através da modelagem do movimento, onde a*

*experiência de atividade física serve de referência para a interpretação e construção de gráficos. A implementação da situação didática motivou o trabalho autônomo entre os estudantes devido a que empregaram o tablet eletrônico como meio para validar suas previsões gráficas e isto motivou a discussão pelo interior do equipamento. Os estudantes desenvolveram também a habilidade de realizar rascunhos gráficos para representar intensidades do movimento e aprofundaram na interpretação do gráfico ao reconhecer características como a inclinação, crescimento, decréscimo e domínio.*

del modelo, en donde se propicie el reconocimiento y análisis de las variables distancia y tiempo, se elaboren bosquejos de gráficas y se realicen interpretaciones del movimiento a partir de gráficas. Este enfoque se sustenta en la perspectiva de Monk (1992), quien señala que los modelos físicos proveen a los estudiantes una visión de la situación funcional, la cual puede ampliar la perspectiva acerca de las funciones, así como en la de Planchart (2005), quien explica que al modelar situaciones reales se motiva el análisis y la descripción de aspectos simbólicos, verbales, gráficos, algebraicos y numéricos. Y también en la de Lakoff y Núñez (2000), quienes argumentan que las experiencias físicas permiten explicar el

surgimiento de las ideas matemáticas abstractas y formales a partir de experiencias sensorial-motoras concretas.

### Método

Para el desarrollo y la implementación de la situación didáctica se utilizó la metodología de la Ingeniería Didáctica (Artigue, 1995), la cual se basa en un enfoque experimental para la concepción, realización, observación y análisis de secuencias de enseñanza, donde los resultados provienen de la confrontación entre los resultados obtenidos de la experimentación y las hipótesis formuladas en el análisis preliminar. El trabajo de diseño se compara con el realizado por un ingeniero, el cual se apoya no solo en el conocimiento de su

dominio, sino que también toma decisiones sobre las diversas componentes del proceso. En este modelo el propósito es diseñar una situación en la que el alumno construya una idea matemática a partir de los planteamientos o problemas que enfrenta; la función del profesor es llevar a sus estudiantes a la situación diseñada donde el conocimiento que debe aprender aparezca durante el proceso de la solución.

La situación se formuló en el contexto de cuantificación del movimiento de un estudiante que recorre un tramo de 100m en la parte recta de una pista de atletismo. A través de la tableta electrónica los estudiantes recopilan la información de la distancia y del tiempo y con esos datos construyen la gráfica. La situación didác-

tica está compuesta por cuatro secuencias de actividades. En la primera secuencia el estudiante debe correr de forma constante en todo el tramo; en la segunda secuencia el estudiante debe combinar diferentes movimientos: velocidad constante lenta, velocidad constante rápida, velocidad constante muy rápida; en la tercera secuencia el estudiante debe combinar diferentes movimientos y diferentes sentidos; finalmente, en la cuarta secuencia se proporcionan gráficas y el estudiante debe interpretarlas para reproducir el movimiento en la pista.

Los planteamientos en las tres primeras secuencias de la situación son del tipo 'predictivo'; el estudiante debe anticipar la forma de la gráfica resultante a partir de las características

de su movimiento. En la cuarta secuencia se le pide al estudiante 'representar' el movimiento en la pista a partir de la lectura de gráficas de posición-tiempo.

La situación didáctica permite la verificación empírica de resultados, con el fin de que los estudiantes revisen posibles errores y corrijan la forma de su movimiento en la pista, a través de la aplicación *Video Graphics* en la tableta electrónica iPad, la cual tiene la capacidad de grabar escenas de video, describir las trayectorias de los objetos en movimiento, establecer un sistema de referencia para relacionar las variables y construir las gráficas de distancia-tiempo (una versión para el sistema operativo Android es *VidAnalysis free*, el cual cuenta con las mismas funciones).

La característica de movilidad de la tableta permite emplear el dispositivo en diversos espacios físicos y analizar instantáneamente las situaciones de movimiento, repetir los experimentos y ayudar a reconocer la variación de las variables.

#### *Diseño de la situación didáctica*

La situación didáctica tiene dos propósitos: 1) permitir a los estudiantes relacionar su experiencia de movimiento con la forma de una gráfica cartesiana y durante este proceso, interpretar el sentido de las variables (distancia, tiempo), desarrollar la habilidad de lectura de gráficas y reconocer la necesidad de un sistema de referencia; y 2) motivar el desarrollo y transferencia de representaciones numéricas y gráfica de la función. La situación didáctica está dividida en cuatro secuencias didácticas, cada actividad se desarrolla en una sesión de 50min.

En la primera secuencia los estudiantes conocen la aplicación *Video Physics*. El profesor expone en el aula, a manera de introducción, las características técnicas y las condiciones para grabar la escena de movimiento. El profesor entrega a cada

equipo una hoja con instrucciones para realizar el experimento de movimiento en la pista de atletismo que consiste en correr de forma constante un trayecto de 100m. Antes de realizar el experimento, los estudiantes deben trazar su gráfica en papel a partir de las características de la situación física planteada. A continuación, los estudiantes se dirigen a la pista de atletismo donde se les pide formar equipos de tres integrantes. Cada equipo es responsable de asignar y rotar las siguientes funciones: el corredor, encargado de correr en la pista; el camarógrafo, encargado de grabar la escena; y el relator, encargado de registrar y organizar la información en su cuaderno. Se les recomienda a los estudiantes repetir varias veces el experimento y elegir la mejor escena de movimiento para obtener su gráfica.

Después, los estudiantes regresan al aula donde el profesor organiza una breve discusión sobre la experimentación y utiliza algunas de las grabaciones para analizar las características del experimento a través de la lectura de la gráfica. Es aquí cuando, a través de preguntas, hace explícitos algunos conceptos que serán relevantes en las siguientes actividades; por ejemplo, el tiempo total del experimento, la distancia, la información que muestran los ejes, el punto de origen. La secuencia concluye con la exposición de cada equipo en el que presentan un reporte de la experimentación que incluye la planeación, el desarrollo y los resultados.

En la segunda secuencia, el profesor entrega a cada equipo una hoja con instrucciones para realizar un experimento de movimiento en la pista de atletismo. El experimento está integrado por tres tareas: la primera consiste en correr por la pista de forma constante, la segunda consiste en correr de forma constante muy rápidamente y la tercera consiste en correr de forma constante muy lentamente. Antes de realizar el experimento, los estudiantes deben trazar sus gráficas en

papel y describir su forma a partir de las características de la situación física planteada. Posteriormente los estudiantes se trasladan a la pista para realizar la parte experimental, se encargan de seleccionar la mejor escena para cada tarea, realizan el punteo sobre el video y obtienen sus gráficas. Los estudiantes regresan al aula y confrontan sus predicciones gráficas con las obtenidas en la tableta, analizan las gráficas a partir de cada situación de movimiento y formulan sus conclusiones.

La tercera secuencia tiene el mismo esquema que la anterior, y solo difiere en el tipo de tareas que se proponen. El experimento está integrado por tres tareas: la primera consiste en correr por la pista de forma constante hasta la mitad del trayecto, detenerse 10s y reanudar la carrera de forma constante muy rápidamente hasta terminar el trayecto; la segunda consiste en correr hasta la mitad del trayecto de forma constante muy lentamente, detenerse 10s y regresar al punto de origen corriendo de forma constante muy rápidamente; y la tercera consiste en correr de forma constante muy lentamente hasta la mitad del trayecto, detenerse 10s y reanudar la carrera corriendo de forma constante muy rápidamente hasta el final del trayecto y volver a la mitad del trayecto corriendo de forma constante muy lentamente.

En la cuarta secuencia, el profesor entrega a cada equipo una hoja que contiene cinco gráficas que representan el movimiento de una persona en la pista de atletismo. Los estudiantes tienen la consigna de describir el movimiento que deben en realizar para generar esas gráficas. Posteriormente los estudiantes se trasladan a la pista para realizar la parte experimental, se encargan de seleccionar la mejor escena para cada tarea, realizan el punteo sobre el video y obtienen sus gráficas. Los estudiantes regresan al aula y confrontan sus predicciones gráficas

con las obtenidas en la tableta, analizan las gráficas a partir de cada situación de movimiento y formulan sus conclusiones. Para concluir la actividad, el profesor inicia una discusión para analizar la idea de relación entre variables (distancia y tiempo) así como la forma de la gráfica a partir de la situación física.

#### *Experimentación*

La situación didáctica se desarrolló con un grupo de 15 estudiantes de segundo grado (edades entre 11 y 13 años) en una secundaria pública rural en México. En este grado escolar, el programa contempla el estudio de la función y su representación gráfica a través de la ubicación de pares ordenados y la unión de puntos sobre el plano. Los alumnos ya habían estudiado el tema y se esperaba que los estudiantes no presentaran dificultades con los conceptos básicos asociados a la función, como los ejes, la ubicación de las coordenadas, el punto de origen, el trazo de la gráfica, la tabla de valores, y además pudieran avanzar en la lectura y comprensión de las características de las gráficas para describir las condiciones del experimento. En lo que respecta a tecnología, cada equipo recibió un iPad con las aplicaciones instaladas y se les instruyó la forma de usar el dispositivo. Esta actividad se realizó en clases previas a la implementación de la situación didáctica.

La situación didáctica se desarrolló durante cuatro sesiones de 50min en el transcurso de una semana. El titular del proyecto era también el profesor del curso de matemáticas y condujo las actividades en el aula.

#### **Resultados de la Aplicación**

##### *Predicciones gráficas*

En las primeras tres secuencias los estudiantes se enfrentaron a la tarea de dibujar la gráfica del movimiento de una persona, considerando únicamente la información descrita en su hoja de actividades. Esto

representó un importante reto para los estudiantes ya que implicó realizar una transferencia de información del contexto verbal al contexto gráfico, donde era necesario imaginar la situación de movimiento, definir las variables del experimento y establecer una gráfica cartesiana que reflejara las características del movimiento. Los estudiantes nunca habían realizado interpretaciones cualitativas de las gráficas ni habían asociado fenómenos a ellas, por lo que se esperaba que tuvieran problemas en la codificación de información matemática de un contexto a otro. En la primera actividad, solo uno de los cinco equipos de estudiantes dibujó una recta con una pendiente positiva, con inicio en el origen y donde se identifican las variables distancia y tiempo. Dos equipos dibujaron una recta horizontal y dos equipos dibujaron a una persona corriendo, en ninguno de estos cuatro casos se definieron variables.

Cuando los estudiantes realizaron la predicción de las gráficas en la segunda secuencia, habían reconocido que el fenómeno de movimiento se podría expresar con la relación de las variables distancia y tiempo, y que el movimiento con velocidad constante se podía representar con una recta con pendiente positiva. Se observó entonces una evolución respecto a la primera secuencia, pues en esta actividad las predicciones gráficas de los estudiantes fueron más detalladas al incorporar nombres en los ejes, el punto de inicio, la distancia máxima del recorrido, aunque sólo tres de los cinco equipos dibujaron tres rectas con diferente pendiente positiva. Los dos equipos restantes dibujaron, en los tres casos, una recta con la misma inclinación.

En la tercera secuencia, los estudiantes se enfrentaron a situaciones de movimiento con diferente velocidad y trayectoria. La principal dificultad observada fue anticipar la gráfica del movimiento cuando la persona toma dirección al punto de partida. Se observó que tres de los equipos tradujeron esto

como un cambio de dirección en la gráfica y dibujaron una recta que 'regresa' al origen. Los dos equipos restantes lograron interpretar que el cambio de trayectoria en el movimiento se representa como una recta con pendiente negativa. Otro problema para los equipos fue concebir la posibilidad de que una gráfica se pudiera expresar como una composición de diferentes gráficas (gráfica a trozos); tres equipos construyeron gráficas independientes para cada tipo de movimiento, un equipo agregó uniones a las gráficas (pequeños segmentos curvos) a fin de darle continuidad al trazo, y solo un equipo construyó una gráfica a trozos.

En la cuarta secuencia se planteó recrear el movimiento a partir de una gráfica dada. Esta tarea tuvo la característica de ser inversa a las anteriores ya que implicó identificar el grado de inclinación de las rectas, así como el tiempo total del experimento. Las primeras tres gráficas combinaron tres formas de movimiento constante: lento, medio y rápido, dos trayectorias: avanzando y retrocediendo y un alto total durante algunos segundos. Para este caso, todos los equipos generaron correctamente sus gráficas. Las últimas dos gráficas planteadas en la situación utilizaron algunos de los elementos anteriores y además incorporaron, en algún intervalo, un trozo de gráfica curva. Solo tres equipos lograron obtener una gráfica similar a la planteada y los dos equipos restantes interpretaron el segmento curvo como un error en el planteamiento; no obstante, en la discusión los estudiantes argumentaron que la 'parte curva' se debía a que la velocidad de la persona no era constante, esto es, iba aumentando.

#### *Experimentación*

La segunda actividad que se desarrolló en cada una de las secuencias fue la experimentación en la pista de atletismo. Esta actividad despertó un genuino interés en los estudiantes, quienes se manifestaron entusiastas y dispuestos a parti-

cipar. Cada equipo repitió el experimento entre tres y cinco veces y esto permitió refinar las habilidades de captura, punteo (seguimiento de la trayectoria), ubicación y definición del sistema de referencia sobre el video. Después de cada experimentación, el equipo se reunía para observar la gráfica resultante y proponer modificaciones a la forma del movimiento con la idea de mejorar las gráficas, con lo cual se fortaleció la relación 'forma del movimiento - forma de la gráfica'. En el desarrollo de esta actividad los equipos generaron espontáneamente una discusión al confrontar las gráficas obtenidas en la tableta con sus predicciones dibujadas en el papel, lo que ocurrió sin que el profesor lo motivara.

Al concluir las cuatro secuencias todos los estudiantes habían participado como 'corredores' en al menos una ocasión. Esto fue muy favorable para el estado de ánimo del grupo, ya que se mostraron muy interesados por 'reconocerse' en las gráficas que se generaban en la tableta. Decían, por ejemplo: "aquí iba más rápido", "en esta parte de la gráfica me detuve un poco", "al inicio no corrí bien", entre muchos otros.

#### *Debate grupal*

La forma de conducir el debate en las tres primeras actividades fue así: el profesor leía la consigna del movimiento y enseguida pedía a los integrantes del equipo describir la forma de organizar el desarrollo de la tarea; posteriormente mostraba el video del estudiante corriendo en la pista y al terminar el video pedía al estudiante (corredor) describir su experiencia; enseguida mostraba la gráfica resultante y pedía al equipo describir la gráfica en relación al movimiento del estudiante. Adicionalmente, se utilizó la tabla numérica del experimento para situar distancias e identificar ordenadas. En la primera secuencia el planteamiento conduce a una recta con pendiente positiva, en cuyo caso la discusión se centró en

los diferentes grados de inclinación de las rectas obtenidas, pues aunque los estudiantes corrían de forma constante, lo hacían con diferente velocidad. Otro aspecto que se discutió fue el origen de las gráficas con curvatura, donde uno de los equipos hizo notar que cuando "no se mantenía una velocidad constante" durante la carrera, la gráfica resultante presentaba curvaturas. Esto obligó a un equipo repetir varias veces su experimento pues buscaban obtener una recta 'perfecta'. En la segunda secuencia nuevamente aconteció una discusión sobre los diferentes grados de inclinación de las rectas; sin embargo, no se profundizó demasiado pues ya se había identificado la relación 'correr a velocidad constante' con 'recta'. En la tercera secuencia la discusión se desarrolló en torno a la naturaleza de la gráfica a trozos. Dos equipos aseguraban que no era una gráfica sino varias gráficas que reflejaban varias situaciones de movimiento, otros equipos argumentaron que la situación tenía diferentes comportamientos pero que tenía que 'leerse' como un único fenómeno y que por lo tanto se tenía que reflejar en una única gráfica. Durante la discusión se analizaron los conceptos de intervalo, de pendiente negativa y pendiente cero. El debate grupal de la cuarta secuencia se centró nuevamente en el grado de inclinación de la recta. Dado que los estudiantes tenían que representar el movimiento a partir de la lectura e interpretación de una gráfica, la velocidad constante tenía que ser estimada y ajustarse en cada intento (experimento) para 'acercarse' a la gráfica de referencia.

#### **Conclusiones**

Aunque el concepto de función ha sido una pieza fundamental en el desarrollo de la matemática, la ciencia y la tecnología, la enseñanza tradicional en el nivel de secundaria (edades entre 11 y 13 años) ha enfatizado su tratamiento algorítmico, el cual es un aspecto

necesario, pero no suficiente. Una forma de replantear la enseñanza de las funciones es incorporar situaciones experimentales a la clase de matemáticas que motiven el análisis y el reconocimiento de las variables involucradas y favorezcan las actividades de lectura e interpretación de las gráficas. Esto permitirá generar espacios de aprendizaje en donde los estudiantes puedan elaborar reflexiones, ideas, conjeturas, argumentos y motiven el diálogo e intercambio de experiencias.

La situación didáctica que se diseñó propuso avanzar en el estudio de las funciones a partir del trabajo con las gráficas dentro de un ambiente experimental. Este enfoque permite identificar las variables y sus relaciones desde un contexto situado y permite integrar la actividad física con las formas gráficas (Nemirovsky *et al.*, 1998), lo que coadyuva a la interpretación cualitativa de gráficas. Permite también establecer conjeturas respecto a la información que no es explícita o visible (Leinhardt *et al.*, 1990) y establecer conexiones entre diferentes registros, particularmente el gráfico, el numérico y el contexto físico.

Este tránsito pudo observarse en diferentes momentos de la situación didáctica: durante la fase de experimentación la tableta electrónica permitió establecer la conexión entre el contexto físico y gráfico que se fortaleció al repetir varias veces el experimento; la conexión entre el registro gráfico y el

numérico se estableció en la fase de debate grupal, donde el profesor incorporó las tablas de datos para ubicar la posición de la persona en distintas unidades de tiempo. Una característica relevante de la situación fue que motivó la interpretación cualitativa de las gráficas (señalado por Leinhardt *et al.*, 1990) la cual se desarrolló en la fase de debate grupal en las actividades 1, 2 y 3. El profesor organizó una discusión para analizar las gráficas que generaron los estudiantes en su situación experimental, donde se analizaron aspectos como la forma de la gráfica, las variables involucradas, el tiempo total del experimento, la distancia recorrida, entre otros. En esta fase los estudiantes se enfrentaron a la lectura e interpretación de las gráficas a partir del movimiento realizado, tarea que sirvió de antecedente para desarrollar la cuarta secuencia en donde la lectura e interpretación fue el punto de partida para definir y realizar los movimientos en la pista.

El componente 'experimental' de la situación didáctica tuvo un impacto positivo en los estudiantes, debido a que: a) no habían tenido una experiencia previa de trabajo matemático empírico y la actividad resultó novedosa e interesante; b) se les dio autonomía para organizar y ejecutar la fase experimental sin la supervisión del profesor, lo cual provocó que los estudiantes se involucraran en las tareas y asumieran su responsabilidad del

trabajo matemático; c) se les permitió organizarse y establecer los roles al interior del equipo; y d) la validación de sus gráficas a través del experimento permitió a los estudiantes verificar o replantear su trabajo matemático sin la intervención del profesor.

La situación también permitió a los estudiantes desarrollar la habilidad de bosquejar gráficas sin establecer valores de referencia, ya que durante el análisis de las gráficas se enfatizó el estudio de propiedades tales como su forma, su inclinación y su origen. Los estudiantes también reconocieron que la inclinación de una recta está asociada a la intensidad con que cambian las variables; en particular, esta conclusión fue expuesta cuando se analizaron las rectas con inclinación cero que se produjeron cuando el 'corredor' se detuvo.

Aunque los estudiantes ya habían estudiado las funciones a partir de la tabulación y graficación, la situación didáctica enfatizó la idea de relación funcional entre dos variables que los estudiantes conocen de forma intuitiva: la distancia y el tiempo. Durante las discusiones fue evidente que los estudiantes se apropiaron de la idea de relación, ya para ubicar la posición del 'corredor' era necesario hacerlo con referencia al tiempo.

#### REFERENCIAS

- Artigue M (1995) La enseñanza de los principios del cálculo: problemas epistemológicos, cognitivos y didácticos. En Artigue M, Douady R, Moreno L, Gómez P (Eds.) *Ingeniería Didáctica en la Educación Matemática*. "Una Empresa docente". Iberoamérica. México. 140 pp.
- Barwise J, Etchemendy J (1991) Visual information and valid reasoning. En Zimmerman W, Cunningham S (Eds.) *Visualization in Teaching and Learning Mathematics*. Mathematical Association of America. Washington DC, EEUU. pp. 97-140.
- Borba MC, Villarreal ME (2005) *Humans-with-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking*. Springer. Nueva York, NY, EEUU. 232 pp.
- Kaput J (1999) Teaching and learning a new algebra. En Fennema E, Romberg TA (Eds.) *Mathematics Classrooms that Promote Understanding*. Erlbaum. Mahwah, NJ, EEUU. pp. 133-155.
- Lakoff G, Núñez R (2000) *Where Mathematics Come From*. Basic Books. Nueva York, NY, EEUU. 492 pp.
- Leinhardt G, Zaslavsky G, Stein MK (1990) Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning, and teaching. *Rev. Educ. Res.* 60: 1-64.
- Nemirovsky R, Tierney C, Wright T (1998) Body motion and graphing. *Cognit. Instruct.* 16: 119-172.
- Monk S (1992) Students' understanding of a function given by a physical model. En Harel G, Dubinsky E (Eds.) *The Concept of Function: Aspects of Epistemology and Pedagogy*. Mathematical Association of America. Washington, DC, EEUU. pp. 175-193.
- Planchart MO (2005) La modelación matemática: alternativa didáctica en la enseñanza del precálculo. 360° *Rev. Inv. Cs. Matem. I*. <http://cremc.ponce.inter.edu/Iraedicion/modelacion.htm>