



**Un micromundo computacional que promueve el aprendizaje de la razón de cambio a
través de prácticas de modelación y simulación en educación media**

Geraldin López Ospina
Ariel Fernando Cruz Laguna

Universidad del Valle
Facultad de Educación y Pedagogía
Licenciatura en Matemáticas y Física
2024



**Un micromundo computacional que promueve el aprendizaje de la razón de cambio a
través de prácticas de modelación y simulación en educación media**

Geraldin López Ospina

201825686

Ariel Fernando Cruz Laguna

201826432

Dra. Marisol Santacruz Rodríguez

Directora Trabajo de Grado

Universidad del Valle

Facultad de Educación y Pedagogía

Licenciatura en Matemáticas y Física

2024



INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
Subdirección Académica

ACTA DE EVALUACIÓN DE
TRABAJO DE GRADO

Programa Académico Licenciatura en matemáticas y física

Fecha

Código del programa: 34 87

Día	Mes	Año
29	8	2024

Título del Trabajo o Proyecto de Grado

Un micromundo computacional que promueve el aprendizaje de la razón de cambio a través de prácticas de modelación y simulación en educación media

Se trata de:

Proyecto Informe Final x

Director

Marisol Santacruz Rodríguez

Nombre del Primer Evaluador

Leidy Cristina Cumbal

Nombre del Segundo Evaluador

Diana Ximena Ortiz

Estudiantes

Nombres y Apellidos	Código	Plan	E-mail	Télefonos de contacto
Geraldín López Ospina	1825686	3487	geraldin.lopez@correounivalle.edu.co	313 5725462
Ariel Fernando Cruz Laguna	1826432	3487	ariel.cruz@correounivalle.edu.co	318 7052021

Evaluación

Aprobado x Meritorio Laureado
Aprobado con recomendaciones No Aprobado Incompleto

En el caso de ser **Aprobado con recomendaciones** (diligenciar la página siguiente), éstas deben presentarse en un plazo máximo de _____ (máximo un mes) **ante:**

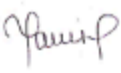
Director del Trabajo o Proyecto de Grado Primer Evaluador Segundo Evaluador

En el caso de que el Informe Final se considere **Incompleto** (diligenciar la página siguiente), se da un plazo máximo de _____

semestre (s) para realizar una nueva reunión de Evaluación el: ____ dd ____ mm ____ aa

En el caso que no se pueda emitir una evaluación por falta de conciliación de argumentos entre Director, Evaluadores y Estudiantes; expresar la **razón del desacuerdo** y las **alternativas** de solución que proponen (diligenciar la página siguiente).

Firmas

		
Director del Trabajo o Proyecto de Grado	Primer Evaluador	Segundo Evaluador

Recomendaciones Observaciones Razón de desacuerdo - Alternativas

- Las evaluadoras valoran que por la calidad del trabajo sea considerado como meritorio.

Firmas

		
Director del Trabajo o Proyecto de Grado	Primer Evaluador	Segundo Evaluador

Agradecimientos

Quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas, situaciones e instituciones que hicieron posible la realización de este trabajo. A la Universidad del Valle, por brindarme un espacio mágico y enriquecedor que ha sido fundamental en mi formación académica y personal. A mis amigos, especialmente a Darlyn y Paula, por su apoyo incondicional y constante motivación; su amistad ha sido un pilar esencial. A mi padre, cuya memoria siempre me ha brindado la tranquilidad necesaria en los momentos difíciles. A mi madre y a mis hermanos, Yeison y Yeimi, por su amor, paciencia y comprensión a lo largo de este proceso. Su apoyo ha sido invaluable y me ha dado la fortaleza para seguir adelante. Finalmente, un agradecimiento especial a la Dra. Marisol Santacruz Rodríguez; su guía y apoyo fueron cruciales para alcanzar esta meta. ¡Gracias!

Geraldin López

La realización de un trabajo de grado implica enfrentar múltiples desafíos. A pesar de los esfuerzos por evitar momentos difíciles, estos inevitablemente surgen. En esos momentos, las palabras de quienes más te apoyan, como "confío en que lo puedes hacer", se convierten en el combustible que impulsa a seguir adelante. Por ello, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres, Orlando Cruz y Claudia Patricia; su apoyo incondicional fue fundamental en este proceso. Agradezco sinceramente a Alejandro Cuellar, coordinador del Colegio Santamaría Goretty, por ser una de las pocas personas e instituciones dispuestas a abrir las puertas y brindar el espacio necesario para implementar. También quiero reconocer a todos los estudiantes que participaron en las actividades; su colaboración fue fundamental para alcanzar los objetivos de la investigación. ¡Muchas gracias a todos!

Ariel Cruz

Resumen

Este trabajo de grado problematizó el diseño, implementación y análisis retrospectivo de un entorno didáctico computacional, o micromundo, el cual permitió desarrollar prácticas del pensamiento computacional de estudiantes de educación media en sus clases de matemáticas. Para ello, el micromundo propuso tareas de razón de cambio que promovieran prácticas computacionales de modelación y simulación usando herramientas de programación creativa y la robótica educativa. En cuanto a la fundamentación teórica, se retomaron elementos del paradigma construccionista, tales como la noción de micromundo y sus respectivos componentes (técnico, didáctico, estudiante y contextual). Además, se adoptó el enfoque metodológico de la Investigación de Diseño en Educación Matemática, el cual se caracteriza por su naturaleza iterativa. Este enfoque implica una fase inicial de pilotaje, seguida de un análisis retrospectivo que retroalimenta el diseño. Posteriormente, se llevó a cabo la implementación principal junto con su análisis retrospectivo.

Respecto a las actividades de aprendizaje, se desarrollaron dos actividades (“Viaje en línea recta” y “Un recorrido en la ciudad”) cada una de ellas conformada por tres tareas. Los resultados obtenidos permitieron identificar el uso de prácticas del PC (Pensamiento Computacional) tales como las prácticas del diseño y la construcción de modelos

computacionales, el uso de modelos computacionales para encontrar y probar soluciones, entre otros, también se pudo identificar elementos de la programación creativa. Todo ello a través de las posibilidades que nos brindó el enfoque construccionista.

Palabras Clave: Micromundo, pensamiento computacional, prácticas de modelación y simulación, programación creativa, razón de cambio, educación media.

Tabla de Contenido

	Pág.
1. Planteamiento del Problema	14
1.1 El problema y su justificación	14
1.1.1 Planteamiento de la pregunta problema	19
1.2 Objetivos	19
2. Marco Teórico	20
2.1 En cuanto al pensamiento computacional en Educación Matemática	20
2.2 Prácticas computacionales de modelación y simulación en el aprendizaje de las matemáticas	22
2.3 Aportes del paradigma construccionista en Educación Matemática	25
2.3.1 Micromundo	27
2.3.2 Programación Creativa	30
2.4 Consideraciones sobre el aprendizaje de la razón de cambio	31
2.4.1 Estudio de la Razón de cambio en la educación media	34
2.4.2 Desde un punto de vista curricular	35
2.5 Algunos Antecedentes	41
2.6 Delimitación de las categorías de análisis	47
3. Metodología	48
3.1 Investigación de Diseño	48
3.2 Experimento de Enseñanza: una modalidad de la investigación de diseño	49
3.2.1 Fases del Experimento	50
3.2.2 Fuentes de datos y procedimiento de análisis de datos	51
3.2.3 Consideraciones éticas	53
4. Diseño de las actividades de aprendizaje	54
4.1 Organización de las actividades de aprendizaje	57
4.2 Actividad 1. Viaje en línea recta	62
4.2.1 Tarea 1: Programación en Marcha: Trayectoria en Línea Recta	63
4.2.2 Tarea 2: Precisión Cronometrada: El Desafío de la Llegada Exacta	66
4.2.3 Tarea 3: La rapidez del carro	66
4.3 Actividad 2. Recorridos usuales por la ciudad	67
4.3.1 Actividad 2 Tarea 1: Una vuelta por el barrio	68
4.3.2 Tarea 2: Llegando del colegio	70
4.3.3 Tarea 3: Revisando y compartiendo lo aprendido	71
5. Análisis Retrospectivo	73
5.1 Desarrollo y Contexto de la Implementación	73
5.2 Análisis retrospectivo Actividad 1	75

5.2.1	Análisis retrospectivo Actividad 1 Tarea 1	76
5.2.2	Análisis Retrospectivo Actividad 1 Tarea 2	90
5.2.3	Análisis Retrospectivo Actividad 1 Tarea 3	98
5.3	Análisis retrospectivo Actividad 2	107
5.3.1	Análisis Retrospectivo Actividad 2 Tarea 1	108
5.3.2	Análisis Retrospectivo Actividad 2 Tarea 2	115
5.3.3	Análisis Retrospectivo Activador 2 Tarea 3	117
5.4	Síntesis de los resultados de la implementación	120
6.	Conclusiones	123
7.	Referencias	127
8.	Anexos	134
8.1	Anexo A. Hojas de Trabajo del estudiante	134
8.2	Anexo B. Fotografías tomadas del pilotaje e implementación	148
8.2.1	Pilotaje grupo 00 (Colegio Nuestra Señora del Rosario)	148
8.2.2	Implementación grupo 01 (Colegio Santa María Goretti)	149
8.2.3	Implementación grupo 02 (Colegio Santa María Goretti)	151
8.2.4	Algunas Fotografías durante el armado del carro	152

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1 Coherencia vertical.	37
Tabla 2 Coherencia horizontal.	39
Tabla 3 Fuentes de recolección de datos.	51
Tabla 4 Descripción Actividad 1	60
Tabla 5 Descripción Actividad 2	61
Tabla 6 Diálogo grupo 00. Actividad 1 Tarea 1.	81
Tabla 7 Diálogo grupo 00. Actividad 1 Tarea 1.	82
Tabla 8 Diálogo grupo 00. Actividad 1 Tarea 1.	83
Tabla 9 Diálogo grupo 00. Actividad 1 Tarea 1.	85

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1 Pensamiento computacional en matemáticas.	21
Figura 2 Prácticas del Pensamiento computacional.	23
Figura 3 Componentes de un micromundo.	29
Figura 4 Representación gráfica de la razón de cambio promedio	33
Figura 5 Representación de la pendiente como razón de cambio constante	34
Figura 6 Categorías de análisis	47
Figura 7 Interfaz mBlock	55
Figura 8 Arduino UNO	55
Figura 9 Carrito Robot	56
Figura 10 Distribución de las tareas de la actividad 1.	58
Figura 11 Distribución de las tareas de la actividad 2.	59
Figura 12 Fragmento de las hojas de trabajo. Tarea 1.	64
Figura 13 Guía para el diseño del código.	65
Figura 14 Trayectoria para las tareas 1 y 2 de la actividad.	65
Figura 15 Representación de la trayectoria para la tarea 1	69
Figura 16 Representación de la trayectoria para la tarea 2	70

Figura 17 Hoja de Trabajo. Tarea 3.	72
Figura 18 Pilotaje	74
Figura 19 Reconociendo el componente técnico	74
Figura 20 Reconociendo el componente técnico (pilotaje)	75
Figura 21 Reconociendo el componente técnico (implementación)	76
Figura 22 Hoja de trabajo grupo 01 implementación. Actividad 1 Tarea 1C.	78
Figura 23 Hoja de trabajo grupo pilotaje. Actividad 1 Tarea 1D.	79
Figura 24 Hoja de trabajo grupo 01. Actividad 1 Tarea 1E.	80
Figura 25 Hoja de trabajo grupo 02 implementación. Actividad 1 Tarea 1C.	83
Figura 26 Hoja de trabajo grupo 00 Pilotaje. Actividad 1 Tarea 1B.	86
Figura 27 Hoja de trabajo grupo 01 implementación. Actividad 1 Tarea 1B.	86
Figura 28 Hoja de trabajo grupo 02 implementación. Actividad 1 Tarea 1B.	87
Figura 29 Esquema utilizado por los grupos para la tarea 1.	88
Figura 30 Ejecución de la Tarea 1 de la Actividad 1 por el grupo 00	89
Figura 31 Prueba final de la tarea 1 de la actividad 1 por el grupo 00	90
Figura 32 Hoja de trabajo grupo 01 implementación. Actividad 1 Tarea 2A.1.	95
Figura 33 Hoja de trabajo grupo 02 implementación. Actividad 1, Tarea 2A.1.	95
Figura 34 Hoja de trabajo grupo 01 implementación. Actividad 1 Tarea 2A.2.	97
Figura 35 Hoja de trabajo grupo 02 implementación. Actividad 1 Tarea 2A.2.	97
Figura 36 Programación del encoder realizada por los grupos 00, 01 y 02.	
Actividad 1 Tarea 3A.	99

Figura 37 Grupo 01 pone en marcha el carro tomando la cantidad de pulsos de los encoder.	99
Figura 38 Hoja de trabajo del grupo 00. Actividad 1 Tarea 3C.	100
Figura 39 Hoja de trabajo del grupo 01. Actividad 1 Tarea 3C.	101
Figura 40 Gráfica en Excel realizada por el grupo 00. Actividad 1 Tarea 3D.	102
Figura 41 Gráfica en Excel realizada por el grupo 01. Actividad 1 Tarea 3D	102
Figura 42 Hoja de trabajo del grupo 00. Actividad 1 Tarea 3B.	104
Figura 43 Programación realizada por el grupo 00 para la Actividad 1 Tarea 3A.	105
Figura 44 Montaje Implementación. Actividad 2.	107
Figura 45 Recorrido propuesto. Actividad 2 Tarea 1.	108
Figura 46 Hoja de trabajo grupo 00. Actividad 2 Tarea 1A.	110
Figura 47 Hoja de trabajo grupo 01. Actividad 2 Tarea 1D	113
Figura 48 Hoja de trabajo grupo 01. Actividad 2 Tarea 1A	114
Figura 49 Recorrido propuesto. Actividad 2 Tarea 2.	116
Figura 50 Hoja de trabajo grupo 01. Actividad 2 Tarea 3.1.	118
Figura 51 Programación del grupo 01. Actividad 2 Tarea 3 ítem 2A.	119

Introducción

Como futuros profesores de matemáticas, consideramos fundamental trabajar para que nuestros estudiantes, en contextos de su realidad, cuenten con herramientas que les permitan disminuir la brecha digital desde la educación escolar, con el fin de democratizar el acceso y uso de las Tecnologías Digitales posibilitando el acceso a ideas matemáticas poderosas que les permitan desenvolverse como ciudadanos en sus comunidades.

Adicionalmente, creemos que el desarrollo del pensamiento computacional (PC) ha adquirido una relevancia creciente en la educación matemática, ya que “posibilita desarrollar prácticas indispensables relacionadas con las matemáticas y las ciencias: organizar el pensamiento, resolver problemas, modelar, comunicarse y compartir con otros” (Weintrop et al., 2016).

En ese sentido, en el presente trabajo de grado se problematizó el diseño, implementación y análisis retrospectivo de un entorno didáctico computacional o micromundo con el cual se pretendió desarrollar el pensamiento computacional en estudiantes de educación media en el estudio de la razón de cambio y, a través de las prácticas de modelación y simulación. Entendiendo la razón de cambio como un objeto matemático necesario para el desarrollo de pensamiento variacional y siendo una

herramienta para el aprendizaje de la derivada o la solución de problemas en situaciones de cambio.

En cuanto a la fundamentación teórica, este estudio se desarrolló en el marco del paradigma construccionista, de modo que los estudiantes desarrollaran las prácticas de modelación y simulación del PC de manera activa y significativa en un ambiente especialmente diseñado con fines didácticos, buscando posibilitar el acceso de los estudiantes a ideas o prácticas matemáticas poderosas como menciona Papert y Harel (1991).

Para el desarrollo de este trabajo se propuso el diseño de un micromundo computacional, el cual se concibe como un entorno de aprendizaje que permite explorar y construir conceptos de manera contextualizada, lo que promueve que los estudiantes puedan relacionar y aplicar los conceptos aprendidos en escenarios y problemas auténticos, a través de tareas matemáticas que fomenten la modelación y simulación, utilizando herramientas de programación creativa y de robótica educativa, fomentando así el razonamiento, la creatividad, la resolución de problemas, la modelación y la colaboración.

Como enfoque metodológico se adoptó la Investigación de Diseño en Educación Matemática. Particularmente, se desarrolló un experimento de enseñanza. Esta metodología, se caracteriza por un ciclo de diseño, implementación, análisis retrospectivo y rediseño constante, de modo que se realizó un pilotaje y posteriormente la implementación principal.

Finalmente, los resultados obtenidos, al contrastarlos con los objetivos específicos de la investigación, nos permitieron identificar avances significativos en la comprensión

del concepto de razón de cambio por parte de los estudiantes. A través del análisis retrospectivo de la implementación, se logró reconocer que los estudiantes identificaron la relación implícita entre las magnitudes abordadas en las actividades del micromundo. Además, se observó que utilizaron prácticas de modelación y simulación del pensamiento computacional para resolver desafíos que requerían relacionar magnitudes de la rapidez promedio, como la variación de la distancia en función del tiempo.

1. Planteamiento del Problema

En este apartado se presenta la problemática relacionada con el interés de diseñar un micromundo computacional que permita fomentar el pensamiento computacional en estudiantes de educación media desde sus clases de matemáticas, particularmente en el aprendizaje de razón de cambio. Así mismo, se plantea la pregunta problematizadora y los objetivos que orientan la investigación.

1.1 El problema y su justificación

En este trabajo de grado abordamos la necesidad de proponer el diseño, implementación y evaluación retrospectiva de un micromundo computacional, es decir, de “un entorno didáctico rico en tecnologías digitales”, como afirman Noss y Hoyles (2019), para fortalecer el aprendizaje de la razón de cambio a través de prácticas de modelación y simulación, propias del Pensamiento Computacional (PC) en clases de matemáticas de Educación Media. Desde esta perspectiva, nos interesa indagar de qué maneras el PC puede llegar a integrarse a un entorno didáctico para promover el aprendizaje de las matemáticas.

Kallia et al. (2021) definen PC como un enfoque estructurado de resolución de problemas en el que uno es capaz de resolver y/o transferir la solución de un problema matemático a otras personas o a una máquina mediante el empleo de procesos de pensamiento que incluyen abstracción, descomposición, reconocimiento de patrones, modelado, pensamiento algorítmico, pensamiento lógico y analítico, generalización y evaluación de soluciones y estrategias.

Partimos nuestra problematización considerando, de acuerdo con Wing (2006), que el PC es una cualidad fundamental para todas las personas, no solo para los informáticos, ya que implica resolver problemas y diseñar soluciones. Por ejemplo, en prácticas como el modelado y la simulación, las cuales son requeridas en matemáticas, dado que permiten construir modelos representacionales de los fenómenos matemáticos o físicos que se están estudiando.

Además, es necesario que la formación de los estudiantes les incluya en la cultura digital, permitiéndoles producir tecnología, o entender cómo producirla, lo cual implica necesariamente el aprendizaje de las matemáticas. Dando paso a una enseñanza construccionista, contextualizada y significativa, mediante el uso de programación. Es decir, “el PC permite promover el aprendizaje de contenidos matemáticos al aprender a programar o interpretar código” (Morais et al. 2017).

En ese sentido, nos interesa considerar la necesidad de desarrollar pensamiento computacional para hacer matemáticas en Colombia, un “país con un amplio contraste cultural, político y económico” (Banco Mundial, 2021), donde “el acceso y el uso limitado de las tecnologías digitales pueden a constituir una brecha que agudiza la exclusión social y ciudadana” (Sunkel et al., 2013). De allí, nos surge el interés de indagar cómo desde nuestras clases de matemáticas, en la enseñanza de la razón de cambio, los profesores podemos contribuir a promover el desarrollo de PC, desde una perspectiva social que permita contribuir al cierre de brechas educativas y digitales.

Desde esa perspectiva, consideramos importante tomar en cuenta los aportes de Palmas (2018), quien inspirado en las ideas de Valero y Skovsmose (2012), sostiene la

necesidad de “*democratizar el acceso a ideas matemáticas poderosas*” a través de la expresión del pensamiento matemático usando tecnologías digitales.

Así pues, entendemos la importancia de la programación computacional como una *herramienta poderosa para hacer matemáticas* en la escuela y desarrollar pensamiento matemático. Así, retomamos ideas de Papert y Harel (1991) acerca del paradigma construccionista en Educación Matemática, donde se entiende la programación como una actividad que brinda la posibilidad de crear, compartir e interactuar con representaciones computacionales para expresar ideas matemáticas poderosas en un entorno computacional. Adicionalmente, Noss y Hoyles (2019) señalan que la misión de un entorno pedagógico construccionista de las matemáticas busca otorgar al estudiante la *experiencia* de construir, crear, hacer, resolver problemas y compartir con otros.

En ese sentido, un *micromundo computacional* es un entorno didáctico cuidadosamente diseñado con el propósito de explorar conceptos matemáticos o científicos, con el fin de fomentar el desarrollo conceptual y competencial en los estudiantes. Como destacan Noss y Hoyles (2019), este entorno proporciona un espacio didácticamente seguro donde cometer errores es parte del proceso, las ideas pueden ser compartidas, mejoradas y reinventadas de manera colaborativa.

En particular, nos interesa considerar que el diseño de un micromundo computacional posibilita la creatividad a la hora de resolver un problema y, como lo indica Dede (2010), la creatividad es una competencia clave dentro de diferentes marcos para la educación del siglo XXI y se considera una forma de competencia que permite tener éxito en un mundo cada vez más complejo.

En la misma línea, la participación auténtica de los estudiantes es una preocupación fundamental a la hora de diseñar un micromundo computacional, donde los estudiantes se interesen por lo que están construyendo, disminuyendo la percepción de las matemáticas como aisladas y ajenas a sus intereses. Como lo indica Romero et al. (2017) “La programación debe ser considerada como una estrategia pedagógica, y no solo como una herramienta técnica o como un conjunto de técnicas de codificación para ser aprendidas”. Por tanto, entendemos que la programación computacional fomenta diversas prácticas de PC (Wing, 2006), las cuales como afirman Kallia et al., (2021) incluyen el desarrollo de la creatividad para resolver problemas.

En cuanto a las prácticas de PC relacionadas con el aprendizaje de las matemáticas, Wing (2006) se refiere a las prácticas “como una amplia gama de actividades humanas que implican resolver problemas, diseñar sistemas y comprender el comportamiento humano, basándose en los conceptos fundamentales de las ciencias de la computación”. En el mismo sentido, Weintrop et al., (2016) centra su atención en aquellas prácticas que se encuentran en instancias del mundo real del PC y las organiza por categorías. En cuanto a las prácticas presentes en la categoría de modelación y simulación están:

- El uso de modelos computacionales para entender un concepto
- El uso de modelos computacionales para encontrar y probar soluciones
- Evaluación de modelos computacionales
- Diseño de modelos computacionales
- Construcción de modelos computacionales.

Sabemos que, en matemáticas, la modelación permite una vista simplificada de algunos fenómenos y brinda herramientas para la interpretación, siendo una habilidad fundamental. Ambientes computacionales, como los lenguajes de programación, permiten hacer uso de modelos existentes, pero también diseñarlos, construirlos y modificarlos constantemente. Además, dan la posibilidad de crear modelos dinámicos y, dependiendo de lo que se quiera modelar, se puede hacer de formas mucho más simplificadas y eficaces de lo que podría hacerse con otro tipo de recursos como lápiz y papel.

En vista de lo expuesto, resulta crucial enfocar nuestros esfuerzos en el diseño de un micromundo orientado al desarrollo del PC en clases de matemáticas. Esta estrategia se presenta como una herramienta que puede contribuir a cerrar la brecha social entre estudiantes que disponen de recursos como el acceso a diversos dispositivos electrónicos y la posibilidad de acceder a clases extracurriculares, en comparación con aquellos que no cuentan con tales ventajas. Asimismo, consideramos que es momento para que nuestro país pueda generar y aportar al crecimiento social, cultural y democrático desde esta área.

En particular, nos interesa proponer el diseño de un micromundo que fomente prácticas computacionales de modelado y simulación relacionadas con procesos del pensamiento matemático escolar como la modelación matemática, la resolución de problemas y la comunicación de ideas matemáticas propuestas por el MEN (1998; 2006).

En cuanto al objeto matemático, se decidió trabajar sobre la noción de razón de cambio, entendiendo la importancia de desarrollar pensamiento variacional, el cual de acuerdo con Vasco (2002) no consiste en la memorización de funciones o fórmulas, sino en una forma dinámica de pensamiento donde se intenta producir sistemas mentales que

"relacionen sus variables internas de tal manera que covaríen en forma semejante a los patrones de covariación de cantidades de la misma o distintas magnitudes en los subprocesos recortados de la realidad". Sin embargo, como afirman López y Forero (2012) la mayoría de los estudiantes al finalizar su formación escolar e inclusive en los primeros semestres de programas universitarios, no cuentan con la noción de la razón de cambio y lo que les impide dar significado a la definición de derivada en contextos diferentes al algebraico y afecta el desarrollo del pensamiento variacional.

1.1.1 Planteamiento de la pregunta problema

De lo anterior, nos surge el interés de indagar:

¿Cómo fundamentar el diseño, implementación y análisis retrospectivo de un micromundo computacional que promueva el aprendizaje de la razón de cambio a través de prácticas de modelación y simulación en educación media?

1.2 Objetivos

Objetivo General:

Fundamentar el diseño, implementación y análisis retrospectivo de un micromundo computacional que promueva el aprendizaje de la razón de cambio a través de prácticas de modelación y simulación en educación media.

Objetivos específicos:

- Identificar posibles relaciones entre la razón de cambio y las prácticas de modelación y simulación en un micromundo computacional.

- Reconocer elementos del micromundo computacional que favorecen prácticas de modelación y simulación para el estudio de la razón de cambio en educación media.
- Analizar el papel del PC en el aprendizaje de la razón de cambio en un micromundo computacional.

2. Marco Teórico

En este capítulo se presentan los principales referentes teóricos que fundamentan la investigación. En primer lugar, se trata de delimitar qué se entiende por PC, las prácticas de modelación y simulación por medio de las cuales se desarrolla este pensamiento, una reflexión sobre el paradigma construccionista en Educación Matemática, especialmente la noción de micromundo computacional, de programación creativa y posteriormente, algunas consideraciones en el aprendizaje de la razón de cambio.

1.1 En cuanto al pensamiento computacional en Educación Matemática

Antes que nada, conviene subrayar que, según varios autores, como Adell et. al (2019), señalan que no hay un consenso actualmente para definir qué es Pensamiento Computacional (PC). Sin embargo, a continuación, se presentan algunas definiciones que consideramos compatibles con la orientación de esta investigación.

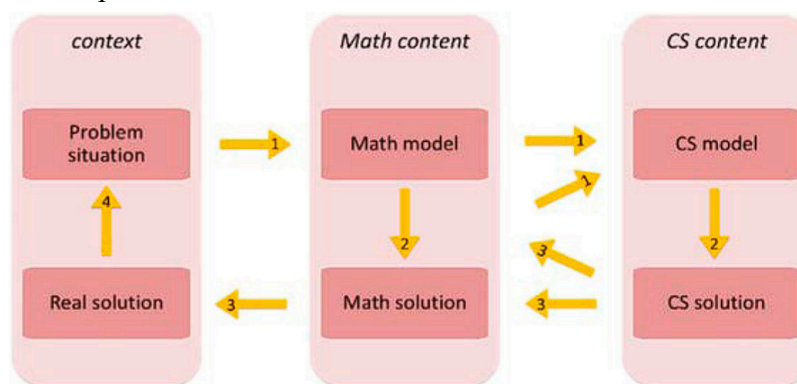
Para empezar, se entiende que “el pensamiento computacional es una manera de pensar que no se restringe al código, la programación y la computadora, en la cual se emplea razonamiento lógico, pensamiento algorítmico y técnicas de resolución de problemas, y se involucran la creatividad, la habilidad de diseño y la resolución de problemas” (Plan Ceibal, 2017, citado en Polanco et. al, 2020).

“El PC está estrechamente relacionado con la formulación y resolución de problemas, ya sea en el campo de la informática, las matemáticas y las ciencias” Wing (2006). Según Barr y Stephenson 2011, (citado en Polanco et. al, 2020) los procesos de resolución de problemas pueden incluir el uso de computadoras o herramientas computacionales, el PC no se limita a dichos entornos. En el mismo sentido, autores como Raja 2014, (citado en Polanco et. al, 2021) y Maris 2019, (citado en Polanco et. al, 2021) conciben al PC como una forma de ver y entender el mundo de manera estructurada, el cual puede ser aplicado en distintas disciplinas o actividades de la vida cotidiana.

Del mismo modo, Kallia et al. (2021) afirman que el PC se caracteriza por aspectos relevantes no solo para las ciencias computacionales (CS), sino también para disciplinas como las matemáticas, y que tanto el PC como el Pensamiento Matemático (PM) abordan aspectos fundamentales para la resolución de problemas. Por otra parte, señalan que las matemáticas representan un contexto en el que pueden interactuar ambos pensamientos como se muestra en la siguiente figura:

Figura 1

Pensamiento computacional en matemáticas.



Nota. Tomado de Characterising computational thinking in mathematics education: a literature-informed Delphi study., por Kallia et al. 2021, *Research in Mathematics Education*.

Así, como se ilustra en la figura 1, según Kallia et al. (2021) afirman que para la educación matemática el PC y el PM se puede estudiar investigando su interacción en un contexto matemático; (1) Traducir la situación a un modelo matemático y transitar a modelos computacionales, (2) razonamiento y trabajo dentro de las matemáticas o las ciencias computacionales, (3) generalizar el resultado y (4) evaluación de la solución.

En cuanto a la contribución de PC al PM, según Wu et. al (2022) señala que el PC es el núcleo y promueve el conocimiento, los conceptos y las estructuras matemáticas, contribuyendo así al PM. Por su parte, Barr y Stephenson 2011, (citado en Polanco et. al, 2020) proponen varios ejemplos sobre cómo se puede incorporar el PC en diferentes materias escolares. Uno de ellos, correspondiente a la educación matemática, muestra la posibilidad de graficar una función en un plano cartesiano modificando los valores de las variables. Para lograr esto, se utiliza la simulación, ya que esta permite la animación del algoritmo mediante un barrido de los parámetros.

1.2 Prácticas computacionales de modelación y simulación en el aprendizaje de las matemáticas

Para el caso de este proyecto nos centramos en las prácticas computacionales las cuales, según Monjelat (2019), se utilizan cuando se programa y se centran en el cómo y no el qué se está aprendiendo.

Al centrar nuestra atención en las prácticas, cabe mencionar que según Weintrop et al. (2016) éstas se clasifican en cuatro categorías principales: prácticas de datos, prácticas de modelado y simulación, prácticas de resolución de problemas computacionales y prácticas de pensamiento sistémico. Al mismo tiempo, cada categoría contiene varias

prácticas y todas se relacionan entre sí Weintrop et al. (2016) afirma que suelen usarse en conjunto para lograr objetivos científicos y matemáticos específicos.

Figura 2

Prácticas del Pensamiento computacional.

Data Practices	Modeling & Simulation Practices	Computational Problem Solving Practices	Systems Thinking Practices
Collecting Data	Using Computational Models to Understand a Concept	Preparing Problems for Computational Solutions	Investigating a Complex System as a Whole
Creating Data	Using Computational Models to Find and Test Solutions	Programming	Understanding the Relationships within a System
Manipulating Data	Assessing Computational Models	Choosing Effective Computational Tools	Thinking in Levels
Analyzing Data	Designing Computational Models	Assessing Different Approaches/Solutions to a Problem	Communicating Information about a System
Visualizing Data	Constructing Computational Models	Developing Modular Computational Solutions	Defining Systems and Managing Complexity
		Creating Computational Abstractions	
		Troubleshooting and Debugging	

Nota. Tomado de Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms. Journal of Science Education and Technology (p. 135), por Weintrop et al. 2016, *Springer Science Business Media New York*.

Particularmente, en cuanto a las prácticas presentes en la categoría de modelación y simulación están:

- El uso de modelos computacionales para entender un concepto: Con esta práctica, los estudiantes pueden hacer uso de modelos computacionales que demuestren algún fenómeno o inclusive crear dichos modelos (de forma más controlada de lo que podría darse en un contexto real) y así, avanzar en su comprensión del concepto en cuestión.

- El uso de modelos computacionales para encontrar y probar soluciones:

Los modelos computacionales permiten probar hipótesis y múltiples soluciones de forma eficaz de modo que los estudiantes pueden encontrar, evaluar y justificar el uso de una solución particular. Además, les permite encontrar soluciones apropiadas según la situación que se les presente.

- Evaluación de modelos computacionales:

Aquí, los estudiantes deben comprender cómo se relaciona el modelo computacional con el fenómeno del mundo real que representa de modo que puedan plantear problemas de amenazas a la validez, así como identificar suposiciones integradas en el modelo.

- Diseño de modelos computacionales:

Diseñar un modelo implica tomar decisiones tecnológicas, metodológicas y conceptuales. Los estudiantes que dominen esta práctica podrán diseñar un modelo computacional, un proceso que incluye definir los componentes del modelo, describir cómo interactúan, decidir qué datos serán producidos por el modelo, articulando los supuestos que el modelo propuesto hace, y comprender qué conclusiones pueden extraerse del modelo.

- Construcción de modelos computacionales:

Los estudiantes que dominen esta práctica podrán implementar nuevos comportamientos del modelo, ya sea extendiendo un modelo existente o creando un nuevo modelo dentro de un marco de modelado dado o desde cero.

Así, las prácticas de modelación y simulación se centran en el empleo de modelos matemáticos, herramientas computacionales y simulaciones para abordar problemas del mundo real. “Estas prácticas implican la creación de modelos matemáticos que representan

fenómenos y situaciones, así como la utilización de herramientas de simulación para explorar diversos escenarios, realizar predicciones y analizar resultados” (Weintrop, 2016).

A modo de ejemplo, presentamos algunos de los resultados de la investigación realizada por Buteau et al. (2023) sobre estudiantes universitarios de matemáticas que aprenden a utilizar la programación para proyectos de investigación matemática. En dicha investigación se presenta a Jim un estudiante de primer año de pregrado que estaba interesado en comprender la naturaleza de los números primos y en particular, lo relacionado con la conjetura de Pólya.

Cuando Jim decidió estudiar la conjetura de Pólya, diseñando y codificando un programa para explorarlo y luego informar sus hallazgos, estaba siguiendo los pasos de algunos investigadores matemáticos que seleccionan un problema de interés en matemáticas puras o aplicadas y lo investigan utilizando el software que crean. (Buteau et al. 2023, pp3).

Como lo afirman Buteau et al. (2023), se pudieron identificar el uso de algunas de estas prácticas computacionales en el estudio de Jim sobre la conjetura de Pólya, en particular, para las prácticas de modelado y simulación, se utilizó un modelo computacional para comprender el concepto de conjetura. En el documento, Buteau et al. (2023) presentan tres ejemplos, en el primero indican que el objetivo de Jim era estrictamente matemático, en el segundo, su objetivo estaba estrictamente relacionado con la programación y en el tercero su objetivo combinaba aspectos de programación y matemáticas, siendo este último el de nuestro mayor interés.

1.3 Aportes del paradigma construccionista en Educación Matemática

Ahora bien, dado que este trabajo tiene la intención de proponer un diseño, es necesario enmarcarlo en una teoría que permita trabajar en el desarrollo del PC teniendo en cuenta las prácticas. Tras una revisión de la literatura se propone trabajar en el marco del construccionismo, el cual como afirma Papert 1991, en Buteau et al. (2016) implica entornos de aprendizaje en los que el estudiante está conscientemente comprometido con la construcción de entidades compartibles que son tangibles de algún modo y usualmente estos ambientes implican proyectos basados en computadora. Además, el construccionismo “es una manera poderosa para que los estudiantes construyan estructuras de conocimiento en su mente, que construyan representaciones externas, entidades físicas o virtuales sobre las cuales se pueda reflexionar y que puedan ser editadas y compartidas” (Noss y Hoyles, 2019). Estos autores señalan que el construccionismo se centra en proporcionar oportunidades para explorar y construir su propio conocimiento matemático a través de la resolución de problemas, la manipulación de materiales concretos, la colaboración y la reflexión. Los estudiantes son considerados como constructores activos de su propio aprendizaje matemático, donde el énfasis recae en la comprensión profunda de los conceptos matemáticos en lugar de la mera memorización de reglas y procedimientos (Noss y Hoyles, 2019).

A manera de ejemplo, se presenta la investigación realizada por Buteau et al. (2016) sobre un estudio de caso de estudiantes universitarios de matemáticas que se apropian de la programación como herramienta de modelado, simulación y visualización. En esta investigación Buteau et al. (2016) muestran el análisis realizado a la estudiante

Ramona a lo largo de los 14 proyectos de objetos exploratorios (EO) realizados en los cursos MICA I-II durante un periodo de 16 meses, “en estos cursos todos los estudiantes de matemáticas y futuros profesores aprenden a diseñar, programar (en vb.net) y utilizar entornos informáticos interactivos y dinámicos” (Buteau et al., 2016). Dentro de los resultados obtenidos Buteau et al. (2016) resaltan que Ramona obtuvo una calificación superior al 90% en los proyectos de EO al igual que en los exámenes de matemáticas, así que el estudio de caso sugiere que el conocimiento de Ramona creció a lo largo de los 14 proyectos de EO. “Esto sugiere un tipo de aprendizaje construccionista” (Healy y Kynigos, 2010 citado en Buteau et al., 2016).

Es importante mencionar que el construccionismo “aspira a intentar teorizar estrategias que alineen las maneras en que la gente aprende, con las maneras en que hace sentido ayudarles a entender, especialmente a través del diseño de artefactos adecuados” (Papert citado en Noss y Hoyles, 2019). De lo anterior, que el paradigma esté estrechamente ligado al diseño de ambientes construccionistas, lo que nos conduce a la noción de micromundo.

1.3.1 Micromundo

Se incorporan dos contribuciones fundamentales para la conceptualización de un micromundo, Papert (1982) lo considera como “un entorno computacional que ofrece una simulación de un mundo real o de un sistema conceptual en el cual los estudiantes pueden explorar y experimentar en un nivel personal, construir su propio conocimiento y construir nuevas formas de conocimiento a través de la interacción con el sistema” (p. 38). Por otro lado, Jonassen (1994) se refiere a estos como “entornos de aprendizaje basados en

computadoras que utilizan simulaciones, modelos y problemas del mundo real para que los estudiantes aprendan matemáticas de manera auténtica y significativa" (p. 2).

Destacando algunos ejemplos de micromundos computacionales, en Papert (1982) se presentó LOGO, un lenguaje de programación desarrollado por Seymour Papert y colaboradores del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), diseñado específicamente como una herramienta educativa. LOGO permitía a niños y adultos aprender de manera interactiva conceptos de programación y matemáticas. A partir de este desarrollo surgieron otros proyectos, como Turtle Academy, una plataforma en línea que proporciona un micromundo similar a LOGO, donde los usuarios pueden programar una tortuga virtual.

En la misma línea, encontramos el trabajo de Mitchel Resnick, profesor del MIT, quien junto con su equipo desarrolló Scratch en mayo del 2007, una herramienta de programación basada en bloques en la que los usuarios manipulan bloques de código. Este trabajo inspiró a MakeBlock, empresa que en 2014 desarrolló m-Block, “el cual es un entorno gráfico de programación basado en el editor Scratch, fue creado para la enseñanza de Arduino/Robótica, haciendo foco en el aprendizaje en la escuela Secundaria, haciendo la enseñanza mucho más sencilla y amigable para los alumnos”, Pérez (2019).

Para el diseño de este proyecto, también se tendrá en cuenta la noción de micromundos “medio hechos” o “a medio hacer” los cuales de acuerdo con Kynigos (2004; 2007), son un caso particular de micromundos diseñados para que los profesores o estudiantes puedan construir sobre ellos o modificarlos según sus necesidades e intereses personales, cumpliendo la función de recursos generadores de ideas. Esto conduce a la

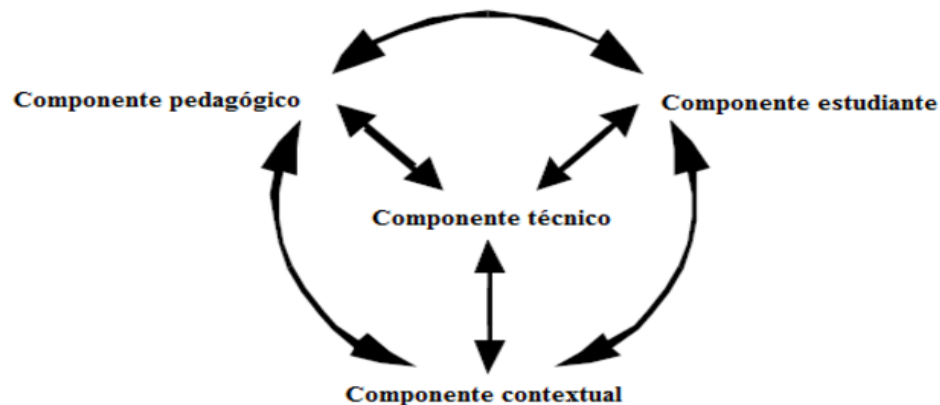
generación de significado científico y matemático por medio de la indagación y argumentación.

Un ejemplo de ello es el diseño del micromundo "Matemáticas de Navegación", presentado por Kynigos (2017), en el cual se abordan conceptos como la orientación, la ubicación espacial, las coordenadas cartesianas y la relación de los sistemas geométricos con el álgebra analítica. Todo esto se logra mediante un diseño en el que el usuario debe proporcionar instrucciones para la creación y el desplazamiento de avatares de aviones en un sistema de información geográfica tridimensional.

Por último, en cuanto a un *micromundo*, se pueden identificar en él fundamentalmente cuatro componentes como se muestra en la **Figura 3**: componente pedagógico, componente estudiante, componente técnico y componente contextual, los cuales están interrelacionados. (Hoyles & Noss, 1987)

Figura 3

Componentes de un micromundo.



Nota. Tomado de Synthesizing mathematical conceptions and their formalization through the construction of a Logo-base school mathematics curriculum, por Hoyles, C., & Noss, R. (1987), *International Journal of Mathematics education in science and technology*

Para Hoyles y Noss (1987) el **componente técnico** corresponde al software, programa o programas en el cual se enfoca la atención del estudiante sobre una idea o proceso específico.

En cuanto el **componente del estudiante** engloba aspectos cognitivos y afectivos (como lo son los conocimientos previos e historia de los participantes) que influyen en la forma en que las actividades son percibidas por los estudiantes, debido al sistema de representaciones que poseen (Hoyles & Noss, 1987).

Por su parte, el **componente contextual** hace referencia a las situaciones sociales y culturales en las cuales las actividades de programación toman lugar, afectando el aprendizaje.

Por último, el componente **pedagógico o didáctico**, se encarga de estructurar y relacionar las actividades, de manera que permita explorar los conceptos del componente técnico (Hoyles & Noss, 1987).

Basándonos en lo expuesto anteriormente, consideramos que al diseñar un micromundo para fomentar el desarrollo del pensamiento computacional a través de las matemáticas, es esencial que dicho micromundo presente ciertas características fundamentales. Estas características incluyen la interactividad y la capacidad de manipulación, la utilización de un contexto auténtico y relevante, así como la flexibilidad y personalización. Por lo tanto, consideramos conveniente orientar el diseño con el enfoque de la programación creativa.

1.3.2 Programación Creativa

Según Sipser (2012), la programación se refiere al proceso de diseñar, escribir y probar un conjunto de instrucciones que una computadora puede seguir para resolver un problema o realizar una tarea específica (p.2). En este proyecto, se adopta la idea expresada por Romero et al. (2017) que programar no se limita solo a la escritura de códigos en un lenguaje de programación específico, sino que implica también la capacidad de analizar una situación, identificar sus componentes clave, modelar los datos y procesos, y crear o refinar un programa mediante un enfoque de pensamiento de diseño ágil (p.2).

Romero et al. (2017) definen la programación creativa dentro del Pensamiento Computacional (PC) cuando los estudiantes se involucran en los procesos de diseño y desarrollo para resolver situaciones complejas e inciertas, lo que les permite explorar diferentes formas de solución (p.3). Estos procesos de diseño y desarrollo movilizan en los estudiantes habilidades como el pensamiento creativo, la resolución de problemas, el pensamiento computacional, la colaboración y el trabajo en equipo, así como la expresión artística y la comunicación visual (Romero et al., 2017).

Además, se destaca que la programación, en su esencia, se basa en conceptos matemáticos como variables, operaciones aritméticas, lógica booleana, estructuras de control y algoritmos (Knuth, 1997). Sin embargo, es a través de la programación creativa donde los estudiantes tienen la oportunidad de explorar y aplicar estos conceptos de manera más concreta y visual, tal como señalan Romero et al. (2017) y Resnick (2007). Estos estudios resaltan que la programación creativa amplía el alcance de la programación

al combinarla con el pensamiento creativo y el diseño artístico, lo que permite a los estudiantes utilizar las matemáticas en un contexto más significativo y relevante.

Un ejemplo de ello se puede ver en Romero et al. (2017), una actividad de programación creativa donde participaron 120 estudiantes de pregrado de la licenciatura de educación primaria. En el marco de la actividad, se solicitó a los estudiantes que representaran de manera interactiva una historia utilizando el lenguaje de programación Scratch, en esta tarea, los estudiantes tuvieron la oportunidad de aplicar sus habilidades de programación y creatividad para dar vida a la historia mediante la creación de personajes, escenarios y eventos.

1.4 Consideraciones sobre el aprendizaje de la razón de cambio

Una de las necesidades del ser humano ha sido comprender los cambios que ocurren en su entorno, sobre todo en la actualidad que vivimos en un cambio constante y acelerado, que de acuerdo con Rendón (2009), da paso a la creciente necesidad de determinar las variaciones ocurridas a nuestro alrededor. Esta situación conduce a que el cambio se conciba de diferente forma, es decir desde lo descriptivo o cualitativo y lo numérico o cuantitativo (Rendón, 2009). Siendo este último el de nuestro interés, dado que lo que se quiere observar es el manejo de la noción de velocidad media como un cambio entre variables cuantitativas. Más adelante, el mismo autor nos muestra tres diferentes representaciones para el cambio, la representación geométrica, donde las magnitudes involucradas se encuentran asociadas con longitudes de segmentos, la representación tabular, cuando se tiene la capacidad de generar diferentes medidas y encontrar patrones de regularidad, la representación algebraica, que de acuerdo con los patrones de regularidad

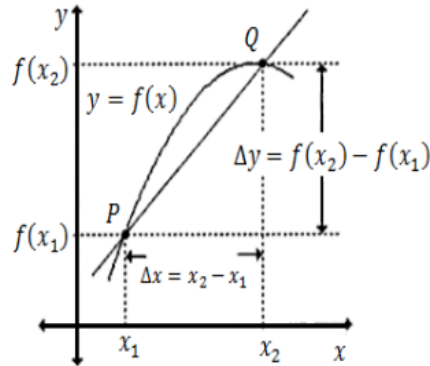
encontrados se pueden construir expresiones algebraicas y por último la representación gráfica, que consiste en representar en un plano con sistema de coordenadas cartesianas los datos de las magnitudes relacionadas. Otros autores como indica que el valor de la pendiente se puede interpretar como $m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$ donde el cociente representa la razón de cambio promedio de $f(x)$.

Como afirma Rendón (2009), dicho cambio se puede matematizar a través del cálculo hasta llegar a la noción de razón de cambio, la cual se define como un cociente de diferencias como se escribe a continuación:

$$\frac{\Delta(y)}{\Delta(x)} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Por otro lado, autores como Vidal (2012) y Dolores et al. (2017) también analizan dicha expresión, Vidal (2012) indica que $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ representa a la razón que compara el cambio de la variable y con respecto al cambio de la variable x y que dicho cociente se puede representar de manera gráfica como la pendiente de una recta secante al unir dos puntos P y Q de una curva para la función $f(x)$, donde P se encuentra en las coordenadas $(x_1, f(x_1))$ y Q en $(x_2, f(x_2))$ siendo entonces $\Delta y = f(x_2) - f(x_1)$ y $\Delta x = x_2 - x_1$.

En la **Figura 4** se representa gráficamente lo expuesto por el autor.

Figura 4*Representación gráfica de la razón de cambio promedio*

Nota. Tomado de Interpretación de la noción de derivada como razón de cambio instantánea en contextos matemáticos, por Vidal, O. (2012)

Igualmente, Dolores et al. (2017) hacen referencia a la razón de cambio promedio de una manera similar y a su vez argumenta que la pendiente, velocidad y rapidez son conceptos estrechamente vinculados entre sí, estos se consideran como casos particulares de razones de cambio, siendo la rapidez un caso particular de la velocidad en la que sólo se admiten valores positivos.

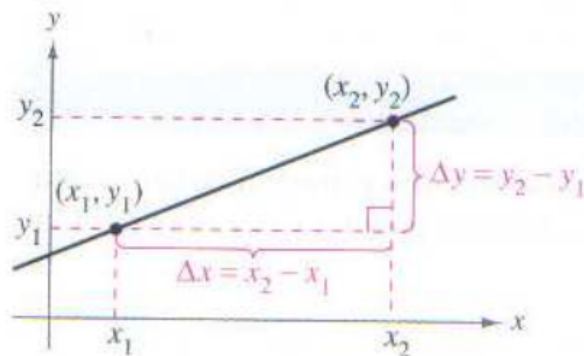
Como se mencionaba anteriormente, la razón de cambio está cargada de un significado contextual y puede ser constante o variable. Para este trabajo, nos interesa centrar la atención en la razón de cambio constante, en la que la rapidez promedio está definida como la pendiente que representa el cambio de la distancia respecto al cambio en el tiempo y se puede expresar de la siguiente manera:

$$\text{Rapidez promedio} = \left| \frac{\text{Cambio en la distancia}}{\text{Cambio en el tiempo}} \right| = \left| \frac{\Delta(x)}{\Delta(t)} \right| = \left| \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i} \right|$$

Rendón (2009), hace referencia a esta situación matemática en la que la pendiente de una recta no tiene variación para cualquier par de coordenadas de este elemento geométrico. En la **Figura 4** se representa gráficamente la situación

Figura 5

Representación de la pendiente como razón de cambio constante



Nota. Tomado de Conceptualización de la razón de cambio en el marco de la enseñanza para la comprensión, por Hoyles, C., & Noss, R. (1987) Rendón, P. A. (2009)

De acuerdo con lo expuesto, nuestra investigación busca que el estudiante logre interpretar la rapidez promedio del carro como una razón de cambio constante y que, además, relacionen entre sí sus representaciones geométrica, tabular, algebraica y gráfica.

1.4.1 Estudio de la Razón de cambio en la educación media

Ahora, presentaremos algunas de las razones que nos han llevado a plantearnos la necesidad de promover el aprendizaje de este objeto matemático en particular.

Según López y Forero (2012), gran parte de los estudiantes de grados superiores e inclusive, de primeros semestres de universidad no tienen la capacidad de reconocer patrones de cambio en situaciones de variación. Es decir, no cuentan con claridad acerca de la noción de razón de cambio, lo que les dificulta dar un buen significado a la noción de

la derivada en diferentes contextos, causando a su vez dificultades en el aprendizaje del cálculo y el desarrollo de pensamiento variacional.

Además, según Rendón (2009) se deben proponer estrategias metodológicas que permitan a los estudiantes relacionar la razón de cambio con su realidad estimulando la exploración, el descubrimiento y la construcción de ideas matemáticas.

1.4.2 Desde un punto de vista curricular

A partir de lo expuesto anteriormente y dada la importancia de que los estudiantes comprendan y construyan la noción de razón de cambio dentro de las políticas curriculares en Colombia, hemos tomado como referentes los siguientes documentos: los lineamientos curriculares MEN (1998), los estándares básicos de competencias MEN (2006) y los derechos básicos de competencia en su segunda versión MEN (2016), estos son documentos oficiales del Ministerio de Educación Nacional los cuales exponen los criterios que permiten establecer los niveles fundamentales de calidad en la educación de los niños y niñas a lo largo del país. A continuación, se presenta la importancia de integrar los referentes curriculares en el diseño de nuestras actividades y además la forma en que se realizó.

En cuanto a los lineamientos curriculares, el MEN (1998) menciona que el documento busca fomentar el estudio de la fundamentación pedagógica, considerando aspectos de gran importancia como lo son los *procesos*, los *conocimientos básicos* y el *contexto*, tres dimensiones que se encuentran fuertemente relacionadas entre sí y que ayudaron a direccionar el desarrollo de cada actividad. Entrando en detalle y acotando cada dimensión sobre las que se construyó el conjunto de actividades tenemos, dentro de la

dimensión *procesos*, principalmente a la Modelación ya que se encuentra directamente ligado a los objetivos de nuestra investigación y en relación con las prácticas de modelación y simulación de Weintrop (2016), igualmente se encuentran vinculados los procesos de razonamiento, comunicación, resolución y planteamiento de problemas, que aunque no se localicen en el foco de nuestro análisis, si se movilizan en el desarrollo de cada tarea, sobre todo cuando uno de los pilares en el diseño de las actividades es la programación creativa de Romero et al. (2017), ya que esta promueve un trabajo fuerte sobre la resolución de problemas y la necesidad de comunicar y compartir ideas entre pares.

Continuando con la presentación del vínculo de nuestra investigación dentro del contexto de la educación de Colombia, mencionamos la forma en que articulamos los estándares básicos de competencia con los objetivos de nuestra investigación, para ello estaremos ubicados en el pensamiento variacional y sistemas algebraicos y analíticos, para el ciclo 5 que corresponde a los grados décimo y once, dicho estándar se define de la siguiente manera:

“Interpreto la noción de derivada como razón de cambio y como valor de la pendiente de la tangente a una curva y desarrollo métodos para hallar las derivadas de algunas funciones básicas en contextos matemáticos y no matemáticos”. (MEN, 2006). Se aclara que dicho estándar comprende el ciclo completo (los grados 10 y 11), esto quiere decir, que se espera que la competencia de dicho estándar se aborde desde grado 10 y sea alcanzada al finalizar grado 11, es por esto que, el diseño de las actividades está enfocado en la interpretación de la derivada como razón de cambio.

Además, no se debe dejar de lado la importancia de indagar en cómo se manifiesta y se construye el concepto del objeto matemático en los ciclos anteriores y su relación con los otros pensamientos de la matemática. De esta manera, consideramos entrar en detalle en dos conceptos a los cuales el ministerio de educación los denomina como coherencia vertical y coherencia horizontal, y las define dentro de los mismos estándares básicos de competencia de la siguiente manera: la primera como “la relación de un estándar con los demás estándares del mismo pensamiento en los otros conjuntos de grados” y la segunda como “la relación que tiene un estándar determinado con los estándares de los demás pensamientos dentro del mismo conjunto de grados” (MEN, 2006).

Respecto a la coherencia vertical, se presenta la Tabla 1 que expone dicha conexión y su relación con el diseño de las actividades de aprendizaje.

Tabla 1

Coherencia vertical.

COHERENCIA VERTICAL RESPECTO AL PENSAMIENTO VARIACIONAL Y SISTEMAS ALGEBRAICOS Y ANALÍTICOS	
Estándar y ciclo al que pertenece	Conexión con el estándar del ciclo 5 y su contribución al diseño de las actividades.
Ciclo 1 (grados 1, 2 y 3)	En este ciclo se espera que los estudiantes adquieran la competencia para describir cualitativamente las situaciones de cambio, esta competencia se evidencia cuando el grupo observa el

	cambio de la posición del carro en función del tiempo y la velocidad definidas en la programación.
Ciclo 2 (grados 4 y 5)	En este ciclo se espera que los estudiantes describan e interpreten la variación representada en gráficos, con respecto a las actividades, se espera que esta competencia se pueda movilizar finalizando la tarea 3 de la actividad en la que se pide a los estudiantes trasladar a Excel los datos de desplazamiento y tiempo que han tomado, y con ellos realizar una gráfica de desplazamiento vs tiempo.
Ciclo 3 (grados 6 y 7)	En este ciclo se espera que los estudiantes describan situaciones de variación utilizando y articulando diferentes representaciones, esta competencia se ve reflejada cuando se finaliza con las tareas de la actividad 1 y se continúa con las tareas de la actividad 2 debido a que, los estudiantes hacen uso de la información que han construido con las diferentes representaciones de la variación en el movimiento del carro y lo emplean para diseñar y construir los nuevos códigos.
Ciclo 4 (grados 8 y 9)	En este ciclo se espera que los estudiantes sean capaces de modelar situaciones de variación con funciones polinómicas, particularmente se pretende que identifiquen la rapidez del carro

	como un cambio de la posición en función del tiempo y que planteen el modelo que los representa.
Ciclo 5 (grados 10 y 11)	Con el desarrollo de las actividades se espera que los estudiantes interpreten la noción de derivada como razón de cambio, esta competencia se evidencia con la articulación y desarrollo secuencial de cada una de las tareas propuestas, pasando por diferentes formas de representación, construyendo modelos a partir de los datos obtenidos y utilizando dichos modelos para diseñar y construir códigos de programación.

En cuanto a la coherencia horizontal, exponemos dicha relación en la Tabla 2 que se muestra a continuación:

Tabla 2

Coherencia horizontal.

COHERENCIA HORIZONTAL RESPECTO AL PENSAMIENTO VARIACIONAL Y SISTEMAS ALGEBRAICOS Y ANALÍTICOS	
Tipo de pensamiento	Conexión con el pensamiento y su contribución al diseño de las actividades.
Númérico y sistemas numéricos	El trabajo sobre este pensamiento permite que los estudiantes decidan sobre el tipo de notación de los valores numéricos de las magnitudes medidas y calculadas. Como es el caso del cálculo

	del tiempo que, definida la variable correspondiente en la programación, los estudiantes determinan la representación más adecuada (entre entero, fracción o decimal).
Espacial y sistemas geométricos	La relación con este pensamiento se encuentra en la capacidad para usar argumentos geométricos para resolver problemas en el contexto dado. A través del desarrollo de las actividades surge la necesidad de argumentar con conceptos geométricos la pertinencia de una solución. Por ejemplo, para el reto de la tarea 2 de la actividad 1 que requiere llevar el carro hasta la posición exacta de llegada, deben considerar la longitud propia del carro dentro de los cálculos que realizan. Por otra parte, para las tareas de la actividad 2 los estudiantes deben contemplar el ancho del carro en comparación con el ancho de la pista para evitar salirse de ella mientras está girando.
Aleatorio y sistemas de datos	El vínculo con este pensamiento ocurre cuando el grupo es capaz de describir tendencias que se observan en los conjuntos de variables relacionadas. Por ejemplo, para la tarea 3 de la actividad 1 se espera que los estudiantes observen la tendencia

	en la cantidad de giros de cada llanta de acuerdo a la cantidad de tiempo definida en la programación.
Métrico y sistemas de medida	La conexión con este pensamiento es de gran interés para nuestra investigación, debido a que, las actividades movilizan procesos donde se evidencia un vínculo fuerte con el pensamiento variacional, generado por la necesidad constante de identificar y medir adecuadamente las magnitudes presentes, como distancias, número de revoluciones y tiempos.

Por otro lado, en los derechos básicos de aprendizaje, el DBA sobre el cual situamos nuestra investigación corresponde al número 3 “Resuelve problemas que involucran el significado de medidas de magnitudes relacionales (velocidad media, aceleración media) a partir de tablas, gráficas y expresiones algebraicas” (MEN, 2016). El cual establece las siguientes evidencias de aprendizaje:

- Reconoce la relación funcional entre variables asociadas a problemas.
- Interpreta y expresa magnitudes definidas como razones entre magnitudes (velocidad, aceleración, etc.), con las unidades respectivas y las relaciones entre ellas.
- Utiliza e interpreta la razón de cambio para resolver problemas relacionados con magnitudes como velocidad, aceleración.

Las evidencias de aprendizaje en conjunto con los demás componentes de la rejilla son de gran utilidad para realizar el análisis a los resultados obtenidos de la aplicación de las actividades, particularmente lo que hace referente al aprendizaje del objeto matemático.

El diseño de las actividades se realizó considerando, la importancia de mantener una interrelación entre las dimensiones expuestas por los lineamientos curriculares MEN (1998), las coherencias vertical y horizontal como se definen en los estándares básicos de competencias MEN (2006) y las evidencias de aprendizaje que establecen en los derechos básicos de aprendizaje para el grado 10 el MEN (2016), que en conjunto con las prácticas y la programación creativa, permitió que el diseño del micromundo produjera una gran cantidad de información relacionada al aprendizaje del objeto matemático.

1.5 Algunos Antecedentes

En los últimos años se han realizado numerosos estudios en torno al desarrollo del Pensamiento Computacional. Sin embargo, de manera general es un campo que aún ofrece mucho por investigar, sobre todo cuando se contempla a través de la educación matemática. A continuación, presentamos algunos antecedentes que consideramos nos aportan contenido significativo a nuestra investigación, los cuales hemos utilizado como guía en diferentes componentes, como la manera en que abordan el PC en contextos de la educación matemática, la metodología empleada, ejemplos en el diseño e implementación de actividades y el análisis de la información, esto a nivel de Latinoamérica y nacional.

Urruticoechea et al. (2022) nos presenta un estudio del efecto del programa Pensamiento Computacional en la brecha educativa/digital a partir del Desafío de Bebras 2021 en Uruguay. En esta investigación se hizo un análisis del impacto del programa de

pensamiento computacional en los estudiantes de grados 5 a 11 de educación pública uruguaya, pertenecientes a los niveles socioculturales bajo y alto que realizaron el desafío de Bebras en 2021. Tomaron como marco teórico que la brecha socioeconómica resulta generadora de la brecha digital y que la obtención de competencias relacionadas con el pensamiento computacional mejora el rendimiento del estudiante. Para la metodología le aplicaron a los resultados obtenidos en el desafío Bebras dos análisis de diferencia de medias (prueba t de Student y ANOVA de dos vías) obteniendo como resultados que existen diferencias en la adquisición de las habilidades de PC entre el grupo con intervención y sin intervención además que existe una brecha educativa por nivel sociocultural, pero que disminuye si los niveles socioculturales bajos poseen intervención. Con la investigación realizada por Urruticoechea et al.(2022), destacamos la relevancia uno de los objetivos de nuestra investigación, el cual corresponde a la importancia de diseñar un micromundo computacional como estrategia de aprendizaje que pueda ser aplicada en diferentes contextos escolares, integrando el desarrollo de pensamiento computacional en las clases de matemáticas y de esta manera, contribuir en minimizar la brecha digital entre los diferentes niveles sociales, culturales y económicos.

Monjelat (2019), realizó un estudio en Argentina, donde analiza las prácticas del pensamiento computacional desarrolladas por un grupo de docentes en un taller de formación, en el cual se crearon tecnologías para la inclusión social utilizando Scratch como lenguaje de programación. En su estudio toma la definición de PC propuesta por Brennan y Resnick (2012), centrando su atención en las prácticas, y encuentra que es importante generar prácticas educativas mediatizadas y situadas. La investigación

realizada por Monjelat (2019) es un antecedente de gran importancia para nuestra investigación, dado que el análisis del taller aplicado a los maestros se hace a través de las prácticas del pensamiento computacional y, además, fue elaborado en Scratch (lenguaje de programación con el que se desarrolló mBlock). Es un documento el cual abordamos a manera de ejemplo, en búsqueda de cómo afrontar la temática de nuestro proyecto de investigación.

A Nivel Nacional, otras investigaciones como la de Correa, D. y Correa, C. (2022) Desarrollo de pensamiento computacional a través de un Recurso Educativo Digital en los estudiantes del grado Quinto de primaria de la Institución Educativa Nuestra Señora del Rosario, sede rural Santa Bárbara de Cajibío, Cauca. En la cual, se realizó un estudio acerca de la implementación de un Recurso Educativo Digital, a través de la herramienta Chamilo, diseñado para fortalecer el pensamiento computacional con actividades no conectadas. Tomando como marco teórico los aportes de Basogain y Moreno (2018), y Wing (2006) respecto al pensamiento computacional y Tellez (2019) respecto a elementos que fomentan el pensamiento computacional. Para la metodología se utilizó el modelo de investigación basada en diseño y se obtuvo que el desarrollo del proyecto impactó positivamente en la medida que los estudiantes se apropiaron de los conocimientos, alcanzando resultados satisfactorios en la evaluación. Por una parte, la investigación realizada por Correa, D. y Correa, C. (2022), nos permite tener un acercamiento a lo que se está realizando en este campo en un contexto más acotado, por otra parte, obtenemos información de gran interés para nuestra metodología puesto que, fue un trabajo en el que se utilizó el modelo de investigación basado en diseño.

Un avance en este campo y que se encuentra relacionado con el contexto del país se destaca desde el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia (MinTic). (2021), con el proyecto GreenTIC, el cual consiste en una aplicación desarrollada entre el MinTic y el British Council en la que se puede abordar habilidades de pensamiento computacional. El desarrollo de la aplicación toma como fundamento los estudios de Wing (2006), acerca del pensamiento computacional, el cual comprende actividades de procesamiento de datos, eficiencia al realizar tareas repetitivas y representación de fenómenos complejos por medio de simulaciones. También, se encuentran presentes los estudios de García-Peñalvo et al. (2016) en el cual se destaca el desarrollo de pensamiento computacional como una forma de abordar problemas usando la lógica y la creatividad. Por lo anterior, consideramos que es un aporte significativo a nuestra investigación en el sentido de analizar el tipo de actividades propuestas por la aplicación y como se pretende aplicarlas al contexto del país.

Noscue (2023). Un Entorno Didáctico que Integra Robótica Educativa para Promover la Comprensión de Distintos Usos de la Variable con Estudiantes Indígenas de grado Sexto. El objetivo general de la investigación es caracterizar el diseño, implementación y análisis retrospectivo de un entorno didáctico, que integra robótica educativa. Para el marco teórico utilizaron el concepto de micromundo descrito por Noss y Hoyles (2019) y el modelo 3UV Ursini (1994). La metodología utilizada corresponde al enfoque de investigación de diseño en educación matemática de carácter cualitativo, descriptivo e interpretativo. De acuerdo con los resultados, en la investigación se construyeron los elementos de un micromundo Noss y Hoyles (2019) donde se integraron

sus componentes al diseño de la trayectoria hipotética de aprendizaje y que permitieron avances en la comprensión de los usos de la variable.

Patiño y Ríos (2022). Pensamiento Algebraico Temprano: El caso de la generalización de patrones a través de programación computacional. Este proyecto busca caracterizar los elementos teóricos y metodológicos que fundamentan el diseño implementación y análisis retrospectivo de una trayectoria hipotética de aprendizaje (Simón, 1995; 2014), que integra programación computacional por medio de Scratch con el fin de promover desarrollo de pensamiento algebraico temprano. Además, tuvieron en cuenta algunas consideraciones como las de Radford (2003), Kieran et al. (2016), y Hauck y Alsina (2021) en relación al desarrollo del pensamiento algebraico temprano a estudiantes de educación primaria.

Las investigaciones de Noscue (2023) y Patiño y Ríos (2022) mencionadas anteriormente, permiten adentrarnos en una de las formas en que se encuentra relacionada el álgebra con un entorno computacional, particularmente en el uso de la variable. En consecuencia, son investigaciones de las cuales obtuvimos información para el diseño de las actividades, particularmente sobre cómo se puede integrar elementos del pensamiento variacional para el manejo de variables y su relación con la razón de cambio.

Forero y López (2012) analizan los procesos de aprendizaje en Matemáticas en relación con la noción de razón de cambio en estudiantes de grado sexto del colegio CAFAM en la ciudad de Bogotá. El estudio se fundamentó en la teoría de Duval (1999) sobre los registros de representación, Moreno (2001) sobre instrumentos matemáticos computacionales, entre otros. La metodología consistió en el diseño e implementación de

una secuencia de enseñanza centrada en la noción de razón de cambio mediante el uso del software GeoGebra. Posteriormente, se seleccionaron 3 estudiantes para llevar a cabo entrevistas semiestructuradas. Los resultados revelan que los estudiantes tienen dificultades con los registros de representación, debido a que no conseguían expresar ideas haciendo uso del lenguaje natural. En ese sentido, es crucial implementar nuevas tecnologías en la enseñanza de las matemáticas, debido a que estas ofrecen una representación más clara de distintos conceptos matemáticos y proporcionan herramientas que favorecen los procesos de aprendizaje.

Rendón (2009) describe y analiza una propuesta que busca dotar de significado conceptual y contextual la noción de razón de cambio. La investigación considera la Taxonomía de Bloom (2009) sobre el aprendizaje, el modelo de Van Hiele (1957), entre otros. Su metodología implicó aplicar a un grupo de estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Pedro Luis Álvarez Correa del municipio de Caldas, una secuencia de actividades que relaciona la noción de cambio con situaciones concretas del mundo. En los resultados se evidencia que los estudiantes tienen una comprensión clara de sus concepciones previas sobre el cambio, así como también en los procesos de medición. Así mismo, reconocieron que los cambios cuantitativos se miden en magnitudes y los cualitativos se describen verbalmente. En resumen, esta investigación destaca la necesidad de emplear metodologías innovadoras como la empleada en esta, que permitan transformaciones significativas en los procesos de aprendizaje y enseñanza.

Durante la revisión de trabajos que abordan aspectos relacionados con nuestros intereses y con los objetivos de este estudio, pudimos aprovechar ideas de implementación

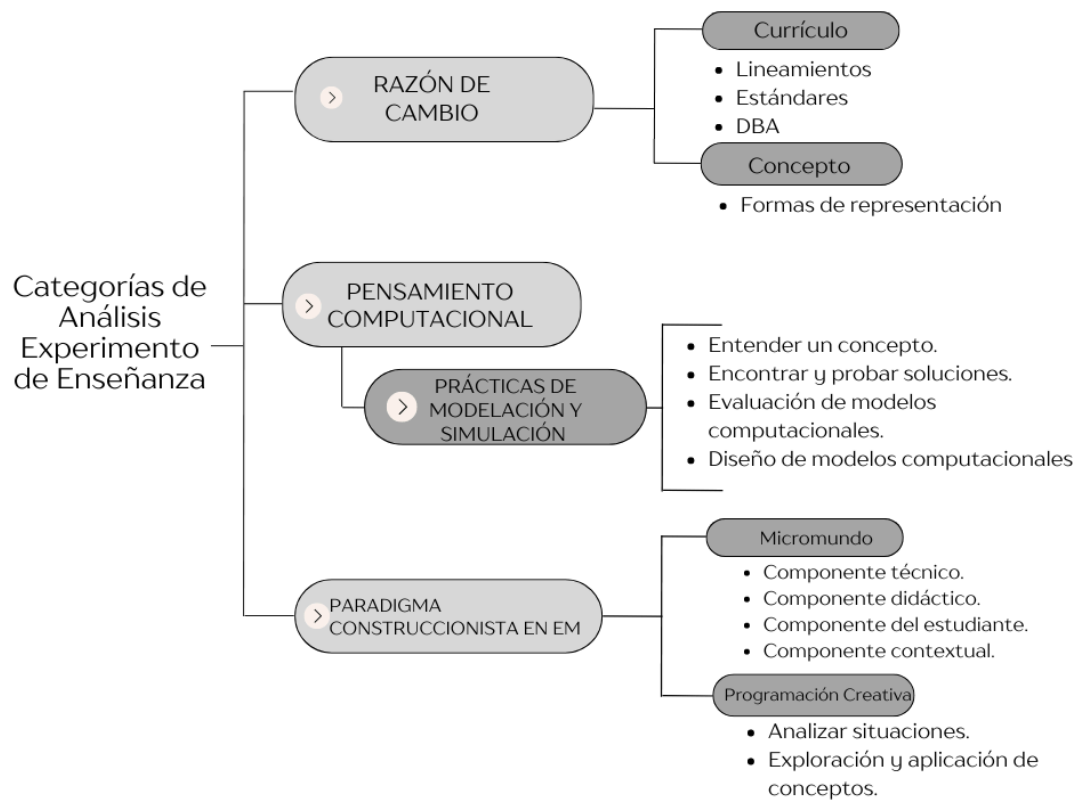
y análisis para nutrir nuestro diseño de las actividades de aprendizaje. A pesar de una ardua búsqueda de documentos que nos contribuyeran, se pudo observar una relativa escasez de investigaciones tanto a nivel nacional como local, esta situación resalta la importancia de aportar al creciente campo dentro de la investigación en educación matemática, un área con un gran potencial de investigación por su vínculo con las tecnologías actuales.

1.6 Delimitación de las categorías de análisis

De acuerdo con las teorías que fundamentan este trabajo de investigación, las cuales se presentaron en este capítulo del marco teórico, surgen las categorías que se han definido para el análisis de la implementación de este micromundo computacional como se muestra en la **Figura 6**.

Figura 6

Categorías de análisis



3. Metodología

A continuación, se detalla la metodología utilizada en la elaboración de esta investigación, la cual se llevó a cabo mediante una investigación de diseño (Molina et al., 2011) caracterizada por su enfoque cualitativo, descriptivo e interpretativo, comúnmente aplicada en el ámbito de la Educación Matemática. En particular, se realizó un experimento de enseñanza el cual abarcó las fases esenciales de diseño, implementación y análisis retrospectivo. Además, se incluyen las fuentes utilizadas para la recolección de datos y las consideraciones éticas pertinentes a la investigación.

2.1 Investigación de Diseño

De acuerdo con Molina et al. (2011), La investigación de diseño tiene como propósito examinar el aprendizaje en un contexto particular a través de la planificación y el estudio sistemático de formas específicas de aprendizaje, estrategias y recursos de enseñanza. Se busca que este enfoque sea sensible a la naturaleza sistemática del proceso de aprendizaje, enseñanza y evaluación.

Según Molina et al. (2011), el diseño es fundamental para incentivar el aprendizaje, generar conocimiento útil y promover el avance de las teorías de aprendizaje y enseñanza en entornos complejos. Además de crear diseños para lograr aprendizajes, se busca explicar por qué el diseño funciona y puede adaptarse a nuevas circunstancias.

La investigación de diseño, según Molina et al. (2011), presenta una serie de características fundamentales, de las cuales resaltamos:

1. La caracterización de la situación de enseñanza en el contexto real escolar, tomando en cuenta las variables no controlables y determinando cuáles sí serán objeto de estudio y cuáles no.
2. El proceso de investigación se realiza a través de ciclos continuos de implementación, análisis y rediseño.
3. Se recopilan registros para capturar el proceso y los aprendizajes de los participantes.
4. La investigación de diseño implica dos tipos de análisis de datos: análisis continuos durante los ciclos y un análisis final retrospectivo de todos los datos recopilados.

Según Molina et al. (2011), la investigación de diseño aporta informes situados sobre el aprendizaje de los estudiantes y desarrolla teorías contextualizadas sobre la enseñanza y el aprendizaje. Sin embargo, se identificaron algunas debilidades, como la falta de control sobre variables mencionadas anteriormente.

2.2 Experimento de Enseñanza: una modalidad de la investigación de diseño

Los experimentos de enseñanza, según Molina et al. (2011), consisten en secuenciar intervenciones de enseñanza realizadas por el investigador/profesor, con el objetivo de promover el aprendizaje. Estos experimentos permiten a los estudiantes construir conocimiento y a los investigadores/profesores generar conocimiento a partir de la intervención.

En cuanto a su estructura, los experimentos de enseñanza deben establecer objetivos de investigación desde el inicio. Su finalidad es desarrollar un modelo de

aprendizaje de los estudiantes en relación con un contenido específico, como la transformación geométrica de simetría (Molina et al., 2011).

Cobb y Gravemeijer (2008), citados en Molina (2011), dividen la ejecución de los experimentos de enseñanza en tres fases: preparación del experimento, experimentación para promover el aprendizaje (donde se llevan a cabo las intervenciones en el aula) y análisis retrospectivo de los datos.

2.2.1 Fases del Experimento

Tomando como referencia lo citado anteriormente, en este apartado se presentan las fases de nuestro experimento de enseñanza. Molina et al. (2011) propone las siguientes fases de un experimento de enseñanza y las acciones requeridas en cada una de ellas:

- Fase 1: Preparación y diseño del experimento.

En primer lugar, se llevó a cabo una revisión de la literatura para inferir y fundamentar las categorías de análisis, que servirían como base para orientar tanto el diseño del experimento como la intervención en el aula. Posteriormente, se diseñó el experimento, el cual se centra en la intervención en el aula a través de dos actividades de aprendizaje, cada una compuesta por tres tareas. Estas tareas incluyen prácticas de modelación y simulación matemática, así como la formulación de hipótesis sobre posibles resultados.

- Fase 2: Experimentación

En esta fase, se llevó a cabo la implementación del experimento y la recolección de datos a partir de grabaciones de las clases, protocolos escritos de los estudiantes (hojas de trabajo), fotografías y notas de campo, los cuales sirvieron como insumo para el análisis

retrospectivo a través de una rejilla. Dado que se trató de una investigación de diseño, se realizó una experimentación iterativa que constó de dos momentos: un pilotaje, en el cual se efectuó una primera implementación y se identificaron aspectos a mejorar, y, posteriormente, una implementación principal, donde se recolectó la mayor parte de los datos para el análisis.

- Fase 3: Análisis retrospectivos

En la última fase del experimento, se organizó la información recolectada a partir de las fuentes de datos. Se priorizaron, clasificaron, seleccionaron y fragmentaron los datos para llevar a cabo el análisis de acuerdo con las categorías emergentes del marco teórico (**ver Tabla 3 y Figura 6**). Siguiendo el enfoque de la experimentación iterativa, se realizaron análisis retrospectivos tanto del pilotaje como de la implementación principal del experimento.

Es relevante mencionar que, de acuerdo con las fases del experimento de enseñanza propuestas por Molina et al. (2011), este proceso se llevó a cabo de manera iterativa con el fin de obtener información y elementos clave que facilitaran un rediseño de las actividades. Se ajustaron aspectos como: el tiempo necesario para el desarrollo de las tareas, ya que en varias de ellas los estudiantes tomaron más del doble del tiempo estipulado; la redacción de las preguntas incluidas en las tareas, dado que en algunos casos la interpretación fue distante de lo esperado; y la pertinencia, dimensión y secuencialidad de las actividades, ya que ambas debían estar conectadas y ser continuas, asegurando que cada tarea contribuyera al logro de los objetivos planteados.

Como resultado, se realizaron cambios significativos en algunas tareas del diseño de las actividades, así como en su estructura y vinculación. Estos ajustes permitieron crear un diseño más refinado, adecuado y alineado con las exigencias identificadas durante el pilotaje.

2.2.2 Fuentes de datos y procedimiento de análisis de datos

A continuación, se amplía la información sobre las fuentes de datos utilizadas durante la experimentación, las cuales sirvieron como insumo para la fase de análisis retrospectivo.

Tabla 3

Fuentes de recolección de datos.

Fuentes de datos	Intencionalidad
Hojas de Trabajo	Las hojas de trabajo corresponden a una de las principales fuentes de datos de la investigación, ya que en ellas los estudiantes dan respuesta a las preguntas orientadoras de cada tarea, registran sus procedimientos y esperamos que sean un medio para que pasen de lo computacional a lo concreto.
Grabación de Audio	La grabación de vídeo se realiza con la intención de tener un registro de las discusiones y la comunicación entre pares, poder analizar sus

	razonamientos y posibles ideas matemáticas que surjan en su interacción dentro del micromundo.
Grabación de Video	La grabación de audio, al igual que la grabación de vídeo se realiza con la intención de tener un registro de las discusiones y la comunicación entre pares. Se toma la decisión de grabar audio, puesto que el vídeo podría tener una calidad de audio menor y nos interesa analizar sus procesos de comunicación durante la realización de las actividades de aprendizaje.
Fotografías	Se tomó registro fotográfico en algunas de las actividades de aprendizaje con la intención de registrar la organización del espacio, de los estudiantes y de sus interacciones, como material de apoyo para las grabaciones de video.
Archivos de mBlock	Los archivos de mBlock que surgen de la codificación que realizan los estudiantes en algunas tareas de las actividades de aprendizaje, se guardan con la nomenclatura que se les indique según su grupo y en ellos esperamos encontrar posibles prácticas de modelación y simulación, y por supuesto posibles errores o limitaciones en su codificación.
Archivos Excel	En la tarea 3 de la actividad 1 se les pide a los estudiantes que grafiquen en Excel el desplazamiento del carro en función del tiempo

	como una forma adicional de representación de la razón de cambio, de allí la importancia de recolectar la información de las gráficas realizadas por los estudiantes.
Notas de campo	Se incluyen las notas de campo, ya que estas permiten el registro de posibles interacciones o eventos que identifique el observador durante las implementaciones. Sobre todo, servirán para el rediseño a partir de lo observado en la fase del pilotaje.

Una vez seleccionados y organizados los datos de acuerdo con las categorías de análisis mediante una tabla de Excel, se realizó el análisis retrospectivo de cada tarea, seccionado por las categorías previamente establecidas (Prácticas de modelación y simulación del PC, programación creativa y razón de cambio). Cabe mencionar que este procedimiento se llevó a cabo de manera simultánea para el pilotaje y la implementación principal.

2.2.3 Consideraciones éticas

Respecto a las consideraciones éticas del estudio, es importante mencionar que, para la implementación, tanto del pilotaje como la implementación principal, se les informó a los participantes (estudiantes y directivos) el propósito de la investigación y se aseguró la confidencialidad de los participantes, usando los datos recogidos únicamente con fines de investigación y en espacios académicos. Se garantizó el buen uso de los datos obtenidos de grabación (audio y video) para este trabajo, resguardando la confidencialidad de los datos personales.

4. Diseño de las actividades de aprendizaje

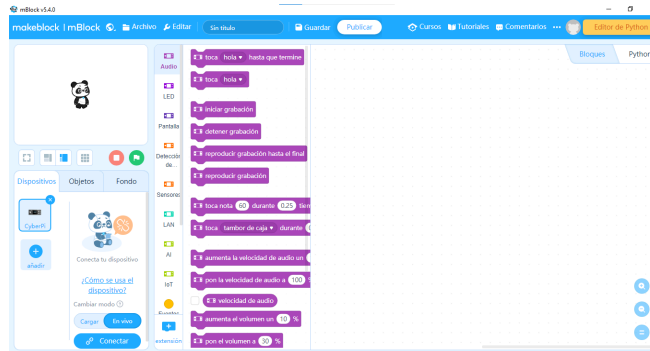
En este capítulo, se presenta la fundamentación del diseño de las actividades para el aprendizaje de la razón de cambio en un micromundo computacional.

Las actividades tienen como fundamento teórico, al paradigma construccionista en educación matemática, que de acuerdo con Noss y Hoyles (2019) se proporcionan oportunidades para explorar y construir su propio conocimiento matemático a través de la resolución de problemas, manipulación de materiales concretos, la colaboración y la reflexión. Además, Papert (1982) indica que un entorno computacional ofrece una simulación del mundo real o de un sistema conceptual y que a través del diseño adecuado de un artefacto se posibilita la exploración y la experimentación. Continuando con esta línea para el diseño de las tareas incorporamos la programación creativa que Romero et al. (2017) la definen dentro del Pensamiento Computacional (PC) cuando los estudiantes se involucran en los procesos de diseño y desarrollo para resolver situaciones complejas e inciertas, lo que les permite explorar diferentes formas de solución (p.3).

A continuación, se presenta una breve descripción de los componentes del diseño de este micromundo computacional:

Para Hoyles y Noss (1987) el **componente técnico** corresponde al software, programa o programas en el cual se enfoca la atención del estudiante sobre una idea o proceso específico. En este contexto, el componente técnico corresponde principalmente a mBlock (Figura 7) el cual es un programa de codificación, diseñado para la educación y permite hacer una articulación entre la programación y la robótica (Makeblock, s/f).

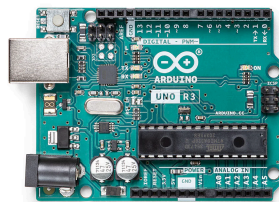
Figura 7
Interfaz mBlock



Nota: Tomado de la interfaz gráfica de mBlock (2024)

También se hizo uso de un carrito robot, el cual cuenta con una placa de “Arduino UNO” en la que se carga el código de M-Block programado por los estudiantes para cada actividad. Según Arduino, esta es una placa microcontroladora basada en ATmega328P, se puede conectar fácilmente a la computadora con un cable USB y la hemos elegido porque permite hacer múltiples pruebas. Dispone de 14 pines de entrada/salidas digitales (de los cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16 MHz, una conexión USB, un Jack de alimentación, un cabezal ICSP y un botón de reinicio. (Arduino, s/f)

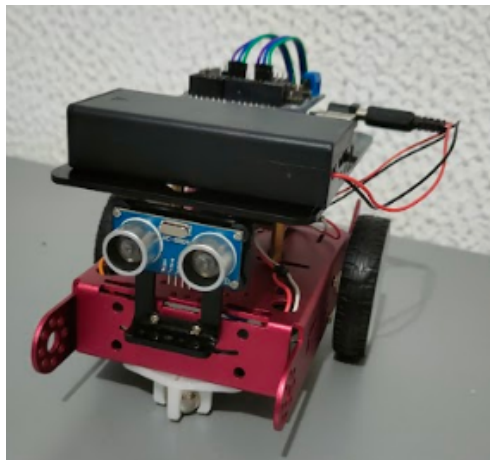
Figura 8
Arduino UNO



Nota: Tomado de Arduino Store (2024), Arduino Uno Rev3, [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSWGf5ddfNX6N703drLYGscgiAPDwrQJnl5GQ](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSWGf5ddfNX6N703drLYGscgiAPDwrQJnl5GQ&s) &s.

Por su parte, el carrito robot cuenta con dos llantas y una rueda local en el centro, con una estructura en aluminio buscando su durabilidad y fácil manipulación por varios estudiantes, como fuente de alimentación cuenta con dos pilas de 3.7 voltios cada una, se usó un sensor de proximidad como parte estética, simulando los ojos del robot, sin embargo, este no se programó en ninguna tarea. Como se puede observar en la figura, el carrito tiene un diseño simple y la mayoría de los cables se organizaron en su interior para evitar cualquier contratiempo.

Figura 9
Carrito Robot



En cuanto el **componente del estudiante** engloba aspectos cognitivos y afectivos (como lo son los conocimientos previos e historia de los participantes) que influyen en la forma en que las actividades son percibidas por los estudiantes, debido al sistema de representaciones que poseen (Hoyles & Noss, 1987). En este proyecto, tanto para el pilotaje como para la implementación final, contamos con dos grupos de estudiantes de diferentes instituciones y estratos sociales, pero ambos con conocimientos y experiencias previas en programación por bloques y robótica. Los estudiantes pertenecen a instituciones

privadas de la ciudad de Cali, cursan a la fecha de la implementación grado décimo y participan voluntariamente de la misma.

Por su parte, el **componente contextual** hace referencia a las situaciones sociales y culturales en las cuales las actividades de programación toman lugar, afectando el aprendizaje. Para la implementación de esta propuesta, se cuenta con un espacio (salón) de la institución educativa y se lleva a cabo en sesiones posteriores a la jornada escolar habitual, por lo que en ocasiones los estudiantes ya se encontraban cansados de la jornada. Cabe mencionar que la implementación se lleva a cabo en el mes de diciembre, por lo que en la institución se estaban realizando varias actividades extracurriculares como Novenas y presentaciones culturales. También, durante la implementación final hubo temporada de lluvias lo cual generó cortes de electricidad y con ello, contratiempos para desarrollar las actividades satisfactoriamente.

Por último, el **componente pedagógico o didáctico**, se encarga de estructurar y relacionar las actividades, de manera que permita explorar los conceptos del componente técnico (Hoyles & Noss, 1987), incluye la planeación y diseño de las tareas que se proponen a los participantes y se presenta a continuación.

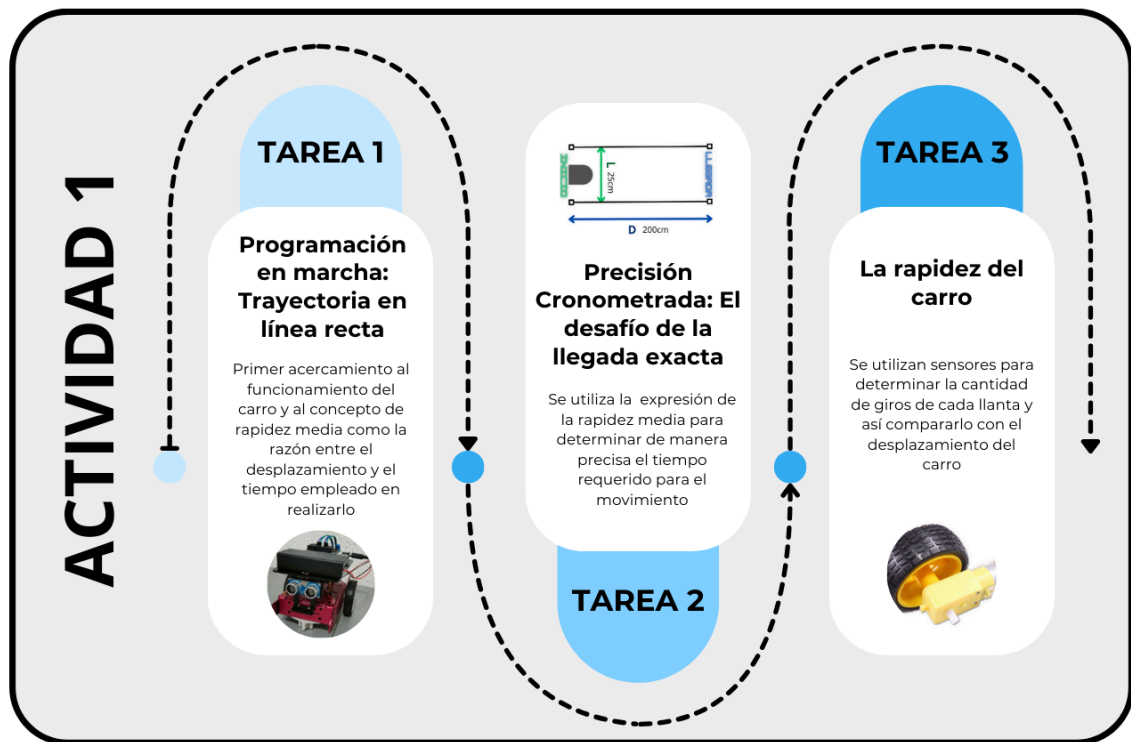
3.1 Organización de las actividades de aprendizaje

De manera general, el diseño se organiza en dos actividades de aprendizaje, cada una compuesta por tres tareas. En la actividad 1 los estudiantes van a diseñar y construir progresivamente los códigos de programación fundamentales, que serán luego utilizados en la actividad 2 para crear unos de mayor complejidad. Con esto se espera que al completar la actividad 1, los estudiantes obtengan los saberes necesarios para discernir y

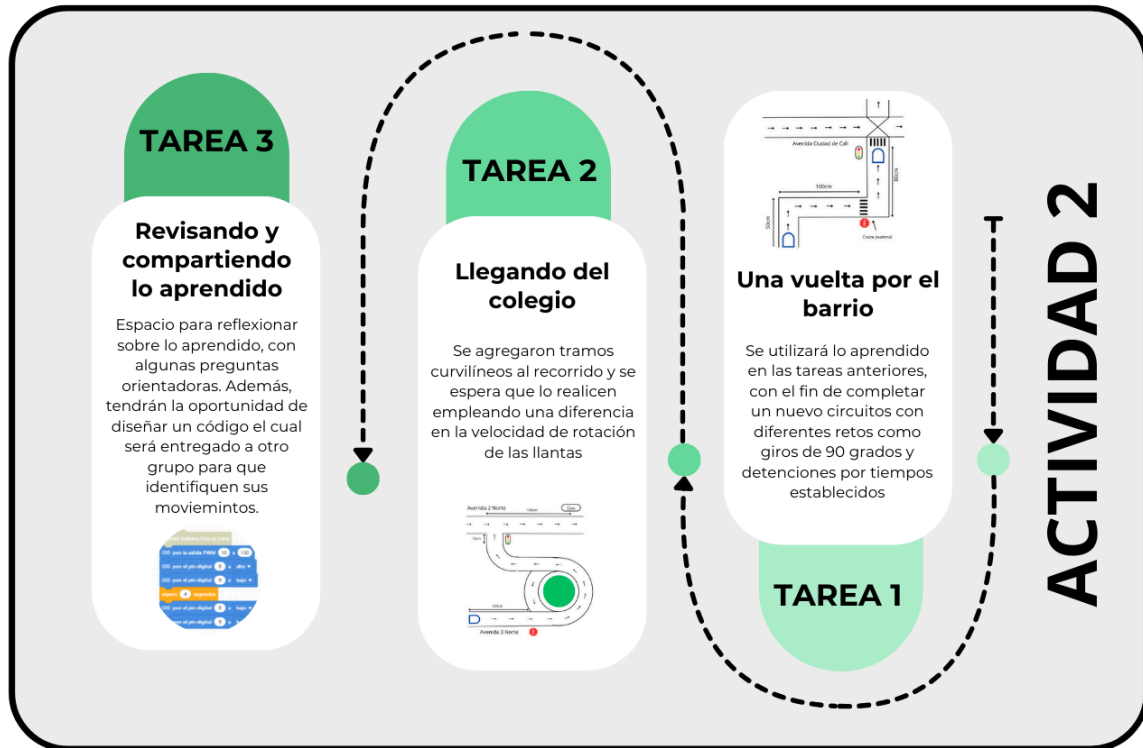
tomar decisiones sobre lo que necesitan como mediciones y cálculos para la construcción de los códigos, en la Figura 10 se muestra el esquema organizacional de las tareas de la actividad 1.

Figura 10

Distribución de las tareas de la actividad 1.



En este orden de ideas, se espera que finalizando la actividad 2 los estudiantes sean capaces tanto de proponer como de analizar la estructura de un código que contenga una complejidad similar a las realizadas en las tareas y de ello deducir qué acciones se van a realizar, así como identificar posibles fallas o aspectos de mejora. En la Figura 11 se muestra el esquema organizacional de las tareas de la actividad 2.

Figura 11*Distribución de las tareas de la actividad 2.*

Más adelante se explicará en detalle lo que se realizará en cada una de las tareas, así como su conexión entre sí y lo que se espera deben obtener de cada una para continuar con el avance progresivo.

A continuación, se muestra en la Tabla 4 la ampliación de la descripción de la primera actividad de aprendizaje, las metas de aprendizaje y cómo se presenta la razón de cambio en cada una de las tareas.

Tabla 4*Descripción Actividad 1*

Actividad 1: Viaje en línea recta
Metas de aprendizaje: - Identificar los parámetros de distancia y tiempo en la trayectoria de un carro y cómo estas se relacionan con el código de programación por bloques. - Reconocer la rapidez de un cuerpo como la relación entre un desplazamiento y el tiempo empleado para ello. ¿Cómo se ve la Razón de cambio?: - En la Tarea 1 se da un acercamiento a lo que representa la razón de cambio mediante la visualización del movimiento del carro y además se invita a indagar en la expresión matemática que representa dicha relación. - En la Tarea 2 los estudiantes utilizan la expresión matemática encontrada en la tarea anterior, con el fin de manipularla y así determinar de manera eficiente el tiempo necesario para que el carro se desplace lo estipulado. - En la tarea 3 los estudiantes podrán observar otra relación de movimiento en el carro, esta vez en las llantas. Podrán indagar en lo qué es y cómo se da e identificar el cómo se relaciona con el desplazamiento final del carro. Prácticas de Modelación y Simulación: - El uso de modelos computacionales para entender un concepto. - El uso de modelos computacionales para encontrar y probar soluciones. - Evaluación de modelos computacionales. - Diseño de modelos computacionales - Construcción de modelos computacionales
Descripción de la actividad: Los estudiantes, organizados en grupos de 3 a 5 integrantes, tendrán a su disposición las instrucciones en las hojas de trabajo y la contextualización del docente en el funcionamiento del artefacto y la forma de programarlo en mBlock. Luego de esto los estudiantes deben identificar las partes y parámetros físicos presentes en la trayectoria que va a realizar el “carro” (Artefacto físico, modelo de un carro robot), para ello tendrán a su disposición el artefacto en físico, por lo tanto, se espera que mediante su observación puedan compartir y discutir ideas que los lleven a generar una primera noción de lo necesario para que el carro realice un movimiento. Estarán a su disposición instrumentos de medición de tiempo y longitud con los que podrán recoger información de las condiciones del escenario en el que se va a realizar el recorrido del carro. En cuanto a la programación de las instrucciones necesarias para que el carro

realice el movimiento; los estudiantes deben ingresar al programa mBlock, el cual se encuentra previamente instalado en el computador, y realizar la conexión correspondiente para la transferencia de información del computador al carro y así, permitir su correcto funcionamiento.

Se recomienda al docente que tome una postura de observador de la discusión y que sus intervenciones sean en lo mínimo posible, esto con el fin de obtener las primeras impresiones propias de los estudiantes y su exploración.

Tareas:

Tarea 1: Programación en Marcha: Trayectoria en Línea Recta

Tarea 2: Precisión Cronometrada: El Desafío de la Llegada Exacta

Tarea 3: La rapidez del carro

Ahora, en la Tabla 5 presentamos con un poco más de detalle la segunda actividad de aprendizaje “Un recorrido en la ciudad”, se presentan las metas de aprendizaje y cómo se evidencia la razón de cambio en cada una de las tareas.

Tabla 5

Descripción Actividad 2

Actividad 2: Un recorrido en la ciudad
Metas de aprendizaje: - Identificar en un movimiento circular del carro la rapidez como la razón de cambio entre el número de revoluciones de cada llanta respecto al tiempo empleado para ello. - Relacionar el movimiento circular del carro como el cambio de la rapidez lineal respecto al radio que describe la trayectoria. ¿Cómo se ve la Razón de cambio?: - En las tareas de esta actividad los estudiantes deben utilizar la definición de velocidad media para determinar los tiempos necesarios de cada recorrido, de acuerdo a la velocidad que definan y el desplazamiento que necesiten. - Además de movimiento lineal, en cada tarea requiere que el carro se mueva dando giros a la derecha o izquierda, esto moviliza el concepto de velocidad angular de cada llanta al que deberán relacionarlo con la cantidad de distancia que requiere cada giro.

Prácticas de Modelación y Simulación:

- El uso de modelos computacionales para entender un concepto.
- El uso de modelos computacionales para encontrar y probar soluciones.
- Evaluación de modelos computacionales.
- Diseño de modelos computacionales
- Construcción de modelos computacionales.

Descripción de la actividad:

Para el desarrollo de esta actividad es necesario que exista una continuidad del grupo que realizó la actividad anterior, ya que se abordaron nuevas tareas con retos que requieren utilizar elementos desarrollados en la actividad 1.

Los retos abarcan ya no sólo movimientos en línea recta, se agregaron giros de 90° hacia la izquierda o derecha, recorridos curvilíneos y momentos donde el carro debe esperar para iniciar de nuevo con su recorrido.

Como en la tarea anterior, los estudiantes realizarán la programación en mBlock y tendrán a su disposición nuevos elementos como sensores y un Arduino adicional que deberán programar de acuerdo con lo requerido en cada tarea.

las intervenciones de los docentes se reducirán aún más, ya que se espera que los estudiantes puedan desempeñarse de manera autónoma y trabajar como equipo para la construcción de la solución

Tareas:

Tarea 1: Una vuelta por el barrio

Tarea 2: Llegando del colegio

Tarea 3: Revisando y compartiendo lo aprendido

3.2 Actividad 1. Viaje en línea recta

En esta actividad se presentan el conjunto de tres tareas que han sido diseñadas con los objetivos de que los estudiantes sean capaces de identificar los parámetros de distancia y tiempo en la trayectoria de un carro robot y además, comprender la forma en que se relacionan con el código de programación. Por otra parte, se espera que también puedan reconocer que la rapidez media de un cuerpo es la relación entre un desplazamiento y el tiempo empleado para ello.

Al finalizar la actividad los estudiantes contarán con códigos que ellos mismos han diseñado y construido, los cuales podrán emplear para elaborar otros de mayor complejidad y que se conviertan en la base de modelos que involucren diversos obstáculos y condiciones.

3.2.1 Tarea 1: Programación en Marcha: Trayectoria en Línea Recta

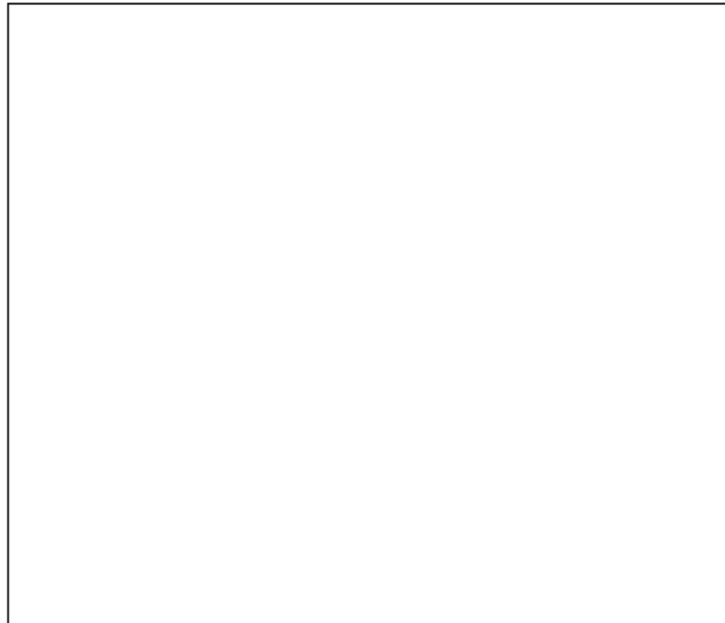
Cada grupo tiene el reto de llevar su carro desde la zona de inicio hasta la zona de llegada, las cuales estarán demarcadas en el escenario donde se realiza la actividad, para lograrlo deberá ingresar al entorno de programación de mBlock, identificar y utilizar las instrucciones que consideren necesarias. La construcción del código de programación se realiza mediante la articulación de instrucciones (bloques) y éstas no tienen un esquema predefinido por el docente ni por la actividad misma, por ende, se espera que sea una construcción autónoma de cada grupo y que el micromundo les brinde la oportunidad de experimentar de manera dinámica, autónoma, creativa y segura. El esquema final no necesariamente debe coincidir en todos los grupos, este puede contener algunas instrucciones adicionales o valores distintos en los parámetros.

Figura 12

Fragmento de las hojas de trabajo. Tarea 1.

Actividad 1**Tarea 1: "Programación en Marcha: Trayectoria en Línea Recta"**

- A. Construyan el código de programación en MBlock para que el carro se desplace desde la zona de inicio hasta la zona de llegada, sin salirse del camino demarcado en la pista.
¿Lo han logrado? Ahora, discutan en grupo cómo lo hicieron.
- B. Dibujen un diagrama de flujo donde se representen las acciones que cumple el código programado para que el carro realizara el movimiento buscado.

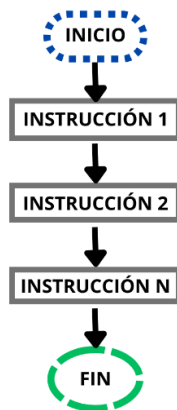


Después, cada grupo debe plasmar sus ideas en forma de diagrama de flujo en el recuadro del ítem B de la hoja de trabajo, a manera de ilustración en la Figura 13 se presenta a los estudiantes una estructura que podrían utilizar, no tiene que ser la misma, se pretende que el diseño sea algo particular de cada grupo y represente la forma en que lo concibieron. El docente se encargará de que los estudiantes comuniquen sus opiniones con los compañeros y que por medio de la discusión se puedan construir una idea general de lo

que se necesitó para conseguir el movimiento del carro. Con la finalidad de que se genere una buena discusión y que permita el intercambio de múltiples ideas, se propone en los ítems C y D que los grupos escriban el procedimiento que han realizado teniendo en cuenta algunas preguntas orientadoras. Por último, en el ítem E los grupos deben completar la tabla con los valores que midieron para el desplazamiento e indicar la rapidez promedio obtenida.

Figura 13

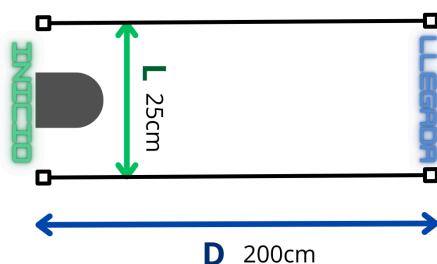
Guía para el diseño del código.



En la Figura 14 se presenta a manera de ilustración, la organización de la trayectoria que recorre el carro en el desarrollo de la tarea 1, los valores son opcionales y pueden ser ajustados por el docente de acuerdo al espacio con que cuente, esto no interferirá con el objetivo de aprendizaje de la actividad.

Figura 14

Trayectoria para las tareas 1 y 2 de la actividad.



3.2.2 Tarea 2: Precisión Cronometrada: El Desafío de la Llegada Exacta

Para esta actividad, cada grupo tiene el reto que su carro llegue a una nueva posición, este lugar también puede ser definido arbitrariamente por el docente que realice la implementación, esto no interferirá en lo que se pretende observar de la tarea. Se espera que los estudiantes logren cumplir el reto en un tiempo menor y con una mayor precisión, debido a que, de nuevo pueden utilizar los instrumentos de medición disponibles (regla y cronómetro), con la intención de que de ese proceso se deriven los valores que ingresarán en la programación, sin necesidad de estar haciendo múltiples pruebas y así optimizar en gran medida el tiempo.

Luego de completar el reto, se propone a cada grupo que discutan lo encontrado en esta nueva tarea, sobre las similitudes y diferencias respecto a la tarea anterior, sobre cómo las matemáticas se integraron y sobre todo acerca de cómo el modelo computacional les permitió comprobar las soluciones que arrojó la teoría. Para conseguirlo se proponen varias preguntas guía que servirán como ingrediente para completar la tabla, donde deben escribir de acuerdo al desplazamiento que midieron, los valores del PWM que establecieron en la programación (motor derecho e izquierdo), el tiempo que obtuvieron en el recorrido del carro y el resultado del cálculo de la rapidez promedio.

3.2.3 Tarea 3: La rapidez del carro

Con la siguiente tarea finalizamos la actividad 1, por lo tanto, es necesario recordar que uno de los objetivos de toda la actividad es que los estudiantes sean capaces de utilizar elementos teóricos de la matemática, en particular lo que corresponde a la razón de cambio, para que diseñen y construyan códigos de una mayor complejidad y que puedan

ser utilizados en trayectos que adopten nuevas mecánicas, como múltiples obstáculos o condiciones.

La tarea comienza indicando a cada grupo que debe construir un código de programación que sirva para determinar la cantidad de revoluciones que está dando cada llanta y que para ello van a disponer de una cantidad de pulsos que emiten los sensores encoder que se encuentran ubicados en los motores de las llantas (uno para cada llanta), el código debe ser capaz de tomar las señales y llevarlas a un contador que registre correctamente la cantidad de pulsos que emitió cada encoder. Luego, esta cantidad de pulsos debe interpretarse como cantidad de movimiento angular y que posteriormente servirá para determinar la cantidad de movimiento lineal.

En el ítem A los estudiantes deben construir el código hasta obtener lo requerido, luego en el ítem B se les pide dibujar un diagrama de flujo donde se representen las acciones que cumple el código programado, en el ítem C se van a encargar de registrar en una tabla la cantidad de pulsos tomados por cada sensor, el número de revoluciones de cada llanta y el desplazamiento final esperado del carro, el proceso se debe realizar en intervalos de 1 segundo de diferencia, iniciando precisamente en 1 segundo. En el ítem D van a extraer de la tabla los datos de tiempo transcurrido y desplazamiento esperado del carro y llevarlos a una de cálculo de Excel con el fin de realizar una gráfica en la que se aprecie que tipo de relación hay entre ellos.

3.3 Actividad 2. Recorridos usuales por la ciudad

En esta actividad se presentan el conjunto de tres tareas que han sido diseñadas con los objetivos de que los estudiantes puedan identificar en el movimiento circular del carro

la rapidez como la razón de cambio entre el número de revoluciones de cada llanta respecto al tiempo empleado para ello y además relacionar el movimiento circular como el cambio de la rapidez lineal respecto al radio que describe la trayectoria. Se espera que en cada una de las tareas hagan uso de lo aprendido anteriormente, que el diseño genere un nuevo reto para cada grupo y que brinde espacios de reflexión, creatividad y trabajo en equipo.

3.3.1 Actividad 2 Tarea 1: Una vuelta por el barrio

Cada grupo tiene objetivo programar las instrucciones adecuadas para que su carro realice el desplazamiento mostrado en la Figura 15, este recorrido consta de diferentes momentos, primero el carro debe desplazarse hacia el frente una distancia corta, luego girar hacia la derecha y recorrer en línea recta una distancia mayor, deteniéndose por 5 segundos justo antes de sobreponerse en la zona del cruce peatonal. Luego, debe avanzar y girar hacia la izquierda para de nuevo avanzar hasta llegar al otro cruce peatonal, que se encuentra antes de “ La Avenida Ciudad de Cali”, en este punto se debe tener presente las siguientes condiciones, si el carro llega justo cuando la luz del semáforo se encuentra en verde, entonces el carro podrá seguir con su trayecto, pero, si llega cuando la luz del semáforo esta en amarillo o rojo, entonces debe detenerse y esperar hasta que la luz pase a verde, así podrá continuar con su recorrido atravesando “ La Avenida Ciudad de Cali”. Debe tenerse en cuenta que en ningún momento el carro puede salirse de la zona delimitada, pero si el docente encargado de la aplicación lo considera necesario puede ampliar el ancho efectivo de la demarcación.

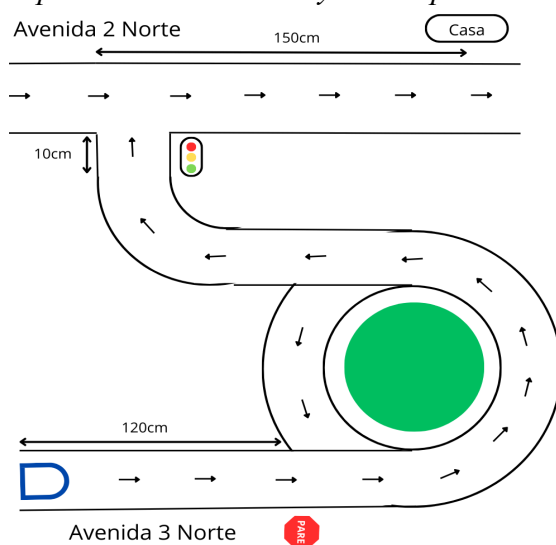
Luego de que cada grupo haya ejecutado un código acertado, se espera que compartan lo aprendido, organizando y detallando cada una de las acciones que se programaron y, además, resaltando el papel de las matemáticas como soporte en la definición de las variables, esta información será plasmada en la tabla el ítem D.

3.3.2 Tarea 2: Llegando del colegio

Para esta actividad, se tiene como objetivo que cada grupo logre que su carro llegue a la zona demarcada como “Casa”. En un momento dado, el carro se encuentra circulando por la “Avenida Tercera Norte”, pero, para llegar a su objetivo debe pasar a la avenida segunda norte para lo cual debe recorrer una glorieta, al llegar a la glorieta y antes de ingresar el carro debe esperar 3 segundos mientras verifica que ningún otro carro esté pasando, luego, debe seguir su recorrido y parar si el semáforo se encuentra en rojo o amarillo, si no es así puede seguir su recorrido girando a mano derecha hasta llegar al punto indicado. En la Figura 16 se muestra el esquema del trayecto a realizar.

Figura 16

Representación de la trayectoria para la tarea 2



Luego de diseñar y construir la programación adecuada para que el carro realice el trayecto (ítem A), en el ítem B se presentan dos preguntas orientadoras y se les pide que discutan lo encontrado en torno a los aspectos y desafíos nuevos de esta tarea. Para finalizar, cada grupo debe intentar determinar la expresión matemática que permite relacionar el número de giros de cada llanta con su avance curvilíneo, el cual podrán utilizarlo para precisar el valor de las variables de programación.

3.3.3 Tarea 3: Revisando y compartiendo lo aprendido

La tarea se encuentra seccionada en dos partes, la primera está diseñada para que por medio de varias preguntas se puedan cuestionar acerca de lo que han aprendido, para lograrlo, se plantean tres situaciones muy similares ítems B, C y D, que llevarán al estudiante reflexionar y sintetizar sus ideas, con los ítems A y E se quiere que escriban acerca de lo que significa hablar de la rapidez de un cuerpo y cómo esta se relaciona con cada una de las actividades. En la parte 2 se pretende que cada grupo diseñe y construya de manera libre y creativa, la programación de un conjunto de movimientos que el carro ejecutará, brindándole aspectos personales como un nombre a la secuencia o un contexto de la vida real donde se podría ejecutar, esta secuencia se compartirá con otro grupo y ellos tendrán el reto de descifrar dichos movimientos.

Figura 17*Hoja de Trabajo. Tarea 3.***Tarea 3: Revisando y compartiendo lo aprendido**

1.

- A. De qué parámetros dirían que depende principalmente la rapidez de un cuerpo

- B. Si en un recorrido se aumenta la rapidez y el tiempo permanece constante, ¿Qué ocurrirá con la distancia recorrida?

- C. Si en un recorrido la rapidez permanece constante y se aumenta el tiempo, ¿Qué ocurrirá con la distancia recorrida?

- D. Si en un recorrido la rapidez permanece constante y se aumenta la distancia a recorrer ¿Qué debe ocurrir con el tiempo?

De este modo, consideramos que en el desarrollo de las actividades presentadas los estudiantes pueden construir ideas matemáticas entorno a la razón de cambio con el uso de las prácticas computacionales propuestas por Weintrop et al. (2016). A continuación, se presentará el análisis retrospectivo de la implementación de las actividades que aquí se proponen.

5. Análisis Retrospectivo

En este capítulo se presenta la implementación del experimento de enseñanza y su análisis retrospectivo de acuerdo a la metodología de Experimento de Enseñanza incluyendo una fase de pilotaje de las actividades de aprendizaje, la cual generó un rediseño en las actividades de aprendizaje, y posteriormente, la implementación principal. Para la realización del análisis, se seleccionaron, priorizaron y segmentaron los datos recogidos, analizando el desarrollo de ambas implementaciones a la luz de la rejilla de análisis y las categorías de análisis en las cuales se fundamenta el diseño del micromundo.

La rejilla de análisis se construyó con la finalidad de organizar la información recolectada por los diferentes diferentes métodos (transcripción de audios, hojas de trabajo, notas de campo, códigos de programación implementados, archivos de excel y fotografías del momento) de manera paralela y que permitiera un análisis desde diferentes puntos de observación, intentando reconstruir en la mejor medida cada uno de los momentos de la implementación. Con dicha organización se pudo hacer un análisis en búsqueda de momentos donde se evidenciara desarrollo de pensamiento computacional a través de las prácticas de modelación y simulación, aprendizaje de la razón de cambio y aplicación de la programación creativa. A manera de ilustración, en los anexos se encuentran algunas imágenes tomadas de la rejilla de análisis.

4.1 Desarrollo y Contexto de la Implementación

La implementación se desarrolló en dos fases: Primero, de acuerdo con las características de los experimentos de enseñanza se realizó un pilotaje de las actividades de aprendizaje, con la intención de encontrar aspectos por mejorar en cuanto al diseño de

las actividades o al proceso de recolección de datos, y posteriormente, se realizó la fase de implementación principal.

El desarrollo del pilotaje se llevó a cabo en dos sesiones con una duración de aproximadamente 3 horas cada una, los días 8 y 10 de noviembre respectivamente. Para la fase del pilotaje contamos con un grupo de 5 estudiantes de grado décimo, seleccionados por el docente de matemáticas con la intención de que cada uno estuviese en diferentes niveles de desempeño, los estudiantes están entre los 15 y 16 años y pertenecen a un colegio privado del sur de Cali.

Figura 18
Pilotaje

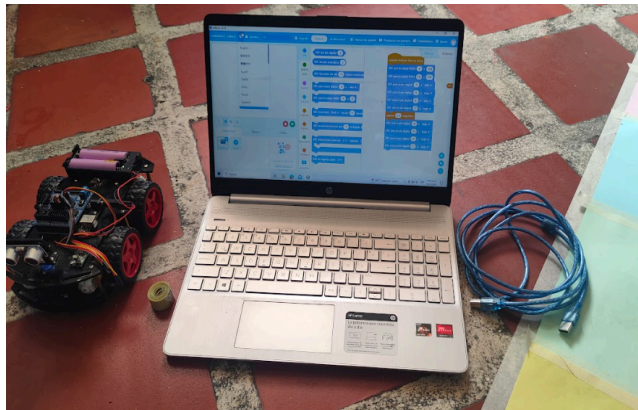


Por otra parte, la implementación principal se realizó en otra institución educativa privada de Cali, con un total de seis sesiones distribuidas de a dos por día y con una duración de 2 horas cada una, estas fueron desarrolladas los días 13, 14 y 15 de diciembre del 2023, y contó con la participación de dos grupos de 5 estudiantes cada uno para la actividad 1, y sólo uno de estos grupos para el desarrollo de la actividad 2 ya que, teniendo en cuenta que se realizó en un horario extracurricular, al segundo grupo se le presentaron inconvenientes logísticos para asistir a las últimas sesiones. Al igual que en el pilotaje contamos con estudiantes de grado décimo, seleccionados por el docente de matemáticas

con la intención de que cada uno estuviese en diferentes niveles de desempeño, los estudiantes están entre los 15 y 16 años y pertenecen a un colegio privado, en este caso del oriente de la ciudad de Cali.

Figura 19

Reconociendo el componente técnico



Por último, para organizar la información recolectada y con la intención de mantener la confidencialidad de los participantes, a los estudiantes se les nombrará como “E1, E2, E3 Y E4”. Así mismo, el “Grupo 00” corresponde al grupo del pilotaje y “grupo 01”, “grupo 02” a los grupos con quienes se desarrolló la implementación final.

A continuación, un análisis detallado de cada una de las tareas donde se presentan de manera simultánea los datos obtenidos en el pilotaje y en la implementación final.

4.2 Análisis retrospectivo Actividad 1

La primera sesión se dio una breve contextualización en cuanto al componente técnico del micromundo, es decir, el entorno de programación mBlock y al funcionamiento del carrito robot que sería utilizado, teniendo en cuenta que los estudiantes ya habían tenido experiencias relacionadas en las clases de robótica de sus instituciones educativas.

Después, inició con la presentación de las actividades y como se observa en las Figuras 20 y 21 se marcó una pista en el piso indicando los puntos de partida y llegada.

Figura 20

Reconociendo el componente técnico (pilotaje)



Figura 21

Reconociendo el componente técnico (implementación)



4.2.1 *Análisis retrospectivo Actividad 1 Tarea 1*

Posteriormente a la contextualización del entorno de programación, se presentó a cada grupo la guía de las tareas de la actividad y el espacio demarcado en el piso en forma de pista que serviría para su desarrollo. Para esta tarea, cada grupo tenía el reto de llevar su carro desde la zona de inicio hasta la zona de llegada, las cuales estaban demarcadas en el escenario donde se realizaba la actividad. Para lograrlo, deberían ingresar al entorno de programación de mBlock e identificar y utilizar las instrucciones que consideren necesarias.

En cuanto al montaje del escenario, como se muestra en la Figura 20, durante el pilotaje no hubo dificultad en su elaboración, mientras que en la implementación los dos grupos enfrentaron dificultades, ya que la superficie del piso en el que se desarrolló la actividad tenía varias irregularidades, como se indica en la **Figura 21**, y esto hacía que el carro no se moviera adecuadamente. Para mitigar dicho efecto, se colocaron varias cartulinas consecutivamente para formar la pista donde circularía el carro; de esta manera, se logró una mejoría significativa.

También, en el desarrollo de la tarea 1 se observa que los estudiantes establecen relaciones entre las magnitudes de desplazamiento, tiempo y velocidad, por medio de la observación del movimiento del carro. Como se evidencia en el siguiente fragmento de transcripción de audio tomado del pilotaje:

E1: Pues sí, ya tenemos planteando un tiempo para que se mueva y también sabemos que necesitamos velocidad para que avance y para que se frene, entonces yo creo que sí.

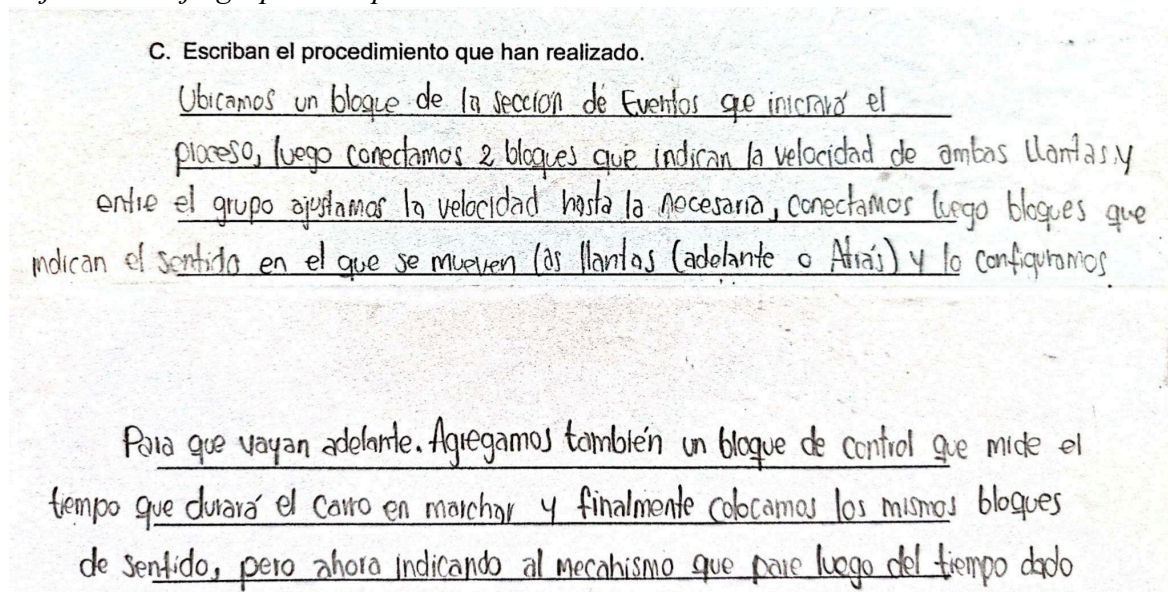
E2: No alcanzó a llegar a la meta, debemos ponerle un poquito más de tiempo, quizá 7 segundos.

Aquí, los estudiantes debían lograr que el carro llegase desde el punto de partida hasta la marca de llegada y después de algunos intentos sin éxito, se puede observar en la conversación entre los estudiantes **E1** y **E2** que relacionan las magnitudes de tiempo y velocidad para lograr la distancia esperada. Haciendo evidente una característica potencial del construccionismo como afirman Noss y Hoyles (2019), a partir de la interacción con el entorno computacional los estudiantes construyen y comparten estructuras de conocimiento, conocimiento matemático.

En respuesta al ítem “C” de la Tarea 1 donde se les pidió escribir el procedimiento que realizaron para que su *carro* cumpliera con el primer recorrido, se puede observar que los estudiantes programan tanto la velocidad de las llantas como el tiempo en que permanecen girando, con el fin de lograr el desplazamiento requerido, como se muestra en la Figura 22.

Figura 22

Hoja de trabajo grupo 01 implementación. Actividad 1 Tarea 1C.



Para el grupo 01 están los fragmentos de la respuesta donde se percibe la programación de la velocidad que corresponde a: “luego conectamos dos bloques que indican la velocidad de ambas llantas y entre el grupo ajustamos la velocidad hasta la necesaria”, y del tiempo cuando: “Agregamos también un bloque de control que mide el tiempo que durará el carro en marcha”

Del mismo modo, el grupo 00 y el grupo 01 en la respuesta al ítem “D” consideran dicha relación entre velocidad, tiempo y distancia, el primero con la respuesta “saber la velocidad a la que va y los segundos que tarda” y el segundo, con “determinar la distancia y el tiempo el cual se ajusta el carro”. Como menciona el MEN (2006), los estudiantes deben resolver problemas que involucren magnitudes cuyos valores medios se suelen definir indirectamente como razones entre valores de otras magnitudes, como la velocidad media en este caso.

Figura 23

Hoja de trabajo grupo pilotaje. Actividad 1 Tarea 1D.

D. Ahora, vamos a analizar. Realicen una reflexión general, orientada por las siguientes preguntas:

- ¿Qué partes del carro permiten que se desplace?, ¿sólo es una o son varias?
- ¿El desplazamiento del carro se verá afectado por el tamaño o posición de alguna de sus partes?
- ¿Qué necesito para saber hasta qué parte de la pista llegará el carro?
- ¿Qué partes del código están relacionadas con los componentes del carro?

• los dos montes

• si, porque eso depende de su estabilidad

• saber la velocidad a la que va y los segundos que tarda

• la velocidad y la dirección de los montes

mismo 4 pines
pero ahorita todos
iguales

En la respuesta al ítem “E” Figura 24, como se esperaba en el diseño de esta tarea, los grupos 01 y 02 lograron determinar la rapidez promedio del carro, evocando que esta se define como la razón entre la magnitud del desplazamiento y el tiempo del recorrido.

Figura 24

Hoja de trabajo grupo 01. Actividad 1 Tarea 1E.

- E. En este punto, se espera que como grupo hayan identificado que la rapidez requerida para el movimiento del carro guarda una relación entre la distancia recorrida y el tiempo en que lo hace. Para definir cómo se está dando dicha relación, calculen la rapidez promedio del carro durante el recorrido y relacionen dicho valor con el establecido en el código de la programación, registrando los valores en la siguiente tabla:

Parámetros Físicos			Valor establecido en la programación	
Desplazamiento	Tiempo	Rapidez promedio	Izquierdo	Derecho
203,5 cm	4 seg	50.8 cm/s	167	180

Tabla 2:

Nota: Pueden utilizar el material de apoyo que esté a su disposición (elementos que ha llevado el profesor).

En este apartado se destacarán momentos de la tarea en que se refleja el desarrollo de pensamiento computacional a través de las prácticas de modelación y simulación en el aprendizaje de las matemáticas, que fueron definidas en el marco teórico.

Iniciamos con la práctica “*El uso de modelos computacionales para entender un concepto*”. Weintrop et al. (2016) la definen como la práctica con la cual, los estudiantes pueden hacer uso de modelos computacionales que demuestren algún fenómeno o inclusive crear dichos modelos (de forma más controlada de lo que podría darse en un contexto real) y así, avanzar en su comprensión del concepto en cuestión. Por lo anterior, se muestran algunos fragmentos de la transcripción de audio donde el grupo 00 realizaba dicha tarea, así como las hojas de trabajo de los grupos 01 y 02.

Tabla 6

Diálogo grupo 00. Actividad 1 Tarea 1.

Episodios	Categoría “<i>El uso de modelos computacionales para entender un concepto</i>”
E3: para realizar la primera tarea contemos cuántos segundos se demoran E5: Pues tendríamos que hacer una medida, o sea, primero programarlo para que vaya derecho ponemos un cronómetro.	Luego de probar su modelo computacional, los estudiantes determinan que es necesario medir el tiempo de desplazamiento del carro hasta el punto de llegada. Aquí, los estudiantes avanzan en la comprensión del concepto ya que están relacionando el tiempo y la distancia que debe recorrer.
E1: Pues sí, ya tenemos planteando un tiempo para que se mueva y también sabemos que necesitamos velocidad para que avance y para que se frene, entonces yo creo que sí. E5: Listo chicos, contemos a la 1, 2 y 3 (todos cuentan con E5) E2: No alcanzó a llegar a la meta, debemos ponerle un poquito más de tiempo, quizá 7 segundos.	Está presente la primera práctica cuando E1 reconoce la importancia de la relación entre los parámetros de tiempo y velocidad para cumplir con el objetivo de la tarea.

Continuamos con la práctica *“El uso de modelos computacionales para encontrar y probar soluciones”* en esta, recordando a Weintrop et al. (2016), los modelos computacionales permiten que los estudiantes prueben hipótesis y múltiples soluciones eficazmente de modo que pueden encontrar, evaluar y justificar el uso de una solución particular. Además, les permite encontrar soluciones apropiadas según la situación que se les presente. A continuación, se muestran algunos fragmentos de la transcripción de la tarea del grupo 00, donde se pudieron identificar momentos relacionados con esta práctica.

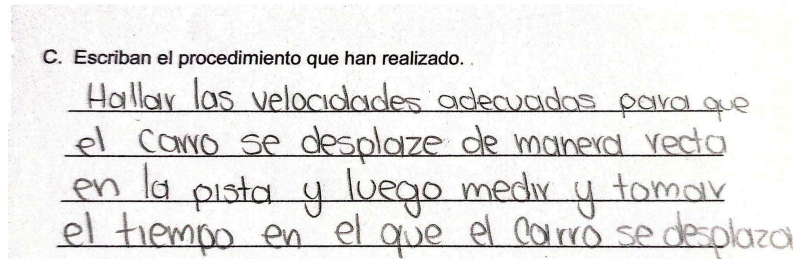
Tabla 7*Diálogo grupo 00. Actividad 1 Tarea 1.*

Episodios	Categoría “El uso de modelos computacionales para encontrar y probar soluciones”
E5: ¿cómo vamos a saber en qué sentido va? E3: Probando	El estudiante E3 reconoce el potencial del entorno computacional para probar soluciones de forma eficaz
E4: Listo, ya pone al inicio, va a salir en 1,2 Y 3 (todos cuentan juntos). E1, E2, E3, E4, E5: se ríen porque el carro se pone a “bailar” E3: profe, es que las llantas están girando, pero cada una para el lado contrario. E4: ¡apágalo! ¡apágalo! E1: es que eso se puso a bailar porque lo pusiste mal (mirando a E3) E2: revisa que esté bien conectado.	Los estudiantes probaron una solución particular y se cuestionan la validez del código al obtener un resultado que difiere de lo esperado.
E3: hay que ponerle diferentes cosas de eso (señalando los pines donde se programa el movimiento de la rueda). E5: Ya lo hicimos. Coloquemos en una 110 y en el otro 150 E1: ¡Es MUCHA DIFERENCIA! E2: Como se va mucho hacia a la derecha, entonces bajemos la velocidad que recorre esa llanta (señalando la llanta derecha) y dejamos a la izquierda con la misma velocidad. E5: Ponle a uno 120 y al otro 130 y probemos a ver qué pasa. E1: (Carga la programación en el computador mientras los demás esperan a ver qué movimiento hace el carrito)	Los estudiantes prueban una solución particular y el modelo computacional les permite encontrar una solución más apropiada ajustando un parámetro en su programación.
E4: Coloquemos 8 segundos, y dejamos la configuración como esta porque así nos funcionó. E5: Bueno, entonces el pin de tiempo está en 8 segundos, los controles de llanta esta abajo, abajo y los de velocidad están como lo usamos para que se moviera. E3: Todo listo entonces, carguémoslo al carrito a ver. E1: A la 1,2 y 3 (hunde el botón de cargar) ** El carro anda derecho y cruza la línea de meta, el cual era el objetivo de la tarea de la implementación** E1, E2, E3, E4, E5: ¡¡Lo hicimos!! E4: Después de media hora, pero no importa.	Está presente esta práctica porque los estudiantes realizan la prueba final de su programación y observan que el carro realiza la acción que esperaban.

A continuación, se muestra la hoja de trabajo del grupo 02 en la que da respuesta al ítem “C” de la tarea y en la que se puede apreciar dicha práctica ya que al hablar de “hallar las velocidades adecuadas” hacen referencia a que probaron varios parámetros hasta dar con aquellos que se ajustaron a lo que necesitaban.

Figura 25

Hoja de trabajo grupo 02 implementación. Actividad 1 Tarea 1C.



Para la siguiente práctica “Evaluación de modelos computacionales” Weintrop et al. (2016) señala que: Aquí, los estudiantes deben comprender cómo se relaciona el modelo computacional con el fenómeno del mundo real que representa de modo que puedan plantear problemas de amenazas a la validez, así como identificar suposiciones integradas en el modelo. En base a lo anterior, se presentan algunos fragmentos de la transcripción del grupo 00, donde se encontraron acciones relacionadas a esta práctica.

Tabla 8

Diálogo grupo 00. Actividad 1 Tarea 1.

Episodios	Categoría “Evaluación de modelos computacionales”
P1. Pero si usted lo pone Alto y bajo va en un sentido. (señala la pantalla del computador) ¿Y si usted lo invierte? E2: va en otro sentido	El estudiante identifica una relación entre el modelo computacional y la acción en el carro.
E2: lo bueno es que ya anda hacia adelante, se sigue yendo para un lado, pero yo creo que es porque en el rango de velocidad de 120 y 150 que nos dio el profe, el carrito está muy rápido.	El estudiante comprende cómo se relaciona el modelo computacional con el movimiento del carro y además identifica un posible factor de error en el modelo.

Para el desarrollo de esta tarea el estudiante no necesitó de una previa construcción de la programación, a pesar de esto, se puede extraer momentos donde se evidencie elementos de la práctica, específicamente cuando los estudiantes examinan las condiciones que debe cumplir el movimiento del carro para cumplir con la tarea dada y la utilizan para la construcción de la programación, este proceso de relacionar el comportamiento del fenómeno en el mundo real con el modelo computacional es a lo que Weintrop et al. (2016) se refiere como práctica de “*Evaluación de modelos computacionales*”.

Para la práctica “*Diseño de modelos computacionales*” recordemos que Weintrop et al. (2016) la denotan como:

Diseñar un modelo implica tomar decisiones tecnológicas, metodológicas y conceptuales. Los estudiantes que dominen esta práctica podrán diseñar un modelo computacional, un proceso que incluye definir los componentes del modelo, describir cómo interactúan, decidir qué datos serán producidos por el modelo, articulando los supuestos que el modelo propuesto hace, y comprender qué conclusiones pueden extraerse del modelo. (Weintrop et al., 2016)

Basado en esto se presentan los siguientes momentos donde se identificaron aportes significativos.

Con respecto a la transcripción realizada al grupo 00 en la siguiente tabla se presentan aquellos momentos donde se consideró hay información en la que se puede evidenciar aspectos de esta práctica.

Tabla 9*Diálogo grupo 00. Actividad 1 Tarea 1.*

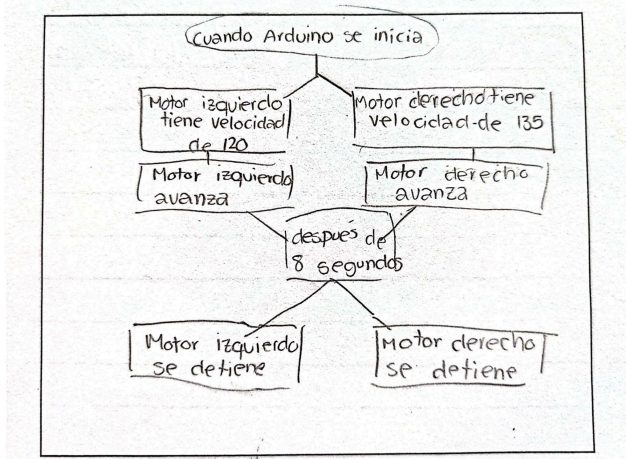
Episodios	Categoría “<i>Diseño de modelos computacionales</i>”
E2: Después hay que poner al 6 y 7 bajo, bajo, para que no se mueva. E5: pero después de un tiempo.	Los estudiantes definen los componentes del modelo, cuando determinan que es necesario incluir en la programación un bloque que permita al carro detenerse después de un tiempo.
E4: ya teniendo los datos del Cronómetro, y ya ponemos luego el tiempo para que no se vaya sin fin.	El estudiante define los componentes del modelo, como el tiempo cronometrado y la necesidad de incluir en la programación un bloque que permita al carro detenerse.
E2: pero también hay que colocar 5, 6 ,7 y 8 que son los otros pines que el profe nos dio que controlaban cada llanta, no podemos poner números a la ligera sin tener en cuenta esa configuración. E5: eran 6,7, 8 y 9. El 5 era de la otra llanta, quizá por eso ahora no nos funcionó porque pusimos el numero mal (se ríe)	El estudiante E2 reconoce la importancia de definir correctamente los componentes del modelo computacional
E4: No, no, no, eso es para crear (mientras explora en las opciones del computador). Es que el sensor solo hay 3. ¿Hay temporizador?	El estudiante E4 explora las herramientas del entorno computacional (mBlock) con la intención de definir los componentes del modelo.

Como indican Weintrop et al. (2016) esta práctica implica tomar decisiones tecnológicas, metodológicas y conceptuales para el diseño del modelo computacional. Así que a continuación, se muestran imágenes de las hojas de trabajo de los estudiantes en el ítem “B”.

Figura 26

Hoja de trabajo grupo 00 Pilotaje. Actividad 1 Tarea 1B.

B. Dibujen un diagrama de flujo donde se representen las acciones que cumple el código programado para que el carro realizara el movimiento buscado.

**Figura 27**

Hoja de trabajo grupo 01 implementación. Actividad 1 Tarea 1B.

B. Dibujen un diagrama de flujo donde se representen las acciones que cumple el código programado para que el carro realizara el movimiento buscado.

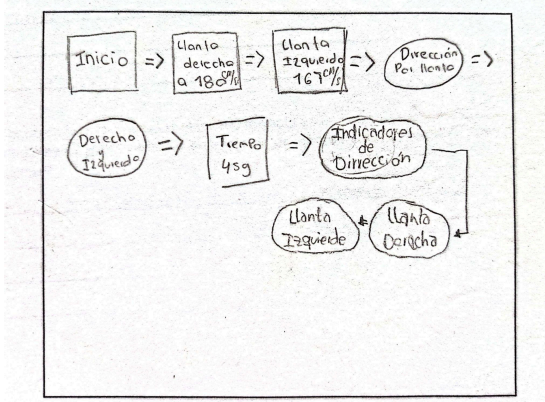
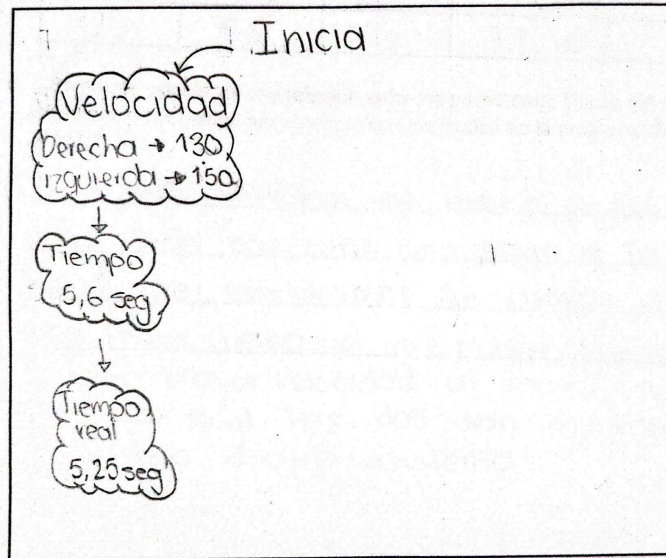


Figura 28

Hoja de trabajo grupo 02 implementación. Actividad 1 Tarea 1B.

- B. Dibujen un diagrama de flujo donde se representen las acciones que cumple el código programado para que el carro realizara el movimiento buscado.



Respecto a la práctica, en las imágenes se observa una representación del proceso que realizaron para el diseño del modelo computacional, aquellos aspectos que consideraron importantes. Finalmente, todos los grupos llegaron al siguiente esquema en los cuales la única diferencia entre sí fueron los valores para los parámetros.

Figura 29

Esquema utilizado por los grupos para la tarea 1.



Nota: Tomado de la interfaz gráfica de mBlock (2024).

Finalmente, para esta última práctica que corresponde a la “Construcción de modelos computacionales” y que Weintrop et al. (2016) la define como: Los estudiantes que dominan esta práctica podrán implementar nuevos comportamientos del modelo, ya sea extendiendo un modelo existente o creando un nuevo modelo dentro de un marco de modelado dado o desde cero. De acuerdo con lo mencionado se ha encontrado que esta práctica está presente en gran parte del desarrollo de la tarea con un progreso paralelo a las prácticas anteriores, esto ocurre cuando los estudiantes construyen el código de programación que necesitan para que su carro realice el movimiento y, como se ha visto, esto implica la planeación de lo que van a hacer, la recopilación de los datos que necesitan y el ajuste de parámetros de acuerdo a las acciones que ven realizar en el carro.

Antes de iniciar con el desarrollo de las actividades, los grupos recibieron una pequeña introducción sobre el funcionamiento del programa mBlock y las conexiones que debían realizar durante el proceso. Más que una inducción a algo nuevo, este espacio sirvió para recordar los aprendizajes previos y traerlos al nuevo contexto que se les presentaba. Al enfrentarse al desarrollo de la Tarea 1 “Programación en marcha: Trayectoria en línea recta”, los grupos lo tomaron como un reto, lo que generó en ellos la búsqueda y articulación de estrategias para cumplirla.

Como se puede observar en los videos grabados del grupo 00 y en las notas de campo realizadas de los grupos 01 y 02, los docentes investigadores manifestaron en resumen: “Durante el desarrollo de la actividad se percibe en los estudiantes un gran entusiasmo y motivación por completar el desafío”.

El proceso de probar soluciones fue aquel que tuvo un mayor protagonismo, debido a que los estudiantes ensayaron diferentes valores en los parámetros de programación hasta ir acercándose a la solución que buscaban. A Continuación, se muestra en la Figura 30 un momento particular en el que el grupo 00 se encuentra introduciendo algunos valores de la programación.

Figura 30

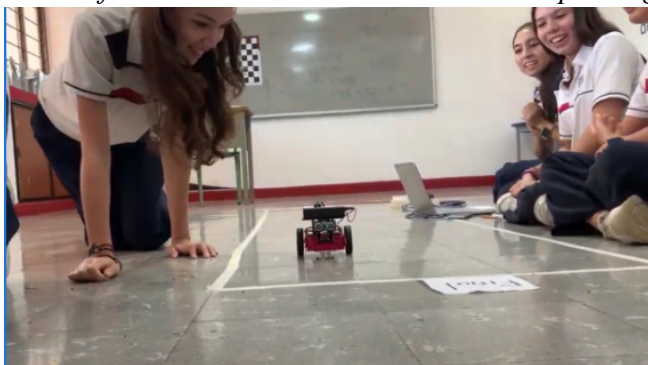
Ejecución de la Tarea 1 de la Actividad 1 por el grupo 00



Por su parte, la Figura 31 muestra evidencia de la expectativa y entusiasmo por ver que el carro cumpliera con el objetivo.

Figura 31

Prueba final de la tarea 1 de la actividad 1 por el grupo 00



El desarrollo de la tarea estuvo acompañado de varios momentos de desaciertos, aunque en ningún momento los estudiantes se desalentaron, por el contrario, ver que aún no conseguían con el objetivo dio lugar a debate de ideas y el trabajo en equipo.

4.2.2 Análisis Retrospectivo Actividad 1 Tarea 2

En esta segunda tarea, el estudiante se encontró con un desafío que buscaba generar la necesidad de articular lo observado en la actividad anterior con la aplicación de las matemáticas. El objetivo era refinar un modelo existente que permitiera cumplir con la nueva solicitud de la manera más controlada y acertada posible.

Dado que existía una similitud con la actividad anterior, los grupos intentaron completar la tarea de la misma forma que en la primera. En este momento, se realizó una intervención en la que se les recordó que tenían a su disposición elementos útiles, como el metro y el cronómetro.

A partir de esta intervención, se inició una discusión entre los estudiantes, quienes comprendieron la necesidad de medir la nueva distancia que debía recorrer el carro y

utilizar esa medición, junto con la velocidad encontrada anteriormente, para realizar los ajustes necesarios en la nueva programación.

Continuamos identificando aquellos elementos relacionados tanto con el estándar como el DBA mencionado con anterioridad, como el objetivo principal en esta tarea es que se evidencie el uso de las matemáticas como recurso que les permitirá modificar y ajustar con mayor precisión los parámetros en la programación, entonces se requiere que el estudiante haga uso de la relación de las magnitudes distancia, tiempo y velocidad entre sí. Antes de iniciar con la tarea el docente-investigador indica a los grupos que se realizará la modificación de la distancia del punto de llegada, para dicho cambio no se utiliza el metro, esto con el fin de obtener una medida aleatoria y que no se induzca en el estudiante la idea de utilizar el instrumento de medición, uno de los puntos de esta tarea es que precisamente, aparezca la necesidad de medir y de utilizar dicha información.

A continuación, se muestra un fragmento inicial de la transcripción del grupo 00, donde se puede observar que cuando el docente-investigador modifica el punto de llegada, los estudiantes comprenden que se va a necesitar medir dicha distancia.

Profesor-investigador 1: La zona de llegada va a cambiar, la longitud será diferente.

E1: ¿Qué es lo que tenemos?

E2: La distancia con los cuatro segundos. Lo otro sería medir la distancia nueva

E3: ¡Pues sí!

E2: Medir los centímetros ¿no?

E4: ¡Eso tiene que ser!

En este momento se esperaba que cuando el docente terminara de realizar las modificaciones en la pista respecto a la tarea anterior, los estudiantes iniciarán midiendo la

nueva distancia para utilizarla como ingrediente en el cálculo de la nueva velocidad y con ella determinar el parámetro en la programación encargada de controlar la velocidad de rotación de cada motor. Sorprendió el hecho de que no fue así, los estudiantes intentaron continuar con el método de probar soluciones parciales y ajustar hasta llegar al resultado que se pedía. A continuación, se muestra el fragmento de la transcripción del grupo 00 donde se puede observar lo ocurrido.

***El profesor-investigador 1** se encarga de ajustar el nuevo trayecto a realizar (Tarea 2)*

***E5:** ¡Ah está más corto!*

***E1:** Se restan unos cuantos segundos, ¿no?*

***E5:** ¡Ajá!*

***E1:** Entonces por ahí en ...*

***E4:** Cinco segundos*

***E1:** Voy a subirlo entonces*

***El profesor- Investigador 2:** ¿Ya leyeron todas las instrucciones?*

***E1:** ¡Hay un metro! Pero miremos si funciona así.*

De acuerdo a lo ocurrido con el grupo 00 en la fase piloto, los docentes-investigadores registraron en sus notas de campo la necesidad de modificar dicha sección para que fuese más evidente utilizar la información encontrada en la tarea anterior con el fin construir la solución al nuevo requerimiento. Debido a lo ocurrido, se hace una intervención con el fin de invitar al grupo a que recuerden y escriban matemáticamente como se da la relación entre las magnitudes que han venido trabajando.

Profesor-investigador 2: *¿Ustedes recuerdan que hay una relación entre velocidad, tiempo y distancia?, ¿cómo era?*

E1: *¡sí!, ¿era un triángulo?*

E2: *¡Ajá!*

Profesor-investigador 2: *Entonces ustedes ¿qué necesitan calcular de ese triángulo?*

E1 y E3: *El tiempo.*

E2: *O sea, el tiempo es velocidad sobre X*

En los momentos siguientes de la transcripción se puede evidenciar que los estudiantes utilizaron la definición de velocidad media como la razón entre distancia y tiempo, con el fin de calcular el tiempo que se requería e introducirlo en el parámetro de la programación. Pese a que, en un principio midieron de manera errada la distancia, ya que no consideraron tanto la longitud propia del carro como el punto correcto de dónde había salido en la actividad pasada, como se observa en el siguiente fragmento, los estudiantes debieron tomar de nuevo la longitud para obtener la velocidad correcta y con ella el tiempo justo que necesitaban introducir en la programación para que el carro avanzara hasta la posición deseada.

E2: *¿Cuál era la distancia de la primera?, mide hasta donde estaba pegada la primer cinta*

E1: *El tiempo era 8*

E5: *es 292*

E2: *Da 36.5*

E1: *Entonces la velocidad es 36.5y el tiempo es 6.3*

Profesor-investigador 2: *¿Los tiempos están bien?*

E2: Si por que ahora tiene que ser menor, porque antes para recorrer 292 eran 8 segundos, ahora para recorrer 230 es 6.3

E3: ¡Eso!, vas bien

E4: No, debe quedar más atrás

E1: Eso es 5.5

E2: No, ¡Espere! hagámoslo matemáticamente, si la distancia era, a ver 325 entre 8

E1: 40,6.

E2: Obvio sí, ahora da 5,6. Miren, ahora si da, da 5.6

E1: O sea, que se tomó mal la medida inicial

E2: ¡Claro!, es que estábamos midiendo hasta donde no era

E1: Mira que quedó perfecto

E5: ¡Si!

E1: ¡Qué bonito el carro!

De lo anterior, se registra que el grupo 00 finalmente alcanza con su objetivo. Aunque no se pudo tomar audio de los grupos 01 y 02 para su transcripción, en las notas de campo y las hojas de trabajo se encuentra plasmado que también lograron alcanzar con el objetivo, esta vez fue más evidente la necesidad de articular lo que habían encontrado en la tarea 1 con lo que necesitaban lograr en la tarea 2. A continuación, se presentan dos imágenes de las hojas de trabajo de los grupos 01 y 02 en las que se muestran las respuestas a las preguntas del ítem “A” y en las que se pretendía obtener información acerca de si habían logrado identificar correctamente la relación de la velocidad promedio como el cambio entre la posición (desplazamiento) y el tiempo del recorrido.

Figura 32

Hoja de trabajo grupo 01 implementación. Actividad 1 Tarea 2A.1.

- ¿Qué acciones, como mediciones o cálculos, incluyeron en esta nueva versión del código?

Estuvimos alternando el tiempos hasta conseguir
el correcto.

- ¿El carro se podría desplazar el mismo trayecto en un tiempo menor o en un tiempo mayor? ¿Qué variables en el código de programación se tendrían que modificar?

Si se podría desplazar en un mayor o menor tiempo
se tendría que modificar la velocidad y el tiempo

Figura 33

Hoja de trabajo grupo 02 implementación. Actividad 1, Tarea 2A.1.

- ¿Qué acciones, como mediciones o cálculos, incluyeron en esta nueva versión del código?

Se deben dividir los valores del
desplazamiento y la rapidez promedio,
da como resultado segundos

- ¿El carro se podría desplazar el mismo trayecto en un tiempo menor o en un tiempo mayor? ¿Qué variables en el código de programación se tendrían que modificar?

El carro se desplazo en un tiempo de
2.1 seg. y las variables que se modificaron
fueron: La velocidad que fue de derecha 160 e izquierda 130
y el tiempo que fue de 2.1 seg

En la respuesta del grupo 02 a la pregunta, “¿Qué acciones, como mediciones o cálculos, incluyeron en esta nueva versión del código?”, se puede identificar que el grupo utiliza la relación entre desplazamiento y rapidez promedio, la cual proviene de la relación

inicial en la que se establece la rapidez promedio como el cambio de posición respecto a un cambio en el tiempo. La utilizan con el objetivo de encontrar el tiempo requerido (este valor fue borrado por los estudiantes, pero sí lo determinaron).

Por otro lado, en las respuestas a las preguntas “¿El carro podría desplazarse el mismo trayecto en un tiempo menor o en un tiempo mayor?” y “¿Qué variables en el código de programación se tendrían que modificar?”, se puede extraer de las respuestas de ambos grupos, 01 y 02, que comprenden la relación entre estas magnitudes.

Es momento de indagar en cómo se dieron las prácticas de modelación y simulación durante el desarrollo de la tarea. En el caso de la práctica “El uso de modelos computacionales para entender un concepto”, los estudiantes ya venían trabajando en la relación entre el concepto de velocidad media del carro y los parámetros que debían programar desde la tarea anterior. Esta nueva tarea permitió su afianzamiento, ya que cada grupo se encontró con la necesidad de realizar mediciones de distancia y tiempo que utilizaron junto con la definición de velocidad media para determinar el tiempo que el carro debía moverse. Las siguientes dos imágenes corresponden a las hojas de trabajo de los grupos 01 y 02, respectivamente, donde describen cómo lograron que el carro se moviera a diferentes velocidades y tiempos, pero con la misma finalidad: hacer que el carro se desplace y se detenga en la misma zona.

Figura 34

Hoja de trabajo grupo 01 implementación. Actividad 1 Tarea 2A.2.

- Validen su respuesta anterior en MBlock. ¿Acertaron? En caso de que no, prueben otras soluciones y escriban la respuesta correcta.

Desplazamiento		Desplazamiento = 120 cm	
Valor establecido en la programación		Tiempo	Rapidez promedio
Izquierda	Derecha		
1ra = 115	130	3s	40 cm/s
2da = 150	135	2,7s	44,4 cm/s

- ¿Se puede establecer una relación entre los parámetros físicos del recorrido (Medidos y calculados por ustedes) con los fijados en la programación (Salida PWM)?

En la primera prueba, para que el carro pudiera llegar al destino con mayor tiempo, tuvimos que disminuir la velocidad. En cambio, en la segunda prueba para que llegara en menor tiempo, aumentamos las velocidades.

Figura 35

Hoja de trabajo grupo 02 implementación. Actividad 1 Tarea 2A.2.

- Validen su respuesta anterior en MBlock. ¿Acertaron? En caso de que no, prueben otras soluciones y escriban la respuesta correcta.

Desplazamiento		120 cm	
Valor establecido en la programación		Tiempo	Rapidez promedio
Izquierda	Derecha		
140	180	2s	60 cm/s
125	150	2,3s	52,1 cm/s

- ¿Se puede establecer una relación entre los parámetros físicos del recorrido (Medidos y calculados por ustedes) con los fijados en la programación (Salida PWM)?

Si se puede establecer una relación ya que todos están conectados para llegar a la medida que establecimos, por ejemplo a una menor velocidad, un mayor tiempo o a una mayor velocidad un menor tiempo, pero al final las dos van a tener el mismo desplazamiento.

En las respuestas a la pregunta ¿Se puede establecer una relación entre los parámetros físicos del recorrido (Medidos y calculados por ustedes) con los fijados en la programación (salida PWM) ?, se puede observar que utilizaron el modelo computacional para validar lo que conceptualmente se esperaba para el recorrido del carro. Por lo anterior se vuelve necesario hablar de *“El uso de modelos computacionales para encontrar y probar soluciones”* ya que el dominio de esta práctica se evidencia cuando cada grupo pone a prueba los valores que determinaron según los cálculos que realizaron, consiguiendo que el carro realizará el mismo trayecto de dos formas distintas (velocidades y tiempos diferentes).

4.2.3 Análisis Retrospectivo Actividad 1 Tarea 3

La Tarea número 3 presentó un nuevo reto para los estudiantes, ya que se les solicitó construir un código de programación que les permitiera determinar la cantidad de revoluciones de cada llanta y relacionarlo con el movimiento lineal que ejecutaría el carro. Hubo cierta dificultad en la construcción de este código, dado que el manejo de este tipo de sensor era desconocido para ellos. Fue necesaria la intervención de los docentes investigadores para explicar el funcionamiento del sensor “encoder” y cómo debían diseñar la programación para capturar las señales que este proporcionaba.

La siguiente imagen corresponde a la captura de pantalla de la programación que construyeron los grupos 00, 01 y 02, bajo la dirección de los docentes investigadores. Esta programación tiene como funcionalidad contar por separado la cantidad de pulsos que genera cada sensor.

Figura 36

Programación del encoder realizada por los grupos 00, 01 y 02. Actividad 1 Tarea 3A.



Nota: Tomado de la interfaz gráfica de mBlock (2024)

La **Figura 36.** corresponde a la construcción del código de programación realizado y utilizado para determinar la cantidad de pulsos de cada encoder.

Se deja a manera de complemento, la imagen que se tomó del momento en el que el grupo 01 se encuentra realizando la obtención de los pulsos de los encoder.

Figura 37

Grupo 01 pone en marcha el carro tomando la cantidad de pulsos de los encoder.



La tarea trae consigo la necesidad de algo nuevo, se debían indagar en la forma de relacionar la cantidad de pulsos que toma cada encoder con la cantidad de revoluciones que da cada llanta y la finalmente con la distancia que recorre el carro. Los grupos pudieron deducir que el tamaño de las llantas importaba y que estaba relacionado con la longitud de una circunferencia, rápidamente recordaron que está dada por la expresión $P = 2\pi r$ y que para utilizarla era necesario determinar el radio de la llanta. A continuación, se muestra las imágenes tomadas de las hojas de trabajo de los grupos 00 y 01 del ítem “C”, donde se les pidió llenar una tabla con los registros de la cantidad de pulsos de cada sensor, luego utilizarlos para determinar el número de revoluciones y finalmente el desplazamiento esperado del carro.

Figura 38

Hoja de trabajo del grupo 00. Actividad 1 Tarea 3C.

C. En la siguiente tabla ingresa la cantidad de pulsos tomados por cada sensor, el número de revoluciones de cada llanta y el desplazamiento final del carro en función del valor ajustado en la programación (Salida PWM)

Valor definido en la programación ("Salida PWM"): <u>150</u>					
Tiempo transcurrido (s)	Cantidad de pulsos del sensor		Número de revoluciones de la llanta		Desplazamiento esperado del carro (cm)
	IZQ	DER	IZQ	DER	
1	12	11	3	2.75	60.5 cm
2	25	22	6.25	5.5	121 cm
3	37	36	9.25	9	198 cm
4	49	47	12.25	11.75	258.5 cm
5	60	60	15	15.5	330 cm

Dentro de lo observado en la Figura 38 se encuentra por ejemplo que, a pesar de varios ajustes en las velocidades de las llantas, no se logró llegar a una igualdad en la

cantidad de pulsos de cada sensor. Por lo tanto, el desplazamiento esperado se determinó con un promedio entre los valores de las llantas izquierda y derecha.

Figura 39

Hoja de trabajo del grupo 01. Actividad 1 Tarea 3C.

C. En la siguiente tabla ingresa la cantidad de pulsos tomados por cada sensor, el número de revoluciones de cada llanta y el desplazamiento final del carro en función del valor ajustado en la programación (Salida PWM)

Valor definido en la programación ("Salida PWM"): _____					
Tiempo transcurrido (s)	Cantidad de pulsos del sensor		Número de revoluciones de la llanta		Desplazamiento esperado del carro (cm)
	IZQ	DER	IZQ	DER	
1	6	9	1,5	1,25	24,44 cm
2	11	12	2,75	3	54,06 cm
3	20	19	5	4,75	90,2 cm
4	23	19	5,75	4,75	98,7 cm
5	28	27	7	6,75	129,2 cm

Se esperaba que esta tarea sirviera para que los estudiantes identificarán que ahora el recorrido del carro se podía ajustar con mayor precisión y a su vez se diera respuesta a una pregunta que se había generado en las tareas anteriores, la cual era ¿por qué el carro se desvía si tiene el mismo valor en la programación?, con la construcción de esta tabla pudieron comprobar que efectivamente las dos llantas no giraban a la misma velocidad a pesar de estar programadas con los mismos valores. Ahora el tiempo introducido en la programación va a generar una cantidad de pulsos por los encoder, que los estudiantes deben traducir en desplazamiento del carro.

Como complemento a las diferentes formas de representación de la información, se les pidió a los estudiantes utilizar los datos tomados y realizar una gráfica en Excel que

permitiera observar el desplazamiento realizado en función del tiempo. En las Figuras 40 y 41 se muestra la representación realizada por los grupos 00 y 01 respectivamente.

Figura 40

Gráfica en Excel realizada por el grupo 00. Actividad 1 Tarea 3D.

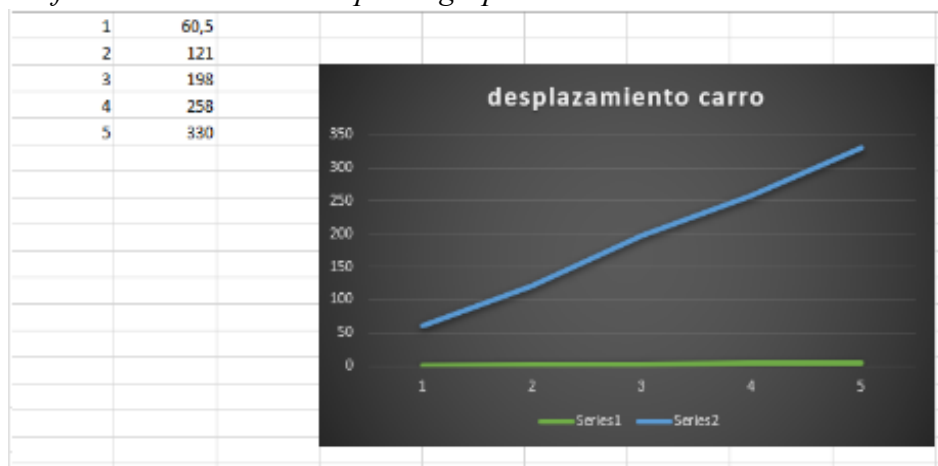
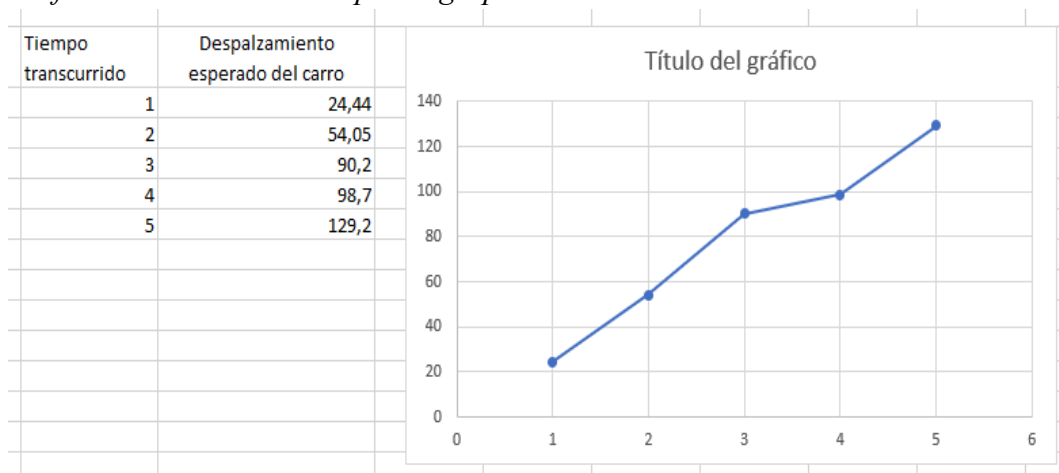


Figura 41

Gráfica en Excel realizada por el grupo 01. Actividad 1 Tarea 3D



Finalizada la construcción de las gráficas tanto los estudiantes del grupo 00 como los del 01 relacionaron lo que obtuvieron con la gráfica de una función lineal, aunque los estudiantes del segundo grupo si se preguntaron por qué su gráfica tenía un comportamiento extraño en el tiempo de 3 segundos, uno de los estudiantes dijo: “ese punto quedó muy arriba, si estuviera más abajo sería una línea recta perfecta” esto permitió abrir un momento de análisis, que los docentes

investigadores utilizaron para explicar que la imprecisión se debía a múltiples factores y es algo que por más que se quiera minimizar siempre está presente.

Continuamos el análisis de la tarea identificando momentos en los que se observa la aplicación de las prácticas de modelación y simulación. La principal diferencia de esta tarea respecto a las anteriores radica en que ahora los estudiantes deben razonar sobre cómo relacionar el número de revoluciones de las llantas con el desplazamiento del carro. Esto genera la necesidad de recordar otros conceptos, especialmente aquellos que intervienen en el movimiento angular y el movimiento lineal.

Cuando este cuestionamiento permitió que los estudiantes observaran el carro y vincularan la forma de las llantas con el perímetro o longitud de una circunferencia, mencionando la expresión $P = 2\pi r$, se presenta la práctica “El uso de modelos computacionales para entender un concepto”. Utilizaron la cantidad de pulsos tomados por los encoders para determinar la distancia que recorrería el carro y para entender la relación conceptual entre el movimiento rotacional de las llantas y el avance del carro. Esta práctica está muy relacionada con “El uso de modelos computacionales para encontrar y probar soluciones”, ya que el siguiente paso fue comprobar que el carro se desplazara la cantidad esperada.

Además, la “Evaluación de modelos computacionales” es otra de las prácticas presentes en esta última tarea, dado que los grupos reconocieron aspectos que podían interferir negativamente, como el posible deslizamiento de las llantas y las irregularidades del piso. Estos factores podrían impedir que el desplazamiento esperado coincidiera con el logrado por el carro.

Entre las últimas prácticas también se encuentran el “Diseño de modelos computacionales” y la “Construcción de modelos computacionales”, que están muy interrelacionadas. En un primer momento, los estudiantes deciden cómo articular los bloques de programación, definiendo una estructura que les permita cambiar rápidamente el parámetro de tiempo y registrar los pulsos de los encoders. Luego, construyen la programación reestructurando y complementando lo que habían realizado en las tareas anteriores.

En la Figura 42 se muestra el dibujo realizado por el grupo 00 de la estructura planteada para el funcionamiento en paralelo de la programación del movimiento de las ruedas y la programación que se encargaría de registrar los pulsos del encoder. La Figura 43 presenta dicho planteamiento implementado en el entorno de programación de mBlock.

Figura 42

Hoja de trabajo del grupo 00. Actividad 1 Tarea 3B.

B. Dibujen un diagrama de flujo donde se representen las acciones que cumple el código programado.

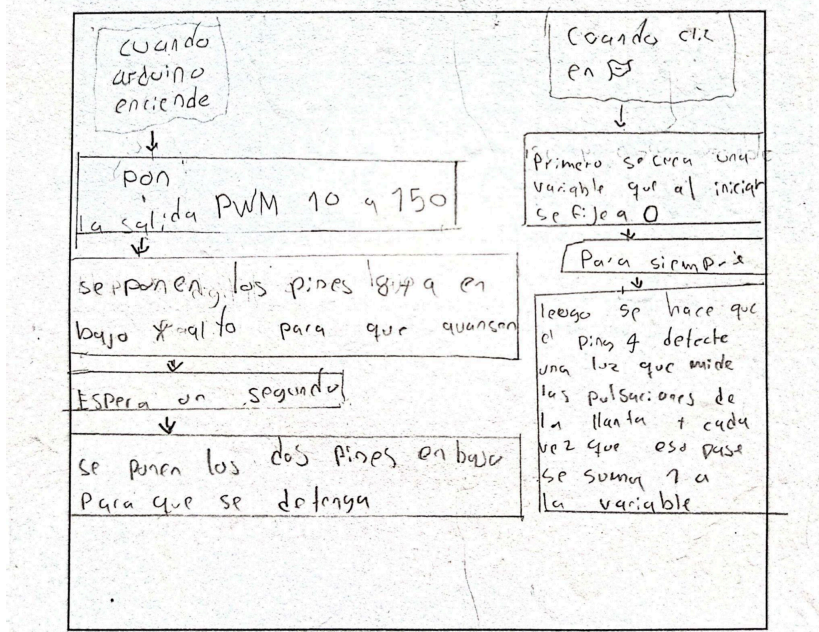


Figura 43

Programación realizada por el grupo 00 para la Actividad 1 Tarea 3A.



Nota: Tomado de la interfaz gráfica de mBlock (2024)

Se ha finalizado la actividad 1 y es necesario analizar un aspecto crucial en los objetivos de las tareas: la programación creativa y su presencia en el proceso. En la primera fase del pilotaje se llevó a cabo toda la actividad 1, lo que nos proporcionó información valiosa para determinar si la estructura de las tareas incluía características de la programación creativa. Según Romero et al. (2017), una de las características más importantes de la programación creativa es que el estudiante se involucra en el diseño y desarrollo, lo que permite la manifestación de habilidades como el pensamiento creativo, la resolución de problemas, el pensamiento computacional, la colaboración y el trabajo en equipo, así como la expresión artística y la comunicación visual.

Con base en esto, fue necesario rediseñar las tareas de la actividad 1, ya que se identificaron elementos que faltaban para aprovechar al máximo la programación creativa. Aunque el conjunto de tareas de la actividad 1 está diseñado para que el estudiante se acerque a lo teórico, se encontraron varios momentos en los que se evidenció programación creativa, especialmente durante la implementación, cuando se realizaron ajustes a las tareas. A continuación, se presentan algunos puntos que describen momentos en los que se manifestaron elementos de la programación creativa.

- Cuando el grupo 01 se enfrentó con la tarea 1 vieron que tenían una gran dificultad, la disparidad del piso hacía que el carro se moviera erradamente, una de las soluciones que pensaron fue la de colocar cuadernos que simularán el recorrido, de aquí es cuando surge la idea de colocar cartulina en todo el recorrido para minimizar ese efecto adverso.
- El enfrentarse a cada nuevo reto que traían las tareas generó espacios de debate e intercambio de ideas, en los que los estudiantes trabajaban como equipo complementando a sus compañeros, percibiendo un ambiente de confianza en los que los errores no faltaron, pero no fueron objeto de burla o exclusión.
- Otros aspectos tal vez menores pero que también estuvieron presentes durante la implementación fue el hecho de que los estudiantes sintieron el carro como propio, lo cuidaron en gran medida y evitaron que se les cayera, hasta hubo momentos en los que las pilas se agotaban y hacían comentarios como “pobrecito, ya necesita descansar”, además dos de los grupos le pusieron un nombre al carro.

- Cada una de las actividades se adaptó al avance propio de los grupos, aunque estos hayan iniciado al mismo tiempo no se requería terminar igual, ni que la programación tuviera los mismos valores, por el contrario, lo que ocurrió fue que todos los grupos utilizaron valores diferentes para la velocidad y tiempo de giro.

4.3 Análisis retrospectivo Actividad 2

Para el desarrollo de la actividad, los estudiantes ya se habían familiarizado con todos los elementos del componente técnico del micromundo (mBlock, el carrito, Arduino, la pista), por lo que sólo se organizó el espacio marcando la trayectoria que debían seguir en esta actividad como se muestra en la Figura 44 se les proporcionó los elementos que pudiesen necesitar y las hojas de trabajo. Es decir, la ejecución de la actividad fue autónoma y con intervenciones mínimas por parte de quienes implementaron. Se espera que los estudiantes sean capaces de utilizar lo aprendido en la actividad anterior con la finalidad de completar los nuevos retos, el enfoque de las tareas está direccionado para que cada grupo haga uso de su ingenio, creatividad y trabajo en equipo, elementos importantes en la programación creativa.

Figura 44

Montaje Implementación. Actividad 2.

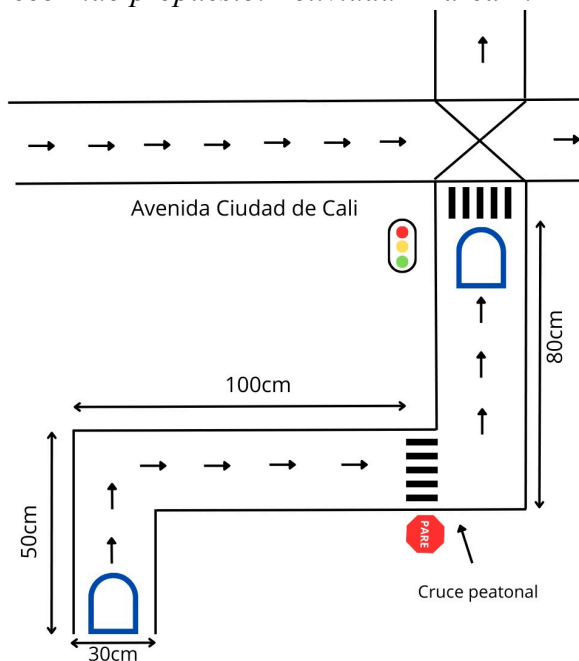


4.3.1 *Análisis Retrospectivo Actividad 2 Tarea 1*

Como se menciona en el diseño, para esta tarea se tomó como base la noción de *micromundos medio hechos* propuesta por Kynigos (2004; 2007), los cuales son un caso particular de micromundos que permiten construir sobre ellos o modificarlos según necesidades e intereses personales, cumpliendo la función de recursos generadores de ideas. Desde nuestra perspectiva, esto conduce a la generación de significado científico y matemático por medio de la indagación y argumentación. La tarea invita a los estudiantes a construir la programación desde cero para que el carro se desplace cumpliendo sólo con algunos parámetros, como no salirse de las líneas demarcadas y parar en las zonas de cruce peatonal los tiempos dados.

Figura 45

Recorrido propuesto. Actividad 2 Tarea 1.



Aunque en la Figura 45 se proponen unas medidas, estas pueden ser modificadas según los requisitos del espacio, tanto en el pilotaje como en la implementación no hubo

dificultad con la demarcación de la zona y esta sirvió perfectamente para ser usada por todos los grupos, el único detalle que se presentó fue que el semáforo debía estar conectado al tomacorriente, así que se necesitó de una extensión, la cual fue colocada cuidadosamente para que no interfiriera con el recorrido del carro.

A continuación, se presentan algunos resultados importantes para la tarea según nuestra rejilla de análisis:

En primer lugar, para el ítem “A” de la tarea se les proporcionó el esquema de una programación que supuestamente fue construida para que el carro pudiera realizar el recorrido de la Figura 45. Pero, como se muestra en la Figura 46 desde un inicio los estudiantes del grupo 00 reconocen que se presenta un error, dado la diferencia en la rotación propia de cada motor, así que estos deben tener velocidades distintas, es decir, establecen relaciones entre la distancia a recorrer (la cual debe ser igual en ambas llantas si se quiere que el carro vaya en línea recta) con la velocidad de giro para un mismo tiempo, tal como se observa en la primera parte del código. Recordando a Rendón (2009) se deben proponer estrategias que permitan a los estudiantes relacionar la razón de cambio con su realidad estimulando la exploración, el descubrimiento y la construcción de ideas matemáticas.

Figura 46

Hoja de trabajo grupo 00. Actividad 2 Tarea 1A.

A. El equipo de trabajo de Carlos, María y José han diseñado la siguiente programación para cumplir con la tarea 1. Sin embargo, al ejecutarla el carro no realiza el recorrido esperado. ¿A qué creen que se deba esto?. Analicen el código y planteen sus hipótesis.

Errores

- ♥ Con este código el carro retrocedería
- ♥ Con este código el carro giraría hacia la dirección incorrecta (izquierda)
- ♥ Con este código el carro retrocedería
- ♥ con este código el carro giraría a la izquierda

♥ ♥ ♥ ♥

♥ En conclusión el código haría lo contrario a lo ~~debería~~ hacer el carro para hacer el recorrido correctamente

cuando Arduino Uno se inicia

- ∞ pon la salida PWM 5 a 150
- ∞ pon la salida PWM 10 a 150
- ∞ pon el pin digital 8 a alto
- ∞ pon el pin digital 9 a bajo
- ∞ pon el pin digital 6 a alto
- ∞ pon el pin digital 7 a bajo

espera 2 segundos

- ∞ pon el pin digital 8 a bajo
- ∞ pon el pin digital 9 a bajo
- ∞ pon el pin digital 6 a alto
- ∞ pon el pin digital 7 a bajo

espera 1 segundos

- ∞ pon el pin digital 8 a alto
- ∞ pon el pin digital 9 a bajo
- ∞ pon el pin digital 6 a alto
- ∞ pon el pin digital 7 a bajo

espera 4 segundos

- ∞ pon el pin digital 8 a bajo
- ∞ pon el pin digital 9 a bajo
- ∞ pon el pin digital 6 a alto
- ∞ pon el pin digital 7 a bajo

espera 1 segundos

- ∞ pon el pin digital 8 a alto
- ∞ pon el pin digital 9 a bajo
- ∞ pon el pin digital 6 a alto
- ∞ pon el pin digital 7 a bajo

Al ser la misma velocidad, el carro se desviaría, ya que, los motores no están calibrados

En el ítem “C” de esta tarea, los estudiantes debían modificar el código de la Figura 46 hasta describir la trayectoria que se ilustra en la Figura 45. En este proceso, los estudiantes discuten acerca del tiempo que debe avanzar, girar y parar su carrito para llegar a la meta respetando los “Pare” y el semáforo, y como se puede observar en el siguiente

diálogo entre los estudiantes **E1**, **E2** y **E3** han conseguido comprender que cada tramo del recorrido tendrá un desplazamiento diferente por lo que se debe determinar el tiempo que le corresponde apoyándose en la relación de distancia, tiempo y velocidad que ya habían trabajado en las tareas pasadas.

***E2:** ¿que vaya rápido?*

***E1:** Pero es que, si va rápido, entonces tenemos que quitarle tiempo*

***E3:** Claro.*

En cuanto a estas prácticas del Pensamiento *Computacional*, se pudo encontrar varios episodios que dan cuenta de ellas:

- El uso de modelos computacionales para entender un concepto

El siguiente fragmento se encuentra dentro de la transcripción del audio del grupo 01, en el cual se puede observar que mientras los estudiantes desarrollaban el ítem “C” hay elementos relacionados con la práctica del PC *El uso de modelos computacionales para encontrar y probar soluciones*. Como afirma Weintrop et. al (2016), esta práctica se da cuando los estudiantes por medio de modelos computacionales prueban hipótesis y múltiples soluciones de forma eficaz, hasta elegir una solución particular que satisfaga sus intereses.

***E1:** Dejémoslo, así como está, nada más le bajamos el tiempo a una.*

***E1:** ¡Héctor no!*

***E2:** ¡Héctor déjalo así, que va a ir muy rápido!*

***E1:** No dejémoslo así a ver a ver.*

***E2:** mano, relájate a ver.*

E1: Hagamos pruebas, a ver qué pasa con este último.

En este punto los estudiantes ya son capaces de inferir en lo que van a obtener, ya que se han realizado múltiples pruebas en las tareas anteriores, sin embargo, les sigue siendo de gran utilidad probar soluciones con el fin de ajustar los parámetros, por lo tanto, estas acciones corresponden a la práctica mencionada.

- Evaluación de modelos computacionales:

Dentro de la actividad se encuentra varios factores que los estudiantes deben considerar para el diseño de su programación, uno de ellos tal vez el que más llamó la atención de los chicos fue el semáforo, ya que el carro debía parar si al llegar a esta zona la luz se encontraba en rojo si por el contrario estuviera en verde entonces el carro debía de continuar con su recorrido. Después de observar un poco el funcionamiento del semáforo identificaron que para que el diseño de la programación funcionara debían reiniciar el semáforo en el momento que el carro iniciara con su trayecto. Como lo afirma Weintrop et. al (2016), estas acciones se encuentran dentro de la práctica de *evaluación de modelos computacionales*.

De nuevo las prácticas de *Diseño de modelos computacionales* y la *Construcción de modelos computacionales* se encuentran muy relacionadas entre sí en el desarrollo de esta tarea, luego de que los grupos analizaran la supuesta programación que fue desarrollada para cumplir con el objetivo de la tarea y que se diera cuenta que existían varios errores, pasaron a diseñar y construir su propia programación, inicialmente el grupo 01 trató de crearla por completo, pero cuando la ejecutaron se dieron de cuenta que era más sencillo diseñar por tramos e ir

verificando que en cada uno se realizara la acción que esperaban. A continuación, se muestra la Figura 47 que corresponde a la tabla del ítem “D” donde los estudiantes describieron las acciones que debieron programar para que el carro ejecutara el recorrido en los tiempos correctos.

Figura 47

Hoja de trabajo grupo 01. Actividad 2 Tarea 1D

¿Qué se programó?	¿Cuál fué la acción realizada por el carro?
Se programaron 7er llantas para que avanzaran	Avanzo 50 cm
Se programó para que girara	Giro hacia la derecha 0.4s
Se programó que no se moviera	No se movió por 0.3s
Se programó que avanzara	Avanzo 1.3s
Se programó que no se moviera	No se movió por 2s
Se programó que avanzara	Avanzo 0.7s
Se programó que no se moviera	No se movió por 0.3s
Se programó que girara hacia la izquierda	giro hacia la izquierda 0.6s
Se programó que avanzara	Avanzo por 1.1s
Se programó que no se moviera	No se movió por 3s
Se programó que avanzara	Avanzo por 1.5s

Figura 48

Hoja de trabajo grupo 01. Actividad 2 Tarea 1A

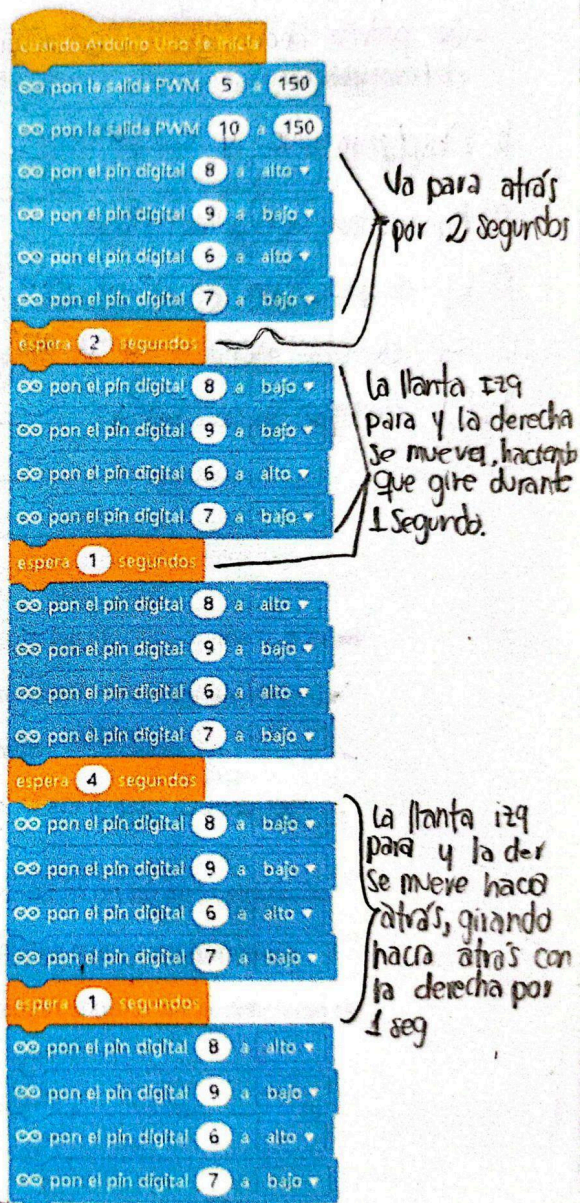
A. El equipo de trabajo de Carlos, María y

José han diseñado la siguiente programación para cumplir con la **Tarea**

1: Una vuelta por el barrio. Sin embargo, al ejecutarla el carro no realiza el recorrido esperado. ¿A qué creen que se deba esto?. Analicen el código y planteen sus hipótesis.

Se dirige hacia atrás nuevamente por 4 seg

El carro gira hacia atrás sin tiempo definido



Por otra parte, en cuanto a la programación creativa la tarea permitió una continua discusión entre los estudiantes, el trabajo en equipo se volvió más evidente y necesario, ya que mientras unos se encargaban de cuadrar y encender el carro en el punto de partida, otro debía tomar con la mayor precisión posible el tiempo en el que llegaba a cada zona y así

diagnosticar si hacía falta o sobraba, mientras que el otro estudiante se encargaba de encender el semáforo justo en el momento en el que el carro arrancaba. Debido a lo anterior, el trabajo en equipo se convirtió en un pilar de la actividad, los roles los delegaron ellos mismos y en ningún momento excluyeron a un compañero. Recordemos entonces que esta es una de las características de la programación creativa como lo definen Romero et al. (2017).

Otro de los momentos donde se evidencia la programación creativa es cuando uno de los integrantes del grupo propone realizar la secuencia de giro de una manera alternativa, la cual establecía momentos intermedios de parado de las llantas, la idea se discutió entre el grupo, pero finalmente fue descartada porque llegaron a la conclusión de que era muy demorada y se podían quitar momentos innecesarios logrando una programación más corta, estas acciones están relacionadas con las que realizan los programadores cuando requieren optimizar un código, pero más que adentrarnos en esos temas, lo que se quiere resaltar de este momento es que se consideró la opinión de uno de los compañeros y se puso en discusión de manera conjunta bajo argumentos que definieron su pertinencia en la solución de la tarea.

4.3.2 Análisis Retrospectivo Actividad 2 Tarea 2

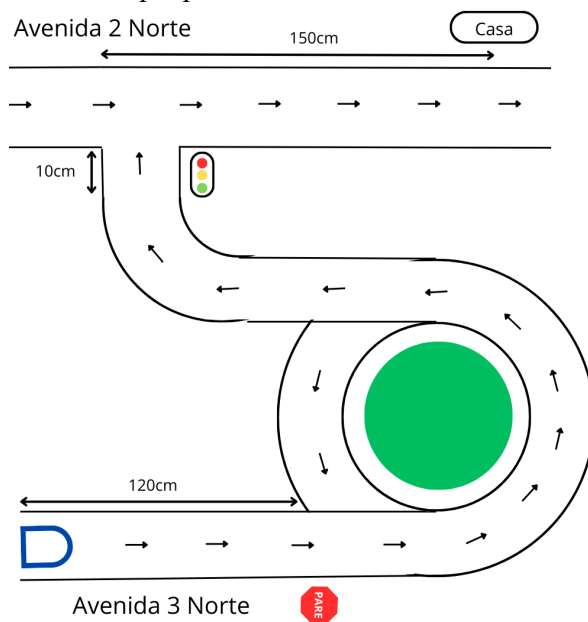
Con el desarrollo de esta tarea, se esperaba que los estudiantes identificaran que, para que el carro diera el giro requerido, ya no bastaba con detener una llanta mientras la otra avanzaba. Ahora era necesario programar una diferencia entre las velocidades de las llantas en función del radio que describe el giro. Como se aprecia en la Figura 49, el

recorrido se compone de dos giros, siendo el último de menor radio, lo que exige una mayor diferencia entre las velocidades de las llantas.

Para lograrlo, los estudiantes midieron la longitud de la circunferencia, tanto interna como externa. Así, se dieron cuenta de que las llantas debían desplazarse una longitud diferente en el mismo tiempo, lo que les llevó a concluir que eran necesarias dos velocidades distintas, dependiendo tanto del tiempo como de las distancias medidas. Para alcanzar este objetivo, utilizaron la programación desarrollada en la tarea 3 de la actividad 1, que servía para determinar el número de pulsos de cada llanta por separado, permitiéndoles conocer su avance respectivo. Dado que estos datos están relacionados con la velocidad, los estudiantes realizaron un análisis inverso: primero calculaban la velocidad necesaria de cada llanta y luego ajustaban el parámetro PWM en la programación hasta obtener la cantidad de pulsos que reflejaba dicha velocidad.

Figura 49

Recorrido propuesto. Actividad 2 Tarea 2.



En esta tarea están presentes diferentes formas de utilizar la velocidad de las llantas como la razón entre la distancia recorrida y el tiempo en el que lo hace. Necesitaron de dicha relación para lograr que el carro realizará los recorridos curvos y, además, poder determinar la velocidad adecuada para llegar al semáforo, que para este caso querían que llegara justo cuando se encontrara en verde para no tener que realizar el pare.

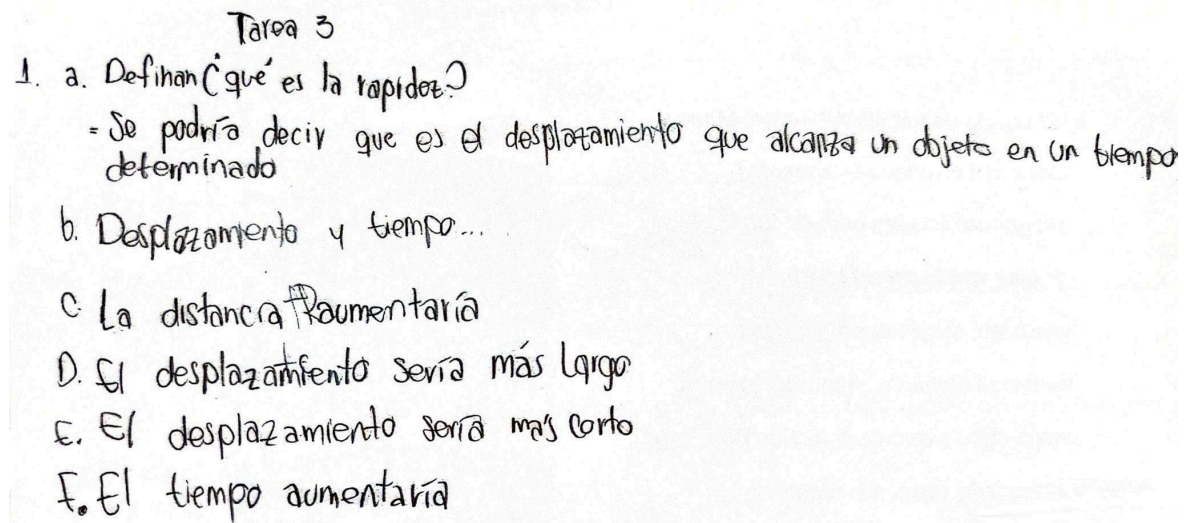
Como en las tareas interiores, las prácticas de modelación y simulación estuvieron presentes, sin embargo, las que resaltan con mayor fuerza son las del *diseño de modelos computacionales* y la *construcción de modelos computacionales*, por lo que los estudiantes debían construir desde cero la programación y para ello se tomaron el tiempo de pensar en los factores que debían considerar para que la programación se realizara con éxito.

4.3.3 *Análisis Retrospectivo Activador 2 Tarea 3*

Esta última tarea corresponde al cierre de la actividad y se puede decir que está dividida en dos sesiones; en primer lugar, se propuso a los estudiantes resolver algunas preguntas reflexivas sobre su práctica y después, cada grupo tuvo la tarea de diseñar una nueva trayectoria la cual debía ser deducida por los demás grupos sin necesidad de ejecutar el código, sin embargo, no fue posible ejecutar esta última parte de prueba en la última sesión de la implementación y por fechas institucionales no tuvimos la oportunidad de agendar sesiones adicionales. Por lo anterior, el análisis de esta tarea se limita a los puntos 1 (Abordando cada uno de sus ítems) y únicamente el ítem “A” del punto 2.

Figura 50

Hoja de trabajo grupo 01. Actividad 2 Tarea 3.1.

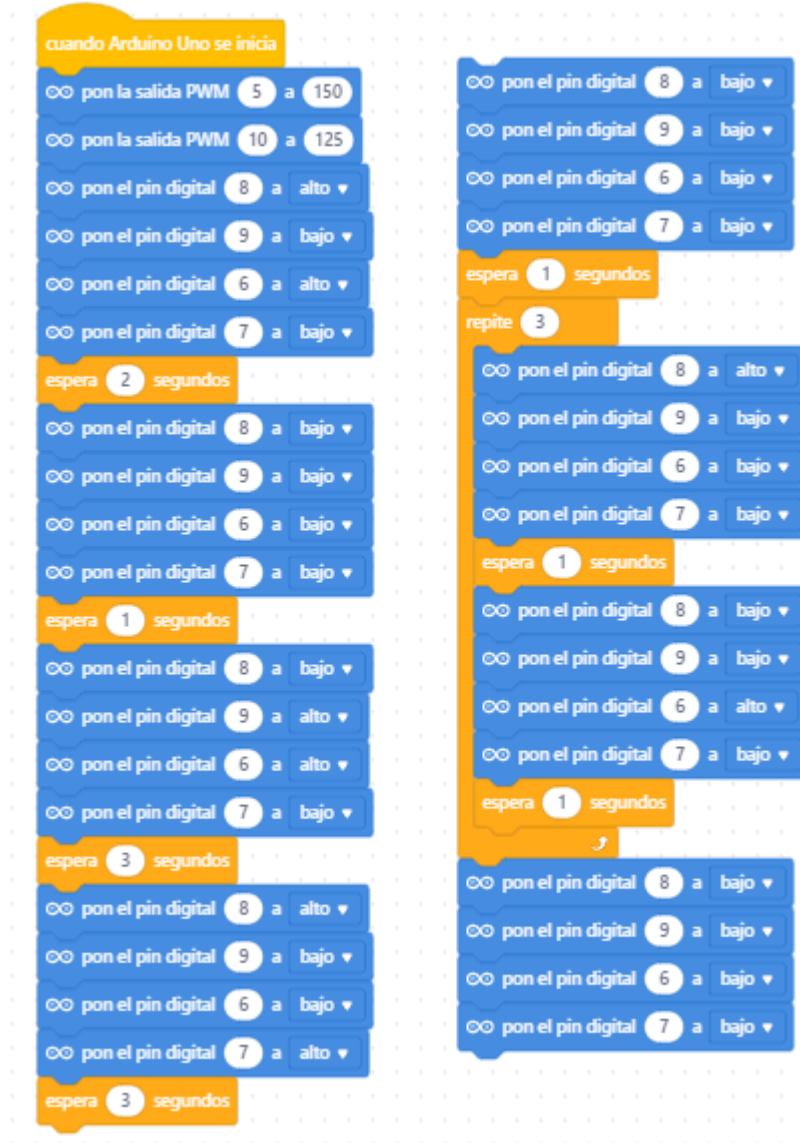


En las respuestas dadas al ítem A donde se les pide definir qué es la rapidez y al ítem B donde se les pide escribir sobre los parámetros que depende principalmente la rapidez de un cuerpo, se observa que el grupo 01 comprende que la rapidez de un objeto es una relación entre el desplazamiento que alcanza y el tiempo en el que lo hace. Luego, en las respuestas a los ítems C, D, E y F se evidencia que los estudiantes utilizan las competencias y conocimientos adquiridos para responder acertadamente a situaciones que abordan la variación entre estas magnitudes.

El diseño y la construcción del código de programación realizado en el punto 1 de la tarea, promovió un espacio de programación creativa en el que cada grupo puso en marcha lo aprendido, introduciendo secuencias de interés particular como giros a la derecha e izquierda y tiempos de espera. A continuación, se muestra en la Figura 51 el diseño realizado por el grupo 01.

Figura 51

Programación del grupo 01. Actividad 2 Tarea 3 ítem 2A.



Nota: Tomado de la interfaz gráfica de mBlock (2024). *Se encuentra fraccionado debido a la longitud del código.*

Para finalizar, se esperaba que el desarrollo del ítem B del punto 2 movilizara acciones correspondientes a las prácticas de modelación y simulación y a su vez que el proceso de ejecución contenga aspectos importantes de la programación creativa como son

precisamente la creatividad en el diseño de la secuencia y el trabajo en equipo para deducir lo que hará el carro sólo con observar el código de otro grupo.

4.4 Síntesis de los resultados de la implementación

En este apartado, a modo de resumen, se presentan los resultados que consideramos más relevantes y que contribuyen a dar respuesta a nuestra pregunta de investigación y a los objetivos planteados, recorriendo las nociones y conceptos que lo fundamentaron como el pensamiento computacional en educación matemática, las prácticas de modelación y simulación en el aprendizaje de las matemáticas, el paradigma construccionista, la noción de micromundo, la programación creativa y el objeto matemático que corresponde a la noción de razón de cambio.

Así que, ¿qué se pudo observar?, cada una de las tareas traía consigo un reto diferente a la anterior, invitando a los estudiantes a que continuaran ingeniando y construyendo estrategias las cuales permitieran abordar la problemática de manera práctica, desarrollando y llegando a una posible solución que al no ser una única, posibilitaron la discusión y el debate entre pares, llegando finalmente a que se abordarían caminos diferentes, promoviendo la creatividad y la autonomía.

Respecto a las prácticas de modelación y simulación, que incluyen el uso de modelos computacionales para entender un concepto, el uso de modelos computacionales para encontrar y probar soluciones, la evaluación de modelos computacionales, el diseño de modelos computacionales y la construcción de modelos computacionales, se observó que el diseño y la construcción de modelos computacionales se trabajaron constantemente a lo largo de cada una de las tareas, en articulación con las demás prácticas. Esto se debe a

que los estudiantes necesitaron, desde la tarea 1, elaborar un código de programación que permitiera al carro realizar el recorrido estipulado.

El uso de modelos computacionales para encontrar y probar soluciones fue otra práctica presente de manera significativa, especialmente en las primeras tareas, donde cada grupo intentaba ajustar los valores de la programación según lo que observaban en el comportamiento de su carro. Aun cuando en varias de las tareas ya habían determinado los valores que debían utilizar en los parámetros de la programación, derivados de la práctica del uso de modelos computacionales para entender un concepto, ¿por qué ocurría esto? En varios momentos, los estudiantes ejecutaban la programación que consideraban correcta, gracias a los cálculos realizados; sin embargo, estos debían ajustarse debido a factores externos que introducían porcentajes de error. Es aquí donde se evidencia otra de las prácticas: la evaluación de modelos computacionales, que subraya la necesidad de examinar la pertinencia del modelo computacional en el desarrollo de cada una de las tareas.

En cuanto a la programación creativa, se evidenciaron varios momentos en los que los estudiantes tuvieron la oportunidad de expresar y compartir sus ideas con los demás integrantes del grupo, creando en conjunto la programación que utilizó el carro en cada momento particular. Como se mencionó anteriormente, cada actividad traía consigo nuevos retos, lo que permitió que, mediante el trabajo en equipo y la resolución de problemas, cada grupo encontrara una solución particular. Algunas de estas soluciones fueron más eficientes que otras, pero todas presentaron características diversas que otorgaron un distintivo propio.

La programación creativa se concibió como uno de los ejes fundamentales en la creación de las tareas, ya que sus características permitirían movilizar de manera dinámica y constante los demás enfoques. Esto se pudo apreciar, por ejemplo, en las transcripciones de los audios de las tareas 1 y 2 de la actividad 1, donde los grupos utilizan las prácticas de modelación y simulación para desarrollar el código de programación, mientras comparten momentos de aciertos y desaciertos. Desde el inicio, los estudiantes se involucraron como equipo, apoyándose mutuamente y ofreciendo ideas que los acercaban a la solución deseada.

Por lo tanto, consideramos que no se trató solo de la construcción de un código; también estuvieron presentes las características individuales de cada estudiante y su forma de abordar cada actividad, aportando ideas desde su conocimiento y fortalezas.

En relación con el aprendizaje de las matemáticas, y en particular con nuestro objeto matemático, la razón de cambio, se reflejó la movilización de varios conceptos, algunos de ellos aprendidos anteriormente en las clases habituales de matemáticas. Sin embargo, es importante destacar que todos los grupos, tanto de la prueba piloto como de la implementación final, presentaron dificultades en su interpretación, especialmente en la capacidad de integrar los conocimientos previos sobre este objeto matemático con la situación que se les planteaba, lo que requirió, en algunos casos, la intervención del docente investigador.

Posteriormente, los grupos lograron utilizar el modelo computacional para comprender el concepto matemático, como se refleja en las tres tareas de la actividad 1. Allí, los estudiantes comprendieron que la razón de cambio estaba relacionada con el

movimiento rotacional de las llantas y, a su vez, con el desplazamiento lineal del carro, utilizándolo luego para desarrollar los códigos de programación de las tareas más complejas incluidas en la actividad 2. Aunque la cantidad de cálculos aritméticos y algebraicos no fue abundante, se generaron tareas que permitieron a los estudiantes ver diferentes formas de representación de la razón de cambio. Por ejemplo, en la tarea 1 de la actividad 1, esto se apreció en el movimiento del carro; en las tareas 2 y 3 de la misma actividad, se encuentra en los cálculos y tablas que relacionan los tiempos introducidos en la programación, la velocidad y el desplazamiento final del carro. Asimismo, en esta última tarea, los estudiantes utilizan los datos obtenidos para construir una gráfica, lo que les brinda la oportunidad de observar cómo se desarrolla el movimiento del carro en diferentes instantes de tiempo.

6. Conclusiones

Este trabajo se realizó con el fin de fundamentar el diseño, implementación y análisis retrospectivo de un micromundo computacional (Noss y Hoyles, 2019) el cual permitiese promover el aprendizaje de la razón de cambio mediante las prácticas de modelación y simulación, con estudiantes de educación media. Todo esto a través de una investigación de diseño en el marco del construccionismo propuesto por Papert (1982).

Para la presentación de las conclusiones se abordarán cada uno de los objetivos propuestos para la investigación. En ese sentido, con relación al primer objetivo específico en el cual nos planteamos identificar las posibles relaciones entre la razón de cambio como nuestro objeto matemático de interés y las prácticas de modelación y simulación, las cuales hacen parte del Pensamiento Computacional (PC) propuestas por Weintrop, et al. (2016)

como se ha expuesto anteriormente. Se encontró que algunas prácticas como el uso de modelos computacionales para probar soluciones, llevaron a los estudiantes a identificar la relación implícita de las magnitudes en juego (Distancia, tiempo y rapidez), en varios momentos a lo largo de las actividades de aprendizaje. Además, como se muestra en el análisis, los estudiantes hicieron uso de estas prácticas del PC para resolver sus retos que requerían relacionar estas magnitudes. En otras prácticas como diseño de modelos computacionales y la construcción de modelos computacionales se pudo identificar que los estudiantes utilizaron la noción de razón de cambio para el diseño y construcción de su código de programación en mBlock y en sus hojas de trabajo.

Respecto al segundo objetivo del estudio, en el cual se esperaba reconocer elementos del micromundo computacional los cuales permitieran promover prácticas de modelación y simulación para el estudio de la razón de cambio, encontramos que el diseño del micromundo brindó a los estudiantes un espacio para plantear hipótesis (evidenciando prácticas del PC como el diseño de modelos computacionales), también se encontraron con la necesidad de probar sus hipótesis o los código de programación fundamentados en la idea de los micromundos medio hechos propuesta por Kynigos (2007) haciendo uso de la práctica del PC de evaluación de modelos computacionales, entre otras situaciones en las que se pudo evidenciar una relación significativa entre las posibilidades flexibles que brinda el construccionismo, en particular los micromundos computacionales, y el uso de las prácticas de modelación y simulación.

En cuanto al tercer y último objetivo específico de nuestro trabajo el cual tenía como fin analizar el papel del PC en el aprendizaje de la razón de cambio en un

micromundo computacional se encontró que varias de las prácticas del PC jugaron un papel importante en la construcción de la noción de razón de cambio, como se ha mencionado anteriormente permitieron probar diferentes soluciones de manera eficaz hasta consolidar las ideas poderosas respecto a la razón de cambio probar soluciones, diseño y construcción de modelos computacionales, ya que debían analizar los datos para ese diseño y esta construcción surge de su propia conceptualización de la razón de cambio.

De este modo, respecto a la pregunta de investigación consideramos que se logró diseñar un micromundo computacional para el aprendizaje de la razón de cambio, fundamentado y delimitado por teorías del Pensamiento Computacional, sus prácticas de modelación y simulación, y con elementos de la programación creativa.

Si bien esta investigación nos ha aportado conocimiento valioso sobre la enseñanza de las matemáticas de la mano con las prácticas del pensamiento computacional, quedan varios aspectos que sería interesante abordar en próximas investigaciones. Uno de ellos, por ejemplo, dado que nuestra investigación se realizó para estudiantes de educación media específicamente, se podrían estudiar los resultados con estudiantes de otro ciclo escolar como básica secundaria o inclusive básica primaria, siendo edades en la que consideramos que los estudiantes suelen conservar su curiosidad y capacidad de asombro.

Además, consideramos apropiado estudiar cómo podría ser la implementación de un trabajo de investigación como este con estudiantes que no hayan tenido ninguna experiencia previa con la robótica educativa, ni la programación. Esto porque en nuestro caso, a pesar de que los estudiantes con quienes se realizó la fase de pilotaje y los

estudiantes de la implementación principal pertenecían a diferentes grupos socioeconómicos, ambos grupos contaban con experiencias previas en este campo.

Por último, nos permitimos compartir algunas de nuestras reflexiones respecto a las experiencias, logros, desafíos y aprendizajes que nos ha dejado la realización de este trabajo respecto a nuestra formación como próximos docentes de matemáticas y a nuestro crecimiento como miembros activos de la sociedad en que vivimos. La realización de este trabajo de investigación ha sido una experiencia ciertamente significativa para nuestra formación profesional como futuros docentes y también a nivel personal. A pesar de desafíos encontrados en el camino como la dificultad para encontrar un grupo con el cual implementar, o contar con pocos insumos (robots), entre muchos otros retos. Esto nos permitió reflexionar sobre la realidad de la práctica docente, saliendo que no siempre las situaciones sociales o las condiciones de infraestructura serán ideales, por lo que es importante forjar en nosotros la capacidad de trabajar de la mejor manera posible con los recursos a nuestro alcance.

Además, esta experiencia fomenta nuestra pasión por la enseñanza de las matemáticas y por la búsqueda de enfoques metodológicos enriquecedores para los procesos de aprendizaje, despertando en nuestros estudiantes curiosidad, creatividad, pensamiento crítico y la misma pasión por el conocimiento.

Referencias

- Adell, J., Llopis, M., Estev, & Valdeolivas, M. (2019). El debate sobre el pensamiento computacional en educación. *RIED Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 22(1), 171. <https://doi.org/10.5944/ried.22.1.22303>
- Arduino. (s/f). *Arduino UNO*. Arduino.cc. Recuperado el 11 de mayo de 2023, de <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3/>
- Banco Mundial, & Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento. (2021). *Hacia la construcción de una sociedad equitativa en Colombia*. Worldbank.org. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/602591635220506529/pdf/Main-Report.pdf>
- Buteau, C., Broley, L., Dreise, K., & Muller, E. (2023). *Students using programming for pure and applied mathematics investigations*. Episciences.org. <https://epidemes.episciences.org/11135/pdf>
- Buteau, C., Muller, E., Marshall, N., Sacristán, A. I., & Mgombelo, J. (2016). Undergraduate mathematics students appropriating programming as a tool for modelling, simulation, and visualization: A case study. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 2(2), 142–166. <https://doi.org/10.1007/s40751-016-0017-5>
- Correa, C., & Correa Mamián, D. L. (2022). *Uso de un recurso educativo digital para fortalecer el pensamiento computacional en los estudiantes del grado quinto de la Institución Educativa Nuestra Señora Del Rosario, sede rural Santa Bárbara de Cajinío Cauca* [Universidad de Cartagena]. <https://doi.org/10.57799/11227/1809>

-
- Cuetia Campo, N. I. (2023). *Un Micromundo para el Aprendizaje del Ángulo como Giro en Educación Primaria Indígena* [Universidad del Valle].
<https://hdl.handle.net/10893/27110>
- Dede, C. (2010). Comparing frameworks for 21st century skills. *21st century skills Rethinking how students learn*, 51–76.
<https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=538239>
- Dolores, C., García, J., & Gálvez, A. (2017). Estabilidad y cambio conceptual acerca de las razones de cambio en situación escolar. *Educación matemática*, 29(2), 125-158.
- Forero Toro, C. A., & López Vélez, D. (2012). *Una aproximación al concepto de razón de cambio con estudiantes de grado sexto a partir de la mediación con geometría dinámica* [Universidad Pedagógica Nacional.].
<http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/117>
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K-12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43.
- Hoyles, C., & Noss, R. (1987). Synthesizing mathematical conceptions and their formalization through the construction of a Logo-base school mathematics curriculum. *International Journal of Mathematics education in science and technology*, 18(4), 581–595.
- Jonassen, D. H. (1994). Thinking technology: Toward a constructivist design model. *Educational technology*, 34(4), 34–37. <https://www.learntechlib.org/p/171050/>
- Kallia, M., van Borkulo, S. P., Drijvers, P., Barensen, E., & Tolboom, J. (2021). Characterising computational thinking in mathematics education: a

- literature-informed Delphi study. *Research in Mathematics Education*, 23(2), 159–187.
- Knuth, D. E. (1997). The art of computer programming. *Fundamental algorithms*, 1(3), 261–268.
- https://www.haio.ir/app/uploads/2022/01/The-Art-of-Computer-Programming-Vol.-1-Fundamental-Algorithms-3rd-Edition-by-Donald-E.-Knuth-z-lib.org_.pdf
- Kynigos, C. (2004). A "black-and-white box" approach to user empowerment with component computing. *Interactive Learning Environments*, 12(1–2), 27–71.
- Kynigos, C. (2007a). Half-Baked Logo Microworlds as Boundary Objects in Integrated Design. *Informatics in Education-An International Journal*, 6(2), 335–359.
- Kynigos, C. (2007b). Using half-baked microworlds to challenge teacher educators' knowing. *International journal of computers for mathematical learning*, 12, 87–111.
- Layman, L., & Beatty, M. (2016). Introduction to Computer Science Using Python and Pygame. *CreateSpace Independent Publishing Platform*.
- Makeblock. (s/f). *About Makeblock / Global STEM education company*. Makeblock. Recuperado el 11 de mayo de 2023, de <https://www.makeblock.com/pages/about-us>
- MEN. (2006). *Estándares Básicos de Competencias*. Gov.co. https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf
- MEN. (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje • V.2*. Edu.co. https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2022-06/DBA_Matematicas-min.pdf

Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (1998,2006). *Serie de Lineamientos Curriculares*.

https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-89869_archivo_pdf9.pdf

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2021, julio 22).

GreenTIC, el nuevo videojuego colombiano para celulares y tabletas que aumenta las habilidades digitales de niños, niñas y jóvenes - GreenTIC, el nuevo videojuego colombiano para celulares y tabletas que aumenta las habilidades digitales de niños, niñas y jóvenes. MINTIC Colombia.

<https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/178568:GreenTIC-el-nuevo-videojuego-colombiano-para-celulares-y-tabletas-que-aumenta-las-habilidades-digitales-de-ninos-ninas-y-jovenes>

Molina, M., Castro, E., Molina, J., & Castro, E. (2011). Un acercamiento a la investigación de diseño a través de los experimentos de enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 29(1), 75–88. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/243824/353427>

Monjolat, N. (2019). Programación de tecnologías para la inclusión social con Scratch: Prácticas sobre el pensamiento computacional en la formación docente. *Revista Electrónica Educare*, 23(3), 1–25. <https://doi.org/10.15359/ree.23-3.9>

Morais, A. D. de, Basso, M. V. de A., & Fagundes, L. da C. (2017). Educação Matemática & Ciência da Computação na escola: aprender a programar fomenta a aprendizagem de matemática? *Ciência & Educação (Bauru)*, 23(2), 455–473. <https://doi.org/10.1590/1516-731320170020011>

- Noscue, A. (2023). *Un Entorno Didáctico que Integra Robótica Educativa para Promover la Comprensión de Distintos Usos de la Variable con Estudiantes Indígenas de Grado Sexto*. [Tesis de maestría no publicada]. Universidad Del Valle
- Noss, R., & Hoyles, C. (2019). Micromundos, Construccinismo y Matemáticas. *Educación Matemática*, 31(2), 7–21. <https://doi.org/10.24844/em3102.01>
- NU. CEPAL, Sunkel, G., Trucco, D., & Espejo, A. (2013). La integración de las tecnologías digitales en las escuelas de América Latina y el Caribe: una mirada multidimensional. *Cepal.org*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/21681>
- Palmas Pérez, S. (2018). A tecnologia digital como ferramenta para a democratização de ideias matemáticas poderosas. *Revista Colombiana de Educación*, 74, 109–132.
- Papert, S. A. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, And Powerful Ideas*. Basic Books. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.5555/1095592>
- Papert, S. (1982). *Desafío a la mente: Computadoras y educación*. Buenos Aires: Galápagos.
- Papert, S., & Harel, I. (1991). Situating constructionism. constructionism. En *Constructionism* (pp. 1–8). Ablex Publishing Corporation. <https://pirun.ku.ac.th/~btun/papert/sitcons.pdf>
- Patiño, D y Ríos, P (2021). *Pensamiento Algebraico Temprano: El caso de la generalización de patrones a través de programación computacional*. [Trabajo de grado no publicado]. Universidad Del Valle.
- Pereiro, E., Montaldo, M., Koleszar, V., Urruticoechea, A., & UNESCO. (2022). Computational thinking, artificial intelligence and education in Latin America.

- Current and Critical Issues in Curriculum, Learning and Assessment*, 49.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381761>
- Pérez, R. (2019). *Reporte: Arduino Hardware/Software* [Universidad Nacional de la Pampa].
<http://redi.exactas.unlpam.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/2013/314/RoboticalE2.pdf>
- Polanco Padrón, N., Ferrer Planchart, S., & Fernández Reina, M. (2020). Aproximación a una definición de pensamiento computacional. *RIED Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(1), 55. <https://doi.org/10.5944/ried.24.1.27419>
- Rendón, P. A. (2009). *Conceptualización de la razón de cambio en el marco de la enseñanza para la comprensión* [Universidad de Antioquia].
<http://funes.uniandes.edu.co/12118/>
- Resnick, M. (2007). All I really need to know (about creative thinking) I learned (by studying how children learn) in kindergarten. *Proceedings of the 6th ACM SIGCHI conference on Creativity & cognition - C&C '07*.
- Romero, M., Lepage, A., & Lille, B. (2017). Computational thinking development through creative programming in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0080-z>
- Salazar, J. (2018). Cambio Tecnológico acelerado e impactos en el mundo del trabajo: ¿qué hacer?. Foro de los Países de América Latina y el Caribe sobre el Desarrollo Sostenible Santiago, Chile.
https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---sro-lima/documents/statement/wcms_626248.pdf

- Sipser, M. (2012). *Introduction to the theory of computation*. Cengage Learning.
- Urruticoechea, A., Pereiro, E., Oliveri, A., & Koleszar, V. (2022). Estudio del efecto del programa Pensamiento Computacional en la brecha educativa/digital a partir del Desafío Bebras 2021 en Uruguay. *2o Seminario Iberoamericano de Pensamiento Computacional*.
<https://pensamientocomputacional.ceibal.edu.uy/wp-content/uploads/2023/05/Estudio-del-efecto-del-programa-Pensamiento-Computacional-en-la-brecha-educativa-digital-a-partir-del-Desafio-Bebras-2021-en-Uruguay.pdf>
- Sunkel, G., Trucco, D., Espejo, A., & CEPAL. (2014). *La integración de las tecnologías digitales en las escuelas de América Latina y el Caribe. Una mirada multidimensional*. Naciones Unidas.
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/2568c26e-e12b-41fc-bd88-ca05efd73925/content>
- Valero, P., & Skosvmose, O. (2012). *Educación matemática crítica. Una visión sociopolítica del aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas*. Editorial Kimpres Ltda.
https://www.researchgate.net/publication/281438280_Educacion_matematica_critica_Una_vision_sociopolitica_del_aprendizaje_y_la_ensenanza_de_las_matematicas
- Vidal, O. (2012). *Interpretación de la noción de derivada como razón de cambio instantánea en contextos matemáticos* [Universidad Nacional de Colombia].
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/11310>

-
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127–147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- Wing, J. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 33–35.
- Wu, W.-R., & Yang, K.-L. (2022). The relationships between computational and mathematical thinking: A review study on tasks. *Cogent Education*, 9(1). <https://doi.org/10.1080/2331186x.2022.2098929>

7. Anexos

7.1 Anexo A. Hojas de Trabajo del estudiante

Actividad 1

Tarea 1: "Programación en Marcha: Trayectoria en Línea Recta"

- A. Construyan el código de programación en MBlock para que el carro se desplace desde la zona de inicio hasta la zona de llegada, sin salirse del camino demarcado en la pista.
¿Lo han logrado? Ahora, discutan en grupo cómo lo hicieron.
- B. Dibujen un diagrama de flujo donde se representen las acciones que cumple el código programado para que el carro realizara el movimiento buscado.

C. Escriban el procedimiento que han realizado.

D. Ahora, vamos a analizar. Realicen una reflexión general, en un texto corto, orientada por las siguientes preguntas:

- ¿Qué partes del carro permiten que se desplace?, ¿sólo es una o son varias?
- ¿El desplazamiento del carro se verá afectado por el tamaño o posición de alguna de sus partes?
- ¿Qué partes del código están relacionadas con los componentes del carro?
- ¿Qué necesito para saber hasta qué parte de la pista llegará el carro?

E. En este punto, se espera que como grupo hayan identificado que la rapidez requerida para el movimiento del carro guarda una relación entre la distancia recorrida y el tiempo en que lo hace. Para definir cómo se está dando dicha relación, calculen la rapidez promedio del carro durante el recorrido y relacionen dicho valor con el establecido en el código de la programación, registrando los valores en la siguiente tabla:

Parámetros Físicos			Valor establecido en la programación	
Desplazamiento	Tiempo	Rapidez promedio	Izquierdo	Derecho

Nota: Pueden utilizar el material de apoyo que esté a su disposición (elementos que ha llevado el profesor).

Tarea 2: "El Desafío de la Llegada Exacta"

A. La zona de llegada ha sido cambiada, ¿podremos lograrlo nuevamente?

Como equipo deben ajustar sus códigos de programación. Utilicen los parámetros encontrados en la tarea anterior con el fin de cumplir este desafío.

Guarden el archivo del código como "A1T2A_GX" (Donde "X" corresponde a su número de grupo).

¿Lo han logrado? Ahora, discutan sobre lo encontrado.

- ¿Qué acciones, como mediciones o cálculos, incluyeron en esta nueva versión del código?

- ¿El carro se podría desplazar el mismo trayecto en un tiempo menor o en un tiempo mayor? ¿Qué variables en el código de programación se tendrían que modificar?

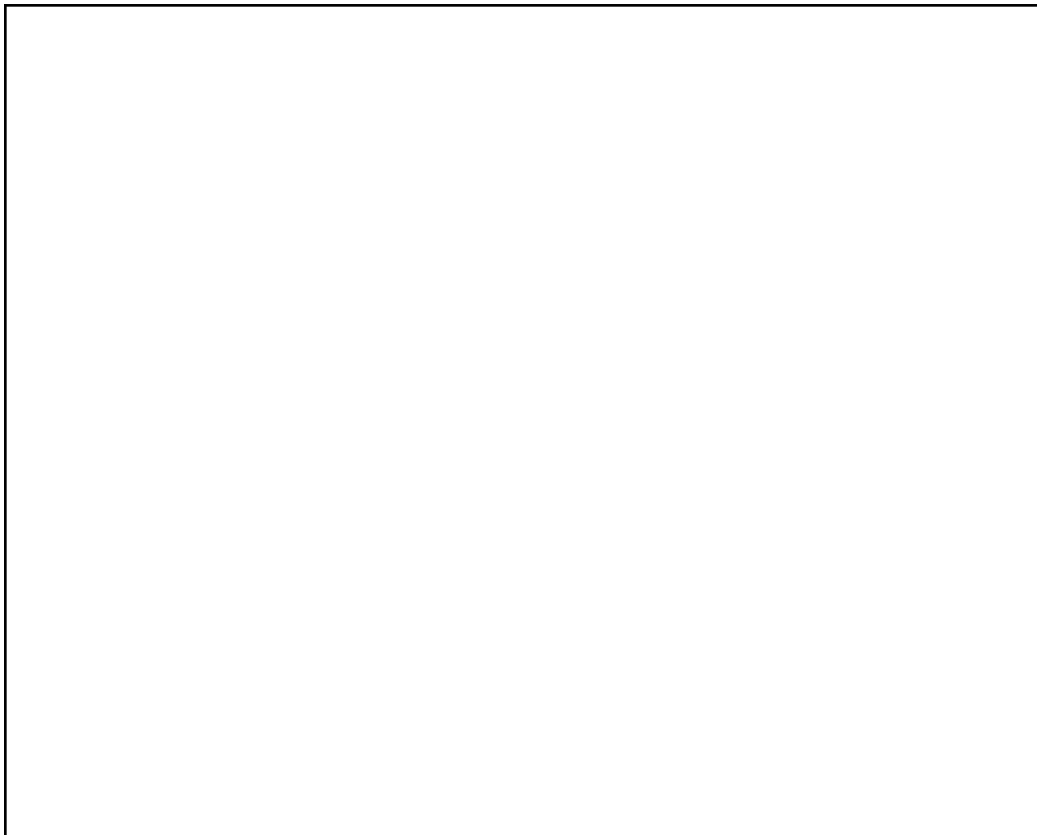
- Validen su respuesta anterior en MBlock. ¿Acertaron? En caso de que no, prueben otras soluciones y escriban la respuesta correcta.

Desplazamiento			
Valor establecido en la programación		Tiempo	Rapidez promedio
Izquierda	Derecha		

- ¿Se puede establecer una relación entre los parámetros físicos del recorrido (Medidos y calculados por ustedes) con los fijados en la programación (Salida PWM)?

Tarea 3. ¡La rapidez del carro!

- A. Construyan un código de programación que sirva para determinar la cantidad de revoluciones que está dando cada llanta. Para esto, tengan en cuenta el número de pulsos de cada *encoder* durante 1 segundo, (tomar registro de al menos 5 mediciones).
Guarden el archivo del código como "A1T3A_GX" (Donde "X" corresponde a su número de grupo).
- B. Dibujen un diagrama de flujo donde se representen las acciones que cumple el código programado.



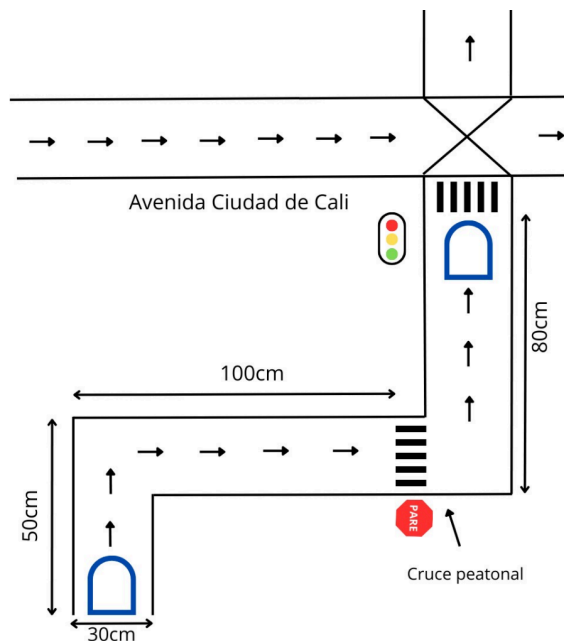
- C. En la siguiente tabla ingresa la cantidad de pulsos tomados por cada sensor, el número de revoluciones de cada llanta y el desplazamiento final del carro en función del valor ajustado en la programación (Salida PWM)

Valor definido en la programación ("Salida PWM"): _____					
Tiempo transcurrido (s)	Cantidad de pulsos del sensor		Número de revoluciones de la llanta		Desplazamiento esperado del carro (cm)
	IZQ	DER	IZQ	DER	

- D. En excel, realicen una gráfica del desplazamiento esperado del carro en función del tiempo transcurrido. **Guarden el archivo del código como "A1T3D_GX" (Donde "X" corresponde a su número de grupo).**

Actividad 2**Tarea 1: Una vuelta por el barrio**

Es hora de simular recorridos y acciones que son usuales en nuestra ciudad, como hacer giros hacia la izquierda o derecha, detenerse un tiempo específico en semáforos o cruces, entre otros. En la siguiente imagen se ilustra el trayecto que un carro está realizando en la ciudad, tengan en cuenta que no debe cruzar los pasos peatonales cuando el semáforo se encuentre en luz roja. El objetivo del conductor es cruzar la “Avenida Ciudad de Cali”.



- A. El equipo de trabajo de Carlos, María y José han diseñado la siguiente programación para cumplir con la tarea 1. Sin embargo, al ejecutarla el carro no realiza el recorrido esperado. ¿A qué creen que se deba esto? Analicen el código y planteen sus hipótesis.



- B. Analicen y ejecuten la programación propuesta por el equipo de Carlos, María y José, validen las hipótesis que plantearon en el punto anterior. ¿Falta programar más acciones?, ¿sobran acciones?, ¿hay acciones incorrectas?

- C. Construyan y ejecuten la nueva programación con las modificaciones que sean necesarias, ¿se logró describir la trayectoria correcta?, de no ser así realicen nuevas modificaciones hasta obtener un resultado satisfactorio.

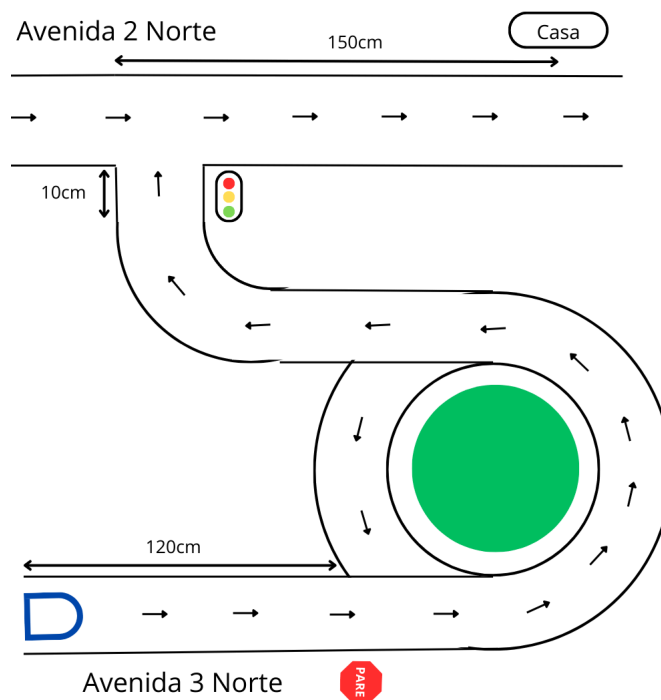
Guarden el archivo del código como “A2T1C_GX” (Donde “X” corresponde a su número de grupo).

- D. Es hora de compartir lo aprendido en esta tarea, como grupo en la siguiente tabla, organicen y detallen cada una de las acciones que se programaron. Además, resalten el papel de las matemáticas como soporte en la definición de las variables programadas.

[illegible]

Tarea 2: Llegando del colegio

Para esta actividad, se tiene como objetivo que cada grupo logre que su carro llegue a la zona demarcada como “Casa”. En un momento dado, el carro se encuentra circulando por la “Avenida Tercera Norte”, pero, para llegar a su objetivo debe pasar a la avenida segunda norte para lo cual debe recorrer una glorieta, al llegar a la glorieta el carro debe esperar 3 segundos mientras verifica que ningún otro carro esté pasando, luego, debe seguir su recorrido y parar si el semáforo se encuentra en rojo o amarillo, si no es así puede seguir su recorrido girando a mano derecha hasta llegar al punto indicado. En la siguiente imagen se muestra un esquema del trayecto a realizar.



- A. Como grupo codifiquen la programación necesaria para que el carro pueda cumplir con su objetivo.
- A. ¿Lo lograron?, discutan en grupo las nuevas dificultades que ha traído este trayecto, para ello consideren las siguientes preguntas orientadoras.
- ¿Qué ocurre si la velocidad de rotación de una llanta es diferente a la otra?

- ¿La curva que recorre el carro mientras atraviesa la glorieta es igual a la que se encuentra antes del cruce con la avenida segunda norte?

C. Con lo discutido en el punto anterior, determinen la expresión matemática que permite relacionar el número de giros de cada llanta con su avance curvilíneo y utilicen lo encontrado para precisar la variable en la programación.

Tarea 3: Revisando y compartiendo lo aprendido

1.

A. De qué parámetros dirían que depende principalmente la rapidez de un cuerpo

B. Si en un recorrido se aumenta la rapidez y el tiempo permanece constante, ¿Qué ocurrirá con la distancia recorrida?

C. Si en un recorrido la rapidez permanece constante y se aumenta el tiempo, ¿Qué ocurrirá con la distancia recorrida?

D. Si en un recorrido la rapidez permanece constante y se aumenta la distancia a recorrer ¿Qué debe ocurrir con el tiempo?

E. ¿Qué es para ustedes la rapidez? ¿Cómo la encuentran relacionada con las actividades anteriores?

2.

A. Llego su turno de definir la próxima aventura.

En esta actividad ustedes son los encargados de definir la trayectoria del carro, dejen volar su imaginación.

Decidan la trayectoria que el carro debe realizar y construyan el código necesario para lograrlo.

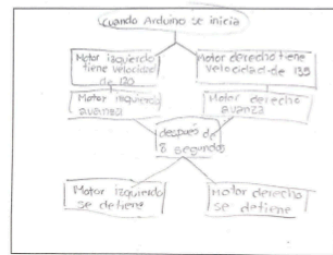
Debe guardarse el archivo como

Guarden el archivo del código como “A2T3.1A_GX” (Donde “X” corresponde a su número de grupo).

B. En este punto serán detectives, deben leer el código de programación diseñado por sus compañeros de otro grupo y definir qué función cumple cada bloque de su código. Identifique las acciones que realizará el carro.

7.2 Anexo B. Rejilla de análisis

Rejilla de análisis para la tarea 1 de la actividad 1 del grupo 00 pilotage.

Episodios	Transcripción de grabación de voz	Notas de campo	Hojas de trabajo
P1: Pero si usted lo pone Alto y bajo va en un sentido. (señala la pantalla del computador) ¿Y si usted lo invierte? E2: va en otro sentido	Evaluación de Modelos Computacionales El estudiante identifica una relación entre el modelo computacional y la acción en el carro.	Se inició la prueba piloto con una introducción a mBlock rápida y sencilla, ya que los estudiantes tenían conocimiento en el manejo de entornos de programación.	Actividad 1 Tarea 1: "Programación en Marcha: Trayectoria en Línea Recta" A. Construyan el código de programación en MBlock para que el carro se desplace desde la zona de inicio hasta la zona de llegada, sin salirse del camino demarcado en la pista. ¿Lo han logrado? Ahora, discutan en grupo cómo lo hicieron. B. Dibujen un diagrama de flujo donde se representen las acciones que cumple el código programado para que el carro realice el movimiento buscado.
E5: ¿cómo vamos a saber en qué sentido va? E3: Probando	El uso de modelos Computacionales para encontrar y probar soluciones El estudiante E3 reconoce el potencial del entorno computacional para probar soluciones de forma eficaz	Se establecieron nuevas medidas para el desarrollo de la tarea 1 de la actividad 1. Esto debido a que se ajustaron de acuerdo con el espacio disponible. Además, las medidas iniciales del ancho de la pista eran muy ajustadas al ancho del carro (cerca del 50% del ancho del carro a cada lado), haciendo muy difícil completar el circuito sin que se saliera. Finalmente, se ajustó a un 100% del ancho del carro a cada lado)	
E2: Después hay que poner al 6 y 7 bajo, bajo, para que no se mueva. E5: pero después de un tiempo.	Diseño de modelos computacionales Los estudiantes definen los componentes del modelo, cuando determinan que es necesario incluir en la programación un bloque que permita al carro detenerse después de un tiempo.	Durante el desarrollo de la actividad se percibe en los estudiantes un gran entusiasmo y motivación por completar el desafío.	
E3: para realizar la primera tarea contemos cuántos segundos se demoran E5: Pues tendríamos que hacer una medida, o sea, primero programarlo para que vaya derecho ponemos un cronómetro.	El uso de modelos computacionales para entender un concepto Luego de probar su modelo computacional, los estudiantes determinan que es necesario medir el tiempo de desplazamiento del carro hasta el punto de llegada. Aquí, los estudiantes avanzan en la comprensión del concepto ya que están relacionando el tiempo y la distancia que debe recorrer.		
E4: ya teniendo los datos del Cronómetro, y ya ponemos luego el tiempo para que no se vaya sin fin.	Diseño de modelos computacionales El estudiante define los componentes del modelo, como el tiempo cronometrado y la necesidad de incluir en la programación un bloque que permita al carro detenerse.		
E4: Listo, ya pone al inicio, va a salir en 1.2 Y 3 (todos cuentan juntos). E1, E2, E3, E4, E5: se ríen porque el carro se pone a "bailar" E3: profe, es que las llantas están girando pero cada una para el lado contrario. E4: ¡papagái! ¡papagái! E1: es que eso se puso a bailar porque lo pusiste mal (mirando a E3) E2: revisa que esté bien conectado.	El uso de modelos computacionales para encontrar y probar soluciones Los estudiantes probaron una solución particular y se cuestionan la validez del código al obtener un resultado que difiere de lo esperado.		C. Escriban el procedimiento que han realizado. <u>Número experimentos en la herramienta "mBlock Arduino"</u> <u>se hizo 2 de eventos, luego en pin izquierdo 2</u> <u>bloques "con velocidad Pin" uno de 10-120 y el</u> <u>otro de 5-135, luego intentaron a bloquear más con</u> <u>pin digital con los pines 6, 7, 8 y 9, intentando que</u> <u>el carro haga la trayectoria repetida en 5 y se repite la</u> <u>misma 4 veces pero con todos</u> <u>iguales</u>
E2: pero también hay que colocar 5, 6, 7 y 8 que son los otros pines que el profe nos dio que controlaban cada llanta, no podemos poner números a la ligera sin tener en cuenta esa configuración. E5: eran 6, 7, 8 y 9. El 5 era de la otra llanta, quizá por eso ahora no nos funcionó porque pusimos el número mal (se ríe)	Diseño de modelos computacionales El estudiante E2 reconoce la importancia de definir correctamente los componentes del modelo computacional		D. Ahora, vamos a analizar. Realicen una reflexión general, orientada por las siguientes preguntas: • ¿Qué partes del carro permiten que se desplace? ¿solo es una o son varias? • ¿El desplazamiento del carro se verá afectado por el tamaño o posición de alguna de sus partes? • ¿Qué necesito para saber hasta qué parte de la pista llegará el carro? • ¿Qué partes del código están relacionadas con los componentes del carro? <u>a los dos motores</u> <u>a la parte de la velocidad de la actividad</u> <u>a saber la velocidad a la que va y los</u> <u>segundos que tarda</u> <u>a la velocidad y la dirección de los motores</u>
E2: lo bueno es que ya anda hacia adelante, se sigue yendo para un lado, pero yo oreo que es porque en el rango de velocidad de 120 y 150 que nos dio el profe, el carrito está muy rápido.	Evaluación de modelos computacionales El estudiante comprende cómo se relaciona el modelo computacional con el movimiento del carro y además identifica un posible factor de error en el modelo.		

E4: No, no, no, eso es para crear (mientras explora en las opciones del computador). Es que el sensor solo hay 3. ¿Hay temporizador?	Diseños de modelos computacionales El estudiante E4 explora las herramientas del entorno computacional (Mblock) con la intención de definir los componentes del modelo.		E. En la siguiente tabla, identifiquen los componentes del carro que fueron necesarios para que se diera el movimiento y los parámetros físicos presentes durante su trayectoria (Por ejemplo, distancia, velocidad o tiempo). Luego, discutan en equipo lo encontrado por cada uno y realicen una descripción de cómo los parámetros se relacionan entre sí.																		
E3: hay que ponerle diferentes cosas de eso (señalando los pines donde se programa el movimiento de la rueda). E5: Ya lo hicimos. Coloquemos en una 110 y en el otro 150. E1: ¡ES MUCHA DIFERENCIA! E2: Como se va mucho hacia a la derecha, entonces bajemos la velocidad que recone esa llanta (señalando la llanta derecha) y dejamos a la izquierda con la misma velocidad. E3: Ponle a uno 120 y al otro 130 y probemos a ver que pasa. E1: (Carga la programación en el computador mientras los demás esperan a ver qué movimiento hace el carrito)	Evidencia de Aprendizaje Reconoce la relación funcional entre variables asociadas a problemas. El uso de modelos computacionales para encontrar y probar soluciones Los estudiantes prueban una solución particular y el modelo computacional les permite encontrar una solución más apropiada ajustando un parámetro en su programación.		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Componentes del carro</th> <th>Parámetros del movimiento</th> <th>Relación entre los componentes del carro y los parámetros del movimiento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Baterías</td> <td>Tiempo (ms)</td> <td>La velocidad de ambos</td> </tr> <tr> <td>Placa Arduino UNO</td> <td>Velocidad</td> <td>Manejó la fuerza en</td> </tr> <tr> <td>Servomotores</td> <td>(Motor 180 180)</td> <td>su dirección del carro</td> </tr> <tr> <td>Iluminación</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cables conectivos</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Componentes del carro	Parámetros del movimiento	Relación entre los componentes del carro y los parámetros del movimiento	Baterías	Tiempo (ms)	La velocidad de ambos	Placa Arduino UNO	Velocidad	Manejó la fuerza en	Servomotores	(Motor 180 180)	su dirección del carro	Iluminación			Cables conectivos		
Componentes del carro	Parámetros del movimiento	Relación entre los componentes del carro y los parámetros del movimiento																			
Baterías	Tiempo (ms)	La velocidad de ambos																			
Placa Arduino UNO	Velocidad	Manejó la fuerza en																			
Servomotores	(Motor 180 180)	su dirección del carro																			
Iluminación																					
Cables conectivos																					
E4: Se sigue desviando un poquito, pero lo que tenemos que hacer ahora es colocarle un tiempo para que el carrito ande justo hasta la línea de la meta (señalando la meta realizada con cinta de enmascarar por el profe).	El uso de modelos computacionales para encontrar y probar soluciones y Diseño de modelos computacionales Están presentes dos prácticas, la primera cuando el estudiante después de la prueba identifica en el carro una acción que se puede mejorar, y la segunda cuando resalta la necesidad de definir en el modelo computacional el tiempo para que el carro se desplace hasta la línea de meta.																				
E1: Pues sí, ya tenemos planteando un tiempo para que se mueva y también sabemos que necesitamos velocidad para que avance y para que se frene, entonces yo creo que sí. E5: Listo chicos, contemos a la 1, 2 y 3 (todos cuentan con E5) E2: No alcanzó a llegar a la meta, debemos ponerle un poquito más de tiempo, quizá 7 segundos.	Evidencia de Aprendizaje Reconoce la relación funcional entre variables asociadas a problemas. Utiliza e interpreta la razón de cambio para resolver problemas relacionados con magnitudes como velocidad, aceleración. El uso de modelos computacionales para entender un concepto y Evaluación de modelos computacionales Está presente la primera práctica cuando E1 reconoce la importancia de la relación entre los parámetros de tiempo y velocidad para cumplir con el objetivo de la tarea. Está presente la tercera práctica cuando los estudiantes prueban la acción del carro y determinan los cambios necesarios en los componentes de la programación.																				
E4: Coloquemos 8 segundos, y dejamos la configuración como esta porque así nos funcionó. E5: Bueno, entonces el pin de tiempo esta en 8 segundos, los controles de llanta esta abajo abajo y los de velocidad están como lo usamos para que se moviera. E3: Todo listo entonces, carguemoslo al carrito a ver. E1: A la 1, 2 y 3 (unde el botón de cargar) ** El carro anda derecho y cruza la línea de meta, el cual era el objetivo de la tarea de la implementación** E1, E2, E3, E4, E5: Lo hicimos!! E4: Después de media hora, pero no importa.	Evidencia de Aprendizaje Explica las respuestas y resultados en un problema usando las expresiones algebraicas y la pertinencia de las unidades utilizadas en los cálculos. Diseño de modelos computacionales y El uso de modelos computacionales para encontrar y probar soluciones Se encuentra la cuarta práctica Cuando el estudiante E4 identifica qué datos serán producidos por el modelo computacional, en este caso el tiempo dará un desplazamiento definido. Está presente en la segunda práctica cuando los estudiantes realizan la prueba final de su programación y observan que el carro realiza la acción que esperaban.																				

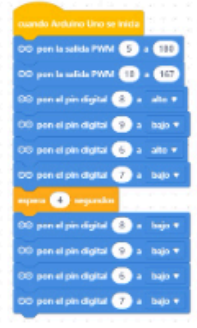
Rejilla de análisis para la tarea 2 de la actividad 1 del grupo 00 pilotage.

Transcripción de grabación de voz		Notas de campo		Hojas de trabajo		Archivo Mblock y excel	
Momentos		Descripción					
profesor-investigador 1 La zona de llegada va a cambiar, la longitud será diferente. 00:08:33 Orador 1 ¿Qué es lo que tenemos? 00:08:36 Orador 2 La distancia con los cuatro segundos. Lo otro sería resistencia, nueva 00:08:38 Orador 3 Pues sí 00:08:52 Orador 2 Medir los centímetros ¿no? 00:08:54 Orador 4 ¡Eso tiene que ser!		Se le hace pregunta a los estudiantes, ¿sienten que las preguntas se entienden bien?, lo que los cuatro estudiantes responden que sí y otro dice que relativamente, así indica que para él no es difícil en punto donde se le pide relacionar los componentes del carro con los parámetros fijados en la programación		Fase 2: "El Desafío de la Línea Recta" La zona de llegada lo visto cambia, ¿podremos lograrlo nuevamente?  Como equipo deben ajustar sus códigos de programación con el fin de que el carro pueda cumplir con una nueva petición. Utilicen lo que están a su disposición (elementos que les han servido al anterior) con el fin de cumplir esta vez la meta rápida posible, confía en que entre vos las matemáticas les serán de gran utilidad. ¿Lo han logrado? Ahora, discutan sobre los errores. ¿Qué acciones, como mediciones o cálculos, incluyeron en esta nueva versión del código? 1. Tiempo 2. Distancia		Cuando Arranque Uno se inicia OK para que salda PWR 9 = 120 OK para que salda PWR 10 = 130 OK para el pin digital 1 = 8 OK para el pin digital 8 = bajo OK para el pin digital 6 = alto OK para el pin digital 7 = bajo espera 5 segundos OK para el pin digital 8 = bajo OK para el pin digital 8 = bajo OK para el pin digital 6 = bajo OK para el pin digital 7 = bajo	
El profesor-investigador 1 se encarga de ajustar el nuevo trayecto a realizar (Tarea 2) 00:10:50 Orador 6 ¡Ah está más control! 00:10:43 Orador 1 Se restan unos cuantos segundos, ¿no? 00:10:45 Orador 6 ¡Jaja! 00:10:48 Orador 1 Entonces por ahí en... 00:10:55 Orador 4 Cinco segundos 00:10:58 Orador 1 Voy a subirlo entonces 00:11:20 El profesor-investigador 2 ya leyeron todas las instrucciones? 00:11:21 Orador 1 ¡Hay un matón! 00:11:02 Orador 1 Pero miremos si funciona así.		En esta parte los estudiantes continúan utilizando el ensayo y error para ajustar los parámetros de la programación		¿Se puede establecer una relación entre los parámetros físicos del recorrido (distancia y velocidad por cubitos) con los fijados en la programación (Número de revoluciones de cada banda)? Si se puede, ¿cómo se relacionan? ¿cómo se encuentran? Se relaciona la velocidad con la distancia		OK para el pin digital 8 = bajo OK para el pin digital 8 = bajo OK para el pin digital 6 = bajo OK para el pin digital 7 = bajo	
				¿El tiempo se podría disminuir al mismo trayecto en un tiempo menor o en un tiempo mayor? ¿Qué variables en el código de programación se tendrían que modificar? Si solo se cambia el tiempo			

Rejilla de análisis para la tarea 3 de la actividad 1 del grupo 00 pilotage.

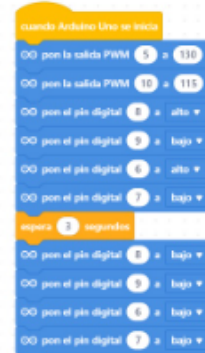
[illegible]

Rejilla de análisis para la tarea 1 de la actividad 1 del grupo 01 implementación final.

Notas de campo	Hojas de trabajo	Archivo Mblock y excel
Los estudiantes de cada grupo tienen conocimiento acerca de el uso de mblock ya que la institución oferta la asignatura de robótica y programación	Actividad 1 Tarea 1: "Programación en Mblock: Trayectoria en Línea Recta" A. Construyen el código de programación en Mblock para que el carro se desplace desde la zona de inicio hasta la zona de llegada, sin salirse del camino demarcado en la pista. ¿Lo han logrado? Ahora, discutan en grupo cómo lo hicieron. B. Dibujen un diagrama de flujo donde se representen las acciones que cumple el código programado para que el carro realice el movimiento buscado.  C. Escriban el procedimiento que han realizado. <u>Verificar en Mblock de la zona de donde se inicia el</u> <u>proceso, luego conectar a bloques que indican la velocidad de motor Usb2ary</u> <u>entonces el grupo explicar la velocidad de la velocidad, conectar luego bloques que</u> <u>indican el sentido en el que se mueva (a la derecha o a la izquierda) y lo configuramos</u>	

Rejilla de análisis para la tarea 1 de la actividad 1 del grupo 01 implementación final.

Tarea 2: "El Desafío de la Llegada Exacta"	
A. La zona de llegada ha sido cambiada, ¿podremos lograrlo nuevamente? Como equipo deben ajustar sus códigos de programación. Utilicen los parámetros encontrados en la tarea anterior con el fin de cumplir este desafío. Guarden el archivo del código como "A1T2A_GX" (Donde "X" corresponde a su número de grupo). ¿Lo han logrado? Ahora, discutan sobre lo encontrado. • ¿Qué acciones, como mediciones o cálculos, incluyeron en esta nueva versión del código? <u>Estuvimos alterando el tiempo, hasta conseguir el correcto.</u> _____ _____ _____ • ¿El caso se podría desplazar el mismo trayecto en un tiempo menor o en un tiempo mayor? ¿Qué variables en el código de programación se tendrían que modificar? <u>si se podría desplazar en un tiempo o menor tiempo se tendría que modificar la velocidad y el tiempo.</u> _____ _____ _____	

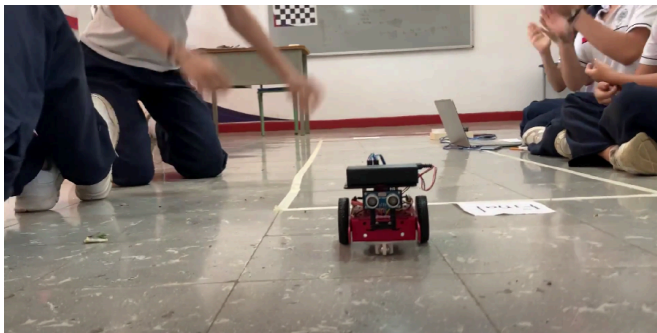
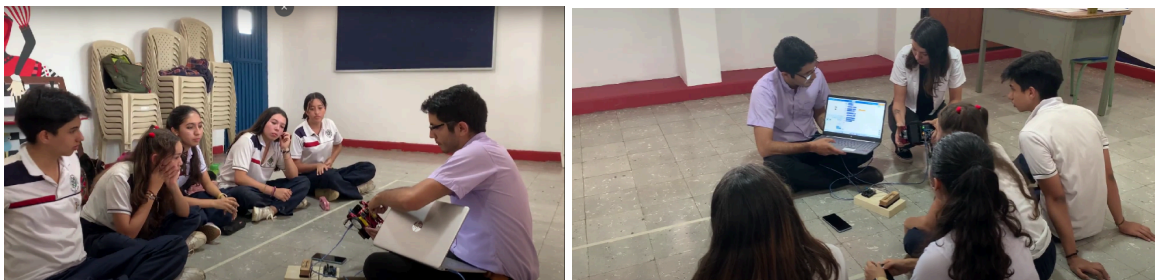


Transcripción de grabación de voz	Hoja de trabajo
Episodios 00:00:11 Orador 1 ¿Para que avance es bajo alto, bajo alto? 00:00:13 Orador 3 si, es bajo alto, bajo alto Que avance 2 segundos y que se quede quieto, aunque se quede quieto. ¿profesor el semáforo cuánto es? Professor Cuando ustedes lo inicien allá yo lo reinicio 00:00:38 Orador 1 OK. 00:00:39 Orador 3 Entonces, la idea es que inicien ambos 00:00:42 Orador 2 Entonces vamos a ir colocándolo y ahí vemos. 00:00:43 Orador 1 Entonces vamos a ponerle que quede quieto y cuando llegué ahí. Puedes ver cuánto. 00:00:50 Orador 2 Yo ahora dije cuánto era más o menos 00:00:52 Orador 1 Si, pero es que, o sea, ya sabemos cuánto, cuánto tiempo tiene cada luz, lo que pasa es que no sabemos en qué tiempo va a hacer cuando lleguemos allá, entonces en bajo todo, no? 00:01:06 Orador 3 ¿Ahí van a hacer una prueba? ¿Cuánto tiempo? Orador 1 Exacto, entonces... Orador 1 Pero es que siempre está quedando en la misma posición Orador 2 ¿Y si le ponemos más velocidad a la llanta de la derecha? Orador 1 Es que las dos están a la misma velocidad ¿Cuál es que era la llanta 2? Orador 3 Ponle a una 180 y a la otra 185 00:05:23 Orador 1 Por eso. 00:05:25 Orador 1 ¿Será tan rápido? 00:05:25 Orador 2 ¿que vaya rápido? 00:05:29 Orador 1 Pero es que si va rápido, entonces tenemos que quitarle tiempo 00:05:33 Orador 3 Claro. 00:05:35 Orador 1 ¡No Héctor, así no! Orador 2 Ese man quiere que vuele, ¿verdad? 00:05:39 Orador 1 Dejemos lo así como estoy nada más le bajamos el tiempo a una. Orador 1 Héctor no! 00:05:47 Orador 2 Héctor déjalo así, que va a ir muy rápido! 00:05:52 Orador 1 No dejémoslo así a ver a ver. 00:05:54 Orador 2 mano, relájate a ver.	B. Ejecuten la programación propuesta por el equipo de Carlos, Mario y Jairo. validen las hipótesis que plantearon en el punto anterior. ¿Falta programar más acciones? ¿además acciones? ¿hay acciones innecesarias? <u>La hipótesis de Carlos, Mario y Jairo estaba mal, ya que iba hacia atrás en uno de los sensores, hacia donde vamos, seguimos y giraba hacia atrás sin tiempo de espera, se podía programar más acciones, si hay sensores innecesarios.</u> _____ _____ _____ C. Corrijan y ejecuten la nueva programación con las modificaciones que sean necesarias, ¿se logró describir la trayectoria correcta?, si no se así realicen nuevas modificaciones hasta obtener un resultado satisfactorio. Guarden el archivo del código como "A1T1C_GX" (Donde "X" corresponde a su número de grupo). D. Es hora de compartir lo aprendido en esta tarea, como grupo en la siguiente sesión, organicen y debatan cada una de las acciones que se programaron. Además, resalten el papel de las matemáticas como soporte en la definición de las variables programadas. _____ _____ _____

7.3 Anexo C. Fotografías tomadas del pilotaje e implementación

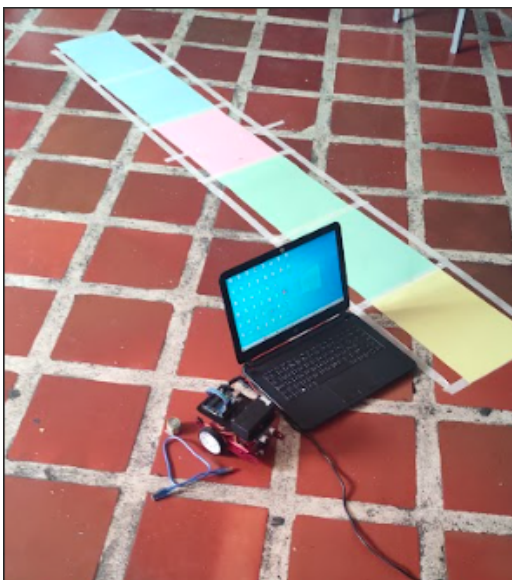
7.3.1 Pilotaje grupo 00 (Colegio Nuestra Señora del Rosario)

Las siguientes imágenes muestran en la fase del pilotaje los momentos de introducción a las actividades por los docentes investigadores, la puesta en marcha de la actividad 1, los estudiantes programando y la culminación satisfactoria de la actividad 1.



7.3.2 Implementación grupo 01 (Colegio Santa María Goretti)

Las siguientes imágenes muestran algunos momentos del grupo 01 en la implementación.





7.3.3 Implementación grupo 02 (Colegio Santa María Goretti)

Las siguientes imágenes muestran algunos momentos del grupo 01 en la implementación.



7.3.4 Algunas Fotografías durante el armado del carro

