

El uso de representaciones mentales en la resolución de problemas en matemáticas. El caso de Nivel Medio Superior

The use of mental representations in problem solving in mathematics. The case of Upper Intermediate Level

Alma Alicia Benítez-Pérez^{a*}, María Elena Zepeda^b

^{a*}Doctora en Ciencias, albenper@gmail.com, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.

^bMaestra en Ciencias por el IPN, mezepedah@ipn.mx, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.

Forma de citar: A.A. Benítez-Pérez, M. Elena-Zepeda. El uso de representaciones mentales en la resolución de problemas en matemáticas. El caso del Nivel Medio Superior. *Eco Matemático*, 9(1), 64-75.

Recibido: Mayo 10 de 2017

Aceptado: Octubre 01 de 2017

Palabras clave

Representaciones,
explicación,
descripción

Resumen: La presente investigación analiza el uso de representaciones mentales en estudiantes de 16 y 17 años de Nivel Medio Superior, en la unidad de aprendizaje de cálculo diferencial. Este enfoque se adopta a partir del análisis de las representaciones mentales evidencian la descripción del resultado, del fenómeno o del dato en estudio. En términos generales, los estudiantes desarrollaron procesos descriptivos asegurar la coherencia cognitiva de del sistema. Se consideró un modelo particular de la investigación cualitativa, a través del método empírico-experimental, para analizar los registros y las transcripciones en las clases.

Keywords

Representations,
explanation,
description

Abstract: The following research analyzes mental representations in Secondary education students from 16 to 17 years of age during their stay at the differential calculus course. The line of approach in this study focuses on the analysis of mental representations, which shows the description of the result, phenomenon or data of study. In general terms, students were allowed to develop descriptive processes in order the chance to guarantee cognitive coherence on the description of the system. It has been considered a particular model of the qualitative research: an empirical approach to analyze the recordings and the transcriptions during classes.

* Autor para correspondencia: albenper@gmail.com

1. Introducción

El presente trabajo analiza el uso de representaciones mentales por estudiantes de Nivel Medio Superior (en adelante NMS) quienes cursan la unidad de aprendizaje de cálculo diferencial (4° semestre) cuando tienen la vivencia de resolver un problema de corte cualitativo. El estudio se fundamenta en las representaciones mentales (Johnson-Laird, 1983). El estudio es parte de una línea de investigación del conocimiento y del razonamiento dentro de los cuales se estudia el uso de las representaciones, las estrategias y la resolución de problemas; procesos desarrollados en un ambiente de discusión. Es así que surge la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo representa una situación problemática el estudiante de NMS cuando enfrenta situaciones no rutinarias?

La respuesta a esta pregunta beneficia la interpretación y exploración del uso de diversas representaciones mentales por estudiantes de NMS, escenario idóneo para analizar los procesos de resolución de problemas de matemáticas y el descubrimiento de posibles obstáculos.

La importancia del estudio de las representaciones mentales contribuye a la percepción e imaginación de la realidad, así como a las construcciones simbólicas empleadas para describir, o bien explicar nuestro entorno (Campos, 1997), las representaciones mentales de los objetos, su contenido y sus relaciones. Las representaciones mentales estructuran el conocimiento previo que posee un sujeto, por tanto, es un factor determinante en los procesos de comprensión (Hiebert y Carpenter, 1992). De acuerdo con Dreyfus (1991) una representación mental del objeto remite a marcos referenciales empleados por el sujeto para interactuar con el medio que le rodea.

Las representaciones mentales forman parte de la estructura interior y las externas se orientan al conocimiento comunicado, la mayoría de las representaciones están vinculadas con

conceptos (Dreyfus, 1991), inclusive a redes de conceptos dentro del conocimiento, cuya organización es evidente. Las representaciones internas y sus relaciones con las externas deben poseer cierto nivel de progreso, suficiente para que las representaciones externas puedan ser significativamente interpretadas por el individuo (Hiebert y Carpenter, 1992, 66-67, 78).

Duval (1999) menciona las condiciones internas a nivel cognición de un sujeto para la aprehensión del objeto. Se habla del fortalecimiento de la “Arquitectura Cognitiva”, fundamentada en la organización de diversos sistemas semióticos; escenario en el cual las representaciones de esta clase adquieren el rango de registros semióticos. Además señala la actividad de explorar diversos sistemas semióticos para lograr la aprehensión del objeto, pero advierte las dificultades que origina la coordinación de estos sistemas.

Por su parte Johnson-Laird (1983) menciona la presencia de tres estructuras en las que se pueden representar mentalmente la información: representaciones proposicionales, modelos mentales e imágenes, señalando que la esencia de la comprensión radica en el esquema “*Working Model*”.

En este contexto, se analizarán las representaciones mentales sobre el concepto de derivada, para lo cual se ha optado por considerar la teoría de Johnson-Laird (1983, 1987). De esta manera, además, de la teoría de dicho autor, se explicará la descripción de esta investigación, concluyendo con la presentación de algunos resultados preliminares.

2. Marco Teórico

A lo largo de más de dos décadas, se ha evidenciado el beneficio de las representaciones en los procesos de la resolución de problemas por parte del estudiante. Los autores Castro, (2008), DeBellis y Goldin (2006) y Cuoci y Curcio (2001) mencionan el uso de múltiples representaciones

para desarrollar de manera profunda y flexible la comprensión de conceptos. Sí bien, el empleo de varias representaciones favorecen su entendimiento, la pura existencia de los mismos no es suficiente para asegurar el uso flexible del concepto en los problemas. Las representaciones deben mostrar un orden interno y estar fuertemente articuladas (Dreyfus, 1991).

La elección adecuada de las representaciones por parte de los estudiantes ayuda a la oportunidad de aprender a apreciar la conveniencia y desventaja de las diferentes formas de representación (Schultz y Waters, 2000) para la resolución de problemas.

En este marco, Johson-Laird (1987, 1990) considera la existencia, por lo menos de tres formas en las que se puede representar información mentalmente: representaciones proposicionales, modelos mentales e imágenes. De acuerdo con el autor, la esencia de la comprensión está enfocada en el denominado “*Working Model*”, es decir, la explicación que emite un sujeto a otro, cuyo éxito radica en la construcción de un “*Working Model*” de quien escucha.

Los modelos mentales permiten la construcción de diversas inferencias para tomar decisiones y controlar la ejecución. En este sentido, un modelo mental es considerado una representación que muestra una estructura de la situación, con entidades (imágenes) y con ausencia de variables, pues representan entidades específicas (Johson-Laird, 1990).

Las modelos mentales son construidos como resultado de la interacción social y de la precepción, éstos están basados en la generación de inferencias, no se apegan a una estricta lógica formal, por lo cual se asume un razonamiento de tipo analógico, en virtud de que los modelos son análogos estructurales del mundo (Johnson-Laird, 1996). Por lo tanto todo conocimiento del mundo depende de la construcción de los modelos mentales.

Para Johson-Laird existen otros dos tipos de representaciones mentales que influyen en el proceso de comprensión: representaciones proposicionales e imágenes.

Las representaciones proposicionales son representaciones mentales interpretadas desde los modelos mentales que posee el sujeto y evaluadas si son inferidas de los modelos, sean reales o imaginarios. Las imágenes son aspectos visuales del modelo, exponen aspectos evidentes de los objetos correspondientes en el mundo real, siendo particulares, así las imágenes constituyen aspectos perceptibles de una situación siempre vista desde la postura de un observador y no puede representar elementos abstractos. En el sentido visual del modelo, no poseen el factor explicativo característico del mismo, de modo que, las imágenes pueden presentar grados analógicos.

2.1 Modelos mentales y el aprendizaje de la matemática

Comprender y desarrollar las habilidades matemáticas en situaciones contextualizadas, requiere comprender el texto, identificar conexiones y analizar el fenómeno para iniciarlo, influenciarlo o evitarlo. Los estudiantes traen al aula diversas representaciones mentales útiles para situaciones específicas, pero no necesariamente asertivos desde el rigor científico (Pozo, 1993), los cuales emplean para explicar el mundo que los rodea y para enfrentar situaciones no rutinarias.

En este sentido la capacidad del estudiante para comprender una teoría científica estará supeditada por la destreza para construir representaciones mentales, claramente influenciadas por relaciones fundamentales en la teoría, a través de las cuales emanan diversas explicaciones y predicciones para ser valoradas en ambientes consensuados científicamente.

La construcción de los representaciones mentales puede iniciarse con las representaciones proposicionales, es decir: manejo de definiciones

o bien relaciones matemáticas, comenzando por una percepción más cualitativa en forma de imágenes, pero también cabe la posibilidad de la no construcción del modelo, es decir esta postura sólo se trabaja a nivel de representaciones proposicionales, esto es, si el estudiante “sabe” una definición o bien la fórmula, no hay garantía de la construcción de un modelo, pues no es capaz de explicar esas representaciones proposicionales a luz del modelo. En términos de Duit (1993) el estudiante únicamente trabaja con representaciones proposicionales cuando carece de habilidad para explicar el contenido conceptual de una situación.

Por su parte, Caamaño (2011) señala a los estudiantes no capaces de identificar el tipo de explicación solicitada y dan argumentos superficiales, basados en el sentido común o en reglas, que aun siendo verdaderas no logran explicar su veracidad. De acuerdo con la autora, es necesario emitir explicaciones claras a los estudiantes y potenciar las mismas, basadas en proyectos y no en reglas.

En ocasiones, el estudiante puede examinar un problema como análogo a una situación similar, pero desde una postura simple del mismo; se puede decir, dentro de un contexto, difiriendo de manera reveladora a la situación actual, no obstante, el estudiante utiliza la misma estrategia y maneja la misma solución al problema referido, lo cual evidencia la limitación para construir el modelo (Moreira, M., 1996).

Para Johson-Laird (1996) la esencia del razonamiento tiene su fundamento en tres representaciones mentales: proposiciones, imágenes y modelos mentales. Los Modelos Mentales tienen su base en inferencias que emergen durante la situación problemática, siendo interpretadas y valoradas en contextos consensuados, por lo que el punto central del razonamiento está en la construcción de un modelo de trabajo en la mente de quien aprende.

De acuerdo con el autor los Modelos Mentales

presentan un pensamiento estructuralista, de naturaleza analógica en virtud de que son modelos análogos estructurales del mundo y de lo que ello representa.

En este sentido, de acuerdo con Johson-Laird, impulsar la construcción de modelos requiere no sólo una simple reordenación, sino una visualización diferente de las situaciones para recontextualizar su contenido y el empleo del aparato conceptual, dando sentido a la situación, a través de la inferencia. Lo cual no significa que el estudiante deba “eliminar” sus antiguos modelos, más bien, existe la posibilidad de hacer que coexistan, imaginando sus diferencias de acuerdo con el contexto (Moreira, 1994).

Las imágenes comparten ciertos atributos del modelo metal, sin embargo presentan diferencias, pues son estructuras visuales carentes de ser explicativas, es decir son producto de la imaginación y representan aspectos de los objetos del mundo real. El observador a través de las imágenes representa su perspectiva de los objetos reales y no representar elementos abstractos, no obstante los modelos si comprenden elementos abstractos, los cuales no pueden ser visualizados, y corresponden a diversas situaciones Johnson-Laird (1996).

La identificación de varias imágenes en el problema puede ser diverso. Si se consideran problemas bien definidos, suele ser relativamente sencillo, pues se identifican las características distintivas que evidencian los principios y las estrategias de un dominio particular en forma selectiva. Una persona calificada para resolver diversos problemas, quien reconoce inicialmente los modelos análogos de la situación para establecer conexiones entre las peculiaridades del mismo, con los atributos de los diversos modelos mentales depositados en la memoria del experto.

Las representaciones proposicionales están constituidas de una cadena de símbolos con un vocabulario finito y con reglas

sintácticas arbitrarias. Johnson-Laird considera las proposiciones objetos conscientes del pensamiento donde se exponen aseveraciones, dudas o supuestos de un evento, es decir es una representación mental que puede ser expresada verbalmente.

En este sentido una proposición evidencia la postura que se tiene desde los modelos mentales que posean, siendo evaluados como verdaderos si pueden ser inferidos a partir de los modelos reales o imaginarios disponibles en la persona.

En este contexto, se inicia con los planteamientos antes mencionados y con el objetivo propuesto en la presente investigación. Se ha seleccionado una situación no rutinaria en matemáticas para el Nivel Medio Superior en la unidad de aprendizaje de cálculo diferencial, la elección de la situación está enfocada en la interpretación de un texto desde el análisis cualitativo de la situación, donde se involucran los aspectos siguientes: aritmética, concepto de posición, desplazamiento, velocidad, derivada y criterios de la segunda y tercera derivada.

El propósito fue identificar las representaciones mentales utilizados por el estudiante cuando reformulan la información explícita, lo cual permite evidenciar elementos abstractos que no son visibles, pero además no corresponden a una única situación, sino a diversas situaciones. En este sentido el razonamiento consiste en la construcción y manejo de diversos modelos mentales que sin duda serán representaciones analógicas.

3. Materiales y métodos

La presente investigación identifica y analiza las diversas representaciones mentales sobre el concepto de derivada con estudiantes de NMS durante el proceso de resolución de problemas en matemáticas.

La experiencia se realizó con 35 estudiantes de cuarto semestre que cursaron la unidad de aprendizaje de Cálculo Diferencial del Centro de

Estudios Científicos y Tecnológicos 11 Wilfrido Massieu (CECyT 11), cuyas edades fluctuaron entre 16 y 17 años, teniendo la duración de 18 semanas el curso. La clase se organizó en equipos de 4 a 5 integrantes, formando un total de 6 equipos en el grupo. Se entregó al inicio de la sesión una actividad diseñada por el docente, para trabajarla de manera colectiva, se indicó que un integrante del equipo sería el encargado de recolectar toda la información durante el proceso de solución, mientras el docente participó como facilitador durante el desarrollo de las actividades con los equipos.

Con base en las diversas discusiones al interior de los equipos el docente seleccionó un equipo para exponer su trabajo al grupo. El criterio de selección consideró los diferentes puntos de vista, favoreciendo la discusión en el grupo, para aclarar dudas y superar posibles dificultades.

La experiencia final se realizó con 2 equipos (4 y 5 estudiantes, respectivamente), por ser estudiantes comprometidos con las actividades diseñadas, el evento tuvo una duración de 2 horas en cual se presentó un problema contextualizado para ser discutido al interior de los equipos.

La investigación se ubica en un paradigma de investigación cualitativo, se utilizó el método empírico-experimental. Dicho método contribuyó a organizar la información relevante en el contexto escolar. Las ideas enunciadas en el referente teórico brindaron los ejes para diseñar y aplicar actividades, en las que los estudiantes pudieron construir diferentes representaciones mentales y emitieron las explicaciones del fenómeno o del dato durante la experiencia.

Cabe señalar que durante la preparación del estudiante, se discutieron diversas situaciones problemáticas en el semestre escolar. En cuyo escenario se llevaron a cabo numerosas observaciones del objeto de estudio. Las evidencias se orientaron a registrar los siguientes eventos:

Bitácora del curso. Al término de cada sesión, las investigadoras anotaron las evidencias más significativas; posteriormente se discutieron y analizaron los aspectos positivos para ser fortalecidos, así como las posibles debilidades y ser consideradas en las próximas sesiones. Particularmente se atendieron aquellas actividades que presentaron mayor dificultad durante el desarrollo, pues sería la plataforma para la discusión en las sesiones plenarias.

Videgrabaciones. Se llevaron a cabo en dos etapas: la primera, durante las diversas discusiones al interior de los equipos y la segunda a nivel plenaria. El objetivo fue analizar el uso de las representaciones mentales durante el desarrollo de la solución y discusión de los datos o fenómenos deliberados en los equipos y de manera grupal.

4. Resultado y discusión

Definición de categorías de análisis

Con base en la disertación antes mencionada se determinó realizar el uso de procesos, para la significación del contenido en los estudiantes e identificar las analogías estructurales de una situación. Categoría 1, se orientó a reconocer los elementos significativos en la situación a través de los tratamientos de la información y su articulación dando la posibilidad de replantear la situación:

Categoría I. Modelo Mental

Indicadores:

- 1 Identificación del contenido explícito, a través de preguntas parciales en la situación
- 2 Identificación de relaciones en el contenido no explícito
- 3 Se plantean procesos relacionados con la velocidad y el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado cuya base son las relaciones establecidas

Las imágenes mentales son un medio para evidenciar puntos de vistas específicos de aspectos

de un objeto a partir de la percepción que se tenga de éste, un ejemplo es el concepto de derivada, el cual obedece a un evento que no se percibe, pero que puede ser imaginable, de manera tal, que a partir de ello se comprenden fenómenos en Cálculo Diferencial. En éste sentido las imágenes mentales son configuraciones particulares de un modelo mental.

Categoría II. Imágenes

Indicadores:

- 1 Se construyen y exploran imágenes para identificar contenido en la situación
- 2 Establecen relaciones

Las representaciones proposicionales representan el contenido de los objetos conceptuales y las relaciones entre ellos, estas representaciones expresan el lenguaje de la mente y poseen una estructura semántica y sintáctica, lo que permite ser expresada verbalmente Johnson-Laird (1983).

Categoría III. Proposicional

Indicadores:

- 1 Explicación de la situación con reglas sintácticas arbitrarias
- 2 Valoración de la veracidad o falsedad de la situación y su justificación

Se emplea un método de análisis, proveniente del campo de las ciencias sociales. Se evidencia el desempeño del docente durante la experiencia, estableciendo los mecanismos utilizados para solucionar la situación problemática.

Las actividades que guiaron el análisis fueron las siguientes:

1. Analizar el tratamiento de la información realizada para identificar el contenido explícito y/o implícito en el texto, actividad que beneficia re-interpretar o modificar la

primera representación utilizada.

2. Identificar las representaciones (Modelos Mentales, Propositiones, Imágenes) construidas e interpretadas por el estudiante de NMS cuando enfrenta una situación problemática.

En este contexto, se contempló la siguiente actividad para el desarrollo en el aula, la cual fue videograbada:

“Valentina llegó temprano a su clase de música. A punto estaba de sentarse cuando advirtió, disgustada, que había olvidado su cuaderno en su refugio predilecto: la siempre cómoda y acogedora biblioteca. No podía perderse el comienzo de la clase, así que corrió a la biblioteca, cogió su cuaderno y corriendo, también, regresó a su asiento, a tiempo para comenzar su, muy probablemente disfrutable, clase de música. Pero en el camino se encontró a su bienamado Juan y se detuvo a intercambiar algunas muestras de su muy auténtico cariño, lo que le llevó 4 minutos, pero de los largos. La biblioteca está en un punto diametralmente opuesto del salón de clases de Valentina, en el patio circular, que tiene 500 metros de diámetro, de la escuela. Valentina tardó, en total, 9 minutos.

a) Construye una gráfica que describa los cambios de posición de Valentina en su trayecto de ida y vuelta con respecto al tiempo.

b) Todos hemos escuchado, o hecho, descripciones de objetos en movimiento, que incluyen expresiones como «detenido», «rápido», «lento», «más rápido», «disminuyó su velocidad», «más alejado», «aceleró más» y muchas otras que seguramente te han asaltado la memoria. Identifica en la gráfica algunas partes con estas expresiones y describe las características de la

gráfica que les corresponden.” (Álgebra. Guía del estudiante. Instituto Politécnico Nacional, 2004).

La elección de la situación se orientó, por su pertinencia, durante el proceso de aprendizaje en matemática y el análisis cualitativo de la situación, con el objetivo de exhibir las posibles dificultades durante las estrategias metodológicas en la resolución del problema, así mismo se presentó en un ambiente contextualizado para generar una discusión a nivel local y global.

Categoría I. Modelo Mental

Indicador	Evidencia
1	Los estudiantes focalizaron la trayectoria de Valentina a través de la lectura en voz alta del texto, emitieron diversas preguntas para volver comprensible el comportamiento de la trayectoria. El equipo identificó diversos segmentos en el texto para emitir su interpretación, por ejemplo: “Se supone que Valentina va corriendo a la biblioteca sin detenerse, toma su cuaderno y se regresa igualmente corriendo, para nosotros esto significa que va y viene con la misma velocidad”
2	En este contexto, el equipo se apegó a las condiciones del texto para determinar las premisas iniciales: “Cuando mencionan que Valentina se detiene para estar con Juan, determinamos que se detiene exactamente a la mitad de su recorrido (a mitad del patio) para facilitarnos el trabajo ya que resulta más familiar y fácil de procesar”.
3	La reinterpretación del contenido de la representación para construir las siguientes, desde el contenido conceptual:

- a) El tiempo uno: sería un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, porque la velocidad y distancia van en aumento.
- b) El tiempo dos: también es un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, pero en éste, la velocidad es negativa, avanzaría a la misma velocidad, pero de reversa, por así decirlo.
- c) El tiempo tres: es un movimiento a una velocidad constante, sigue avanzando de “reversa”.
- d) Tiempo cuatro: sería exactamente lo mismo que el tiempo dos.

Finalmente, el equipo expuso la representación (véase figura 2) para emitir el recorrido de Valentina

Los estudiantes elaboran una gráfica exponiendo las diferentes posiciones en las que se pueden reunir las personas involucradas, además de exponer los movimientos y el tipo de velocidad que se relaciona con cada cambio de dirección.

Los estudiantes plantearon la posición cuando Valentina encuentra a su bienamado de regreso del salón de clase, exponiendo intervalos de tiempo para describir la posición de Valentina en su trayecto. Estableciendo un modelo de trabajo acerca de los intervalos posibles del encuentro de Valentina con Juan, por que poseían ideas previas que apoyaron para explicar la situación a través de una gráfica en las cual se expuso el significado de la situación.

La explicación del equipo muestra el convencimiento del resto del grupo, en el sentido de los sistemas coherentes durante la disertación de la situación, asegurando la coherencia cognitiva de la descripción del sistema.

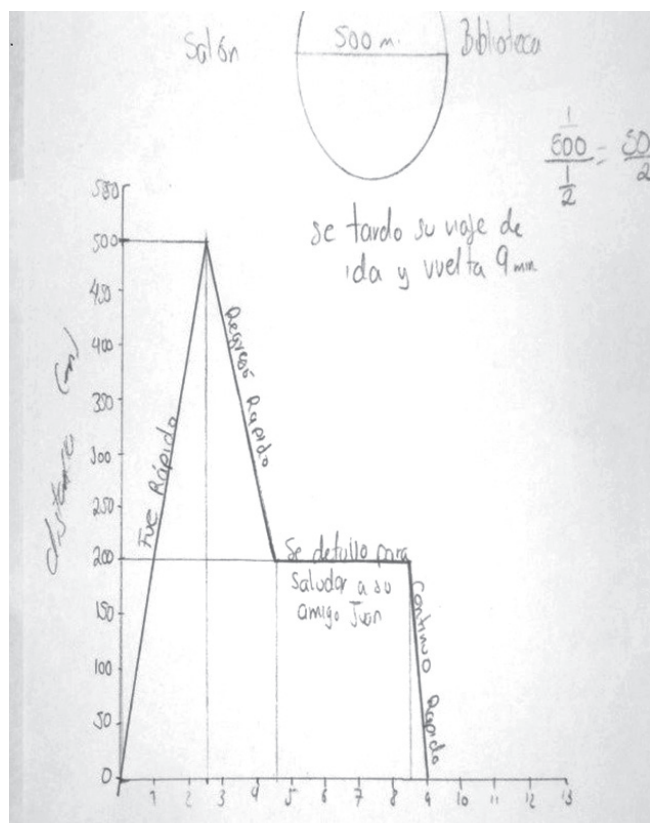


Figura 2. Recorrido de Valentina
Fuente: Exposición del equipo

Categoría II. Imágenes

Indicadores	Evidencia
1	El equipo empleó imágenes para ejemplificar la situación a través de episodios, lo que contribuyó a caracterizar la situación, la figura 1 muestra la imagen de la posición de Valentina en su recorrido de la biblioteca al salón de música. Las imágenes son descripciones de la situación, aunadas a las diferentes interpretaciones emitidas por cada una de las segmentaciones en el texto.

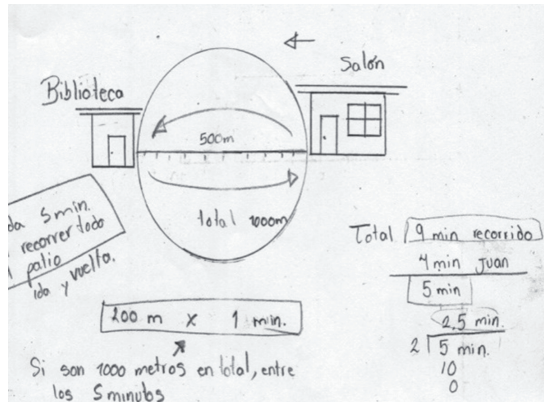
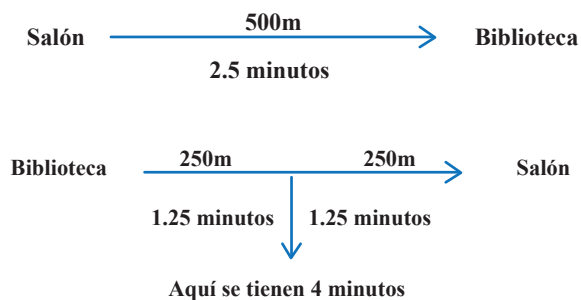


Figura 1. Exploración del recorrido de Valentina
Fuente: Exposición equipo participante

- 2 Al intervenir el docente, los estudiantes identificaron nueva información, impulsados a releer el problema una vez más, continuaron explorando las imágenes para reconocer nuevos hallazgos.

En este punto, se consideró el planteamiento del problema, aún vago e impreciso, lo que originó la intervención del maestro para presionar a los estudiantes a replantear la situación

Durante el tercer momento, el equipo reconsideró la información examinada para ser reinterpretada y construir nuevas representaciones. En este segmento surgió una idea importante en el seguimiento del problema, como lo mencionó José: “Entonces las cosas quedan así, de ida y de vuelta.”



Los estudiantes expresaron ideas mediante el uso de diversos enunciados, referidos al recorrido de Valentina en sus diferentes posiciones en las que puede encontrar la persona, así como la identificación para realizar el movimiento (rápido, lento, más rápido, detenido). Así mismo se observó el grado de abstracción para la posición, aunado a esto los estudiantes utilizaron imágenes, pues estuvieron constituidas por elementos básicos, ya que en ningún momento emplearon el concepto de velocidad y posición. Lo antes expuesto es debido a que las representaciones mentales se construyen sobre los conceptos previos del estudiante acerca del dominio conceptual; rapidez, velocidad, derivada.

Las ilustraciones de los estudiantes corresponden analogías visuales y por lo tanto específicas, exponiendo puntos de vistas particulares, sin poseer la capacidad explicativa de su significado, por lo cual el equipo elaboró representaciones de acuerdo a sus referentes previos.

Categoría III. Proposicional

Indicadores	Evidencia
1	El equipo expone de manera verbal el significado de la situación: “Se supone que Valentina va corriendo a la Biblioteca sin detenerse, toma su cuaderno y se regresa, igualmente corriendo (para nosotros significa que va y viene con la misma velocidad) (1), hay un momento en su regreso en el que detiene durante cuatro minutos, por lo que durante cuatro minutos su posición no cambia (consideramos que esto ocurrió a la mitad de regreso) (2). El total de tiempo que le tomó a Valentina hacer todo eso fue de nueve minutos (3), menos los cuatro minutos que se detuvo, quedan cinco minutos (4), lo que quiere decir que le tomó dos minutos y medio para ir

a la biblioteca y dos minutos y medio para regresar (5)”.

- 2 La descripción de la situación no presenta la información suficiente para explicar el recorrido, pues emplean equivalencias de tiempo entre los predicados la mitad de regreso y el total de tiempo, equivalencia que debe ser explicada.

Por esto, la segunda razón empleada por el equipo, menciona en (4) para ser considerada como condición en la siguiente explicación. El discurso explicativo concluye con (5) cuando se menciona el tiempo para ir a la biblioteca y el tiempo de regreso.

El proceso de explicación propuesto por el equipo exhibe la complejidad durante su desarrollo, pues surgen dificultades o concepciones falsas que obstaculizan la re-interpretación de la situación. El cambio de percepción del evento para identificar nuevos aspectos no se presenta de manera inmediata, no obstante, durante la misma interacción fue posible superar las dificultades presentadas.

Cabe mencionar la exposición de los estudiantes a través de diversos enunciados referidos a la descripción de la situación, algunas de las expresiones presenta preconcepciones acerca de los conceptos empleados. Debido a la falta de conocimiento acerca de los vocablos empleados en la definición exacta de derivada.

Las explicaciones parecen entrelazar al seguimiento, es decir, la construcción de las inferencias emergen de un abanico de preguntas como resultado de la conexión del hecho con otros en un sistema de funcionamiento de la situación, lo que asegura la continuidad del discurso, en consecuencia, evidencia la información implícita en el texto para robustecer la representación, o bien considerar la construcción de otra

representación. En este contexto, el lenguaje es un aspecto fundamental cuando se pronuncian las explicaciones y se asegura la coherencia cognitiva de la descripción del sistema en el oyente.

5. Conclusiones

- Se reconoce el empleo por parte de los estudiantes de las representaciones mentales, tales como imágenes, proposiciones y modelos mentales, inherentes al concepto de posición, velocidad y derivada.
- Referente al uso de las representaciones proposicionales empleadas durante la actividad sobresalieron vocablos de velocidad y posición, además conectaron enunciados para evidenciar los conceptos involucrados.
- Los modelos mentales los estudiantes identificaron el concepto de posición y velocidad, estableciendo la predicción y explicación del comportamiento seguido por Valentina, cuyas representaciones fueron líneas rectas en diversos intervalos de tiempo.
- Los modelos mentales contruidos durante la articulación de diversos conceptos permitieron describir la situación y la posibilidad de resolver los problemas.
- Las características identificadas evidenciaron el desarrollo de procesos a partir de una postura inductiva, beneficiando la generación de inferencias desde los conceptos previos empleados durante las exposiciones.
- En términos generales, la experiencia fue rica en la generación de explicaciones, es decir, cada descripción del fenómeno estuvo apegada a una estructura teórica que le permitió la exposición de explicaciones para describir la situación.

- La construcción de modelos mentales beneficia el aprendizaje significativo de conceptos matemáticos en situaciones que contribuyen al fortalecimiento de habilidades matemáticas.
- Las vías de exploración empleadas por los estudiantes en las representaciones fueron la interpretación de contenido, a partir de desde una visión cualitativa.
- La exposición de la razones por parte de los estudiantes para ser comprensible el dato, permitió identificar los conceptos empleados desde el sistema de relaciones teóricas, a través de la descripción donde se produce el fenómeno o el dato.

6. Agradecimientos

Agradecemos a la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional para la realización de este trabajo, con apoyo del proyecto de investigación SIP-20160931.

7. Referencias

Caamaño, A. (2011). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *En Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Recuperado de: https://chemistrynetwork.pixelonline.org/data/SUE_db/doc/28_Alambique%20Contextualizacion%20.pdf

Debellis, V. y Goldin, G. (2006). Affect and meta-affect in mathematical problem solving: a representational perspective. *Educational Studies in Mathematics*, 63(2), 131-147.

Dreyfus, T. (1991). Advanced mathematical thinking processes. En D. Talk, *Advanced mathematical thinking*, 25-41. Dordrecht Springer.

Duit, R. (1993). Research student's conception-developments and trends, paper presented

at the. "Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics". Ithaca, EEUU: Cornelt.

Duval, R. (1999). *Argumentar, demostrar y explicar: ¿continuidad o ruptura cognitiva?* (1ª ed.). Pitagora Editrice Bologna y Grupo Editorial Iberoamérica.

Greca, I. y Moreira, M. (1996) un Estudio Piloto sobre Representaciones Mentales, Imágenes, Proposiciones y Modelos Mentales respecto al Concepto de Campo Electromagnético en Alumnos de Física General, Estudiantes de Postgrado y Físicos Profesionales. En *Investigações em Ensino de Ciências*. Recuperado de: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/648/439>.

Hiebert, J. y Carpenter, T. (1992). Learning and teaching with understanding. En D.A. Grows (Ed.), *Handbook of research in mathematics thinking and learning*, 65-97. NCTM.

Hitt, F. (1996). Sistemas semióticos de representación del concepto de función y su relación con problemas epistemológicos y didácticos. *Investigaciones en didáctica de la Matemática*. México, DF: Grupo Editorial Iberoamérica.

Johnson-Laird, P. (1990). *El ordenador y la mente*. Barcelona: Paidós.

Johnson-Laird, P. (1987). Modelos en ciencias cognitivas. En D. Norman Ed, *Perspectivas de la ciencia cognitiva*, 179-232. Barcelona: Paidós.

Johnson-Laird, P. (1983). *Mental Models* (1a ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

Pozo, J. y Postigo, Y. (1993). Las estrategias de aprendizaje como contenido del

currículo escolar. En C. Monereo (Ed.).
*Las estrategias de aprendizaje: procesos,
contenido e interacción*. Barcelona:
Ediciones Domenech.

Schultz, J. y Waters, M. (2000). Why representation?
Mathematics Teacher, 3(6), 448-453.

Suárez, L., (2005). De los paquetes didácticos hacia
un repositorio de objetos de aprendizaje:
un reto educativo en matemáticas. Uso
de las gráficas, un ejemplo. *En Revista
Iberoamericana de Educación a Distancia*.
Recuperado de [http://www.redalyc.org/
pdf/3314/331427204016.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/3314/331427204016.pdf)