



Universidad Autónoma del Estado de México

Centro Universitario UAEM Valle de Chalco

MODELO DE PROCESOS PARA APLICAR EL CONCEPTO MATEMÁTICO DE VARIACIÓN UTILIZANDO ROBÓTICA EDUCATIVA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

P R E S E N T A

ALEJANDRO TRUJILLO CASTRO

DIRECTORA

DRA. MAGALLY MARTÍNEZ REYES

CO-DIRECTORA

DRA. ANABELEM SOBERANES MARTÍN

TUTORA

DRA. MARÍA DE LOURDES LÓPEZ GARCÍA

VALLE DE CHALCO SOLIDARIDAD, MÉXICO, OCTUBRE 2022



CUVCH

**MODELO DE PROCESOS PARA APLICAR EL
CONCEPTO MATEMÁTICO DE VARIACIÓN
UTILIZANDO ROBÓTICA EDUCATIVA**

Índice general

Índice de tablas	VI
Índice de figuras	VII
Resumen	X
Abstract	XII
Introducción	1
1. Contexto de la problemática de investigación	3
1.1. Planteamiento del Problema de investigación	3
1.1.1. Alineación y actualización a los nuevos perfiles requeridos en la industria	5
1.2. Objetivos de la investigación	9
1.3. Justificación	9
1.4. Metodología	10
1.4.1. Fases de la investigación	10
2. Elementos teóricos	12
2.1. La matemática de la variación y el cambio	12
2.1.1. Pensamiento variacional	13
2.1.2. Teoría socioepistemológica	14

2.1.3.	Teoría de las situaciones didácticas	15
2.1.4.	Teoría de registros de representación semióticos	18
2.2.	La robótica como tecnología educativa	19
2.2.1.	Robótica en la educación	20
2.2.2.	Clasificación de robots	22
2.2.3.	Consideraciones para la resolución de problemas o retos en la robótica educativa	26
2.2.4.	Paradigmas de aprendizaje en la robótica educativa	29
2.3.	Diseño del aprendizaje mediante el uso de tecnología	31
2.3.1.	Teorías de aprendizaje	31
2.3.2.	Terminologías esenciales en la educación	33
2.3.3.	Diseño Instruccional	36
2.4.	El modelo de procesos	39
2.4.1.	Lenguajes notacionales y técnicas para modelado de procesos	40
2.5.	Sumario	45
3.	Fase de análisis del problema práctico	46
3.1.	Metodología IBD y Modelo ADDIE	46
3.2.	Elementos del procesos educativo	48
3.2.1.	Personas	49
3.2.2.	Método pedagógico	54
3.2.3.	Actividades	54
3.2.4.	Entornos	55
3.3.	Sumario	56
4.	Fase de desarrollo de la solución	57
4.1.	Diseño de procesos para la experiencia de aprendizaje	57
4.1.1.	Conceptos y especificaciones de la experiencia de aprendizaje robótica	58
4.1.2.	Diseño de la experiencia de aprendizaje	59
4.1.3.	Experimentación robótica	62
4.1.4.	Interpretación matemática	64
4.1.5.	Institucionalización	66
4.2.	Desarrollo del modelo de procesos de la experiencia de aprendizaje	68

4.3. Sumario	70
5. Fase del ciclo iterativo de pruebas	71
5.1. Experimento piloto	71
5.1.1. Conceptos y especificaciones	72
5.1.2. Diseño de la experiencia de aprendizaje	73
5.1.3. Diseño de la experimentación robótica	74
5.1.4. Interpretación matemática	75
5.1.5. Institucionalización	75
5.2. Experimentos de enseñanza	76
5.2.1. Conceptos y especificaciones	81
5.2.2. Diseño de la experiencia de aprendizaje	82
5.2.3. Experimentación robótica	84
5.2.4. Interpretación matemática	85
5.2.5. Institucionalización	86
5.3. Sumario	86
6. Resultados y conclusiones	87
6.1. Encuesta General	87
6.1.1. Grupo Prueba Piloto	87
6.1.2. Grupo 1 Nivel Superior	89
6.1.3. Grupo 2 Nivel Superior	90
6.2. Test de Conocimientos	91
6.2.1. Grupo 1	93
6.2.2. Grupo 2	95
6.3. Conclusiones	97
6.4. Trabajo a futuro	99
A. Plantilla de análisis	109
B. Hoja de trabajo: materiales	111
C. Actividades grupo 1	113
D. Actividades grupo 2	117

Índice de tablas

2.1. Modelos de Diseño Instruccional.	37
2.2. Fases del Modelo ADDIE.	38
2.3. BPD Objetos de Flujo.	42
2.4. BPD Objetos de Conexión.	43
2.5. BPD Objetos de Carriles.	43
2.6. BPD Artefactos.	44
3.1. Roles de los participantes.	49
3.2. Actividades del docente.	50
3.3. Actividades del Alumno.	51
3.4. Actividades del Diseñador de Experiencias de Aprendizaje.	53
3.5. Actividades del Desarrollador Web.	54
3.6. Elementos de la Actividad.	55
6.1. Rúbrica de Evaluación.	92
6.2. Escala de Puntuación.	93

Índice de figuras

1.1. Habilidades del siglo XXI (Binkley et al., 2012).	8
1.2. Modelo de la IBD (Reeves, 2006).	10
2.1. Interacción de los elementos (Caballero y Cantoral, 2013).	15
2.2. Aprendizaje por adaptación, Adaptado de Acosta (2010).	16
2.3. Triángulo didáctico (Chevallard, 1991).	17
2.4. Situación didáctica, Adaptación de Chevallard (1991).	17
2.5. Principios en un robot Construcción con base en Mataric (2007).	23
2.6. Clasificación de tipos de robots, Elaboración propia.	24
2.7. Clasificación de robots educativos, Construcción con base en Catlin et al. (2018).	24
2.8. Cinco fases de la robótica educativa, (Galvez y Galvez, 2022).	27
2.9. Metodología de las 4C, (LEGO, 2019).	28
2.10. Modelo CCPS, (Chevalier et al., 2020).	29
2.11. Componentes básicos del robot	30
3.1. Modelo ADDIE empleado en la IBD. Elaboración propia.	47
3.2. Elementos del proceso educativo. Elaboración propia.	48
3.3. Cono de aprendizaje (Allen, 2011).	52
4.1. Diagrama del proceso conceptos y especificaciones de la experiencia de aprendizaje robótica.	59

4.2. Elementos de la experiencia de aprendizaje	60
4.3. Diagrama del diseño de la experiencia de aprendizaje.	62
4.4. Diagrama de la experimentación robótica.	64
4.5. Representaciones semióticas	65
4.6. Diagrama de la interpretación matemática	66
4.7. Diagrama del proceso de institucionalización	67
4.8. Modelo de procesos para una experiencia de aprendizaje con RE para fomentar el pensamiento variacional.	69
5.1. Propuesta de intervención. Elaboración propia.	72
5.2. Experiencia de aprendizaje. Elaboración propia.	73
5.3. Tareas de la experimentación robótica. Elaboración propia.	74
5.4. Tareas de la interpretación matemática. Elaboración propia.	75
5.5. Modelo de procesos educativo. Elaboración propia.	76
5.6. Robot EV3 de la marca Lego	77
5.7. Entorno de trabajo	78
5.8. Sitio Web de los contenidos	78
5.9. Material de programación de EV3	79
5.10. Escenarios de trabajo	80
5.11. Escenarios de trabajo	81
5.12. Propuesta de intervención	82
5.13. Experiencia de aprendizaje	83
5.14. Escenarios de trabajo	84
5.15. Actividades realizadas	85
6.1. Porcentaje de datos personales del grupo.	88
6.2. Sobre el curso y método de enseñanza.	89
6.3. Porcentaje de datos personales del grupo.	89
6.4. Sobre el curso y método de enseñanza.	90
6.5. Porcentaje de datos personales del grupo.	90
6.6. Sobre el curso y método de enseñanza.	91
6.7. Resultados del test de conocimientos del grupo 1. Elaboración propia.	93
6.8. Prueba t de student para el grupo 1. Elaboración propia.	94
6.9. Prueba t de student para el grupo 1. Elaboración propia.	95

6.10. Resultados del test de conocimientos del grupo 2. Elaboración propia.	96
6.11. Prueba t de student para el grupo 2. Elaboración propia.	96
6.12. Prueba t de student para el grupo 1. Elaboración propia.	97

Resumen

El presente trabajo de investigación se sitúa en la línea de investigación del Cómputo Educativo, con una propuesta para modelar la creación de una experiencia de aprendizaje utilizando robótica educativa con el propósito de fomentar un pensamiento matemático, en particular el pensamiento variacional, como un acercamiento al uso de los conceptos y procedimientos de variables y funciones. La propuesta consiste en un modelo de procesos educativo, conformado por cinco procesos representados mediante una notación gráfica estandarizada.

Para su diseño, desarrollo y evaluación del modelo se ponen en práctica las fases de la investigación basada en diseño, en conjunto con el modelo ADDIE. La primera fase consiste en realizar una exploración de la naturaleza del problema, así como una revisión de la literatura sobre el tema abordado. En la segunda fase se plantea un diseño y el desarrollo de la intervención, basada en el uso de la robótica educativa, dejándola lista para su implementación. En la tercera fase la solución es implementada y evaluada en un ciclo iterativo, en donde después de cada ciclo se realizan cambios o mejoras de ser necesario. Finalmente la última fase considera documentar sobre el funcionamiento del modelo.

A manera de resultados, se reconoció la necesidad de: 1) contar con un contexto de partida (problemática) y significar el contexto matemático en un entorno real (como la robótica educativa), 2) considerar un diseño de aprendizaje para planificar, desarrollar y

evaluar actividades educativas bajo un entorno de robótica, 3) integrar un proceso para la implementación de situaciones variacionales, así como 4) un proceso para el desarrollo de soluciones con robótica educativa. De tal forma que permitió trazar un modelo de procesos educativos para la creación de experiencias de aprendizaje utilizando robótica educativa con el propósito fomentar un desarrollo del pensamiento variacional.

Abstract

The present research work is situated in the research line of educational computing, with a proposal to model the creation of a learning experience using educational robotics with the purpose of promoting mathematical thinking, in particular variational thinking, as an approach to the use of the concepts and procedures of functions. The proposal consists of a model of educational processes, made up of five processes represented by a standardized graphic notation.

For the design, development and evaluation of the model, the phases of design-based research are implemented in conjunction with the ADDIE model. The first phase consists of an exploration of the nature of the problem, as well as a review of the literature on the topic addressed. In the second phase, a design and development of the intervention, based on the use of educational robotics, is proposed and ready for implementation. In the third phase the solution is implemented and evaluated in an iterative cycle, where after each cycle changes or improvements are made if necessary. Finally, the last phase considers documenting how the model works.

By way of results, it was recognized the need to: 1) to have a starting context (problematic) to signify the mathematical context in a real environment (such as educational robotics), 2) to consider a learning design to plan, develop and evaluate educational activities in an educational robotics environment, 3) to integrate a process for the development of solutions using educational robotics, and 4) to know at least one process for the implementation of

variational situations, for the concept to be fostered, variational thinking. This made it possible to outline a model of educational processes to create a learning experience with educational robotics, of the three experiences carried out, the results were favorable.

Introducción

Dentro del doctorado de Ciencias de la Computación del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco, una de sus líneas de generación y aplicación del conocimiento es el Cómputo Educativo, línea en la cual se tiene como principales objetivos: i) el desarrollo de tecnologías educativas, aplicables a la mejora eficiente del proceso enseñanza-aprendizaje, y ii) la integración de tecnologías a los ambientes educativos, con la finalidad de estudiar y mejorar las distintas dimensiones educativas. En la presente investigación se integra una tecnología con el propósito de estudiar y desarrollar un pensamiento matemático de tipo variacional, considerado pilar fundamental para abordar el estudio del Cálculo diferencial. La tecnología empleada para llevar a cabo estas actividades escolares es la Robótica Educativa (RE), herramienta cada vez más conocida y empleada por su aporte al desarrollo de habilidades, capacidades y conocimientos esenciales para un aprendizaje del siglo XXI (Stork, 2020).

Uno de los primeros acercamientos en México con esta tecnología en áreas de educación fue abordado por Ruiz-Velasco (2007), quien la define "...como una disciplina que permite concebir, diseñar y desarrollar robots educativos para que los estudiantes se inicien desde muy jóvenes en el estudio de las ciencias y la tecnología". De este modo la RE plantea la creación de entornos de aprendizaje, empleando plataformas de software y de hardware que tienen como finalidad programar un conjunto de componentes físicos o virtuales para realizar distintas funcionalidades, de esta manera dichas tareas son aprovechadas para ejercitar conocimientos y habilidades de distintas disciplinas en la educación.

Los procesos de desarrollo e implementación de experiencias didácticas mediadas por esta tecnología siguen siendo escasas, de ahí el interés por establecer un *modelo de procesos para orientar la organización de una experiencia de aprendizaje utilizando la RE para fomentar primordialmente un pensamiento variacional*. Para llevar a cabo este proyecto se ha recurrido a la metodología de investigación basada en diseño (IBD), apoyada del modelo ADDIE. Se emplearon distintos escenarios robóticos para llevar a cabo actividades de experimentación con grupos de nivel secundaria y nivel superior, empleando un diseño cuasi-experimental y un enfoque cualitativo y cuantitativo. Los resultados obtenidos fueron favorables debido que la mayoría de estudiantes lograron alcanzar el propósito, que es fomentar un pensamiento variacional utilizando la RE.

La estructura del presente proyecto se encuentra organizada en seis capítulos, el primero contextualiza la problemática de investigación, estableciendo las preguntas, los objetivos y la justificación de la investigación. En el segundo capítulo se realiza el encuadramiento del marco teórico realizado mediante una revisión sistemática de la literatura, determinando diseños, teorías y modelos para abordar la instrucción mediada por tecnología. El tercer capítulo da inicio a la primera fase de la metodología IBD, fase explorada desde el primer capítulo donde se identifica y explora el problema que la investigación abordará, por lo que en este apartado solo se especifican los elementos y las actividades que conforman una experiencia didáctica utilizando RE. Para el cuarto capítulo se continúa con la segunda fase de la metodología IBD donde se plantea el desarrollo de la solución, el propósito de la etapa es la elaboración del diseño y desarrollo de la intervención, en este apartado se plantean los diferentes procesos para el modelo, describiendo las tareas para cada proceso, identificando sus entradas y los productos de salida. El capítulo cinco presenta la tercera fase de la investigación, donde se lleva a cabo la intervención didáctica con distintos grupos de diferentes niveles y modalidades. En el último capítulo se realiza la presentación y análisis de los resultados tanto cuantitativos como cualitativos, determinando una reflexión sobre todo al modelo de procesos educativo, finalizando con la conclusión del proyecto y trabajos a futuro.

Contexto de la problemática de investigación

El capítulo plantea la problemática que se aborda en la investigación, evidenciando algunas de las necesidades que se pretenden solventar dentro del campo de la educación, particularmente en el área de matemáticas con apoyo de la tecnología, así mismo se hace mención de los objetivos perseguidos y los aspectos relacionados al proceso de trabajo llevado a cabo para conseguir una solución a la problemática planteada.

1.1. Planteamiento del Problema de investigación

En una sociedad caracterizada cada vez más por el uso de la tecnología en la mayoría de sus actividades, la educación desempeña una función importante en la adquisición de conocimientos, habilidades y capacidades necesarias para esta sociedad actual. La educación en todos los niveles atraviesa por una progresiva transformación que va de una clásica metodología estática a una más dinámica, creativa y atractiva con la ayuda de recursos tecnológicos. La educación superior comprende uno de los últimos niveles del proceso de aprendizaje académico, concluyendo con la formación de recursos humanos para diferentes campos laborales, al término de este ciclo los recién egresados participan más en un mercado laboral, en el cual las condiciones se han agravado en las últimas décadas en donde los egresados con un título enfrentan dos problemáticas que evidencian el uso ineficiente de sus competencias: a) laborar en la informalidad y b) emplearse en actividades para las cuales se está sobre-cualificado. Según la OECD (2019) la primera problemática ha aumentado de un

26 % en 2010 hasta un 27 % en 2017, y la ocupación de egresados titulados en empleos que no requieren un título de educación superior aumentó de un 44 % en 2010 a 46 % en 2017, porcentajes estimados con datos proporcionados por el INEGI-ENOE. Por otro lado, se menciona que el 84 % de las grandes empresas en México tiene dificultades para cubrir sus vacantes, expresando la falta de competencias en su sector por parte de los candidatos.

En la mayoría de las profesiones asociadas al sector tecnológico, las matemáticas son pieza clave para las actividades que el profesionista realizará en su vida laboral, dentro de las matemáticas el Cálculo es una disciplina fundamental en la formación de ingenieros, técnicos y científicos. A nivel mundial la enseñanza y aprendizaje del Cálculo presenta severas dificultades debido a los altos índices de reprobación y deserción de alumnos en las asignaturas relacionadas con esta materia a nivel licenciatura (Flores et al., 2008; Sánchez et al., 2018). El Cálculo diferencial es una rama de las matemáticas que tiene como objetivo estudiar el cambio en las funciones conforme sus valores cambian (Guerrero, 2019). Es una de las asignaturas esenciales en toda ingeniería debido a que permite plantear modelos para dar solución a problemas surgidos en el mundo real. El presente trabajo tiene como finalidad analizar uno de los conceptos indispensables para abordar el estudio de esta disciplina, la **variación**.

Dado que la variación forma parte de los cuatro pilares que fundamentan el Cálculo (funciones, raíces, signos y variación), estudios recientes (Caballero, 2018; Moreno, 2018) consideran que desarrollar una comprensión dinámica del Cálculo desde una perspectiva variacional (análisis de cómo cambian las variables) favorece uno de los aspectos necesario en el aprendizaje del Cálculo. Del mismo modo el autor propone un sistema de referencia variacional para la construcción de la noción de variación, marcado como un punto de partida para el desarrollo de actividades que fomentan dicho concepto (Caballero y Cantoral, 2017).

Cantoral (2013) señala que plantear a los alumnos situaciones problemáticas ficticias y sin relación con otras disciplinas incluso ni con la vida cotidiana, ocasionan un desinterés por los temas, asimismo indica que alumnos de nivel medio superior y superior no logran una comprensión satisfactoria de los conceptos después de cursar asignaturas relacionadas al Cálculo diferencial e integral, razón por la cual no hacen uso ni aplicación de dichos conceptos en la resolución de problemas, poniéndolos en desventaja en un mercado laboral cada vez más competitivo. Aunado a esto, nuevas tendencias en el sector industrial exigen profesionistas con

nuevas competencias y habilidades capaces de afrontar los retos del futuro, de ahí la necesidad también de una alineación entre las competencias y las necesidades del mercado laboral.

1.1.1. Alineación y actualización a los nuevos perfiles requeridos en la industria

La incorporación de nuevas tecnologías (big data, ciencia de datos, robótica, internet de las cosas, cómputo en la nube, ciberseguridad, inteligencia artificial, blockchain, entre otras) organizadas y empleadas de manera correcta en las formas de producción y funcionamiento de las empresas, es conocido como la cuarta revolución industrial o industria 4.0, transformando la mayoría de los sectores de la sociedad, como el entretenimiento, el transporte, la medicina, la comunicación y la educación, modificando la manera de ofrecer y adquirir productos o servicios. Esto conlleva a distintas reacciones, tanto positivas como negativas, por un lado, se espera un desarrollo económico y bienestar social, por otro lado, será la causa de desempleo y aumento en la desigualdad, todo dependerá de las acciones y medidas que se tomen no solo en materia económica o industrial sino de manera precisa en materia de educación (Chávez, 2020).

Con la llegada de la Industria 4.0, la educación en instituciones escolares requiere de una transformación, debido a las nuevas tendencias tecnológicas adoptadas por la industria para sus procesos de producción y funcionamiento, demandando profesionistas con aptitudes sobresalientes y competencias notables, a lo que denominan como talento 4.0. Para una formación de tal relevancia es indispensable que el proceso educativo deba alinearse o adaptarse a los perfiles requeridos por la industria, dando lugar a la llamada educación 4.0 (Sánchez, 2019).

La educación 4.0 procura que el estudiante en curso desarrolle un conjunto de competencias, habilidades y capacidades adicionales a su formación educativa, que le proporcionen los elementos necesarios que le permitan incorporarse de una manera eficiente y eficaz al mundo laboral. De acuerdo con Endalia (2020) empresa dedicada al software y al outsourcing establece la diferencia entre una competencia, habilidad y capacidad:

- **Competencia:** Conjunto de conocimientos, habilidades y capacidades individuales que le permiten a una persona desempeñarse en una actividad. Las acciones se realizan buscando hacer con excelencia, por ejemplo, una competencia, es preferir hacer una actividad lo mejor posible que terminarla rápido.

- Habilidad: Capacidad de una persona para hacer las cosas con facilidad y bien. Saber hacer, por ejemplo, realizar un programa informático empleando buenas practicas es una habilidad.
- Capacidad: Conjunto de condiciones, cualidades o aptitudes, principalmente intelectuales, que permiten llevar acabo una acción. Ejemplo, hacer frente a los retos de un nuevo empleo es una capacidad.

La Educació 4.0 busca integrar distintas competencias y habilidades, adicionales a la formación especializada de sus estudiantes, de acuerdo con Merchán (2019) estas son:

1. Competencias digitales
2. Competencias STEM
3. Habilidades del siglo XXI (soft skills)
4. Educación para la innovación y el emprendimiento

Es fundamental alinearse paulatinamente a los requerimientos de la nueva industria, considerando que la educación ha estado ligada a las necesidades y evolución de la industria desde los cambios ocasionados por la revolución industrial y francesa de finales del siglo XVII, donde se establece la educación con el propósito de instruir a las masas obreras en los requerimientos y necesidades de las fábricas de aquella época (Flores et al., 2018).

La industria 4.0 ha hecho que el lenguaje de las matemáticas pase a ser fundamental en la mayoría de sus campos, debido a que su aplicación en las nuevas tecnologías es indispensable, desde estudiar como se mueve un robot hasta el análisis de datos generado por el comportamiento de un individuo. Las matemáticas han recobrado gran importancia en estos sectores, especialmente para el tratamiento de datos, que conlleva a modelar distintas situaciones o comportamientos, lo que permite hacer descripciones, comparaciones, predicciones y estimaciones, de esta manera la industria puede anticipar nuevas posturas.

Es por eso que las matemáticas son consideradas como una de las asignaturas fundamentales en el currículum escolar de prácticamente todas las profesiones, debido a que son un instrumento para comprender el mundo y su alrededor, principalmente hoy día en donde la industria considera que todo es un dato y que mediante un tratamiento (normalmente

matemático) puede obtener algún beneficio. Las matemáticas tienen una relación con muchos otros campos de estudio, como física, química, biología, informática, inteligencia artificial, entre otras, de ahí la importancia que tienen para seguir comprendiendo mejor el mundo y contribuir a mejorarlo. Sin embargo en la realidad, el estudiante que cursa asignaturas de matemáticas a nivel superior no las considera tan importantes o las percibe como ajenas a su vida cotidiana incluso profesional, por no tener una aplicación inmediata, realista y acorde a sus intereses, sin contemplar que estas serán empleadas en un segundo momento, cuando se incorpore al mundo laboral, para hacer frente a situaciones que exigen acciones, decisiones y razonamientos críticos.

Por consiguiente, la RE propone alternativas para favorecer la eliminación de lo abstracto de las ciencias y las matemáticas, mediante situaciones realistas y de interés, además de fomentar distintas competencias y habilidades de la educación 4.0. Por ejemplo, es posible adquirir ciertas *competencias digitales*, debido a que se hace uso de distintas plataformas de programación y simulación para manipular robots tanto físicos como virtuales, obteniendo y organizando datos como resultado de la manipulación de componentes físicos como sensores y actuadores (Sisman y Kucuk, 2019). Como aporte a la *educación STEM* permite establecer entornos educativos como herramienta de aprendizaje y enseñanza innovadora, particularmente en campos de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas donde los estudiantes ponen en práctica sus conocimientos y habilidades en situaciones reales, debido a que la educación STEM tiene un enfoque de aprendizaje centrado en problemas auténticos del mundo real (Eguchi y Uribe, 2017).

La educación STEM es un enfoque interdisciplinario para el aprendizaje, donde conceptos académicos rigurosos se combinan con lecciones del mundo real a medida que los estudiantes aplican Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas en contextos que hacen conexión entre la escuela, la comunidad, el trabajo y la empresa, permitiendo el desarrollo de la alfabetización STEM y con ello la capacidad de competir en la nueva economía.

(Tsupros et al., 2009)

Por otra lado, la RE también favorece habilidades del siglo XXI por la forma de trabajo colaborativa en las actividades, es posible encontrar distintos escenarios que ilustran estas habilidades, como el marco de trabajo P21 que forma parte de la organización Battelle for Kids, campeones de las 4C (pensamiento crítico, comunicación, colaboración y creatividad) (BattelleforKids, 2021) o el proyecto ATC21S que definió diez habilidades del siglo XXI

distribuidas en cuatro categorías, como se observa en la figura 1.1 (ATC21S, 2021), en donde la RE ha demostrado ser un instrumento importante, permitiendo entre los estudiantes adquirir algunas de estas habilidades mediante la construcción de entornos de aprendizaje activo (Sisman y Kucuk, 2019).

<p>Maneras de Pensar</p> <ul style="list-style-type: none"> - Creatividad e innovación. - Pensamiento crítico, solución de problemas, toma de decisiones. - Aprendiendo a aprender. 	<p>Herramientas para trabajar</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alfabetización informacional - Alfabetización de tecnologías de información y comunicación.
<p>Maneras de Trabajar</p> <ul style="list-style-type: none"> - Comunicación - Colaborativa 	<p>Formas de vivir en el mundo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ciudadanía local y global - Vida y carrera. - Responsabilidad personal y social

Figura 1.1: Habilidades del siglo XXI (Binkley et al., 2012).

Derivado de lo anterior surge la interrogante ¿Organizar experiencias de aprendizaje mediante un modelo de procesos para RE, facilita que el alumno transite de una representación realista a una representación matemática, de tal forma que se fomente un pensamiento variacional? Cuestionamiento que da origen a esta investigación y a partir de la cual se derivan las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Qué procesos y relaciones son necesarios para crear e implementar una experiencia de aprendizaje utilizando RE que favorezca el pensamiento variacional?
2. ¿Qué tipo de actividades dentro de la RE benefician el desarrollo del pensamiento variacional?
3. ¿Qué lenguaje de modelado es más comprensible para organizar las experiencias de aprendizaje empleando RE?

Por consiguiente se establece como hipótesis: el organizar experiencias de aprendizaje a través de un modelo de procesos para RE, logrará que los alumnos transiten de una representación realista a una representación matemática, de tal forma que se fomente un pensamiento variacional.

1.2. Objetivos de la investigación

Considerando la problemática expuesta anteriormente, los objetivos que se han marcado para estas investigación son:

Objetivo general

- Desarrollar un modelo de procesos para RE que permita organizar una experiencia de aprendizaje, para facilitar que los alumnos transiten de una representación realista a una representación matemática, de tal forma que se fomente un pensamiento variacional.

Objetivos específicos

- Analizar las distintas teorías y modelos para el diseño y desarrollo de una experiencia de aprendizaje utilizando tecnología.
- Desarrollar actividades experimentales con RE que propicien el uso de distintos registros de representación matemática.
- Poner en practica el modelo de procesos educativo para valorar sus beneficios.

1.3. Justificación

Las instituciones educativas no son ajenas al impacto generado por la falta de oportunidades laborales entre los recién egresados, debido a que evidencia que las instituciones probablemente no dispongan de un programa de formación alineado a las demandas actuales de la industria o a la falta de incorporación de nuevas tendencias tecnológicas que ofrezcan mejores oportunidades tanto a alumnos como a docentes. En la actualidad algunas instituciones educativas han apostado por un cambio, la incorporación y capacitación con nuevas tecnologías para una transformación digital, que ofrezca más posibilidades entre sus alumnos, facilitando el proceso de enseñanza-aprendizaje y mejorando su posicionamiento como institución.

La presente investigación es viable, debido a que se dispone de los recursos tecnológicos y las fuentes de información esenciales para llevarla a cabo. Desarrollar un modelo de procesos educativo para la creación e implementación de experiencias de aprendizaje mediante RE busca mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje entre los alumnos de un pensamiento matemático que es base fundamental para abordar el Cálculo diferencial, de igual modo los docentes podrán

disponer de un material para desarrollar una mejor practica educativa utilizando esta tecnología.

Dado que no se cuenta con suficientes estudios metodológicos para la practica educativa empleando la RE especialmente en temas relacionados con la matemática a nivel superior, el presente trabajo tiene como propósito apoyar en este aspecto, así como en la organización de una experiencia de aprendizaje para facilitar la implementación de esta tecnología con la finalidad de favorecer en el alumnado competencias y habilidades relacionadas con su formación, considerando los lineamientos de una educación 4.0.

1.4. Metodología

Con la finalidad de diseñar una propuesta para utilizar RE como apoyo tecnológico en el desarrollo e implementación de una experiencia de aprendizaje que favorezca el pensamiento variacional, se ha empleado un enfoque metodológico sustentado en la IBD para llevar acabo el proyecto, debido a que facilita la creación, implementación y mantenimiento de entornos de aprendizaje (Design-Based Research Collective, 2003). Las fases que componen IBD están representadas por diferentes propuestas (Christensen y West, 2018), entre las más representativas de acuerdo con De Benito y Salinas (2016) se encuentra la de Reeves (2006) compuesta por cuatro fases, como se aprecia en la figura 1.2. Se apoya de una variedad de métodos y técnicas con cierta orientación cualitativa, sin precisar qué se debe usar, esto con la idea de utilizar cualquier herramienta que permita resolver el problema educativo.

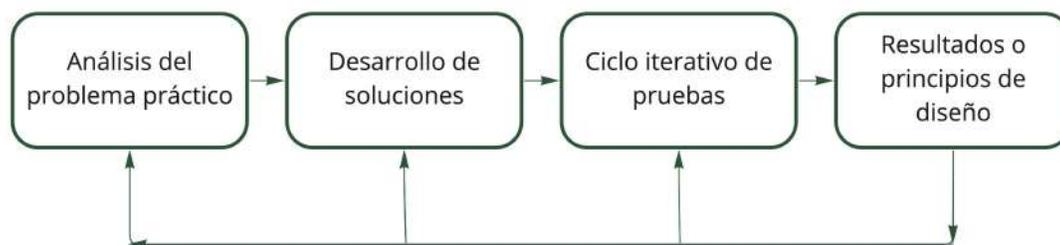


Figura 1.2: Modelo de la IBD (Reeves, 2006).

1.4.1. Fases de la investigación

A continuación se describe de manera general cada una de las fase del modelo de IBD de acuerdo con Herrington et al. (2009):

- **Análisis del problema práctico:** Se parte de un problema del ámbito educativo, en donde se identifica y explora un problema que la investigación abordará, se involucra al experto en contenido, diseñador e investigador a explorar juntos la naturaleza del problema, en esta fase es común realizar una revisión de la literatura para conocer problemas similares y como se han abordado en otras áreas para finalmente plantear las preguntas de investigación.
- **Desarrollo de soluciones:** Mediante una segunda revisión de la literatura se plantea un borrador de pautas para la creación del diseño y desarrollo de la intervención, que buscará ocuparse del problema identificado, con frecuencia la intervención esta basada en el uso de la tecnología por lo que se seleccionan las apropiadas que pueden ser parte de la solución, para finalmente planificar y crear la solución, dejándola lista para su implementación.
- **Ciclo iterativo de pruebas:** En esta fase la solución desarrollada es implementada y evaluada en un ciclo iterativo, en donde después de cada ciclo se realizan cambios o mejoras en el diseño de aprendizaje para ajustar aún más su capacidad para abordar la problema.
- **Resultados o principios de diseño:** En la ultima fase se realiza una reflexión sobre todo en las regularidades observadas durante la implementación, la conformación del contexto de significación y las necesidades del estudiantado.

Elementos teóricos

Esta sección describe los conceptos teóricos más importantes relacionados con la propuesta, en primer lugar se aborda la parte matemática que se pretende fortalecer, se exponen algunas de sus principales dificultades así como la forma en que se ha venido promoviendo, posteriormente se hace mención de la parte tecnológica (RE) con la que se pretende abordar y conformar un *contexto significativo* a través de la realización de proyectos relativos al cambio y la variación, finalmente se examinan algunas teorías y modelos empleados en la pedagogía para conseguir poner en funcionamiento la práctica educativa.

2.1. La matemática de la variación y el cambio

Dentro del proceso enseñanza-aprendizaje de las matemáticas se han realizado varias propuestas teóricas con la finalidad de mejorar dicho proceso, la disciplina que hoy día esta a cargo de tal tarea es la matemática educativa, Nieto et al. (2009) la define como una disciplina contemporánea, puntualizando que no se trata de un tipo especial de matemática, como lo es la matemática aplicada, discreta o finita, en el caso de la matemática educativa trata la problemática relacionada con la matemática escolar, teniendo como propósito de estudio las dificultades presentes en el proceso enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, trascendiendo en la práctica escolar.

Una forma actual que aborda la solución a dichas dificultades es tratar el proceso enseñanza-aprendizaje de las matemáticas no como uno solo, sino que el aprendizaje sea representado como una actividad que le corresponde al alumno y la enseñanza como otra que le corresponde al profesor, siendo este último quien guíe ambas a través de la creación y manejo de diversas estrategias. Contemplando diferentes perspectivas para incidir en la enseñanza de las matemáticas y considerar diferentes enfoques (epistemológicos, didácticos, semióticos, tecnológicos y sociales) en el ámbito de la educación matemática. (Nieto et al., 2009).

2.1.1. Pensamiento variacional

La matemática de la variación y el cambio está presente en una amplia diversidad de ámbitos (situaciones cotidianas del ser humano, experimentos, fenómenos, etc.), involucra conceptos y procedimientos que le permiten *analizar, organizar y modelar matemáticamente* una determinada situación de manera cuantitativa. Con la intención de comprenderla o interpretarla hace uso de procesos de medición, representación de datos y establece relaciones entre magnitudes (Posada y Obando, 2006). Por lo tanto, el **cambio** tiene que ver con la modificación de estados contemplados en una situación (posición, temperatura, peso, altura, etc.) de tal manera que la **variación** es la cuantificación de esos cambios identificados como medibles ya sea cuantitativa o cualitativamente (Caballero y Cantoral, 2017).

Por consiguiente el **pensamiento variacional** tiene que ver con la caracterización de la variación, es decir, es un tipo de pensamiento relacionado al reconocimiento e identificación del cambio y la variación en diversos contextos, además de su descripción, representación y modelación en diferentes sistemas o registros semióticos, ya sean verbales, simbólicos, gráficos o algebraicos. Tiene como propósito realizar un acercamiento significativo a la comprensión y uso de conceptos y procedimientos de las funciones para un aprendizaje con sentido del Cálculo diferencia e integral a partir del nivel medio superior y Cálculo numérico y algebraico a nivel básico (Schmidt et al., 2006).

Vasco (2002) menciona que el pensamiento variacional se desarrolla de múltiples maneras: haciendo uso de diferentes tipos de pensamiento como numérico, espacial, métrico y proporcional; con diferentes representaciones de maquinas y circuitos; con la reinterpretación de representaciones gráficas y tabulares; mediante el estudio de distintas funciones lineales, exponenciales, logarítmicas y logísticas. Además, el autor plantea que el principal propósito

del pensamiento variacional es la producción de modelos matemáticos que simulen situaciones que ocurren en la realidad. Por otra parte, Duval (1998 citado en (Borjón et al., 2014)) menciona que se ha adquirido un determinado concepto, cuando se es capaz de transitar entre por lo menos dos diferentes representaciones semióticas del concepto mismo. Algunas de las teorías consideradas para abordar el desarrollo del pensamiento variacional se mencionan a continuación.

2.1.2. Teoría socioepistemológica

Una perspectiva que considera la variación desde un plano *socioepistemológico* es la propuesta de Cantoral y Farfán (1998) llamada, *pensamiento y lenguaje variacional*, es considerada una línea de investigación que estudia situaciones relacionadas con la enseñanza-aprendizaje y la comunicación de conocimientos matemáticos característicos de la variación y el cambio en los sistemas didácticos. La propuesta se enfoca principalmente en tres puntos: especificar estructuras variacionales matemática y epistemológicamente, estudiar funciones cognitivas del ser humano mediante el uso de conceptos matemáticos del cambio, y considerar problemas y situaciones sociales mediante estructuras variacionales dentro y fuera del aula (Cantoral et al., 2000).

Dentro de la línea del pensamiento y lenguaje variacional Caballero y Cantoral (2013) establecen una caracterización con la cual interpretar la forma en que se desarrolla el pensamiento variacional considerando el siguiente conjunto de elementos:

- Situación variacional: situaciones o problemas que requieren poner en juego estrategias variacionales para establecer un análisis entre diversos estados del cambio.
- Argumentos variacionales: explicaciones que utilizan las personas para expresar el reconocimiento cuantitativo y cualitativo del cambio.
- Códigos variacionales: expresiones orales o escritas sobre el cambio, consisten en frases, dibujos, tablas o ademanes.
- Estructura variacional específica: procedimientos especializados del ámbito matemático para abordar y explicar el estudio del cambio y la variación en las situaciones variacionales.
- Estrategia variacional: forma particular de razonar y actuar ante una situación variacional, algunas de estas estrategias reconocidas son la predicción, la comparación, la seriación y

la estimación.

- Tareas variacionales: actividades, acciones y ejecuciones dentro de una situación variacional.

La forma en que interactúan estos elementos se describe en el modelo de la figura 2.1, los autores mencionan que desarrollar el pensamiento variacional implica usar todos estos elementos de manera conjunta y no de forma aislada.

Una manera de plantear las situaciones variacionales puede ser a través de las situaciones didácticas que involucren lo relativo a la variación y al cambio. Una situación didáctica es un escenario de aprendizaje que incorpora una serie de actividades que propician que los estudiantes desarrollen la competencia.



Figura 2.1: Interacción de los elementos (Caballero y Cantoral, 2013).

2.1.3. Teoría de las situaciones didácticas

La teoría de las situaciones didácticas (TSD) tiene su campo de estudio dentro de los fenómenos que ocurren en la enseñanza de las matemáticas, Guy Brousseau es reconocido como uno de los principales investigadores en el campo de la didáctica de las matemáticas por su contribución teórica de las situaciones didácticas, en la cual se aborda una interacción entre alumnos, docentes y saberes matemáticos dentro del aula (Brousseau, 2007). La TSD se construye bajo el proceso de aprendizaje por adaptación, enfoque que se sustenta

directamente en la teoría de aprendizaje de Piaget, el aprendizaje por adaptación se produce cuando el individuo interactúa con un medio que en la mayoría de los casos es palpable y sin la intervención del docente, debido a que gran parte de los estudios de Piaget se realizaban con niños de edades no escolares. Brousseau adaptó este enfoque de aprendizaje para el tratamiento de actividades escolares (Acosta, 2010).

En la figura 2.2 se muestra el proceso del aprendizaje por adaptación (cognitivismo), en donde el individuo parte de una intención (problemática o reto), para lo cual realiza una interacción con el medio, lo que le permite recibir una retroalimentación que tendrá que interpretar empleando los conocimientos previos que ya posee, validando si la intención alcanzó su propósito; en caso de ser verdadero, la actividad se refuerza, de lo contrario se produce una reorganización, iniciando nuevamente el proceso.



Figura 2.2: Aprendizaje por adaptación, Adaptado de Acosta (2010).

La TSD denomina situación a un modelo de interacción entre el individuo y un medio determinado, tomando como objeto de estudio las circunstancias que conducen a la adquisición de conocimiento. Por consiguiente, una actividad que produce un aprendizaje por adaptación es considerada como una situación a-didáctica, debido a que permite adquirir una experiencia personal, conocimiento que no siempre es aceptado dentro de las instituciones educativas como un saber, debido a que son ellas quienes determinan lo que es o no un saber.

La TSD determina que en una situación a-didáctica intervienen tres elementos esenciales, 1) un saber: reconocimiento y organización de los conocimientos, actividad específica de las instituciones; 2) el profesor: que pretende enseñar un saber regulando los procesos de adquisición para el alumno; y 3) el alumno: quien aspira a aprender este saber mediante interacciones con el medio; creando el llamado triángulo didáctico (ver figura 2.3), colocando en cada vértice uno de estos personajes y cada lado representan la interacción entre estos (Brousseau, 2007).

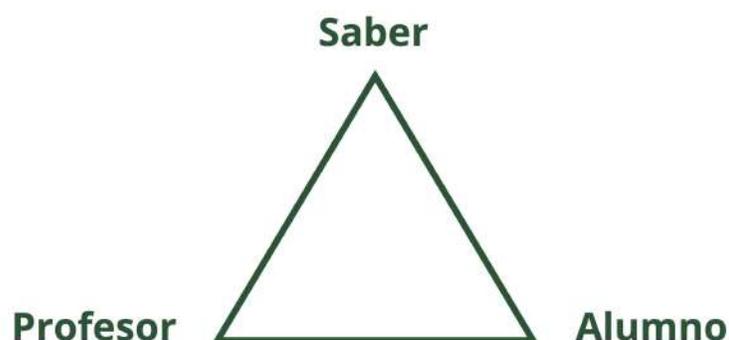


Figura 2.3: Triángulo didáctico (Chevallard, 1991).

La situación didáctica (figura 2.4) inicia cuando el profesor propone una problemática para causar la intención como punto de partida y un medio para que los alumnos puedan interactuar, iniciando con el proceso de aprendizaje por adaptación, lo que conduce a una generación de conocimiento causado por la actuación del alumnado y finaliza con la explicación del profesor sobre la relación entre el conocimiento personal adquirido por el alumno y el saber institucional.

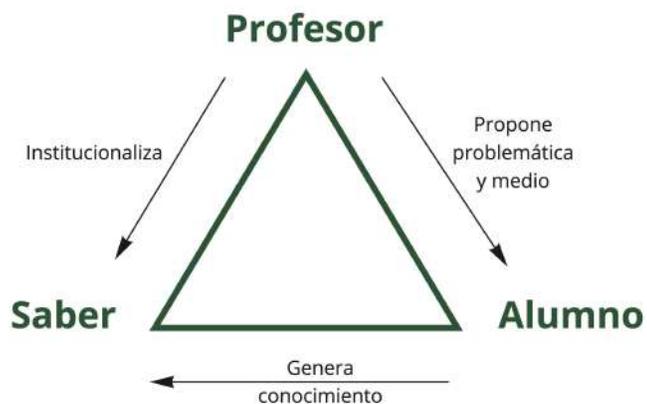


Figura 2.4: Situación didáctica, Adaptación de Chevallard (1991).

La teoría de las situaciones didácticas de Brousseau representa una manera de plantear la creación de situaciones variacionales. Por otro lado, se indica que el estudiante a consolidado un tipo de pensamiento cuando puede moverse por varios registros semióticos.

2.1.4. Teoría de registros de representación semióticos

Dentro del proceso de la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas que se indica la necesidad de disponer de otros tipos de representaciones que establezcan el lenguaje matemático, dando origen a un enfoque semiótico. De acuerdo al diccionario de la real academia española el termino semiótica hace relación al estudio de los signos en la vida social (R.A.E., 2021). Según Hernández et al. (2017) la semiótica ha manteniendo una estrecha relación junto a las matemáticas desde tiempos de la antigua Grecia en una perspectiva histórica-filosófica, haciendo referencia a que los matemáticos implementan nombres para representar objetos abstractos, que no pueden ser vistos. García y Perales (2006) citan diversos trabajos de Duval en donde hace referencia a la Semiosis, como actividad para producir sistemas de representación semióticos, los cuales están relacionados con tres actividades cognitivas, 1) formación de representaciones semánticas: conjunto de caracteres o signos para representar características de un objeto, 2) tratamiento de las representaciones: transformar en otras que están expresadas en el mismo sistema semiótico, 3) conversión de representaciones: transforma una representación en otra de tipo semiótico diferente.

El autor de la teoría de representaciones semióticas Raymond Duval refiere que los objetos matemáticos disponen de diferentes registros de representación semiótica: registro verbal, tabular, gráfico, algebraico, simbólico y figural. Duval, 1998 citado en (Borjón et al., 2014, p. 2) afirma que "se ha adquirido un concepto determinado, cuando se es capaz de transitar entre por lo menos dos diferentes representaciones semióticas del concepto mismo".

La teoría principalmente hace referencia a que es posible representar un objeto matemático de distintas maneras o representaciones y si ese mismo objeto matemático se representa en al menos dos diferentes representaciones se considera que se ha adquirido dicho concepto matemático.

2.2. La robótica como tecnología educativa

El término *tecnología educativa* es comúnmente empleado en el ámbito educativo, en donde pareciera tener una definición clara y entendible para toda la comunidad académica; sin embargo, es preciso mencionar una definición que ponga en contexto este término, la Asociación para la Comunicación y Tecnología Educativa (AECT, por sus siglas en inglés) define la tecnología educativa como *el estudio y la práctica ética de facilitar el aprendizaje y mejorar el desempeño creando, usando y gestionando procesos y recursos tecnológicos apropiados* (Januszewski y Molenda, 2008, p.1). Cualquier artefacto tecnológico que proporcione apoyo constante en el aprendizaje y la instrucción puede ser considerada una tecnología educativa (Huang et al., 2019).

De acuerdo con Cabero (1989) la tecnología educativa considera distintas formas de interpretarla: instrumentalista, psicológica y sistemática. Desde el enfoque *instrumentalista* se conoce como la introducción de medios audiovisuales para mejorar la enseñanza. Considera dos momentos: diseño de hardware (centrado en la creación de instrumentos ópticos, electrónicos y mecánicos) y diseño de software (diseño de mensajes basados en las teorías de aprendizaje de corte conductista). Desde un enfoque *psicológico* pretender la planeación psicológica del medio, considerando leyes que rigen el comportamiento, modelos de conducta planificados y reconocidos como deseables. Desde un enfoque *sistemático* supone un cambio radical en la tecnología educativa, centrándose en el análisis de los elementos participantes en el acto instruccional y en la organización de los mismos para alcanzar los objetivos. Considera insuficiente la simple introducción de medios en la escuela y la sola aplicación de estrategias instruccionales basadas en teorías de aprendizaje. Por lo tanto, aplicar la tecnología educativa establece la capacidad de diseñar situaciones instruccionales que permitan alcanzar los objetivos propuestos, analizando y evaluando las medidas adoptadas.

Uno de los elementos que más ha intervenido en la formación son las tecnologías de información y comunicación (TIC), su inclusión en el proceso educativo ha favorecido en el desarrollo de clases más dinámicas dentro y fuera del aula, facilitando la labor docente al establecer nuevos canales de comunicación, así como herramientas tecnológicas para el abordaje de contenidos, desarrollo de soluciones en problemas específicos de cada asignatura y motivando al estudiante en el aprendizaje autónomo (Astudillo, 2016).

El dinamismo y los cambios en la forma de enseñanza no se debe solo a la inclusión de herramientas tecnológicas, sino a la organización de componentes del método didáctico que organiza y configura las TIC dependiendo de las necesidades de cada profesor para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje, es aquí donde las TIC se orientan hacia un uso más formativo tanto para el estudiante como para el profesor, dando lugar a las llamadas tecnologías del aprendizaje y del conocimiento (TAC) (Moya, 2013). Por otro lado también están las llamadas tecnologías emergentes, se trata de tecnologías de nuevo surgimiento o tecnologías ya existentes en otro sector y que son incorporadas al ámbito educativo pero que aun no ha sido probado el impacto en la educación.

2.2.1. Robótica en la educación

La robótica como apoyo en el aprendizaje tiene sus inicios con el desarrollo del lenguaje de programación *Logo* a finales de la década de 1960 en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT, por su siglas en ingles), dirigido especialmente para principiantes sobre todo niños y jóvenes, en sus primeros años utilizó una tortuga de piso, la cual consiste en un robot mecánico conectado a la computadora y manipulado a través de comandos. El aprender Logo no era la finalidad sino el medio, debido a que las actividades de programación eran sobre matemáticas, ciencias, robótica, lenguaje, entre otros. Posteriormente la tortuga fue representada y llevada a la pantalla como un gráfico para realizar figuras y diseños con efectos geométricos más complejos (Sargent et al., 1996).

A mediados de 1980 Grupo *LEGO*, atraído por los trabajos realizados con *Logo*, fábrica Technical Computer Control, un sistema educativo compuesto de estructuras de plástico como engranajes, ejes, pernos, neumáticos y motores eléctricos, controlados a través de la computadora, además de controlar otros modelos motorizados de la misma marca. Conjuntamente con el MIT iniciaron trabajos para conectar Logo con los motores, luces y sensores de las maquinas que se montaban con este sistema. Seymour Papert investigador del MIT contribuye con LEGO sobre el desarrollo de una investigación de aprendizaje con estos dispositivos, colaboración con la que años más tarde surgiría la línea LEGO Mindstorms (conjuntos de componentes para la construcción y programación de robots), así como su teoría educativa Construccinismo, donde asegura que las actividades con robots enriquecen la enseñanza en el aula (Papert, 1993).

Otra manera de emplear la robótica en la educación fue a través de construcciones realizadas por objetos técnicos cotidianos, lo que da origen a la llamada robótica pedagógica, definida por Vivet (1989) como *...una actividad de concepción, creación/puesta en práctica, con fines pedagógicos, de objetos técnicos físicos que son reducciones bastante fiables y significativas de procedimientos y herramientas robóticas realmente utilizadas en la vida cotidiana, particularmente en el medio industrial.*

En México aparecen también trabajos de investigación relacionados con la robótica como la tesis doctoral de Ruiz-Velasco (1989) titulada "Un robot educativo para aprender conceptos informáticos", donde se define a la robótica pedagógica *...como una disciplina que permite concebir, diseñar y desarrollar robots educativos para que los estudiantes se inicien desde muy jóvenes en el estudio de las ciencias y la tecnología*, además de ser integradora, multidisciplinaria y privilegiar el aprendizaje inductivo y por descubrimiento guiado. Otro de los aspectos importante que se consideran dentro de la robótica no es únicamente el robot que pudiera resultar de la construcción y la programación, sino también los procesos cognitivos que se producen en el individuo cuando emplea su capacidad intelectual, emotiva y manual para la creación de robots con una finalidad específica (García, 2015).

La robótica a finales de los 80 era considerada como aquellos métodos y medios de la informática cuyo objeto de estudio eran los mecanismos automáticos que pudieran sustituir al ser humano en determinadas labores (citado en Ruiz-Velasco, 2007). Concepto que a través del tiempo ha cambiado, dentro de la literatura actual es posible encontrar una diversidad de definiciones que hacen referencia a la robótica como una ciencia o una técnica, Rincón et al. (2015) la consideran como una ciencia multidisciplinar que implica áreas como electrónica, informática, matemáticas, física, diseño, ingeniería, control entre otras, que representan productos autónomos; en cambio, Vázquez et al. (2015) la considera como una técnica que incorpora conceptos científicos con un propósito práctico, por la cantidad de conceptos aplicados (mecánica, electrónica, programación, matemáticas, etc.) considerando la robótica como ejemplo integrador de ingeniería.

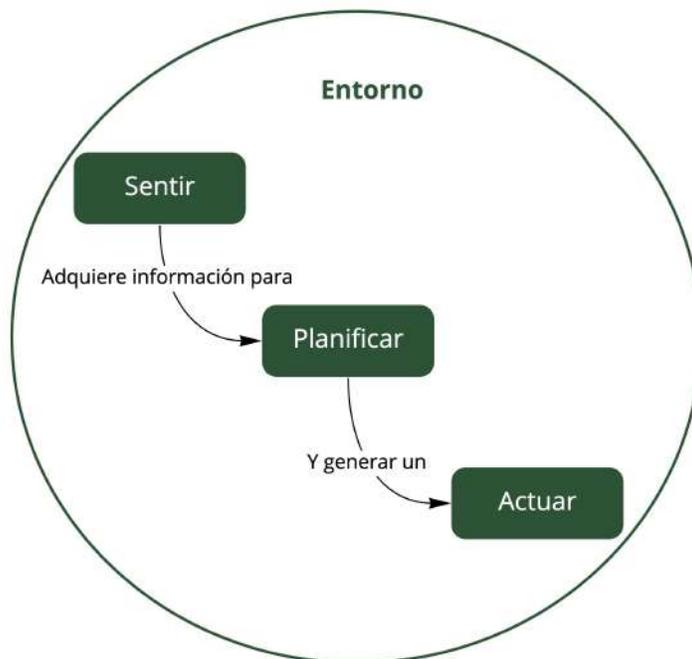
Por lo cual en las últimas décadas nuevamente ha se incrementado el interés por la robótica, siendo vista por muchos como una opción para obtener nuevos beneficios en el

campo de la educación en todos los niveles (Johnson, 2003). La RE además de permitir a los estudiantes aprender sobre diseño y construcción de los propios robots, proporciona el soporte para el aprendizaje de conceptos de otras disciplinas. Benitti (2012) expone resultados indicando que la mayoría de los proyectos realizados por estudiantes (80 %) exploran temas relacionados al campo de la física y las matemáticas, proporcionando experiencias en la enseñanza sobre movimientos, distancias, ángulos, construcciones e interpretaciones gráficas, fracciones, proporciones y conceptos geo-espaciales.

Así mismo, como cualquier propuesta de enseñanza la RE también deberá ser empleada bajo un enfoque pedagógico, Spolaôr y Benitti (2017) sostienen que las teorías y métodos de aprendizaje más utilizados para dar soporte a la RE se encuentran teorías tales como el constructivismo y el construccionismo o como método didáctico para llevarlo a cabo, destaca el aprendizaje activo, aplicado mediante el aprendizaje basado en proyectos, aprendizaje basado en problemas, aprendizaje colaborativo o una mezcla de los anteriores, consiguiendo que los alumnos lleven sus actividades tanto de manera presencial como virtual. Por consiguiente es considerada como una tecnología adecuada para la enseñanza-aprendizaje de contenidos relacionados a la educación STEM, debido a que facilita la construcción de experiencias significativas de conocimiento, en donde el estudiante a través del uso de robots puede construir y representar ideas abstractas, desarrollando una comprensión más sólida de dichos conceptos (Yanik et al., 2016).

2.2.2. Clasificación de robots

La palabra robot fue popularizada en 1921 por el escritor Karel Capek mediante de su obra *Robots Universales Rossum* donde la palabra hacia referencia a trabajo forzado. A través de los avances científicos y tecnológicos la noción de robot se ha vuelto mas sofisticada, de acuerdo con Matarić (2007) un robot es *un sistema autónomo que existe en el mundo físico, puede sentir su entorno y puede actuar sobre él para lograr algunos objetivos*. Este sistema autónomo suele ser una maquina que puede sentir o sensar empleando distintos sensores, planifica con base en esa información reunida sus acciones para lograr un objetivo. La planificación se lleva a cabo mediante un microprocesador o microcontrolador, mientras que las acciones son efectuadas por medio de actuadores, la figura 2.5 presenta la relación de estos principios en un robot.



*Figura 2.5: Principios en un robot
Construcción con base en Mataric (2007).*

Actualmente existe una amplia variedad de literatura sobre lo que es la robótica y cada una tiene diferentes clasificaciones para los tipos de robots, estas pueden estar en función del entorno de trabajo, en función de su autonomía, de la arquitectura que lo integra o del servicio que realiza. Para este propósito se ha seleccionado la clasificación de la figura 2.6 por considerar es la que mejor describe los distintos tipos de robots.

Cualquiera de estos tipos de robot puede ser integrado para dar apoyo en algún tipo de servicio a lo que se conoce como robótica de servicio donde se encuentran robots domésticos, médicos, militares, industriales y educativos. Es con estos últimos con los que se pretende crear contextos significativos para lograr el propósito de este trabajo de investigación.

Robots educativos

Los robots educativos favorecen el estudio de conceptos específicos de distintas áreas de conocimiento a través de su diseño, creación y comportamiento del robot, con el objetivo de reforzar un conocimiento, competencia o habilidad.

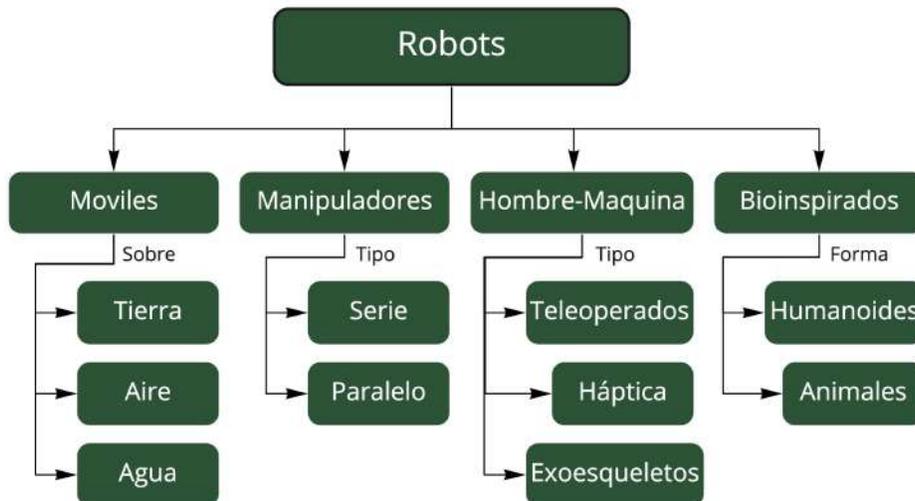


Figura 2.6: Clasificación de tipos de robots, Elaboración propia.

Este tipo de robots se encuentran clasificados actualmente en tres categorías: robots de construcción, robots sociales y robots virtuales (ver figura 2.7), de acuerdo con la definición de robot esta última categoría no podría ser considerada como robot debido al no existir en el mundo físico, por lo tanto es considera un simulador, pero en la actualidad desempeña una gran labor de apoyo en las actividades educativas, principalmente cuando no son presenciales. A continuación se describe brevemente cada una de estas categorías.

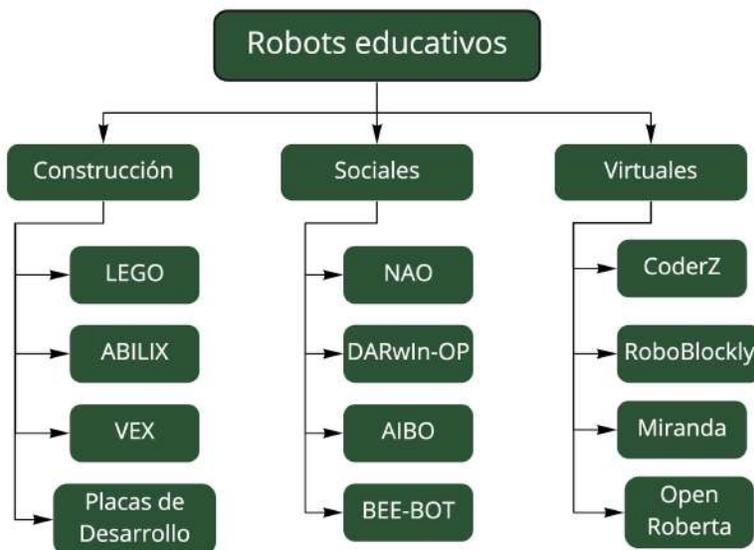


Figura 2.7: Clasificación de robots educativos, Construcción con base en Catlin et al. (2018).

Robots de construcción, en el área educativa esta clase de robots están conformados principalmente por dos tipos:

- Los sistemas de construcción, están integrados por un set de componentes con todo lo necesarios tanto de hardware como de software para la creación de diferentes tipos de robot, no se requieren conocimientos eléctricos, ni electrónicos, son ofrecidos principalmente por marcas reconocidas por lo que los costos son altos, entre las marcas mas representativas se encuentran LEGO (Mindstorms, Boost, WeDo, Spike), ABILIX (Krypton, Everest, Oculus) y VEX (123, Go, IQ, V5, Cortex, Pro).
- Las placas de desarrollo, en donde todos los componentes se consiguen por separado lo que implica tener nociones sobre conceptos eléctricos y electrónicos, así como realizar el armado de manera artesanal lo que reduce significativamente los costos. Esta categoría también es aprovechada por diferentes movimientos como cultura MAKER y el DO IT YOURSELF (DIY) que promueven espacios para producir aprendizajes, generar interés y promover la creación de objetos de forma artesanal, pero utilizando la tecnología como impresión 3D, corte con láser y herramientas digitales para su diseño.

Robots sociales, normalmente son dispositivos que no requieren ser armados, disponen de ciertas movildades especificadas por el fabricante, tienen apariencia de humanoides, mascotas o juguetes, en áreas de la educación han sido empleados en trabajos relacionados a la parte emotiva para promover funciones cognitivas en niños de necesidades especiales, tales como Síndrome de Down (Bargagna et al., 2019); en el desarrollo de habilidades del habla para idiomas extranjeros, estudios reportan mejoras en la habilidad de habla inglesa particularmente en su precisión, fluidez y pronunciación al hablar (lio et al., 2019); finalmente en la aplicación de distintas técnicas de inteligencia artificial, centrando la investigación más en el desarrollo de algoritmos que en el hardware (Imberman, 2004; Martínez et al., 2019).

Robots virtuales, están conformados únicamente por la plataforma de software en donde se trabaja con simuladores de robots, los desafíos son resueltos únicamente programando secuencias de movimientos en pantalla y en algunos casos es posible transferir dichos programas a los robots reales. De acuerdo con Ruiz-Velasco et al. (2010), todas las suposiciones teórico-metodológicas de la robótica son apropiadas de explicar y extrapolar en

un entorno virtual. Con los simuladores de RE es posible reducir los costos, además de verificar el valor que logran aportar al proceso educativo (Tselegkaridis y Sapounidis, 2021).

2.2.3. Consideraciones para la resolución de problemas o retos en la robótica educativa

Al abordar tareas relacionadas con la solución de problemas mediante la RE, se ha observado frecuentemente una situación que se presenta en los espacios de trabajo: el ciclo de prueba y error. Esta posición lleva al alumno a dedicar un lapso de tiempo mayor en la programación con relación a las otras tareas en la solución a la problemática durante las actividades con RE (Chevalier et al., 2020). El dedicar mayor tiempo a la programación no permite fortalecer otro tipo de conocimientos y habilidades; además, este ciclo de prueba y error también limita el razonamiento matemático en la realización de cálculos exactos, en su lugar solo se van probando valores hasta acertar con los correctos. Es por este motivo que se han planteado seguir una serie de fases para dar solución a un reto usando RE, a continuación se hace mención de algunas de las más habituales en la educación.

Método de las cinco fases de la robótica educativa

Las fases definen un marco de trabajo que estandariza el uso y la relación con la investigación a través de la experimentación. Este método de cinco fases de la robótica educativa (ver figura 2.8), es considerado por Galvez y Galvez (2022) como una equivalencia al método científico tradicional, considerando que el método científico es llevado a través de la experimentación y la RE es a través de la construcción, programación y prueba de prototipos.

Mediante este método las fases de la robótica educativa esta dividida en las siguientes actividades:

- *Diseñar*: Fase en la que se generan ideas y representaciones en base a las necesidades o problema, generando bocetos, maquetas o modelos.
- *Construir*: Empleando piezas como conectores, sensores y actuadores, se construye una solución con base en el diseño planteado.
- *Programar*: Mediante el uso de un software de programación, se programa el comportamiento o los movimientos del modelo robótico.

- *Probar*: Se verifica que el modelo implementado funciona en conjunto con las especificaciones, modelos matemáticos y conexiones.
- *Documentar y compartir*: Una vez comprobado que el modelo funciona de acuerdo al diseño, se pasa a documentar todo el trabajo realizado con el propósito de compartir con los demás y difundir el conocimiento.

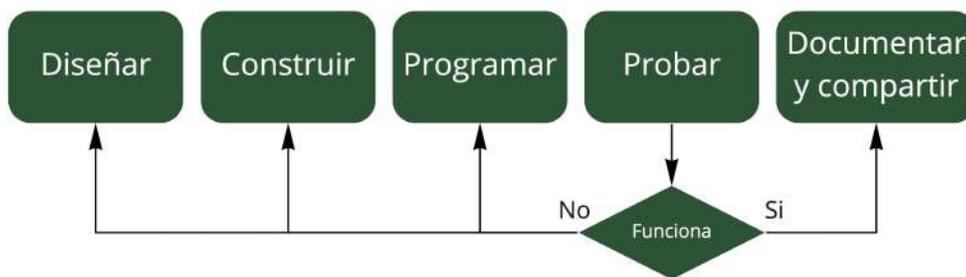


Figura 2.8: Cinco fases de la robótica educativa, (Galvez y Galvez, 2022).

Metodología de las 4C

Es una metodología propuesta por LEGO Education basada en la construcción activa y el descubrimiento guiado por parte del alumno. La metodología consta de cuatro fases: Conectar, Construir, Contemplar y Continuar, ordenada jerárquicamente como se aprecia en la figura 2.9, el objetivo es *aprender haciendo*, transformando los espacios de trabajo no solo en lugares de aprendizaje, sino también en espacios de socialización y trabajo en equipo. A continuación se describe brevemente cada una de estas fases.

- *Conectar*: En la primera fase se proporciona una situación motivadora para los alumnos, con el propósito de establecer una conexión entre los conocimientos previos y los nuevos objetivos de aprendizaje. Se identifica el problema e investiga la mejor forma de llegar a una solución.
- *Construir*: En esta fase los alumnos construyen modelos relativos al desafío presentado y las áreas de aprendizaje, mediado por el facilitador quien gestiona los conflictos y se asegura que los modelos funcionen de forma correcta.
- *Contemplar*: Los alumnos reflexionan sobre lo que han construido, identifican y comparan resultados, establecen conceptos y miden magnitudes.

- *Continuar*: Esta última fase nuevamente se ofrecen nuevas ideas o desafíos relacionados con el tema actual, de tal forma que experimenten, diseñen o modelen adiciones a sus creaciones.

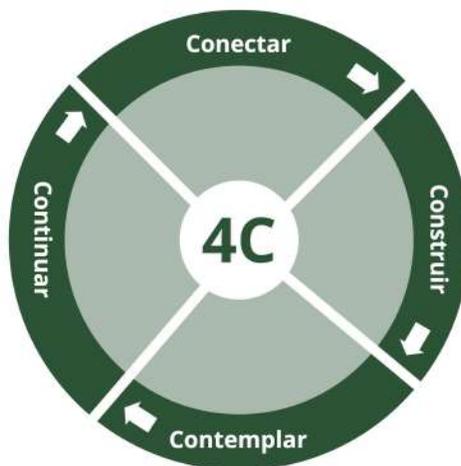


Figura 2.9: Metodología de las 4C, (LEGO, 2019).

Modelo CCPS

El modelo CCPS presenta una secuencia de diferentes fases para actividades que involucran la RE, permite particularmente identificar relevantes conceptos relativos al pensamiento computacional, tiene como propósito apoyar en la planeación de la intervención instruccional.

El modelo esta constituido por 5 fases para llevar a cabo la tarea de dar solución a una problemática y una fase que queda fuera de la tarea pero que es parte del proceso ya que en la realidad forma parte en el aula de clase (ver figura 2.10). Las fases consisten en lo siguiente:

- *Entender el problema*: En esta fase el alumno recibe la situación problema, identifica y se toma el tiempo suficiente para entender la problemática con la finalidad de identificar los requerimientos, así como el comportamiento que el robot deberá realizar.
- *Generar ideas*: Para esta fase el alumno genera ideas sobre el comportamiento del robot, de tal forma que satisfaga la problemática planteada. Está representado mediante diagramas, esquemas o bocetos.
- *Formular el comportamiento del robot*: Las anteriores ideas de comportamiento son

transformadas y expresadas a través de un algoritmo que describe la lógica y orden de las instrucciones que representan la solución a la problemática.

- *Programar el comportamiento del robot*: En esta etapa el algoritmo es transformado mediante un lenguaje de programación en instrucciones entendibles por el robot.
- *Evaluar el comportamiento del robot*: Consiste en observar que el comportamiento es realizado de acuerdo a las instrucciones programadas y que satisface la problemática planteada.
- *Actividad fuera de la tarea*: Es una fase no involucrada en el proceso de solución del problema, ya que es una retroalimentación que se da entre los alumnos y que puede estar en cualquier de las fases del modelo.

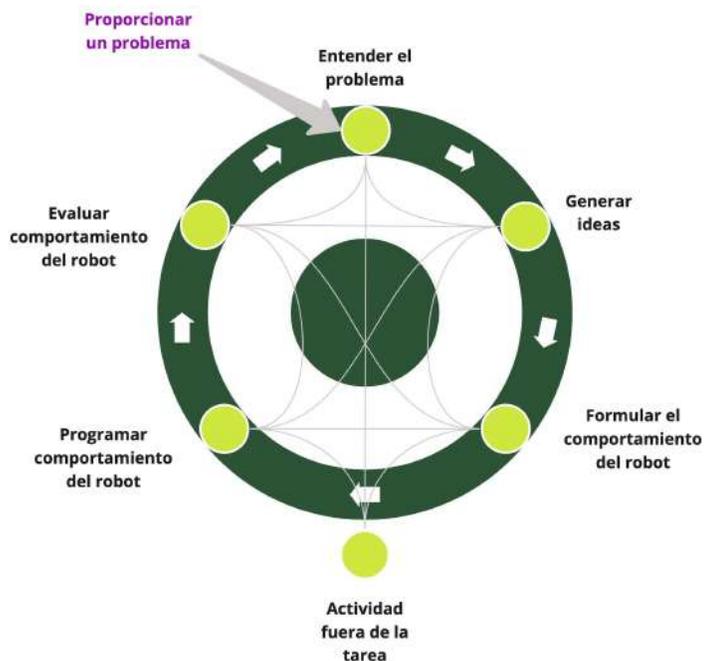


Figura 2.10: Modelo CCPS, (Chevalier et al., 2020).

2.2.4. Paradigmas de aprendizaje en la robótica educativa

Los paradigmas de aprendizaje de la robótica educativa se distinguen por los diferentes tipos de hardware, software y principalmente por su manera de interactuar con el robot. Gaudiello y Zibetti (2016) consideran tres tipos: aprendizaje de robótica, aprendizaje con robótica y aprendizaje por robótica. En todos ellos se busca un desarrollo cognitivo y un

crecimiento intelectual a través de una colección extensa de diferentes actividades, programas instruccionales, plataformas físicas y virtuales, recursos y objetos educativos, así como enfoques pedagógicos.

Aprendizaje de robótica

Los estudiantes utilizan un robot como una plataforma para aprender robótica, especialmente este enfoque está muy relacionado con el desarrollo de conceptos en disciplinas de ingeniería (tales como mecánica, control, electrónica y programación), procurando ponerlos de forma práctica y colaborativa. Para aprender de robótica, los robots más utilizados son los que se encuentran en la categoría de robots de construcción, debido a que los componentes pueden ser analizados a detalle. Los componentes son elementos que integran o entran en la composición de un todo (RAE, 2020), de tal forma, que si estos componentes logran trabajar en conjunto conseguirán desempeñar tareas específicas. La figura 2.11 detalla algunos de los componentes básicos en la RE.

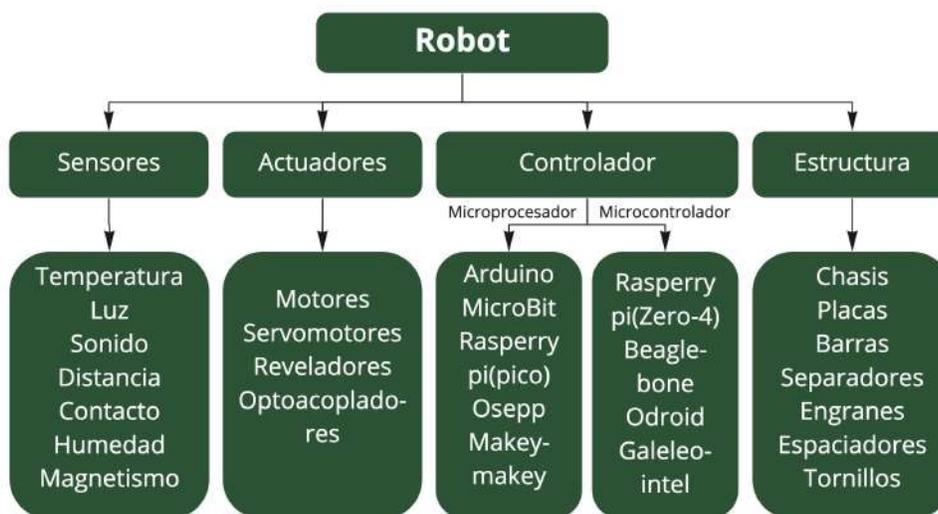


Figura 2.11: Componentes básicos del robot

Aprendizaje con robótica

Mediante este enfoque los robots toman un uso bajo dos modalidades, la primera como asistente para el docente en donde los temas no necesariamente son sobre robótica sino de cualquier otra disciplina, y es aquí en donde la RE sirve de apoyo para desplegar diferentes contenidos, como la enseñanza de idiomas (Hyun et al., 2008), guía de terapias con robótica (Charron et al., 2017),

apoyo en el desarrollo de habilidades blandas (Rubinacci et al., 2017), y sobre todo para probar modelos de diferentes ramas de inteligencias artificial. La otra modalidad es un acompañamiento a los alumnos en actividades como relacionar imágenes con palabras, memorización de palabras en otro idioma (Chang et al., 2010), apoyo en la solución de problemas matemáticos (Diago et al., 2018).

Aprendizaje por robótica

Mediante este enfoque los estudiantes aprenden los dos enfoques anteriores, conceptos sobre robótica y contenidos específicos de otras disciplinas. El docente toma un rol de facilitador donde procura que los estudiantes alcancen el propósito de las actividades, además de que desarrollan ciertas competencias transversales.

2.3. Diseño del aprendizaje mediante el uso de tecnología

Todo proceso educativo debe tener como finalidad un aprendizaje, aunque esto no siempre se cumple. Para asegurar un resultado satisfactorio es necesario incorporar implícita o explícitamente elementos pedagógicos. A continuación, se exponen algunos de los componentes pedagógicos más representativos, que tienen como propósito orientar el proceso educativo, entre estos se encuentran teorías, modelos y métodos educativos que pretenden explicar la forma en que el ser humano instruye y aprender. Esto con la intención de generar o mejorar los ambientes formativos, a través de un diseño de aprendizaje que organice y promueva el aprendizaje del alumno en función de sus necesidades e intereses.

2.3.1. Teorías de aprendizaje

El aprendizaje ha sido abordado por distintas corrientes filosóficas desde la antigua Grecia hasta reconocidas disciplinas como la psicología, donde se han desarrollado distintas teorías que intentan explicar este concepto y el proceso para obtenerlo. Schunk (2012) menciona que *el aprendizaje es un cambio perdurable en la conducta o en la capacidad de comportarse de cierta manera, el cual es resultado de la práctica o de otras formas de experiencia, y que una teoría es un conjunto científicamente aceptable de principios que explican un fenómeno*. A continuación se presentan algunas de las teorías de aprendizaje más representativas.

Conductismo

A principios del siglo XX, alrededor del año 1913 se iniciaron las primeras teorías sobre el conductismo, expuestas por John B. Watson, argumentando que, la psicología como ciencia debería examinar únicamente lo que se pudiera observar y medir, como la conducta y no los pensamientos o afecciones mentales que otros autores como Freud venían tratando, por lo tanto, se inicia el desarrollo de esta teoría que tiene como propósito describir la manera en que las personas aprenden y desarrollan hábitos (Berger, 2006).

En esta teoría el aprendizaje está ligado a un condicionamiento, en donde una respuesta es consecuencia de un estímulo determinado, también conocido como condicionamiento estímulo-respuesta. El aprendizaje se va dando de manera gradual a través de una secuencia de pequeños comportamientos condicionados mediante el uso de recompensas y castigos. Los tipos de condicionamientos más representativos son el clásico de I. Pavlov y el operante de B. F. Skinner quien es considerado como uno de los fundadores del conductismo.

Cognitivismo

Estas teorías tienen sus inicios entre los 50 y 60, Jean Piaget fue el precursor de la teoría cognitiva, argumentó que, comprendiendo el pensamiento de una persona es posible comprender su comportamiento. Su objeto de estudio es comprender cómo la mente interpreta, procesa y almacena la información en la memoria. Dos de los conceptos utilizados en la teoría son: a) estructuras cognitivas, conjunto de esquemas mentales que tiene cada individuo y que se forman a partir de los conocimientos que se van adquiriendo a través de la interacción con el medio; b) organización, parte del intelecto que ordena de cierta manera las estructuras mentales para ser utilizadas de manera eficiente. El aprendizaje se produce cuando los esquemas mentales o lo que se conoce, no es suficiente para resolver una situación, produciendo un desequilibrio que provoca el impulso hacia una búsqueda para encontrar otra respuesta (búsqueda del nuevo equilibrio), durante este proceso de equilibrio actúan conceptos como la **asimilación** (el individuo adopta nuevos conocimientos y los incorpora a su estructura mental) y la **acomodación** (se realizan cambios en la organización de su estructura mentales para responder a las nuevas demandas) logrando una nueva **adaptación** (Bonvecchio y Maggioni, 2006).

En esta teoría el aprendizaje es considerado como una adquisición de conocimientos, en

donde el alumno adquiere la información, la procesa y la almacena en la memoria. La instrucción en esta teoría sigue siendo unidireccional, las fuentes de conocimiento son el docente y los libros de texto, quedando el alumno como un receptor pasivo.

Constructivismo

El Constructivismo tiene sus inicios entre los años 70 y 80 en donde se desarrollan diferentes enfoques, entre los más reconocidos se encuentra el de Jean Piaget y Lev Vygotski. Consideran que el alumno construye de manera activa su conocimiento, interactuando con el entorno u objeto de conocimiento de acuerdo a Piaget y cuando esto se realiza en interacción con otros según Vygotski. La construcción activa de conocimientos se crea en la mente mediante las interacciones, cambiando la frase de *adquisición de conocimientos* por la de *construcción de conocimientos* (UNESCO, 2019).

Construccionismo

El Construccionismo se deriva del Constructivismo, fue desarrollado por Seymour Papert quien trabajo con Jean Piaget y tenía un gran interés por la computación y las matemáticas. Papert consideraba como medio a los objetos concretos para generar conocimiento, contemplo la construcción de robots como una forma para ayudar al alumno a pensar, además de permitirle desarrollar emociones y sentimientos por sus creaciones, las cuales podía palpar físicamente. En esta teoría al igual que la anterior los alumnos construyen su propio conocimiento trabajando de forma colaborativa en sus creaciones, esto les permite crecer y cambiar ideas y nociones incorrectas sobre ciertos conceptos preconcebidos, razón que considera que otra de las teorías que influyo sobre esta, es la Vygotski.

Es a partir de las teorías psicológicas de aprendizaje que se derivan distintos modelos, métodos, diseños instruccionales, estrategias y técnicas educativas que intentan favorecer el aprendizaje en los estudiantes y la enseñanza entre los docentes (Fernández, 2020). A continuación se describen algunos de estos elementos.

2.3.2. Terminologías esenciales en la educación

Dentro de la educación es común escuchar determinados elementos o conceptos clave como: modelo, método y metodología. Utilizar la terminología apropiada evitara confundir estos conceptos referidos, debido a lo cual se expone un breve descripción.

El término modelo proviene del italiano *modello* y tiene una diversidad de usos y significados como lo señala la REA (2021), algunas características presentadas por Chamizo (2006) mencionan que un modelo representa un objeto, sistema, fenómeno o proceso que puede expresarse de forma icónica y conceptual; entiéndase como modelo, una representación abstracta de una realidad y que suele ser representado por un esquema de imágenes y/o conceptos. De acuerdo con Fernández (2020) el modelo logra expresarse a través de formulaciones matemáticas, símbolos o palabras; describe entidades, procesos y atributos, así como las relaciones entre ellos. Dentro de la educación es posible encontrarse con distintos tipos de modelos.

Modelo educativo

Tünnermann define el modelo educativo como *la concreción, en términos pedagógicos, de los paradigmas educativos que una institución profesa y que sirve de referencia para todas las funciones que cumple (docencia, investigación, extensión, vinculación y servicios), a fin de hacer realidad un proyecto educativo* (2008, p. 15); además, de estar sustentado en la historia, valores, visión, misión, filosofía, objetivos y finalidades de la institución.

El modelo educativo es la manifestación de las referencias teóricas relacionadas sobre la existencia de un programa educativo, determinando las actividades administrativas y pedagógicas que se llevan a cabo en la institución educativa (Rodarte, 2020).

Modelo pedagógico

Los modelos pedagógicos son derivaciones de las teorías de aprendizaje, facilitan la puesta en funcionamiento de todo lo que conlleva el proceso educativo para el desarrollo de conocimientos y habilidades (Fernández, 2020). El modelo pedagógico de acuerdo con Ortiz (2013) es una representación ideal del ámbito educativo en donde se explica teóricamente su hacer, a menudo se forma de ideales de los integrantes de una comunidad.

Modelo didáctico

Para Santiváñez (2017) la didáctica es una ciencia auxiliar de la pedagogía que se encuentra constituida por propuestas teóricas y prácticas que se centran en las estrategias de enseñanza, planificación y desarrollo curricular. Así mismo, determina que los modelos didácticos son medios que ayudan a la aplicación de una teoría didáctica (tradicional, activista, humanista,

etc.) para que surja el aprendizaje. Algunos modelos que incorporan tecnología como propuesta para la enseñanza son:

- TPCK: (Technological Pedagogical Content Knowledge) este modelo presenta los tipos de conocimiento que el docente necesita saber para integrar tecnologías en la enseñanza, considera en un inicio tres tipos: del contenido, pedagógico y tecnológico (Mishra y Koehler, 2006).
- MITICA: El modelo se basa en cinco componentes para su implementación: dirección institucional, infraestructura TIC, coordinación y docencia TIC, docentes de otras áreas y recursos digitales (Piedrahita y López, 2003).
- SAMR: (Sustitución, Aumento, Modificación, Redefinición) modelo que tiene como propósito evaluar la forma en que se incorpora la tecnología al proceso educativo mediante un conjunto jerárquico de cuatro niveles, de esta manera conocer cuál tiene mayor o menor efecto en el aprendizaje (Puentedura, 2006).
- CUVIMA: El modelo guía el diseño de actividades didácticas mediadas por tecnología a través de cuatro marcos: una realidad en la disciplina de la física, modelización de la realidad con dispositivo móvil, análisis conceptual de la física, y análisis conceptual matemático (Cuevas et al., 2017).

Método

El método didáctico o de enseñanza es el camino para alcanzar los objetivos, la forma de cómo poner en práctica el modelo, suele estar relacionado con algún estilo o enfoque educativo. La elección del método dependerá del nivel de los estudiantes y de los contenidos, por ejemplo en la actualidad se busca que el alumno sea más activo en su proceso de formación, por lo que los métodos de aprendizaje activo como el aprendizaje basado en proyectos, aprendizaje basado en problemas o aprendizaje colaborativo, suelen ser los más adecuados para este propósito.

Metodología

La metodología de enseñanza es una serie de estrategias y procedimientos expresadas por sus métodos que indican cómo recorrer ese camino para llevar a buen término las acciones didácticas y alcanzar los objetivos de la enseñanza. La metodología concreta el método en un contexto determinado; por ejemplo, para el método aprendizaje basado en proyectos se

concretaría mediante una metodología de trabajo cooperativo y de creación de proyectos.

La estrategia es lo más concreto y aplicación última del modelo, el termino proviene del entorno militar, en donde se define cómo *el arte de dirigir las operaciones militares* RAE (2020). El estratega proyecta, ordena y dirige las acciones militares realizando lo necesario para conseguir la victoria, los pequeños pasos que conforman la estrategia se consideran técnicas o tácticas (Monereo et al., 2007). Para el caso de la educación el estratega deberá centrarse en los objetivos de aprendizaje que se persiguen, desarrollando una practica adecuada a la población estudiantil, creando ambientes de aprendizaje participativos y recursos didácticos para el enriquecimiento del proceso de enseñanza.

Lo anterior ha permitido conocer algunos conceptos relevantes utilizados en el proceso de enseñanza-aprendizaje, por lo cual implementar una propuesta de enseñanza con tecnología no es suficiente con saber solo sobre el uso de dicha tecnología, sino que es necesario considerar algunos conceptos pedagógicos para un mejor resultado. Por esta razón es conveniente planificar y organizar los aprendizajes, una manera de realizarlo es apoyarse de los modelos del diseño instruccional.

2.3.3. Diseño Instruccional

El diseño instruccional permite la construcción de un sistema planificado de enseñanza que busca enriquecer y encajar coherentemente estrategias, técnicas y recursos para el aprendizaje, dentro del acto educativo del individuo. De acuerdo con Martínez (2009) el diseño instruccional tiene como base los principios del diseño pedagógico que se remontan desde la antigua Grecia, con la utilización de diversos métodos empleados por las diferentes escuelas predominantes de aquella época, fue hasta principios del siglo XX con el surgimiento de las teorías de aprendizaje que se comienza con la idea de vincular éstas con la practica educativa, dando lugar a los distintos modelos de aprendizaje como los conductuales, cognitivos, sociales, etc. En donde se intenta explicar como se da el aprendizaje en el alumno: a partir de la repetición constante de la conducta en condiciones especificas; a través de la asociación y organización de esquemas mentales que se acomodan conforme se adquieren nuevos conocimientos acordes a su edad; interactuando con su entorno, con el objeto de conocimiento y en interacción con otros. Por lo que ahora el diseño instruccional emplea un conjunto de elementos (métodos, estrategias, actividades y recursos) que dan sentido a la información para generen una experiencia de

aprendizaje.

El diseño instruccional es la practica que permite llevar a cabo la construcción de un entorno educativo en donde a través de la creación de experiencias de aprendizaje se fomenta la adquisición de conocimiento y habilidades (Merrill et al., 1996). Martínez (2009) lo define como un proceso de planificación mediante una serie de pasos dependientes e interrelacionados que tienen como propósito hallar mejores practicas educativas. Asimismo, determina la existencia de cientos de modelos de diseño instruccional desarrollados con base a las necesidades y objetivos marcados, asegurando que en uso la cantidad es mucho menor, se exponen algunos de los más relevantes en la tabla 2.1.

Tabla 2.1: Modelos de Diseño Instruccional.

Fases	Descripción
ADDIE	El modelo consta de cinco pasos o fases de los cuales toma su nombre: Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación. Es un modelo de uso general para la gestión de recursos en la educación.
Dick y Carey	De los más utilizados en la disciplina de tecnología instruccional. Compuesto por una secuencia de 10 pasos que no se evalúan independientemente, sino que hasta el final del proceso se verifica el funcionamiento en su totalidad.
IPISD	El modelo IPISD (Interservices Procedures for Instructional Systems Development, por sus siglas en ingles) consta de 5 pasos que son evaluados constantemente en cada una de sus fases, sin necesidad de esperar a finalizar la totalidad del proyecto, siendo esta una de sus principales ventajas.
Kemp, Morrison y Ross	Este modelo consta de nueve pasos con una evaluación continua y final, es posible utilizarlo de manera flexible debido a que sus fases no llevan una secuencia, ni se encuentran conectados linealmente, incluso es posible no emplear en la totalidad sus pasos dependiendo del proyecto.
ASSURE	El modelo consta de seis pasos tomando su nombre de las iniciales en inglés: Analizar audiencia; Establecer objetivos; Seleccionar métodos, tecnologías y materiales; Utiliza métodos, tecnologías y materiales; Requiere la participación de estudiantes; Evaluar y ajustar; no considera evaluaciones continuas, se realiza hasta el final del proceso.

Nota: Elaboración propia.

De entre los modelos de diseño instruccional uno de los modelos comúnmente empleado es el modelo ADDIE por su uso general y flexibilidad (Morales et al., 2014). La tabla 2.3 describe las fases que lo componen de acuerdo con McGriff (2000).

Tabla 2.2: Fases del Modelo ADDIE.

Fases	Descripción
Análisis	En esta fase se define el problema, se analizan las necesidades del estudiante y se plantea una solución con base en el contenido y el entorno donde se llevará la instrucción. Las salidas de esta fase serán las entradas de la siguiente.
Diseño	Se consideran las estrategias que serán empleadas en el desarrollo de la instrucción, se considera un enfoque sobre los aspectos didácticos y se determina la clasificación del contenido. Se definen los objetivos, el orden de los contenidos, la planificación de actividades, la forma de evaluación y los recursos a utilizar.
Desarrollo	Durante esta fase se desarrollan los contenidos, las actividades y las evaluaciones, tanto los diseñadores como desarrolladores elaboran y unen todos los componentes de la instrucción.
Implementación	Es la etapa donde se lleva a cabo lo planificado, se inicia con la publicación y entrega del contenido al estudiante, se pone a prueba la instrucción ejecutando lo planificado, verificando el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje.
Evaluación	La evaluación puede ser formativa y/o sumativa, la evaluación formativa se lleva a cabo durante todo el proceso verificando los logros y haciendo ajustes antes de la versión final, la evaluación sumativa se realiza al final de proceso para verificar si se alcanzó los objetivos esperados.

Nota: Elaboración propia.

El diseño instruccional hace hincapié a la instrucción y al instructor, es una estrategia para llevar a cabo su planificación, una forma de dirigir y ofrecer los contenidos educativos, con la finalidad de evaluar conocimientos, habilidades u objetivos de aprendizaje. Considera marcos conceptuales para establecer no sólo qué enseñar, sino cómo enseñarlo a ciertos tipo de público.

Por otro lado, cuando el aprendizaje se requiere centrar en el estudiante (en lugar del instructor) es importante considerar incluir, además del diseño instruccional conceptos como la experiencia de usuario (lo que la persona percibe al interactuar con un producto o servicio), que al colaborar juntos desarrollan una óptima experiencia establecida por el tipo de instrucción, teniendo como resultado el diseño de una experiencia de aprendizaje.

La experiencia de aprendizaje es el conjunto de actividades que dirige a los estudiantes a afrontar una situación o problema complejo, no es únicamente una tarea o actividad, contiene una serie de acciones que el estudiante deberá realizar para obtener un producto final, puede ser una investigación, un proyecto, un experimento, un trabajo de campo, etc. En la experiencia de aprendizaje las actividades se realizan por etapas sucesivas ya que se encuentran conectadas entre sí, regularmente van de menor a mayor complejidad y se organizan para realizarse en un tiempo y desarrollarse en un espacio determinado.

2.4. El modelo de procesos

De acuerdo con la REA (2021) un proceso esta definido por como un *conjunto de fases sucesivas para llevar a cabo una operación* con la finalidad de lograr un resultado específico. El concepto es empleado en una extensa variedad de contextos, por ejemplo en el ámbito de la informática es común en el estudio del proceso de desarrollo del software con el propósito de brindar soporte a los desarrolladores; en las organizaciones está presente en el proceso de negocio en casi todos sus niveles, determinando el conjunto de tareas destinadas a ofrecer un mejor servicio o un producto al cliente; en el ambiente jurídico establece un conjunto de actos y trámites seguidos ante un juez o tribunal para determinar un proceso penal, criminal, civil, etc. Por consiguiente en el ámbito educativo no es la excepción, con una variedad de procesos de enseñanza-aprendizaje que intentan transmitir valores y saberes.

Una manera efectiva de entender y comprender los procesos es a través de representarlos en forma de diagramas, mapas o modelos, estas simbolizaciones gráficas representan acciones, pasos y procedimientos, así como las relaciones entre ellos. Un diagrama es una representación sencilla del flujo de trabajo, señala los elementos principales pero omite detalles relacionados con el proceso; por otro lado el mapa incluye más detalle acerca del proceso, añade actores,

eventos, resultados, entre otros elementos; finalmente el modelo contiene información más completa, además de todos los elementos anteriores llega a incluir descripciones, mensajes, fórmulas, etc.

Un modelo de procesos indica a los participantes los pasos a seguir y los resultados a obtener de cada proceso, lo que garantiza una estandarización en la forma de cómo las actividades se llevan a cabo desde su inicio hasta lograr el objetivo del proceso, haciéndolo fácilmente reproducible. El modelado de procesos es una técnica en la que se emplean representaciones gráficas (flujogramas) para especificar los procesos actuales de un área de negocio, permite comprender sus procesos internos mediante una notación gráfica, brinda la capacidad de comunicar los procedimientos de manera estándar y facilita la comprensión de las colaboraciones y transacciones entre organizaciones. Esto asegura que las empresas se comprendan a sí mismas y a los participantes en sus acciones, lo que permite a las organizaciones adaptarse rápidamente a nuevas circunstancias (BPMN, 2021).

2.4.1. Lenguajes notacionales y técnicas para modelado de procesos

Los lenguajes notacionales son empleados para realizar este tipo de representaciones gráficas, establecen un conjunto de reglas semánticas y sintácticas, de tal forma que es entendible por cualquiera que reconozca el lenguaje. Existe una gran variedad de lenguajes notacionales cada uno con sus propias peculiaridades y características, desde aquellos que permiten expresar los procesos de trabajo y facilitan una herramienta para realizar las actividades esenciales como definir y modelar, hasta aquellos que posibilitan la simulación o la automatización de algunas partes del proceso. Uno de los estándares donde la industria tiende a centrarse es el modelo y notación de procesos de negocio (BPMN, por sus siglas en inglés) para describir sus procesos de negocio, debido a que son más fáciles de entender incluso que los diagramas de actividad de UML, propiciando una mejor comprensión para todos los usuarios (Pérez, 2007). A continuación se mencionan algunos de los más representativos.

1EDTECH Learning Design Specification

Para el ámbito educativo y de formación, 1EDTECH (2022) ha propuesto la especificación 1EDTECH Learning Design (1LD), un lenguaje de modelado educativo, que permite modelar los procesos de aprendizaje, secuenciar actividades estableciendo un orden de principio a

fin de manera lineal. La especificación busca contribuir a limitaciones como la ausencia de formas para describir estrategias de enseñanza (enfoques pedagógicos), así como los objetivos educativos. El 1LD se especifica en un archivo XML estandarizado en donde se hace referencias a todos los elementos involucrados (método, roles, actividades, componentes, seguimientos, recursos). Para facilitar tanto la producción de la especificación como su posterior implementación, 1LD se ha dividido en tres partes: nivel A: comprende todos los conceptos básico necesario, roles, actividades de aprendizaje y de soporte, método, recursos, así como la organización de todo ellos; nivel B: se agregan propiedades y condiciones a la base proporcionada por el nivel A permitiendo definir estructuras más complejas para dirigir las actividades de aprendizaje y registrar los resultados; nivel C: agrega notificaciones al nivel B, como respuesta al aprendizaje impulsado por eventos en tiempo real.

La especificación 1LD abarca diversos documentos: 1) una guía de mejores prácticas, para un óptimo diseño e implementación; 2) enlace de información, consiste en una colección de notas e información de apoyo que describe cómo se representa el 1LD como un conjunto de elementos XML y cómo se enlazan estos elementos utilizando las convenciones del esquema XML, se apoya de una serie de segmentos gráficos acompañados de una narrativa simple para describir el formato XML; 3) modelo de información, describe un modelo para el diseño de aprendizaje, contiene tres componentes principales: a) un modelo conceptual, donde se consideran los conceptos básicos y la relación entre ellos; b) un modelo de información, describe los elementos, atributos y restricciones para los diferentes niveles; c) un modelo de comportamiento que describe el conjunto de comportamientos que el sistema de entrega debe implementar.

Business Process Model and Notation

Business Process Model and Notation (BPMN), puede ser traducido como modelo y notación de procesos de negocio (BPMN, 2021), es una especificación desarrollada inicialmente por Business Process Management Initiative y es mantenida actualmente por Object Management Group (OMG, 2019). De acuerdo con Bizagi (2021) BPMN define un diagrama de procesos de negocio (BPD), que se basa en una técnica de notación gráfica que representa mediante diagramas de flujo de trabajo los procesos del área de negocio, donde constantemente se busca mejorar la eficiencia del proceso y su calidad. Con la finalidad de que todos los involucrados tengan la misma comprensión de la mayoría de procesos, las empresas crean documentos con

descripciones de sus procesos clave, incluyendo modelos gráficos, de tal forma que guían a los empleados a través de los pasos a seguir en los procesos, garantizando que se lleven de manera estandarizada. Un Modelo de Proceso de Negocio, entonces, es una red de objetos gráficos, que son actividades (es decir, tareas) y los controles de flujo que definen su orden de desempeño.

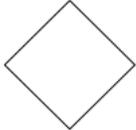
Las categorías de los elementos básicos son:

- Objetos de flujo
- Objetos de conexión
- Carriles
- Artefactos

Objetos de Flujo

A continuación se muestran una lista de los elementos de modelado básico representados por la notación, la tabla 2.3 muestra los tres elementos centrales de los objetos de flujo, figuras simples y fáciles de reconocer.

Tabla 2.3: BPD Objetos de Flujo.

Objeto	Descripción	Figura
Evento	Representados por un círculo, los eventos afectan el flujo del proceso y por lo general tienen una causa o impacto. Existen tres tipos de eventos: inicial, intermedio y final.	
Actividad	Es el termino genérico para realizar una tarea. Los tipos de actividades son tarea y subproceso, este último se distingue por un pequeño signo en la parte superior izquierda.	
Compuerta	Controla las decisiones y bifurcaciones de las fusiones o uniones de un camino dentro del diagrama.	

Nota: Recuperado de <http://resources.bizagi.com/docs/Introduction%20to%20BPMN.pdf>.

Objetos de conexión

Permiten conectar entre sí objetos de flujo en un diagrama para crear la estructura básica de un proceso de negocio. Existen tres objetos de conexión para realizar esta función, la figura 2.4 muestra este tipo de conectores.

Tabla 2.4: BPD Objetos de Conexión.

Objeto	Descripción	Figura
Flujo de secuencia	Muestra el orden (secuencia) en el que se realizan las actividades en un proceso.	
Flujo de mensaje	Representa el flujo de mensajes entre dos participantes del proceso.	
Asociación	Se utiliza para asociar datos, texto y otros artefactos con objetos de flujo, muestra entradas y salidas de actividades.	

Nota: Recuperado de <http://resources.bizagi.com/docs/Introduction%20to%20BPMN.pdf>.

Objetos de Carriles

Dentro del modelado de procesos se emplea el concepto de carriles para organizar actividades en distintas categorías con el propósito de separar diferentes responsabilidades, en la tabla 2.5 se observan los tipos de objetos de carriles BPD.

Tabla 2.5: BPD Objetos de Carriles.

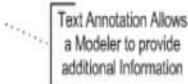
Objeto	Descripción	Figura
Piscina	Representa a los participantes dentro de un flujo de trabajo, con actividades diferentes a otras piscinas.	
Carril	Se localizan dentro de una piscina e indican quién realiza qué dentro del proceso.	

Nota: Recuperado de <http://resources.bizagi.com/docs/Introduction%20to%20BPMN.pdf>.

Artefactos

Es posible agregar cualquier cantidad de artefactos a un diagrama de acuerdo al contexto de los procesos que se estén modelando, esto facilita establecer las diversas entradas y salidas de las actividades en cada procesos, la tabla 2.6 ilustra los tipos de artefacto predefinidos.

Tabla 2.6: BPD Artefactos.

Objeto	Descripción	Figura
Objetos de datos	Indica los datos requeridos o producidos por una actividad. Son conectados a las actividades a través de asociaciones.	
Grupos	La agrupación es utilizadas con fines de documentación o análisis.	
Anotaciones	Utilizado para incluir información adicional para el lector del diagrama.	

Nota: Recuperado de <http://resources.bizagi.com/docs/Introduction%20to%20BPMN.pdf>.

Rol Activity Diagrams

Una manera de representar los procesos coordinados es también a través del Diagrama Rol Actividad (RAD, por sus siglas en ingles), desarrollado originalmente para modelar de manera efectiva procesos colaborativos. RAD indica los roles que juegan un papel en el proceso y las acciones e interacciones que las componen, junto con los eventos externos y la lógica determinan que acciones se llevan a cabo y cuándo, de esta manera se muestra la actividad de los roles en el proceso y como ellos colaboran (Ould, 2005).

Lenguaje Unificado de Modelado

El lenguaje unificado de modelado (UML, por sus siglas en ingles), fue desarrollado e implementado en la década de los 90 por los ingenieros de software Grady Booch, Ivar Jacobson y James Rumbaugh; pretendían separar la metodología de los procesos, convirtiéndose en un

estándar no solo para el desarrollo de software, sino también para la gestión de proyectos, proceso de negocios, actividades empresariales y representaciones de distintos sectores (Microsoft, 2021).

2.5. Sumario

En el capítulo se presentaron varias teorías empleadas en la enseñanza de las matemáticas específicamente para desarrollar el pensamiento variacional, de la misma forma se realizó una revisión sobre los principales métodos para trabajar con la RE, además, de tener en cuenta las principales teorías de aprendizaje del área pedagógica. Cada una de estas teorías y métodos fue considerada de acuerdo a su categoría para aportar algunas de sus principales características en la propuesta de este proyecto.

Finalmente en la revisión de los más importantes lenguajes de modelado de procesos se optó por emplear BPMN como la herramienta para realizar el modelado de procesos de este proyecto, debido a la claridad y sencillez de lectura de los modelos realizados con esta notación.

Fase de análisis del problema práctico

La fase de análisis del problema práctico viene siendo abordada desde el primer capítulo, haciendo mención de la problemática y planteando algunas preguntas de investigación, en el segundo capítulo se mencionan algunas teorías dentro de la matemática educativa de como se han abordado problemas similares, por lo que en esta sección se concluye esta fase planteando los elementos del proceso educativo y la forma de trabajo de los participantes. En primer lugar se representa la combinación de la metodología IBD con el modelo ADDIE para efectuar el desarrollo de la propuesta y definir los conceptos básicos que caracterizan al modelo de procesos, posteriormente se describen los elementos del proceso educativo involucrados, así como sus actividades principales.

3.1. Metodología IBD y Modelo ADDIE

La metodología IBD suele apoyarse de procedimientos de otros métodos ya sea formales o informales normalmente caracterizados por utilizar enfoques mixtos con cierta tendencia a lo cualitativo, la metodología procura estudiar la actividad educativa con el propósito de mejorarla, a través del diseño de modelos, entornos didácticos, programas, aplicaciones, recursos, entre otros (De Benito y Salinas, 2016).

En la figura 3.1 se representa la manera en que se ha combinado el modelo ADDIE dentro de la IBD desde un inicio para determinar los procesos del modelo educativo, procurando cumplir

con los elementos que integran una experiencia de aprendizaje. La primera fase de la IBD se apoya en la primera etapa del modelo ADDIE, en la segunda fase desarrollo de la solución es asistida por las etapas diseño y desarrollo del modelo ADDIE, la tercer fase de la IBD recurre a las últimas etapas, implementación y evaluación del modelo ADDIE. El trabajar en conjunto estas herramientas ha permitido realizar un análisis detallado de la problemática, definir los procesos y actividades de los participantes para finalmente llegar a una propuesta de solución.

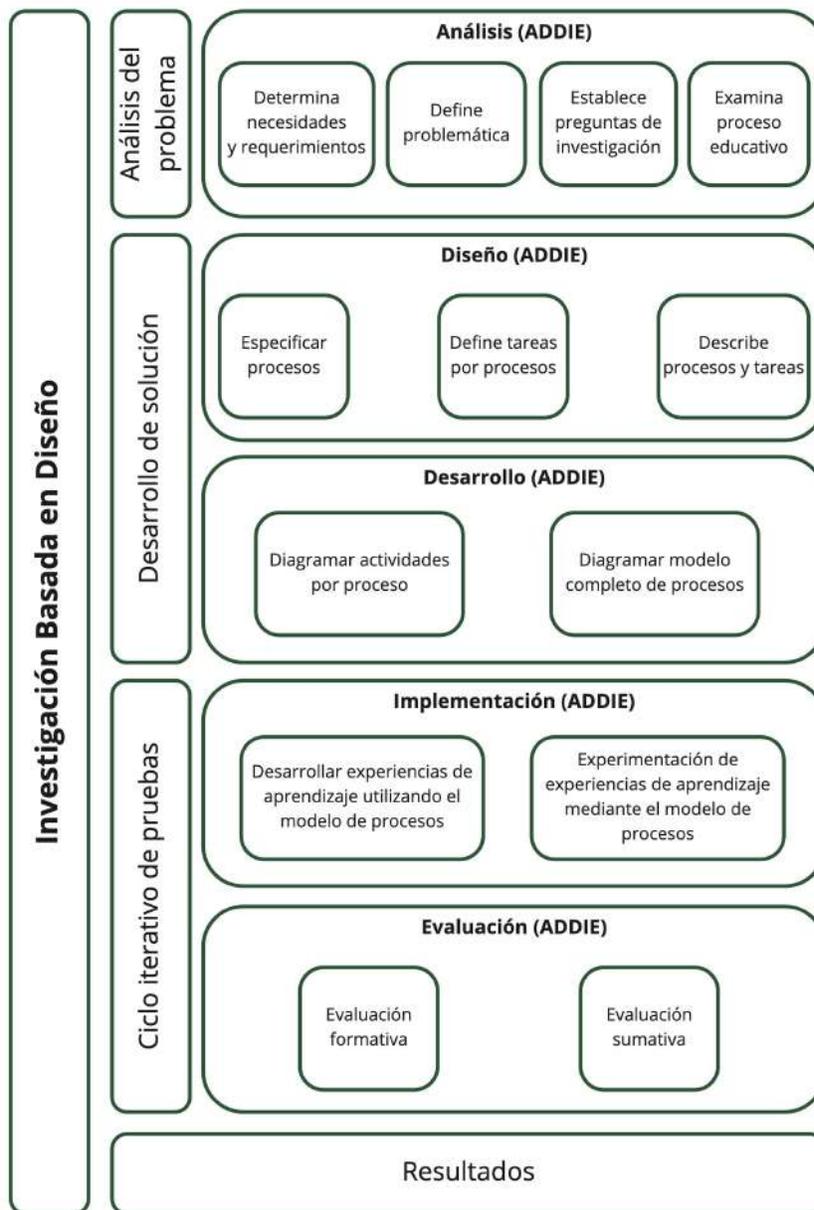


Figura 3.1: Modelo ADDIE empleado en la IBD. Elaboración propia.

3.2. Elementos del procesos educativo

El proceso educativo por su comportamiento puede ser considerado como un proceso de negocio, Pérez define al proceso de negocio como *un conjunto de actividades relacionadas, dentro de una organización que tienen como objetivo conseguir un determinado resultado* (Pérez, 2007, p. 2). Se establece el proceso de negocio como el conjunto de actividades relacionadas entre sí, destinadas a ofrecer un servicio o producto.

Una forma de abordar el proceso educativo es a través de experiencias de aprendizaje activas, donde utilizar tecnología para realizar el proceso educativo es hoy más importante que nunca. La mayoría de profesores se han dado cuenta que las herramientas TIC's son necesarias para favorecer el proceso educativo (Salcedo, 2019) Por lo tanto, los elementos más representativos que se encuentran inmersos dentro de la educación están representados en la figura 3.2.

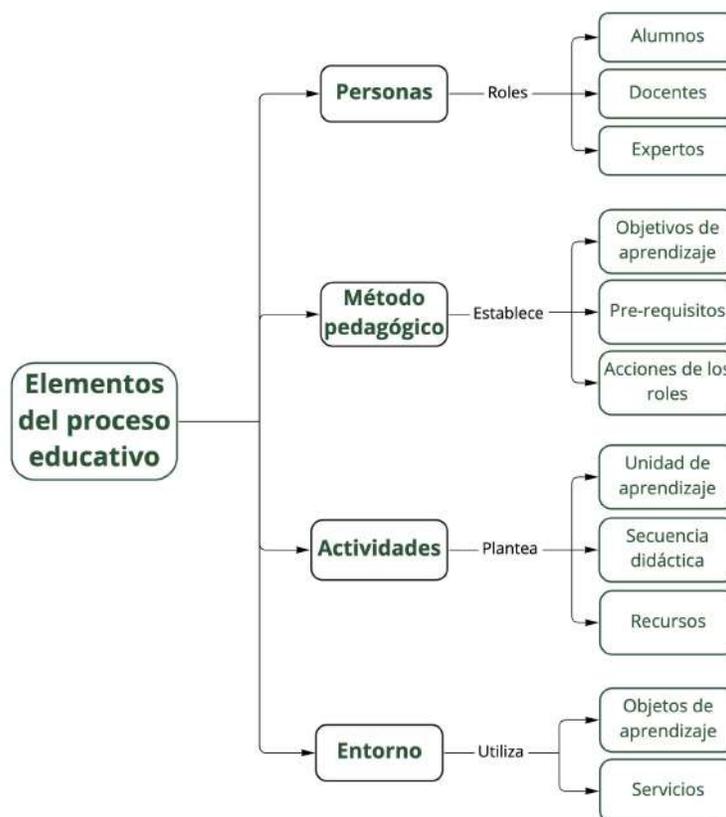


Figura 3.2: Elementos del proceso educativo.
Elaboración propia.

3.2.1. Personas

El primer elementos representado en el diagrama son las personas las cuales interpretan un papel o rol, no hay un rol más importante que otro, pero si uno puede tener más protagonismo que los demás, pero todos son indispensables para el buen funcionamiento del proceso educativo.

Roles

Define la forma en que actúan los profesionales que estarán involucrados (docentes, diseñadores o expertos) para que juntos exploren la naturaleza del problema educativo que experimentan los alumnos. Para el modelo de procesos educativo al menos cuatro roles actúan para llevar a la práctica la experiencia de aprendizaje utilizando RE, la tabla 3.1 describe las características de los participantes.

Tabla 3.1: Roles de los participantes.

Rol	Características
Docente	El proceso educativo inicia con la necesidad del docente para crear una experiencia que apoyen su trabajo didáctico. Conoce sobre los temas de aprendizaje, así como de estrategias didácticas para el nivel que imparte y esta interesado en implementar la RE para mejorar la experiencia de aprendizaje de sus alumnos en un tema particular.
Alumno	Son los actores más importantes, debido a que son quienes realiza la instrucción para fortalecer su conocimiento y habilidades específicas.
Diseñador de experiencias de aprendizaje (DEA)	La tarea principal del diseñador consiste en diseñar contenidos educativos en formato de unidades de aprendizaje, considerando metodologías de aprendizaje, diseño y tecnología. Trabaja de la mano con el docente para coordinar la generación de cursos y sobre todo tiene conocimientos básicos sobre el uso de la tecnología que se pretende implementar.
Desarrollador Web (DW)	Hay actividades que no necesariamente se pueden llevar de manera presencial, ya sea por tiempo, contingencia sanitaria o por la extensión del proyecto, por lo cual es necesario hospedar los contenidos o unidades de aprendizaje en algún sitio o plataforma web, para que el alumno pueda acceder desde cualquier punto y a cualquier hora. Por esta razón el diseñador deberá contar con conocimientos sobre LCMS y/o LMS.

Nota: Elaboración propia.

Actividades de los Diferentes Roles

Docente:

En este proceso uno de los principales actores es el docente, quien sugiere la temática curricular que se deberá abordar, así como la competencia que desea desarrollar. Otro de los actores que acompaña al docente en este proceso es el DEA, juntos exploran la naturaleza del problema educativo hasta establecer los objetivos de aprendizaje y finalmente determinar una situación de contexto, la cual deberá estar vinculada a fenómenos o situaciones dentro de la robótica.

Para que el mismo docente puede plasmar y recabar los datos necesarios, se ha establecido una plantilla (anexo A) con la cual, rápidamente pueda describir las necesidades y permitir al DEA conocer los requerimientos. La plantilla se encuentra dividida en dos secciones, la primera parte solicita los datos generales referentes al docente y su asignatura, en la siguiente sección el docente describe los objetivos y todos los datos referentes a las necesidades de su proyecto didáctico, de esta manera el DEA logra plantear la situación robótica como resultado de este proceso. Al ser el docente uno de los principales actores en este proceso, tiene entre sus principales actividades la de proporcionar información que permita establecer las necesidades y requerimientos sobre el objetivo de aprendizaje, en la tabla 3.2 se describen las actividades más importantes que realiza el docente.

Tabla 3.2: Actividades del docente.

Profesional	Acciones	Descripción
Docente	Competencias	Especifica la competencia o habilidad a desarrollar.
	Temática	Selecciona la temática de trabajo.
	Objetivo	Determina hacia dónde se quiere llegar.
	Justificación	Argumenta el porqué del proyecto.
	Audiencia	Establece para quien esta dirigido.
	Metodología	Sugiere una metodología didáctica.
	Modalidad	Sugiere en qué ambiente de aprendizaje se impartirá.
	Contenidos	Menciona lo que aprenderá la audiencia.
	Requerimientos	Con que debe contar la audiencia para participar.

Nota: Elaboración propia.

Alumno:

En este proceso el alumno es el principal actor, ya que es quien deberá actuar sobre los dispositivos robóticos ya sea de manera física o virtual. La manera en que el alumno lleva a cabo la experimentación robótica es a través de las siguientes tareas: analizar, diseñar, construir, programar, evaluar y compartir. Esto con el propósito de que el alumno genere nuevas ideas mediante este proceso para la resolución de problemas utilizando RE, la tabla 3.3 describe las principales actividades que realiza el alumno para llegar a proponer una solución.

Tabla 3.3: Actividades del Alumno.

Profesional	Acciones	Descripción
Alumno	Analizar	Comprende el problema planteado en la situación robótica e identifica y entiende lo que debe realizar el robot para solucionar la problemática.
	Diseñar	Genera ideas de la construcción del robot o en su caso del comportamiento que deberá realizar dicho robot, para esto se apoya en representaciones como diagramas, esbozos y esquemas. Posteriormente se expresa dicho comportamiento mediante algoritmos.
	Construir	Construye una solución al problema con base en el diseño creado anteriormente, valiéndose de sensores, actuadores, conectores, etc. Esta etapa aplica solo cuando se trabaja con robots de construcción.
	Programar	Realiza una programa en el lenguaje soportado por el robot para transformar el comportamiento expresado en el algoritmo a un comportamiento realizado por el robot.
	Evaluar	Verificar que las acciones realizadas por el robot van acorde al comportamiento programado, así como considerar si es apropiada la solución al problema o tiene que ser corregida.
	Compartir	Si el comportamiento funciona como se ha diseñado y la solución satisface la problemática planteada al inicio, es momento de comunicar los datos e información obtenida con los compañeros.

Nota: Elaboración propia.

Diseñador de Experiencias de Aprendizaje:

Dentro del proceso de diseño de experiencia de aprendizaje uno de los principales actores es el DEA, quien con ayuda del docente plantea y planea la experiencia de aprendizaje para adquirir los conocimientos y competencias de la mejor manera.

Uno de los principales objetivos del DEA es precisamente el diseño de una experiencia de aprendizaje, la cual se considera realmente significativa cuando inicia como un desafío, un caso para resolver o un problema representado por una situación real; es decir, donde se pueda demostrar que lo aprendido se puede aplicar en la vida real de forma fácil y sencilla. Allen (2011) muestra una variante del cono de la experiencia de Edgar Dale en la figura 3.3, en el cual considera la importancia de presentar los contenidos al estudiante, estos pueden ser a través del *hacer, decir, escuchar, ver y leer*, en donde a medida que se acerca a la parte ancha del cono, el aprendizaje se vuelve más profundo, además, de aumentar la cantidad de información retenida.

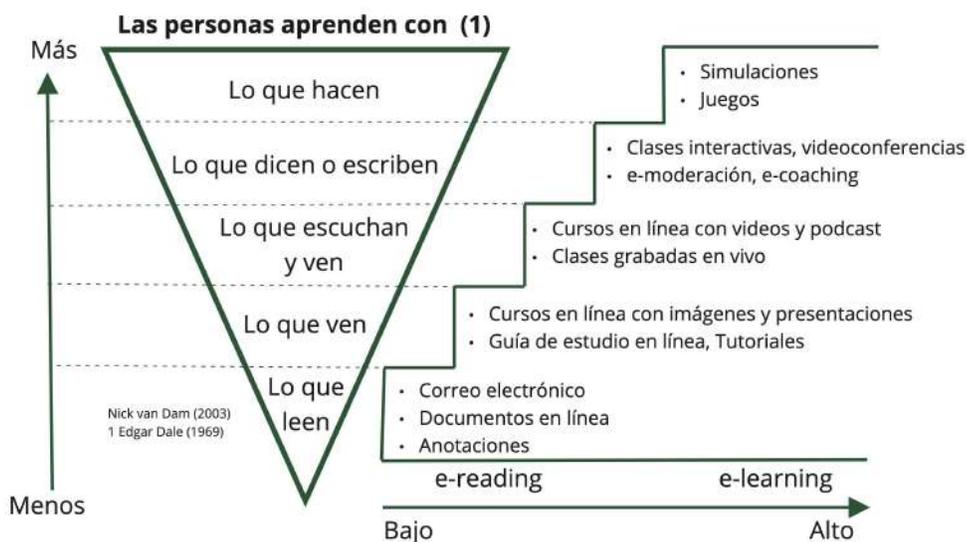


Figura 3.3: Cono de aprendizaje (Allen, 2011).

Como se puede observar una de las mejores formas de planificar las acciones es que los estudiantes aprendan haciendo, es la forma de mayor retención de lo aprendido, por el contrario la retención del estudiante es más baja cuando se utilizan recursos como PDFs, emails y anotaciones. Son consideraciones que el diseñador contempla y dependiendo de las condiciones

del lugar y la audiencia, selecciona unos u otros recursos, la tabla 3.4 especifica algunas de las actividades del DEA.

Tabla 3.4: Actividades del Diseñador de Experiencias de Aprendizaje.

Profesional	Acciones	Descripción
DEA	Necesidades	Conocer de las necesidades mencionadas por el docente, lo que conlleva a considerar competencias, modalidad, metodología, etc.
	Conceptos	Entiende sobre los conceptos de la asignatura, específicamente sobre el tema seleccionado.
	Tecnología	Tiene conocimientos sobre la tecnología empleada para definir los momentos de uso.
	Audiencia	Conoce las características que mejor describen a la audiencia.
	Situación robótica variacional	Platea la creación del escenario de aprendizaje.
	Secuencia didáctica	Determina qué acciones o actividades va a realizar el alumno y en qué tiempos.
	Método didáctico	Define la estrategia didáctica para llevar a cabo la situación.
	Contenidos y recursos	Define los contenidos necesarios y los divide en relación a la duración de la unidad de aprendizaje.
	Requerimientos	Especifica los requerimientos para llevar a cabo las actividades
	Criterios de evaluación	Establece cuales serán los criterios de evaluación para cada actividad o para toda la secuencia.
Evaluación	Platea la rúbrica de evaluación que será empleado.	

Nota: Elaboración propia.

Desarrollador Web:

Otro de los roles importante es el del desarrollador web, cuando la experiencia de aprendizaje no se lleva de manera presencial o se requiera alojar materiales, recursos, contenidos o unidades de aprendizaje en algún sitio o plataforma web, de tal manera que puedan ser accedidos por los alumnos desde cualquier punto y lugar. Esto con el fin de que el alumno comience a revisar materiales como textos, videos o contenidos adicionales fuera de clase. En la tabla 3.5 se muestran algunas de las principales acciones que realiza el DW para diseñar y desarrollar un

sitio o contenido web.

Tabla 3.5: Actividades del Desarrollador Web.

Profesional	Acciones	Descripción
DW	Wireframe	Representación visual de la estructura de la página o sitio web, es realizada en escala de grises, normalmente a mano.
	Mockup	Es ya un diseño de calidad media o alta donde se incorporan colores, tipos de fuente, fondos, etc. Representa la estructura y demuestra las funciones básicas de la web.
	Maquetación	Es el primer acercamiento del producto final, donde se verá toda la estructura de navegación, así como el diseño completo.
	Programación	Se desarrolla el proyecto empleando alguno lenguaje de programación.
	Pruebas	Se evalúa el funcionamiento del sitio o contenido web.
	Despliegue	El sitio o contenido web pasa a estar disponible para su uso.

Nota: Elaboración propia.

3.2.2. Método pedagógico

El método tiene como propósito cumplir con los objetivos de aprendizaje, consiste en un conjunto de acciones o actos secuenciales, los cuales están relacionados a uno o más roles, definen la dinámica del proceso de enseñanza, es decir que rol obtiene que actividades y en que momento del proceso deben actuar. Por otro lado también considera los requisitos previos que deberán cumplir los alumnos de acuerdo al nivel educativo.

3.2.3. Actividades

Son las acciones que realiza un rol dentro de un entorno en combinación con los objetos de aprendizaje y servicios, se pueden agregar a una estructura de actividades que hacen referencia a una secuencia didáctica. Se encuentran dos tipos: actividades de aprendizaje y actividades de apoyo. La primera describe la actividad que deberá realizar el usuario, en la mayoría de los casos la descripción de la actividad es un texto pero en algunos casos puede ser un archivo de audio o video. Por otro lado la actividad de apoyo es muy parecida a la actividad de aprendizaje, pero sin los objetivos de aprendizaje y los requisitos previos. En la tabla 3.6 se encuentran algunos de los elementos más significativos para la realización de actividades.

Tabla 3.6: Elementos de la Actividad.

Elementos	Descripción
Unidad de aprendizaje	Hace referencia a una parte delimitada de la educación, como un curso, módulo o lección.
Diseño de experiencia de aprendizaje	Describe la forma que permite a los alumnos alcanzar los objetivos de aprendizaje, especificando el método y las actividades en un orden dentro de un entorno de aprendizaje determinado.
Objetivo del aprendizaje	Describe los resultados esperados o que deben alcanzar los alumnos una vez completada la unidad de aprendizaje.
Rol	Especifica los roles de los participantes en una unidad de aprendizaje: alumno, docente y expertos.
Entorno	Escenario constituido por una colección estructurada de objetos de aprendizaje (RE), servicios (mails, conferencias, monitoreo) y subescenarios.
Objeto de aprendizaje	Recursos digitales o no digitales reproducibles y direccionables utilizados para realizar actividades de aprendizaje o actividades de apoyo.
Método	Especifica el proceso enseñanza-aprendizaje mediante una secuencia de actos y cada acto está relacionado con uno o más roles, muy parecido a cómo se lleva a cabo una obra de teatro.

Nota: Elaboración propia.

3.2.4. Entornos

Los entornos son espacios o escenarios para llevar a cabo las actividades y pueden contener dos tipos de elementos básicos:

- **Objetos de aprendizaje:** El comité de estándares de tecnologías de aprendizaje de la IEEE propone la siguiente definición: *Un objeto de aprendizaje se define como cualquier entidad, digital o no digital, que puede utilizarse para el aprendizaje, la educación o la formación* (IEEE, 2002, p. 6). Además, pueden estar clasificados en tres tipos: objetos-conocimiento, objetos-herramienta, objetos-prueba.
- **Servicios generales:** Es un tipo de acceso a un servicio como foros de discusión,

herramientas de monitoreo, blogs, wikis, redes sociales, buscadores, etc.

3.3. Sumario

En el capítulo se identificaron los principales elementos del proceso educativo para llevar a cabo una experiencia de aprendizaje utilizando RE, entre los elementos definidos se encuentran: a) las personas, quienes a través de un rol realizan acciones para lograr los objetivos de aprendizaje; b) el método pedagógico, donde se definen los objetivos a alcanzar, los pre-requisitos para poder acceder y las acciones que cada personaje realiza de acuerdo a su rol asignado; c) las actividades, establecidas a través de unidades de aprendizaje y ordenadas mediante una secuencia didáctica haciendo uso de recursos y materiales; finalmente d) el entorno, escenario donde se realiza todo el proceso de aprendizaje.

Los elementos anteriormente identificados son piezas importantes para determinar los diferentes procesos que integraran el modelo de ahí la importancia de identificarlos.

Fase de desarrollo de la solución

En esta fase de la metodología se emplean dos etapas del modelo ADDIE, el diseño y el desarrollo para formular la propuesta de solución, inicialmente se especifica cada uno de los procesos que conformarán la experiencia de aprendizaje, se definen las tareas para cada proceso y se describe cada uno de ellos para posteriormente ser representados a través de la notación gráfica BPMN empleando la herramienta Bizagi Process Modeler para diseñar los diagramas. Finalmente en la etapa de desarrollo se integran los diseños de cada proceso para crear el modelo de procesos que guíe el desarrollo de una experiencia de aprendizaje que permita fomentar el pensamiento variacional utilizando RE.

4.1. Diseño de procesos para la experiencia de aprendizaje

Los procesos planteados a continuación se determinaron a partir del anterior análisis efectuado, estableciendo una secuencia de procesos que integrarán el modelo de procesos educativo para la creación de una experiencia de aprendizaje utilizando RE para desarrollar el pensamiento variacional. También se consideraron la revisión de métodos empleado en la creación de actividades con RE, se contemplaron estrategias didácticas para poner en practica un aprendizaje activo.

El modelo propuesto busca integrar estos procedimientos aislados para que, de una manera rápida y comprensible se pueda crear una experiencia de aprendizaje que consiga en los estudiantes desarrollar en todo caso un conocimiento o competencia. Los procesos planteados que fueron considerados necesarios para llevar a cabo la creación de la experiencia de aprendizaje son los siguientes:

- Conceptos y especificaciones de la experiencia de aprendizaje robótica
- Diseño de la experiencia de aprendizaje
- Experimentación robótica
- Interpretación matemática
- Institucionalización

4.1.1. Conceptos y especificaciones de la experiencia de aprendizaje robótica

El primer proceso tiene como propósito, identificar dificultades y/o necesidades en la adquisición de un aprendizaje dentro de la practica educativa del profesor, por lo que el docente tiene el rol protagonista de este proceso, es aquí donde él sugiere la intervención tecnológica para facilitar de alguna manera una mejor asimilación por parte del alumno sobre el concepto o procedimiento que pretende enseñar.

El proceso inicia cuando el docente identifica dificultades de aprendizaje sobre un concepto, procedimiento o como en este caso un objeto matemático. Plantea una temática curricular para solicitar la intervención tecnológica, por lo tanto establece las competencias a desarrollar en el estudiantes, con estos elementos propone la intervención tecnológica para poder ofrecer una alternativa distinta al estudiante con la intención de mejorar la comprensión del concepto matemático. Por lo tanto las tareas identificadas a realizar por parte del docente dentro de este proceso son las siguientes:

- Identifica dificultades de aprendizaje de un concepto o procedimiento
- Plantea el tema curricular para la intervención tecnológica
- Establece las competencias a desarrollar en los estudiantes
- Propone una intervención tecnológica como nueva alternativa

La figura 4.1 representa el diagrama del primer proceso, es iniciado por el docente al percatarse de ciertas dificultades de aprendizaje en su practica educativa, concluye con la propuestas para una intervención tecnológica.

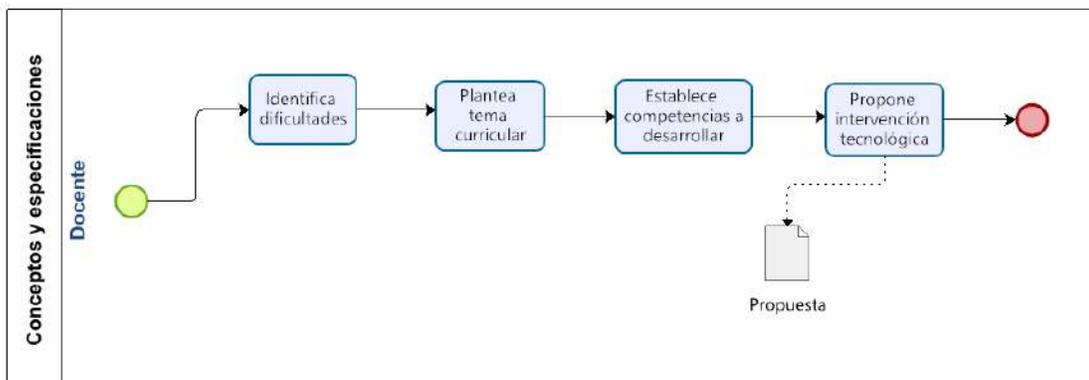


Figura 4.1: Diagrama del proceso conceptos y especificaciones de la experiencia de aprendizaje robótica.

4.1.2. Diseño de la experiencia de aprendizaje

La experiencia de aprendizaje usualmente parte de una situación real o simulada; es decir, de una situación de contexto (circunstancias que se producen en un entorno, integrado por elementos y factores como la ubicación geográfica, aspectos culturales, sociales, históricos o laborales) que permite influir de forma positiva el aprendizaje de los estudiantes.

Las situaciones de contexto que actualmente atraen a la mayoría de estudiantes se encuentra en el espacio laboral de su profesión u oficio, principalmente con la incorporación de nuevas tecnologías que hacen más eficiente y eficaz el funcionamiento de la situación. Por lo que se considera un espacio apropiado para elegir una situación de contexto, por ejemplo incorporación de robótica, domótica, inmótica, urbótica, internet de las cosas, entre otras. Una vez seleccionada la situación de contexto lo siguiente será designar un título a la experiencia de aprendizaje, este título deberá ofrecer una perspectiva general de lo que se abordará en ella.

Dentro de una experiencia de aprendizaje es esencial que los estudiantes enfrenten una situación o desafío. Para lo cual, la situación significativa tiene las características apropiadas,

como ser retadora o desafiante para el alumno. Por consiguiente la situación significativa describe el contexto y condiciones para poder generar el reto o desafío (considera situación de contexto, saberes previos y zona de desarrollo próximo), una vez descrito el contexto se redacta el reto o desafío que tendrá que realizar el estudiante, de tal manera que se le propone elaborar un producto y/o actuación, la cual será la evidencia de que el estudiante trabajo en este proceso educativo.

Para determinar el producto y/o actuación se consideran competencias y desempeños, estos normalmente se encuentran marcados en el programa curricular y a partir de estos es posible indicar los criterios de evaluación para describir las cualidades o características de aquello que se pretender valorar. El desarrollo del producto se va realizado mediante una secuencia de actividades basadas en una practica de aprendizaje, que se evalúan de manera formativa, para finalmente establecer la rúbrica de evaluación. La figura 4.2 representa la relación de estos elementos de la experiencia de aprendizaje.

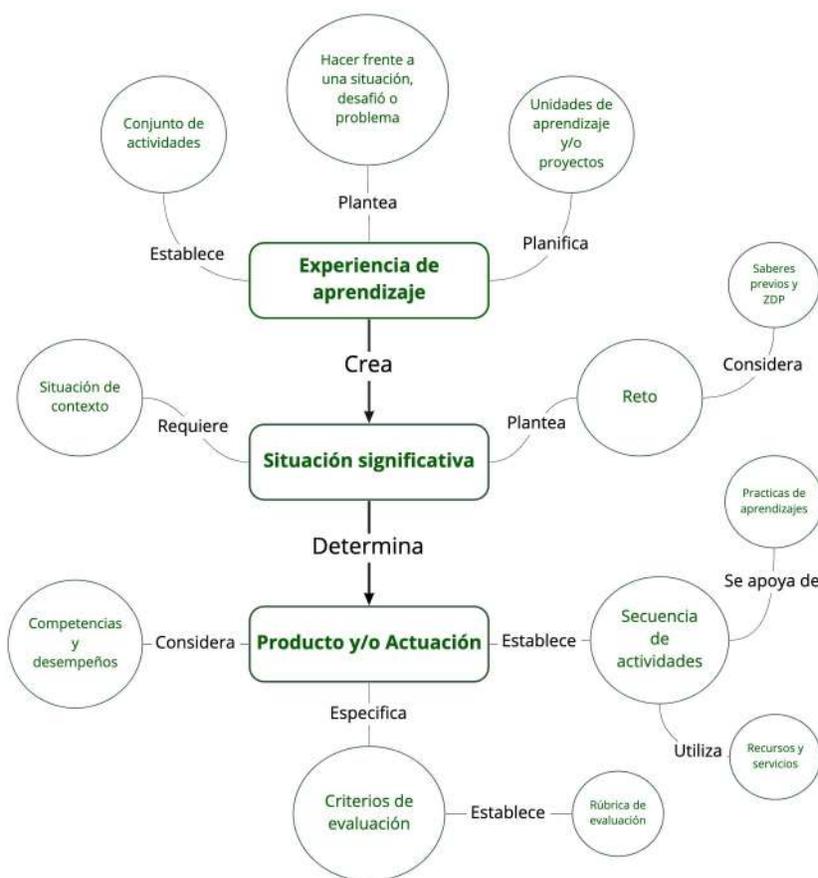


Figura 4.2: Elementos de la experiencia de aprendizaje

El diseño de experiencia de aprendizaje esta a cargo del DEA y se apoya del docente para diseñar la instrucción y el aprendizaje, y del DW para la realización de recursos y servicios, entre las tareas a realizar dentro de este proceso se identifican las siguientes:

DEA

- Recibe la propuesta de intervención tecnológica por parte del docente
- Explora contextos de aplicación tecnológica con RE relacionados al tema curricular
- Identifica una situación de contexto que permita desarrollar la experiencia de aprendizaje
- Elige un título para la experiencia de aprendizaje que refleje de manera general lo que se abordara en ella.
- Crea una situación significativa para el alumno
- Plantea un reto considerando saberes previos y ZDP
- Redacta la situación significativa indicando el reto que debe afrontar el alumno
- Determina la creación de un producto y/o actuación
- Consulta competencias y desempeños curriculares
- Establece secuencia de actividades según las practicas de aprendizaje
- Plantea recursos y servicios a utilizar
- Especifica los criterios de evaluación
- Establece rubricas de evaluación

DW

- Crea recursos para las actividades como unidades de aprendizaje u objetos de aprendizaje
- Pública los materiales y recursos en la web para ser accedidos por los alumnos

El diagrama del diseño de la experiencia de aprendizaje se encuentra representado por la figura 4.3, el proceso da inicio al recibir la propuesta de intervención y finaliza con la entrega de una situación significativa.

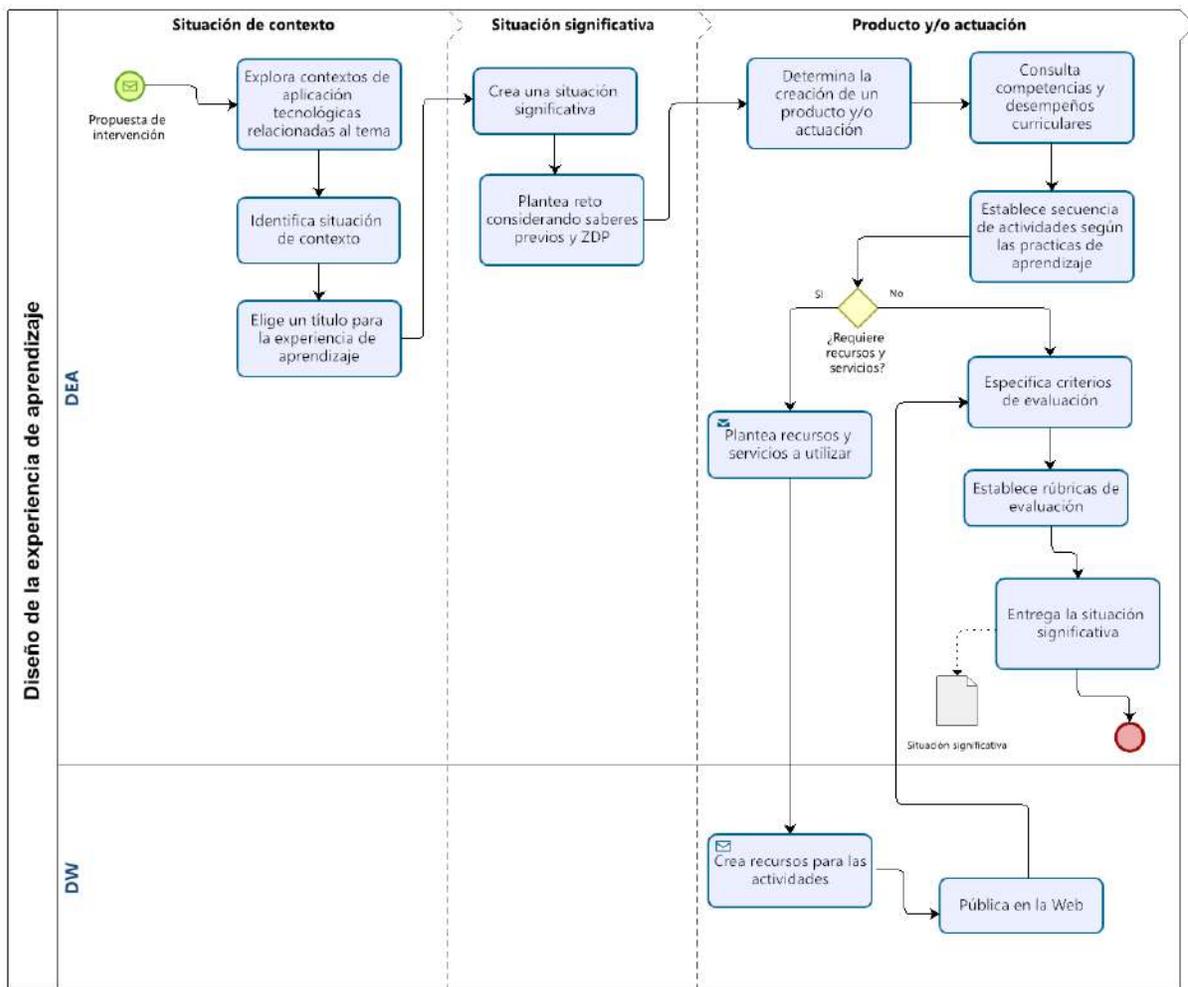


Figura 4.3: Diagrama del diseño de la experiencia de aprendizaje.

4.1.3. Experimentación robótica

El proceso de la experimentación robótica tiene como principal protagonista al alumno, es quien recibe la situación significativa, en este proceso el alumno principalmente afronta y da solución al reto o problemática planteada en la situación mediante el uso de RE, el proceso tiene como punto de inicio la recepción de la situación significativa donde se plantea el reto y el escenario para que el alumno realice las acciones, como resultado de este proceso obtendrá una serie de

datos e información que posteriormente tendrá que interpretar en el siguiente proceso. Entre sus principales tareas a realizar se encuentran las siguientes:

- Analiza y entiende de manera clara que debe solucionar, por lo que esta en constante comunicación con el docente para resolver todas sus dudas; por otro lado, es indispensable que el docente conceda tiempo suficiente para realizar la tarea.
- Genera ideas para dar una solución, creando esquemas, bocetos o diagramas que representen ya sea la construcción y/o el comportamiento (lo que debe hacer el robot), dependiendo de la problemática planteada; en este punto, si es necesario el docente menciona algunas técnicas para generar ideas.
- Formula el comportamiento de lo que tiene que hacer el robot, lo representa mediante algoritmos, si ya se dispone de un robot; de lo contrario deberá ser primero armado con los componentes que el docente estableció al inicio como parte del escenario.
- Utiliza los dispositivos robóticos y comienza con la programación del comportamiento del robot, no antes, de lo contrario no tiene ese espacio de reflexión para realizar los cálculos (sobre tiempo, movimiento, espacio, etc.) que le permitan desarrollar las competencias planteadas al inicio.
- Verifica los resultados obtenidos después de la programación, si la solución es satisfactoria se obtendrán datos e información que se interpretará en el siguiente proceso.

La figura 4.4 representa el diagrama de experimentación robótica, el proceso señala principalmente una manera de dar solución a una problemática utilizando RE, el proceso tiene como punto de inicio una situación significativa que plantea un reto y un escenario para que el alumno realice acciones que lleven a la solución, y como resultado del proceso la obtención de una serie de datos e información que posteriormente tendrá que interpretar.

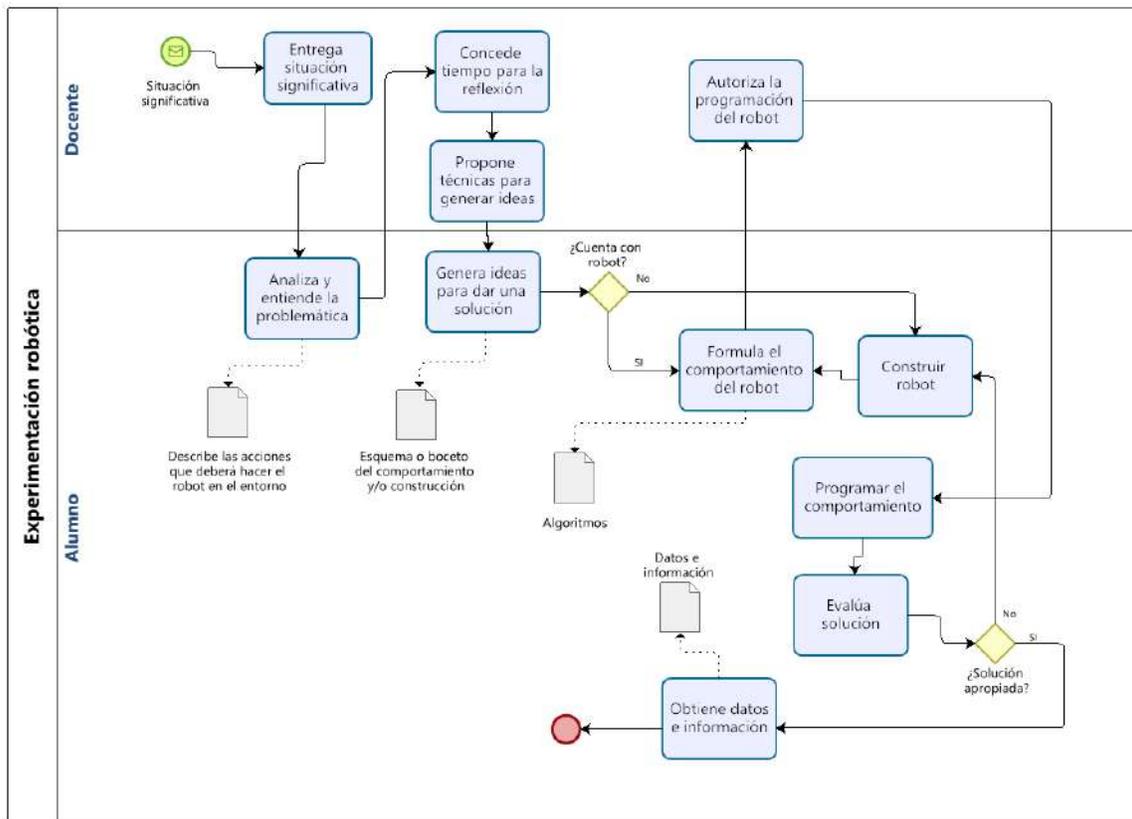


Figura 4.4: Diagrama de la experimentación robótica.

4.1.4. Interpretación matemática

El proceso anterior permite al alumno obtener una serie de datos, los cuales son representados de manera tabular; es decir, utilizando una variedad de tablas donde se registran los cambios ocurridos sobre las variables. Estas variables previamente han sido identificadas y representan una magnitud (distancia, temperatura, tiempo, etc.) que cambia continuamente y tienen una relación al menos con otra variable, de tal forma que cuando una cambia, también cambia la otra.

Después de una representación tabular el alumno pasa a una representación diferente, la gráfica, donde interpreta cómo cambian dichas variables; la gráfica es construida a partir de los datos de la tabla previamente realizada. Finalmente el alumno intenta representar mediante una expresión analítica la relación entre la variable dependiente y la variable independiente, de tal forma que se logre modelizar matemáticamente la situación variacional (ver figura 4.5).

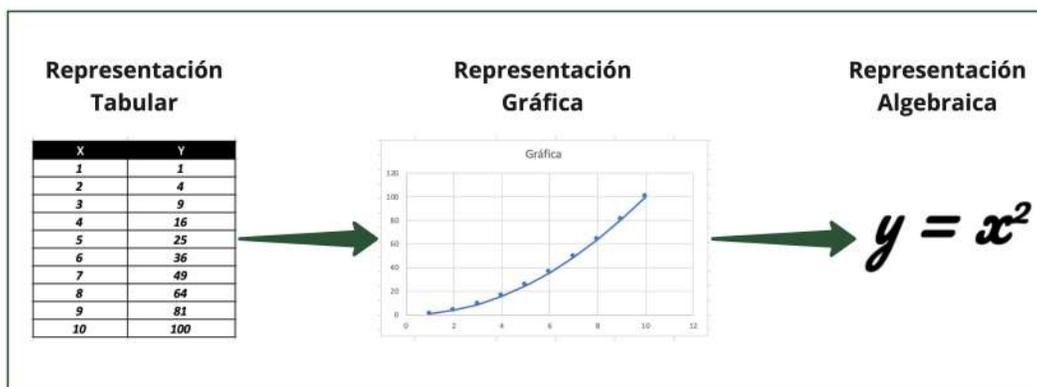


Figura 4.5: Representaciones semióticas

La interpretación matemática consiste en una serie de momentos que parten de la obtención de datos e información, donde el alumno argumenta con una explicación la situación variacional, identificando patrones o pautas que le permiten determinar ¿Qué cambia?, ¿Cuánto cambia? y ¿De qué forma cambia? Lo que posibilita realizar diferentes representaciones. Entre sus principales tareas que realiza dentro de este proceso se mencionan las siguientes:

- Argumenta la explicación de la situación variacional
- Representa de manera tabular los datos obtenidos
- Representa de manera gráfica los datos tabulados
- Representa de forma algebraica los datos tabulados y gráficos

El punto de inicio de este proceso es contar con los datos e información obtenidos del proceso de experimentación, por lo que la primera tarea que realiza el alumno es identificar lo que permanece constante y lo que está cambiando continuamente, para representarlo por medio de constantes y variables, así como identificar si existe una relación entre las variables. El alumno trata de argumentar de manera verbal lo que significan esos datos, qué representan y cómo se obtuvieron dentro de la experimentación, la tarea es retroalimentada con los comentarios realizados por parte del profesor.

El alumno continúa representando esos datos ahora de manera tabular con apoyo de una tabla, donde previamente ha identificado la relación entre al menos dos variables llamadas: variable independiente x y variable dependiente y , para después representarlos de manera gráfica

dentro del plano cartesiano, marcando dichos datos como puntos que posteriormente una para conseguir la forma de la gráfica, el diagrama de este proceso se presenta en la figura 4.6.

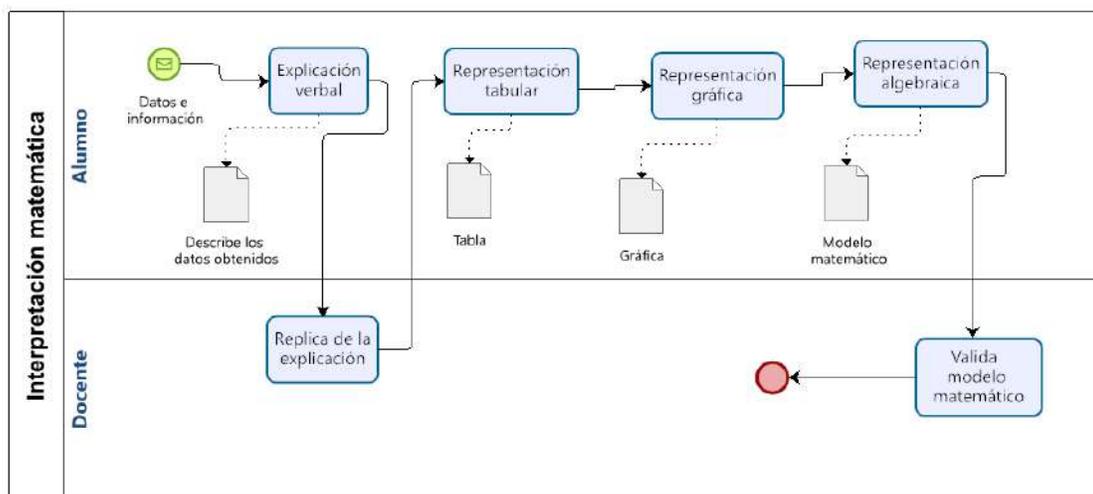


Figura 4.6: Diagrama de la interpretación matemática

4.1.5. Institucionalización

Es común que en las instituciones académicas algunos piensen que incorporar productos tecnológicos para las acciones que desarrollan los alumno no deberían ser institucionalizadas. Por ejemplo, es recurrente escuchar en las aulas que se prohíbe el uso del celular en horarios de clase, incluso en algunas instituciones educativas llega haber publicaciones con carteles indicando que esta prohibido su uso. Desde esta posición se puede decir que este tipo de acciones no están institucionalizadas.

Pero en algunos casos son los propios alumnos que junto al docente sugieren aprovechar que todos tienen un celular y deciden formar un grupo para utilizar WhatsApp desde el inicio del ciclo escolar, y utilizan este medio para que el docente envíe materiales de su clase. De este modo los alumnos esperan que se les envíen dichos materiales para realizar sus tareas. Por lo cual esta acción se ha institucionalizado, aunque la institución educativa prohíba el uso de celulares, no impide que en el aula del docente la acción este institucionalizada.

La institucionalización aparece cuando la interacción que se tiene con los demás se da a partir de un esquema tipificado (jefe-empleado, medico-paciente, docente-alumno) y es

recíproco en acciones habitadas. Por ejemplo las acciones habituales del docente son: escribir en el pizarrón, explicar, resolver dudas, etc. Y las del alumno son: tomar apuntes, escuchar, hacer preguntas, etc. Por lo que la reciprocidad entre estos roles es que las acciones desarrolladas por el docente sean las esperadas por los alumnos y de la misma forma las acciones desarrolladas por los alumnos sean las esperadas por el docente.

El docente cuenta con un proceso, este proceso es resultado de la acción que los distintos roles generan a través de actuaciones habitadas, que tienen cierta aceptación en la comunidad académica. El proceso puede ser una acción, una actividad, un conjunto de procesos que componen toda la experiencia de aprendizaje.

El docente aprovecha que la mayoría de los estudiantes están interesados en como darle ordenes a un robot para que realice alguna acción específica, por lo que consigue un dispositivo robótico físico o virtual y prepara sus actividades para explicar esos conceptos matemáticos abstractos en un contexto basado en el dispositivo robótico, donde los conceptos puedan ser aplicados de manera inmediata. En este caso los alumnos esperan que dichos conceptos matemáticos puedan ser aplicados al momento en una actividad que sea de su interés. De esta manera dicha acción al menos estará institucionalizada en su aula (ver figura 4.7).

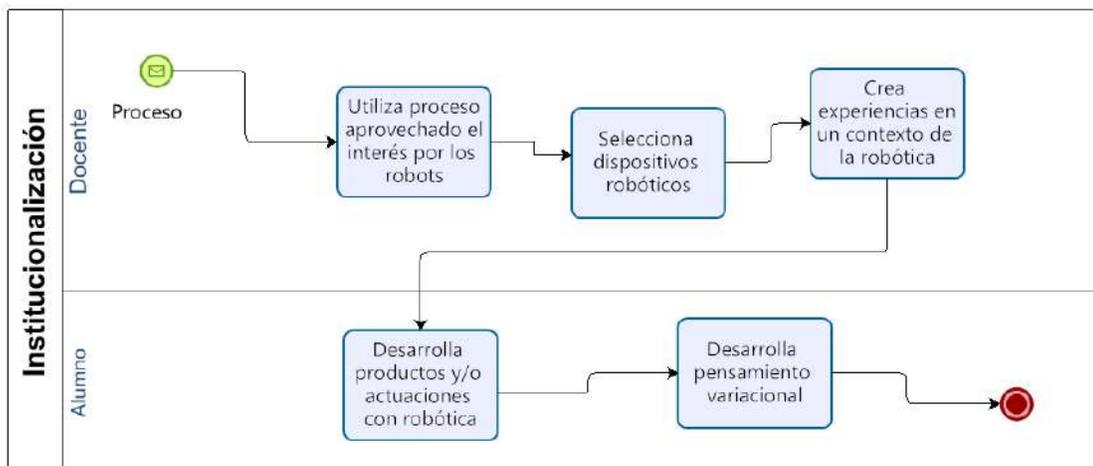


Figura 4.7: Diagrama del proceso de institucionalización

4.2. Desarrollo del modelo de procesos de la experiencia de aprendizaje

El modelo de procesos educativo busca describir ampliamente las tareas necesarias para construir una experiencia de aprendizaje utilizando RE, para desarrollar o fomentar conocimientos, competencias o habilidades. El modelo promueve principalmente el uso de la RE para la creación de ambientes de aprendizaje, su proceso de experimentación robótica permite la aplicación y manipulación de forma real de conceptos matemáticos a través de la realización de proyectos, además de facilitar un trabajo colaborativo entre los alumnos.

La RE puede ser vista como un dispositivo para realizar acciones, para el cual es posible desarrollar aplicaciones de la misma forma como se haría con un dispositivo móvil, no es necesario conocer con exactitud su composición interna para el desarrollo de aplicaciones, con reconocer sus componentes externos, el sistema operativo y su lenguaje de programación es suficiente para crear aplicaciones para interactuar con éstos. La RE tiene un funcionamiento muy similar al dispositivo móvil en cuanto a la forma de crear aplicaciones, por lo que se puede apoyar de algunos de sus métodos.

Trabajar con la RE no significa que necesariamente se tenga que desarrollar aplicaciones o construir un tipo de robot, en el ámbito educativo también se puede disponer desde un inicio de una aplicación para interactuar con un tipo de robot específico, de tal forma que la experiencia de aprendizaje este centrada en los campos formativos que se pretenden desarrollar. De ahí que el modelo de procesos educativo tenga como finalidad guiar todo el proceso para la creación de una experiencia de aprendizaje utilizando la RE.

El modelo esta compuesto por un total de cinco procesos que permiten la creación de una experiencia de aprendizaje utilizando la RE con el propósito de fomentar el desarrollo del pensamiento variacional. El modelo esta representado por un diagrama que especifica en cada proceso la secuencia de tareas necesarias para obtener un producto en cada proceso y este producto viene a ser el insumo del siguiente proceso y así sucesivamente hasta obtener la experiencia de aprendizaje como producto final, ver figura 4.6. A continuación se describe el modelo de procesos educativo de acuerdo a cada uno de sus procesos.

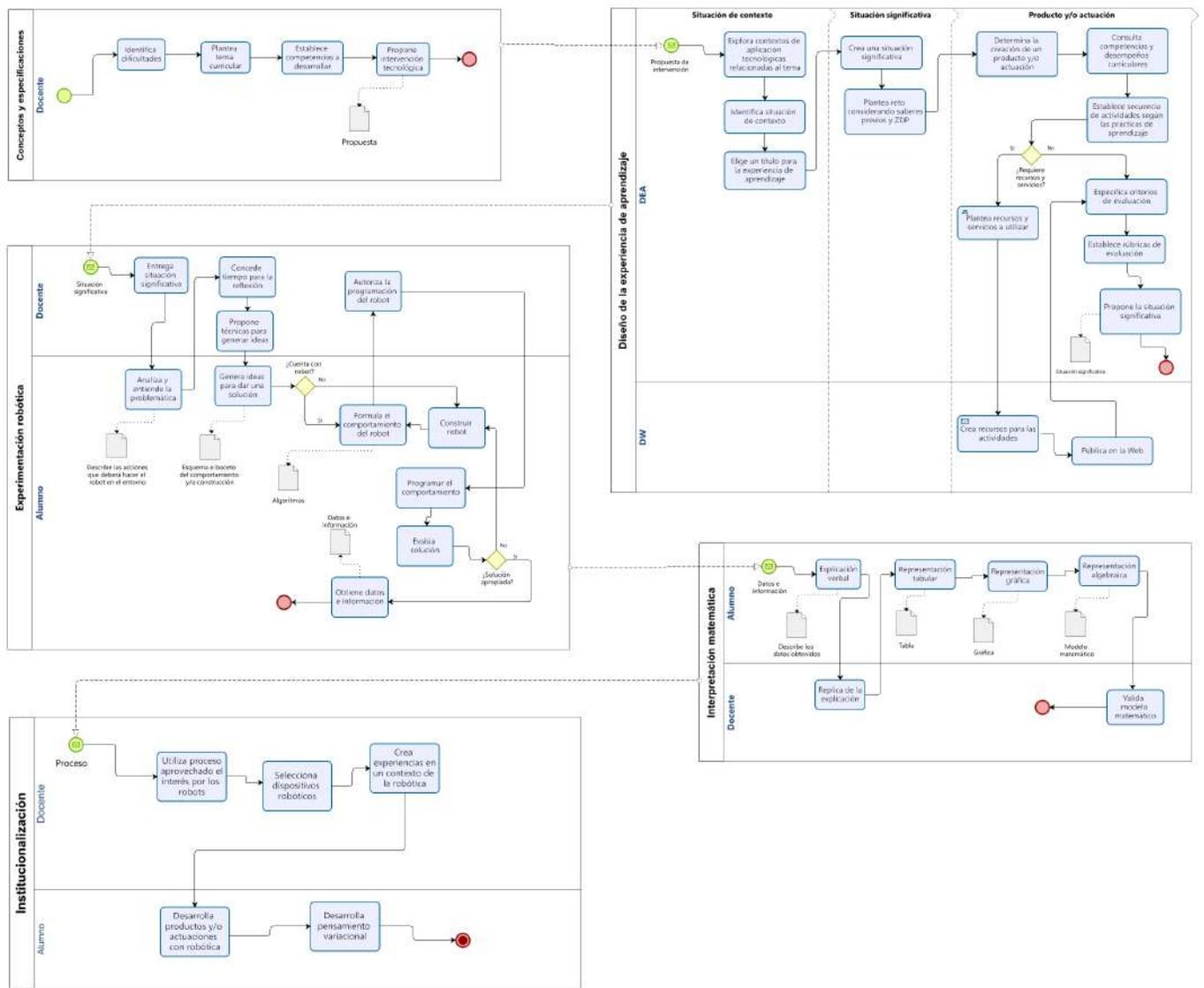


Figura 4.8: Modelo de procesos para una experiencia de aprendizaje con RE para fomentar el pensamiento variacional.

4.3. Sumario

A lo largo del capítulo se presentaron cinco diagramas que representan los principales procesos que guían el desarrollo de una experiencia de aprendizaje utilizando RE y tiene como principal propósito fomentar el pensamiento variacional. El primer proceso identifica entre los alumnos las dificultades que tienen con relación al concepto matemático de variacional. El proceso de diseño de la experiencia de aprendizaje no solo refleja la forma de organizar la instrucción sino considera la integración de algunos tipos de aprendizaje que faciliten al profesor visualizar la ruta que seguirán sus alumnos. Por otro lado, el proceso de experimentación robótica dirige la forma de interactuar con la tecnología para conseguir datos e información que en el proceso de interpretación matemática tendrán que analizar y representar de distintas maneras. En el último proceso el profesor intentara buscar la forma de incorporar a su practica docente la experiencia siempre y cuando se hayan obtenido buenos resultados.

Finalmente se integraron todos los proceso para representar a través del modelo la ruta para la creación de una experiencia de aprendizaje que emplea RE de tal forma que guíe a los docente que quieren enseñar con este tipo de tecnología.

Fase del ciclo iterativo de pruebas

El capítulo describe a grandes rasgos la forma en que se llevaron a cabo las experimentaciones, teniendo como finalidad poner en práctica el modelo de procesos educativo. En primera instancia se hace mención sobre una prueba piloto que pone en funcionamiento el desarrollo de una experiencia de aprendizaje con alumnos de nivel básico, dicha prueba se realizó de manera presencial con dispositivos físicos, lo que permitió determinar tareas específicas en determinados procesos de la práctica educativa cuando es mediada con RE. Posteriormente se realizaron un par de experimentaciones más con grupos de nivel superior, realizando uno de ellos de manera presencial y el otro en modalidad virtual debido a la contingencia sanitaria.

5.1. Experimento piloto

El estudio se llevó a cabo en la Escuela Secundaria “Jean Piaget” ubicada en el municipio de Valle de Chalco, en el Estado de México, el docente a cargo de la asignatura de matemáticas ha decidido participar por el interés que le ha generado el poder mediar su práctica educativa a través de la RE con la finalidad de poder fomentar conceptos matemáticos. En esta primera experimentación participaron 28 alumnos de primero, segundo y tercer grado, con edades de entre 13-15 años, que aceptaron participar y estaban inscritos en la asignatura, considerando los permisos necesarios de la institución educativa. La experiencia se realizó con apoyo del DEA siguiendo recomendaciones de los componentes robóticos necesarios en la propuesta del docente.

5.1.1. Conceptos y especificaciones

Es el primer proceso conforme al modelo propuesto, aquí el docente identifica dificultades con los aprendizajes esperados dentro de la asignatura de matemáticas, con el tema de *Funciones*, se aborda en los tres grados del nivel secundaria y forma parte del eje temático *numero, álgebra y variación*.

El docente menciona que desea dar mayor dinamismo a su práctica educativa, principalmente con este tipo de contenidos que se les dificulta a sus estudiantes, el docente previamente ha identificado que con el tema de funciones los alumnos tienen dificultades para representar la relación de variación lineal entre dos variables, por lo que propone una intervención tecnológica con el formato presentado en la figura 5.1.



Propuesta de Intervención

Datos Generales

Docente:	Felipe Betanzos
Asignatura:	Matemáticas I
Tema:	Funciones
Tamaño del grupo:	28
Modalidad:	Presencial
Objetivo:	Interpreta y resuelve problemas que se modelan con estos tipos de variación.

Competencias a desarrollar

- 1.- Identifica la variación y el cambio en diferentes contextos.
- 2.- Identifica una variación constante en una relación lineal y distingue una variación que no es constante.
- 3.- Modela mediante una tabla y una gráfica cartesiana una relación de variación lineal entre dos variables.
- 4.- Representa en distintos sistemas o registros simbólicos tabular, gráfico y algebraico.

Figura 5.1: Propuesta de intervención.
Elaboración propia.

5.1.2. Diseño de la experiencia de aprendizaje

Continuando con el modelo de procesos, el segundo proceso da inicio al desarrollo de la experiencia de aprendizaje, en donde la situación de contexto se sitúa en el campo laboral de la robótica móvil, la figura 5.2 representa la experiencia de aprendizaje empleada en esta experimentación.



Experiencia de Aprendizaje

Situación de contexto:	La robótica móvil
Título de la experiencia:	El cambio y la variación en un robot móvil

Situación significativa:
 Una gran parte de empresas que cuentan con grandes almacenes han comenzado a probar con robots móviles para realizar labores como mover cajones, paquetes y contenedores en sus depósitos, pero en pequeñas empresas que no cuentan con este tipo de robots *¿Cómo comenzar ha incursionar?*
 Ante este hecho **¿Qué podrían realizar los alumnos para que las pequeñas empresas puedan conocer e iniciarse en el mundo de los robots?**

Producto: Construir un carro robot que pueda avanzar en línea recta.
Características
 - El vehículo logra desplazarse en línea recta.
 - Permite cuantificar magnitudes en los desplazamientos del vehículo.
 - Facilita establecer tipos de variables de acuerdo a los movimientos realizados por el vehículo.
 - Propicia la relaciones entre dos o más variables.

Recursos: Los materiales empleados en las actividades se encuentran especificados en el Anexo A.

Criterios de evaluación:
 - Identifica que cambia al desplazarse el vehículo en línea recta.
 - Representa con variables lo que cambia y lo que se mantiene constante.
 - Reconoce cuando se trata de una variable dependiente o independiente.
 - Representa mediante tablas y gráficas la relación de variación lineal entre dos variables.

Actividades:
Actividad 1
 En esta actividad se pone en práctica el proceso experimentación robótica, en donde construirán el vehículo robótico, siguiendo las tareas que señala el proceso. En la primera tarea los alumnos analizan y entienden la problemática de lo que se tiene que hacer, en esta actividad en equipo los alumnos describen la forma que tendrá el robot antes de diseñar la construcción, así también describe los diferentes comportamientos que deberá realizar dicho robot. En la siguiente tarea generan ideas para dar solución a la problemática anterior, diseñando bocetos y diagramas ya sea para construir el robot y/o sobre el comportamiento de los movimientos que deberá realizar el robot. Como penúltima tarea construyen el vehículo robótico con los componentes que el docente proporciona y la explicación que brinda sobre el funcionamiento de dichos componentes. Finalmente evalúa la solución poniendo en funcionamiento el vehículo robótico, verificando si cumple con las características marcadas.

Actividad 2
 En esta actividad se pone en práctica el proceso de interpretación matemática, primeramente los alumnos identificarán que cambia cuando el robot realiza sus movimientos, representarán mediante variables, tablas y gráficas magnitudes que tendrán que medir y argumentar su significado y relación.

Figura 5.2: Experiencia de aprendizaje.
 Elaboración propia.

5.1.3. Diseño de la experimentación robótica

La experiencia de aprendizaje se realiza a través de la elaboración de una serie de actividades, las cuales se llevaron a cabo de manera presencial dentro del aula, quedaron conformadas por las siguientes actividades:

Actividad 1

- Los alumnos analizan y entienden la problemática de lo que se tiene que hacer, la actividad se realiza en equipo, donde los alumnos describen la forma que tendrá el vehículo robot antes de realizar cualquier tipo de construcción, así mismo también describe los diferentes comportamientos que deberá realizar dicho vehículo.
- Generan ideas para dar solución a la problemática anterior, diseñando bocetos y diagramas ya sea para construir el robot y/o sobre el comportamiento de los movimientos que deberá realizar el vehículo robótico, como se observa en la figura 5.2 (a).
- Construyen el vehículo robótico con los componentes que el docente proporciona y la explicación que brinda sobre el funcionamiento de dichos componentes, ver figura 5.2 (b).
- Evalúan la solución poniendo en funcionamiento el vehículo robótico y realizan ajustes en caso de ser necesario, ver figura 5.2 (c).



(a) Análisis y diseño



(b) Construcción de vehículo robótico



(c) Evaluación de la solución

Figura 5.3: Tareas de la experimentación robótica.
Elaboración propia.

5.1.4. Interpretación matemática

La primera etapa tiene como propósito conocer qué concepto sobre robótica tienen los estudiantes, si están interesados en trabajar con este tipo de tecnología, por lo que se aplicaron cuestionarios, ver figura 5.1. El mismo cuestionario también sirvió para evaluar requisitos necesarios para la comprensión del concepto de variación de acuerdo a su nivel escolar, por lo que se consultaron temas del libro *Matemáticas 1 Selva Matemática*, utilizado en esta Secundaria (ver anexo B).

Actividad 2

- Por equipo los alumnos argumentan sobre lo que identificaron, qué cambia al desplazarse el vehículo robótico en línea recta, ver figura 5.4 (a).
- Representa lo que cambia y lo que se mantiene constante utilizando variables.
- Identifica si existe una relación entre variables, si es el caso, ¿Cuál es la variable dependiente y cuál la independiente? La tarea se presenta en la figura 5.4 (b).
- Representa la variación lineal entre dos variables a través de tablas y gráficas, ver figura 5.4 (c).



Figura 5.4: Tareas de la interpretación matemática.
Elaboración propia.

5.1.5. Institucionalización

La institucionalización busca primeramente tener el acceso y control a los recursos tecnológicos de tal manera que permitan incrementar la puesta en práctica de habilidades, capacidades y conocimientos dentro de la práctica educativa. Si docente y alumnos trabajan en conformidad

con los recursos de manera frecuente aprovechando sus beneficios, se da por hecho que dichos recursos se han institucionalizado, al menos en el aula de clase.

Esta prueba piloto sobre la experiencia de aprendizaje estuvo integrada por ocho sesiones de aproximadamente dos horas cada una, teniendo como propósito verificar el funcionamiento del modelo de procesos educativo y poder rediseñar procesos y/o tareas para ajustar mejor el modelo.

5.2. Experimentos de enseñanza

Después de la primera prueba piloto y de un rediseño en el modelo de procesos educativo, se llevo a la practica dos experiencias de aprendizaje más, con grupos de estudiantes de los primeros semestres del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco. Las experiencias tuvieron lugar en asignaturas de matemáticas, una de las experiencias se llevo de manera presencial mientras que la otra por acontecimientos de la contingencia sanitaria se decidió aplicar en una modalidad a distancia mediante la plataforma de Microsoft TEAM. La elección de esta plataforma se debió a que es un software empleado por el Centro Universitario, donde todos los estudiantes tienen acceso, lo que facilito la interactuar a través de video, audio y chat.

Las experiencias de aprendizaje con RE se implementaron siguiendo el modelo de procesos educativo integrado por cinco procesos como se observa en la figura 5.5. Las experimentaciones tienen como propósito comprobar el funcionamiento del modelo de procesos.

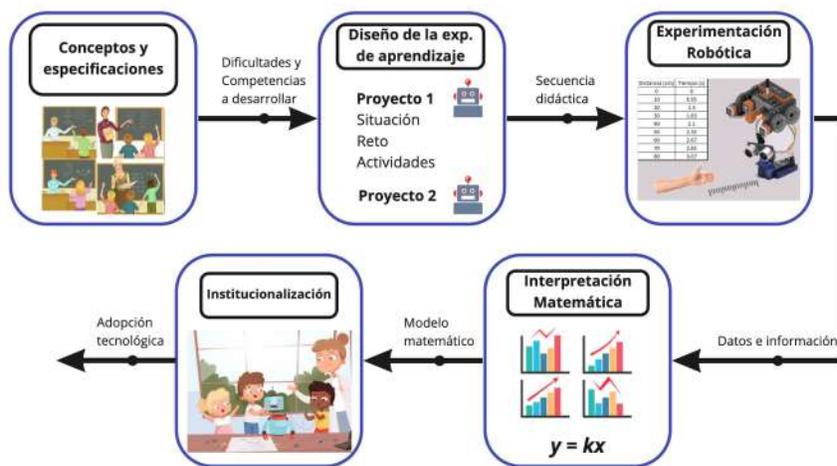


Figura 5.5: Modelo de procesos educativo.
Elaboración propia.

Grupo 1. Nivel Superior

El experimento de aprendizaje se puso en practica con un grupo de seis estudiantes de la carrera de Diseño Industrial de la Universidad Autónoma del Estado de Mexico del Centro Universitario Valle de Chalco, cuatro hombres y dos mujeres, las actividades se llevaron a cabo en uno de los laboratorios de computo de la institución, a fin de que los alumnos tuvieran el acceso a un equipo de computo, de tal forma que pudieran programar el robot utilizado en las actividades, para este tipo de proyecto el robot que se empleo fue el *Legó Mindstorms EV3*, representado en la figura 5.6.



Figura 5.6: Robot EV3 de la marca Legó

Cabe señalar que este grupo fue designado como grupo de control, por consiguiente aunque se hace uso de los dispositivos tecnológicos no se emplea el modelo de procesos educativo para RE, con el propósito de contrastar los resultados con un grupo experimental donde si se hace uso del modelo. La propuesta se pone en funcionamiento con apoyo del docente para fomentar el pensamiento variación dentro de la asignatura de geometría analítica, respecto al tema de *traslación*, empleando la RE. El docente propone utilizar y aplicar la traslación geométrica para posicionar dentro de un sistema de coordenadas la ubicación de un robot móvil, y a partir de esta acción resolver una serie de problemas relacionados con su posición. Para tal propósito se determino emplear un robot móvil, el cual tiene que desplazarse a determinadas coordenadas representadas por unas cintas métricas sobre una mesa rectangular, dichas cintas representan el plano cartesiano como se muestra en la figura 5.7.



Figura 5.7: Entorno de trabajo

Se determino llevar acabo el proyecto mediante una modalidad mixta, en donde el material, contenido sobre conceptos, herramientas y recopilación de datos fue implementado en un sitio web. Las acciones comienzan con la explicación del docente, sugiere a los alumnos comenzar con la exploración de conceptos sobre la robótica para conocer sobre este tipo de dispositivo tecnológico. La actividad inicia cuando los alumnos revisan de manera individual el material publicado en el sitio web desde sus hogares, revisan algunos conceptos geométricos y las herramientas necesarias para la programación del robot móvil, ver figuras 5.9 (a) y (b).

Geometría

Universidad Autónoma del Estado de México
Centro Universitario UAEM Valle de Chalco
Fundamentos de Geometría

Descripción

El curso de fundamentos de geometría tiene como finalidad que desarrolles las competencias necesarias para que apliques conceptos geométricos y resuelvas problemas reales en un entorno de robótica.

El software que se ha elegido para implementar los programas es el proporcionado por LEGO MINDSTORMS EV3, es un entorno de trabajo que permite construir los programas para darle vida al robot.

Propósito

① El curso tiene como objetivo proporcionar las bases para que inicies con la aplicación de conceptos geométricos en un entorno de robótica para dar solución a problemas relacionados con el movimiento del robot.

(a) Material sobre geometría

ROBÓTICA

¿QUÉ ES ROBÓTICA?

La Robótica es una técnica que permite aplicar conceptos científicos de distintas disciplinas (Computación, Matemáticas, Electrónica, etc.) con una finalidad práctica. Concretando en la robótica en un proyecto integrador de ingeniería con gran valor educativo (Olaguez R., Ramos F., Fernández R., Páez J. y Aldán A., 2018).

¿QUÉ ES UN ROBOT?

Un robot es un dispositivo electromecánico capaz de interactuar en un medio según el tipo físico, el cual incluye un sistema de sensores y un sistema de actuadores, que en conjunto son regidos a través de una unidad de control (Ponce F., De la Cruz V. y Ponce H., 2015).

CLASIFICACIÓN DE LOS ROBOTS

Aunque existen distintas clasificaciones de robots, todo dependerá de los temas específicos que realicemos, así veremos algunos de ellos.

Según el medio en el que desarrolla la actividad:

- Acuáticos
- Terrestres
- Aéreos
- Híbridos

Según su uso o aplicación:

- Industriales
- Espaciales
- Domésticos
- Sociales
- Agrícolas

(b) Material sobre robótica

Figura 5.8: Sitio Web de los contenidos

Posteriormente se solicita a los estudiantes que acudan a la institución educativa para continuar con las actividades en el laboratorio de computo de la escuela, con la finalidad de que puedan programar el dispositivo robótico, para lo cual, se les asigna una computadora y comienzan a revisar el material preparado sobre el entorno de programación del robot EV3 de LEGO, donde conocen cada una de las instrucciones y la forma de enviarlas al robot EV3, ver figura 5.9.



Figura 5.9: Material de programación de EV3

Una vez revisados todos los materiales necesarios para la actividad, el profesor plantea el reto o problema que involucra distintos movimientos del robot EV3 y que los alumnos en grupos tendrán que resolver, al no tener una guía clara los alumnos comienzan de inmediato con la programación del robot saltándose varias etapas destinadas al análisis del problema, la generación de ideas, diseños, diagramas y algoritmos. Cayendo en el llamado ciclo de prueba y error, en donde los alumnos no realizan cálculos matemáticos, ni se toman el tiempo de entender lo que están haciendo, únicamente se dedican a ingresar valores y comprobar si los movimientos de robot son los correctos, aumentando o disminuyendo los valores.

Los movimientos realizados por el robot EV3 fueron clasificados en dos categorías: en la primera los movimientos del robot consistían en un desplazamiento en línea recta durante tres segundos, después de este lapso se detiene un segundo y este ciclo se repetía tres veces; en la segunda categoría el movimiento del robot es de forma rectangular y realizado en un determinado tiempo (ver figuras 5.10), las actividades completas se pueden apreciar en el anexo (c).



Figura 5.10: Escenarios de trabajo

Actividad 2

Una vez realizadas todas las tareas anteriores que comprenden la actividad 1 y que tienen como propósito experimentar con el robot, se da inicio a la actividad 2, en donde el objetivo principal de los estudiantes es poner en práctica los argumentos y códigos variacionales, para describir los diferentes movimientos del robot EV3, además de realizar las siguientes tareas:

- El alumnado en grupos identifica y argumenta sobre lo que varía y cambia en los movimientos realizados por el robot y representa dichas magnitudes con variables y constantes.
- Identifica si existe relación entre las variables identificadas.
- Representan mediante tablas y gráficas, la variación.
- Finalmente representan mediante una notación matemática los movimientos realizados por el robot.

Grupo 2. Segunda experiencia

La experiencia de aprendizaje se llevo a cabo con un grupo de 30 alumnos de la carrera de Ingeniería en Computación del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco, 24 estudiantes hombres y 7 mujeres. Las actividades se realizaron completamente en línea por cuestiones de contingencia sanitaria, Las actividades a realizar se publicaron en una plataforma de Moodle que, además de contener las actividades, incorpora recursos y cuestionarios para recopilación de datos relacionados al proyecto, ver figura 5.11 (a). Para la realización de las actividades se hizo uso de una plataforma que permite la programación de robots virtuales llamada *RoboBlockly*, figura 5.11 (b).

Cabe señalar que este grupo fue designado como el grupo experimental y para realizar la intervención tecnológica se empleo el modelo de procesos educativo para RE, por consiguiente se describen a continuación las acciones realizadas en cada proceso.



Figura 5.11: Escenarios de trabajo

5.2.1. Conceptos y especificaciones

Empleando el modelo de procesos planteado, para este primer proceso se determino con la docente del grupo trabajar el pensamiento variacional, además de poner en práctica temas

relacionados con los aprendizajes esperados de su asignatura. Se estableció trabajar con una plataforma de robótica basada en la web, la cual emplea una programación gráfica por bloques para programar los distintos robots virtuales. La figura 5.12 establece la propuesta de intervención para desarrollar la experiencia de aprendizaje en el siguiente proceso.



Propuesta de Intervención

Datos Generales

Docente:	Magally
Asignatura:	Métodos estadísticos
Tema:	Diseños experimentales
Tamaño del grupo:	30
Modalidad:	En línea
Objetivo:	Interpreta y resuelve problemas que se modelan con estos tipos de variación.

Competencias a desarrollar

- 1.- Identifica y representa magnitudes con variables.
- 2.- Representa el intervalo de cambio de las magnitudes, utilizando símbolos de las desigualdades o utilizando corchetes abiertos y cerrados.
- 3.- Representa la variación mediante de manera verbal y tabular.
- 4.- Representa la variación mediante gráficas.
- 5.- Representa mediante un modelo matemático la situación robótica.

Figura 5.12: Propuesta de intervención

Una vez realizada la propuesta de intervención el DEA con apoyo del docente trabajan en el siguiente proceso para diseñar la experiencia de aprendizaje.

5.2.2. Diseño de la experiencia de aprendizaje

De acuerdo al modelo de procesos educativo para RE, en esta sección se desarrolla la experiencia de aprendizaje, ubicando la situación de contexto en la robótica móvil virtual, como se muestra en la figura 5.13.



Experiencia de Aprendizaje

Situación de contexto: Título de la experiencia:	Robótica Móvil Virtual Graficando con un robot móvil
Situación significativa: Las empresas que cuentan con algún tipo de robot móvil se enfrentan a la dificultad de lograr desplazar el robot de un sitio a otro siguiendo una ruta previamente trazada ¿Cómo modelizar matemáticamente la ruta gráfica a seguir por el robot, para facilitar su programación?	
Producto: Programar un robot móvil virtual que se desplace siguiendo una ruta representada por alguna función. <i>Características</i> <ul style="list-style-type: none"> - El vehículo logra desplazarse a través de la ruta que representa la función. - Permite cuantificar magnitudes en los desplazamientos del vehículo. - Facilita establecer tipos de variables de acuerdo a los movimientos realizados por el vehículo. - Propicia la relaciones entre dos o más variables. 	
Recursos: Los materiales empleados en las actividades se encuentran especificados en la plataforma MOODLE.	
Criterios de evaluación: <ul style="list-style-type: none"> - Identifica que cambia al desplazarse el vehículo en línea recta. - Representa con variables lo que cambia y lo que se mantiene constante. - Reconoce cuando se trata de una variable dependiente o independiente. - Representa mediante tablas y gráficas la relación de variación lineal entre dos variables. 	
Actividades: Actividad 1 <p>En esta actividad se pone en práctica el proceso experimentación robótica, en donde se inicia con el análisis y la comprensión del problema que se tiene que solucionar, posteriormente investigan las instrucciones para desplazar el robot y la manera de dibujar la ruta de su desplazamiento. De manera individual los alumnos describen los diferentes comportamientos que deberá realizar el robot, diseñan bocetos y diagramas de los movimientos a seguir por el robot. Como penúltima tarea se programan dichos movimientos para seguir la ruta propuesta por el docente. Finalmente se evalúa la solución poniendo en funcionamiento el vehículo robótico, verificando si cumple con las características marcadas.</p> Actividad 2 <p>En esta actividad se pone en práctica el proceso de interpretación matemática, primeramente los alumnos identificarán que cambia cuando el robot realiza sus movimientos, representarán mediante variables, tablas y gráficas magnitudes que tendrán que medir, argumentar su significado y relación, para finalmente modelan matemáticamente esos movimientos.</p>	

Figura 5.13: Experiencia de aprendizaje

5.2.3. Experimentación robótica

El proyecto se llevo acabo completamente en una modalidad en linea, empleando la plataforma Moodle, donde previamente se registro a los participantes y se les otorgo un acceso para ingresar a consultar materiales, contestar cuestionarios y realizar actividades, la plataforma también permitió que los alumnos subieran sus actividades realizadas para posteriormente ser revisadas, dando el tiempo suficiente para ser realizadas, entre las actividades para la experimentación se realizaron las siguientes:

Actividad 1

- Explora y se familiariza con las plataformas de trabajo, tanto de los contenidos como de la robótica virtual.
- Revisa los materiales (cuestionarios y actividades), entendiendo lo que tiene que realizar.
- Generan ideas sobre el comportamiento del robot.
- Programa los movimientos del robot virtual, figura 5.15 (a).
- Programa el robot para que realice gráficas a partir de las funciones dadas, figura 5.15 (b).
- Cargar rutinas para el robot que posteriormente serán modelizadas matemáticamente.
- Evalúan soluciones y realizan ajustes.

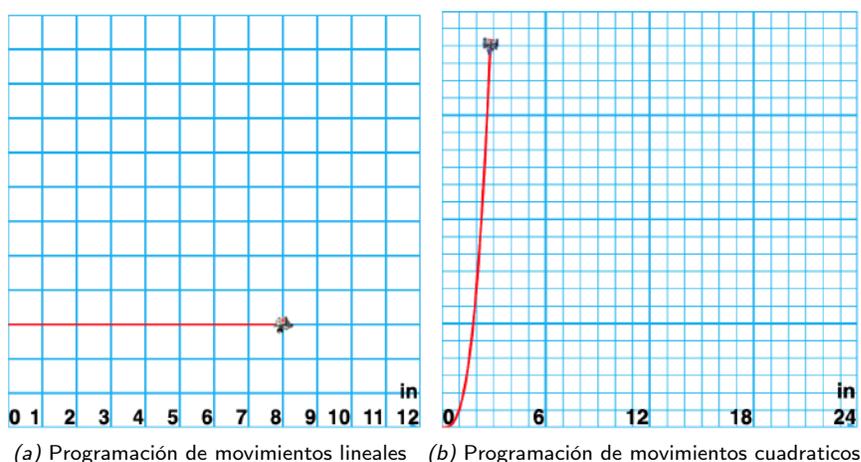


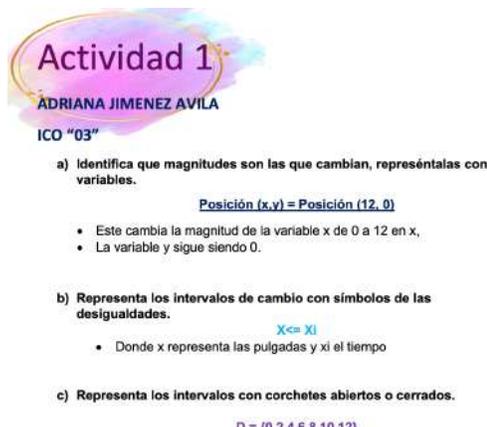
Figura 5.14: Escenarios de trabajo

5.2.4. Interpretación matemática

Empleando la plataforma RoboBloclly los alumnos lograron experimentar diferentes movimientos realizados por el robot, los cuales fueron programados tanto por los alumnos como programaciones ya pre-configuradas, propiciando una recolección de datos que en este proceso se analizan.

Actividad 2

- Identifica magnitudes sobre lo que cambia y lo que permanece constante, figura 5.16 (a).
- Representa las magnitudes identificadas con variables.
- Representa el intervalo de cambio de las magnitudes identificadas, utilizando símbolos de las desigualdades.
- Representa el intervalo de cambio de las magnitudes identificadas, utilizando corchetes abiertos y/o cerrados.
- Expresa magnitudes, valores o datos por medio de tablas.
- Gráfica en el plano cartesiano los datos recolectados.
- Representa con una función o ecuación los movimientos realizados por el robot, figura 5.16(b)



Actividad 1
ADRIANA JIMENEZ AVILA
ICO "03"

a) Identifica que magnitudes son las que cambian, represéntalas con variables.
Posición (x,y) = Posición (12, 0)

- Este cambia la magnitud de la variable x de 0 a 12 en x,
- La variable y sigue siendo 0.

b) Representa los intervalos de cambio con símbolos de las desigualdades.
x <= xi

- Donde x representa las pulgadas y xi el tiempo

c) Representa los intervalos con corchetes abiertos o cerrados.
D = {0,2,4,6,8,10,12}

(a) Representa las magnitudes identificadas



Actividad 3
ADRIANA JIMENEZ AVILA
ICO "03"

Ejercicio 1 → función	y = 3x ²
Ejercicio 2 → función	y = x ² + 4
Ejercicio 3 → función	y = 2 ^x

(b) Modeliza a partir de movimientos

Figura 5.15: Actividades realizadas

5.2.5. Institucionalización

Las actividades realizadas en la plataforma virtual RoboBlockly permitieron crear el escenario para realizar las actividades propuestas en la experiencia de aprendizaje, planteado retos en un contexto real de la robótica y de esta manera favorecer la practica educativa para desarrollo en primera instancia el pensamiento variacional, además, de habilidades digitales como la codificación y la robótica.

El propósito principal de este proceso es que el profesor logre institucionalizar la experiencia de aprendizaje diseñada o parte de ella, que busque incorporarla al menos en su practica educativa normal, realizando mejoras constantes para que de alguna forma se mantenga actualizada y en el agrado de los estudiantes.

5.3. Sumario

En el capítulo se describe las forma en que se llevaron a cabo las distintas experiencias de aprendizaje, por un lado se puso en practica el modelo de procesos educativo para RE con algunos grupos y con el grupo de control solo se empleo la tecnología pero no el modelo de procesos, con estas acciones realizadas se verifica la eficiencia de los procesos que integran este modelo.

Se comprobó que el modelo de procesos educativo para RE facilita poner en funcionamiento una experiencia de aprendizaje de principio a fin, en virtud de que guía las acciones que debe realizar el docente y las tareas que ponen en practicas los alumnos, sabiendo en todo momento que es lo que se debe hacer y verificando que los tiempos sean los adecuados.

Resultados y conclusiones

En el siguiente capítulo se reportan los resultados obtenidos de las experimentaciones reportadas en el capítulo anterior. La primera experiencia tuvo como finalidad ser una prueba piloto para incorporar RE en asignaturas como matemáticas y conocer si se generaba algún tipo de interés adicional entre los estudiantes; además, de aportar información relevante para establecer el modelo de procesos con RE. De la misma forma se presentan resultados de las experiencias realizadas con grupos de nivel superior.

6.1. Encuesta General

La encuesta fue Instrumento empleado para recabar información general sobre los estudiantes, conocer sobre el método de enseñanza y el uso de tecnología empleado en su curso de matemáticas, se conforma de un conjunto de preguntas abiertas y de opción múltiple. La encuesta se encuentra dividida en tres secciones: información general, método de enseñanza y uso de tecnología. Para consultar la encuesta ver el anexo B, con excepción de algunas preguntas para este nivel.

6.1.1. Grupo Prueba Piloto

La primera encuesta se llevo a cabo con estudiantes de nivel básico, consistió en la aplicación individual de un cuestionario utilizando lápiz y papel, a continuación se presentan resultados

de este procedimiento.

Los participantes del grupo contaban con edades de entre 13 años y 15 años, los porcentajes se muestran en la figura 6.1(a); el grupo estaba integrado por 19 mujeres y 9 hombres, como se aprecia en la figura 6.1(b); los participantes estaban conformados por estudiantes de diferentes grados: primero, segundo y tercero, figura 6.1(c).

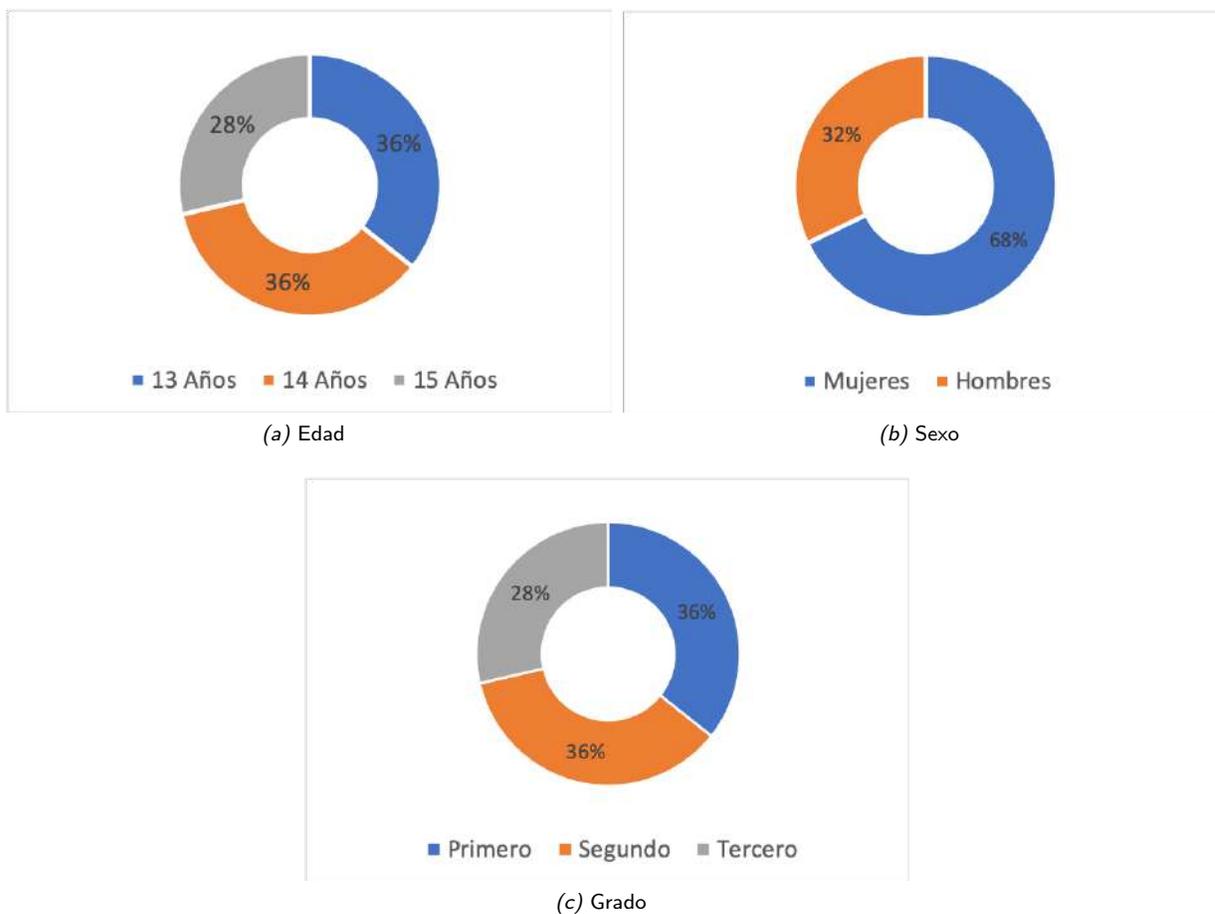


Figura 6.1: Porcentaje de datos personales del grupo.

Para conocer sobre el curso y método de enseñanza del profesor, se plantearon las siguientes preguntas ¿Has visto en clase algún tema relacionado sobre el concepto de variación? La pregunta se realizó debido a que la variación es un tema que se comienza a introducir desde el nivel básico, ver figura 6.2(a). Así mismo se planteó la pregunta ¿Cuál métodos emplea tu profesor para impartir clase? los resultados se observan en la figura 6.2(b).

Finalmente se cuestionó sobre el uso frecuente de herramientas tecnológicas como

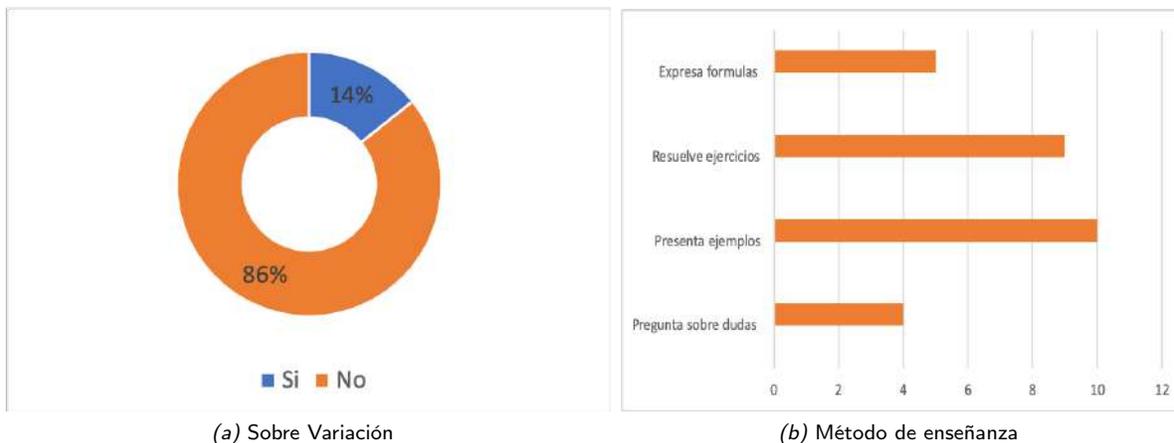


Figura 6.2: Sobre el curso y método de enseñanza.

herramientas de apoyo en la clase, para lo cual la mayoría respondió que no utilizan.

6.1.2. Grupo 1 Nivel Superior

La encuesta al primer grupo de nivel superior fue realizada a través de un formulario, elaborado con Google Forms y publicado en un sitio web, elaborado con Google Sites en donde, además de la encuesta se colocaron materiales adicionales para la realización de las actividades, sobre los resultados obtenidos de este formulario se presentan los siguientes porcentajes.

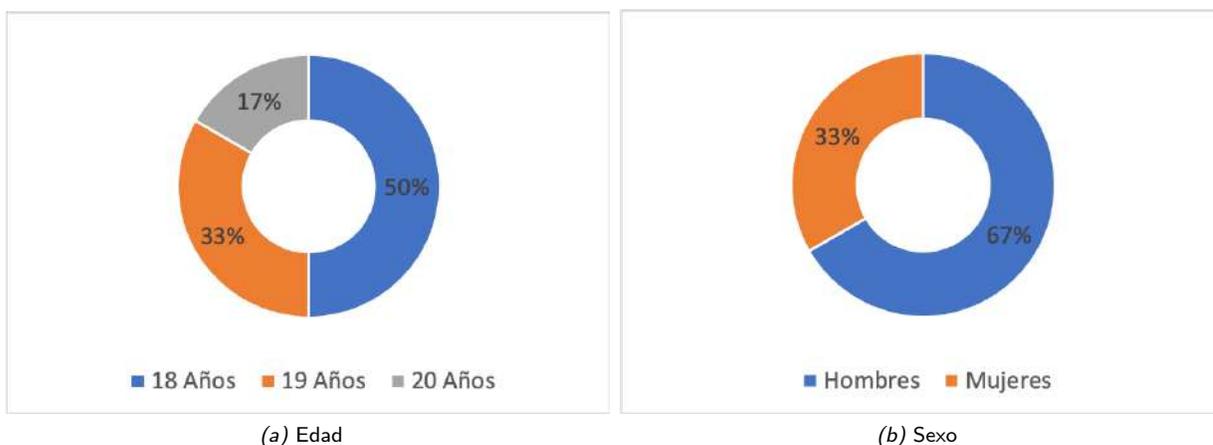


Figura 6.3: Porcentaje de datos personales del grupo.

El grupo de alumnos que participo esta conformado por integrantes del primer semestre de la carrera de diseño industrial a los cuales se les cuestiono sobre el concepto de variación, el método de enseñanza y la frecuencia de uso de herramientas tecnológicas en clase.

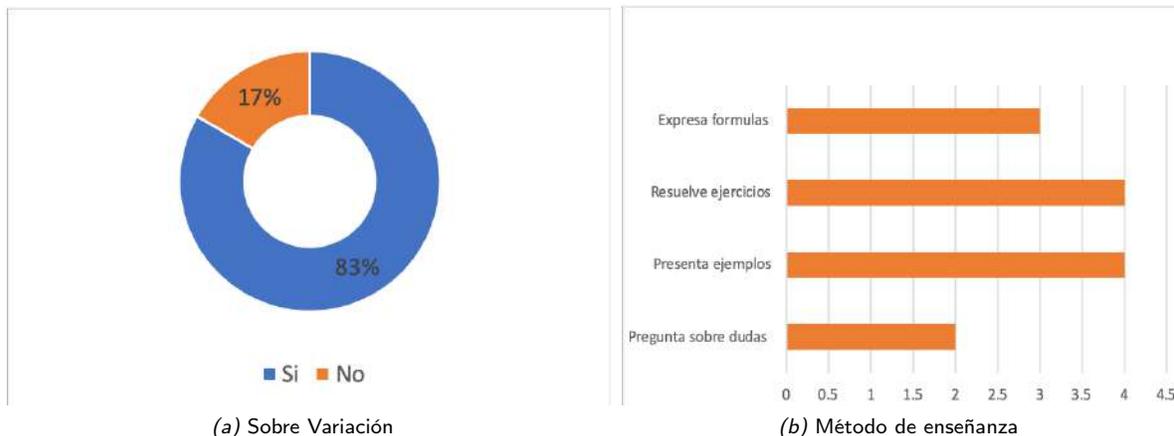


Figura 6.4: Sobre el curso y método de enseñanza.

Sobre el cuestionamiento del uso de tecnología, la mayoría de estudiantes respondieron que sí hacen uso de aplicaciones tecnológicas principalmente móviles.

6.1.3. Grupo 2 Nivel Superior

La encuesta al segundo grupo de nivel superior se realizó empleando un formulario diseñado con Google Forms y se publicó dentro de la plataforma MOODLE que fue creada para llevar a cabo las actividades con este grupo, a continuación se presentan

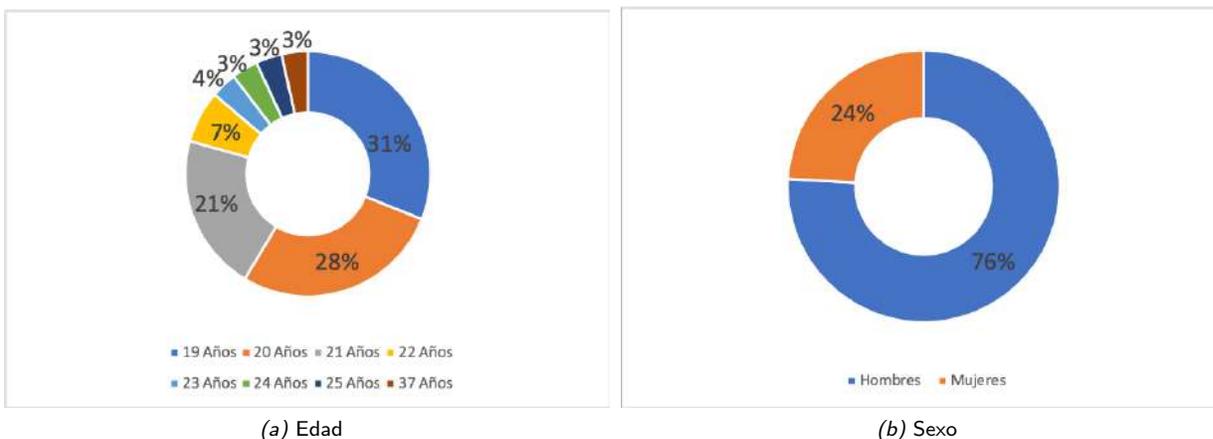


Figura 6.5: Porcentaje de datos personales del grupo.

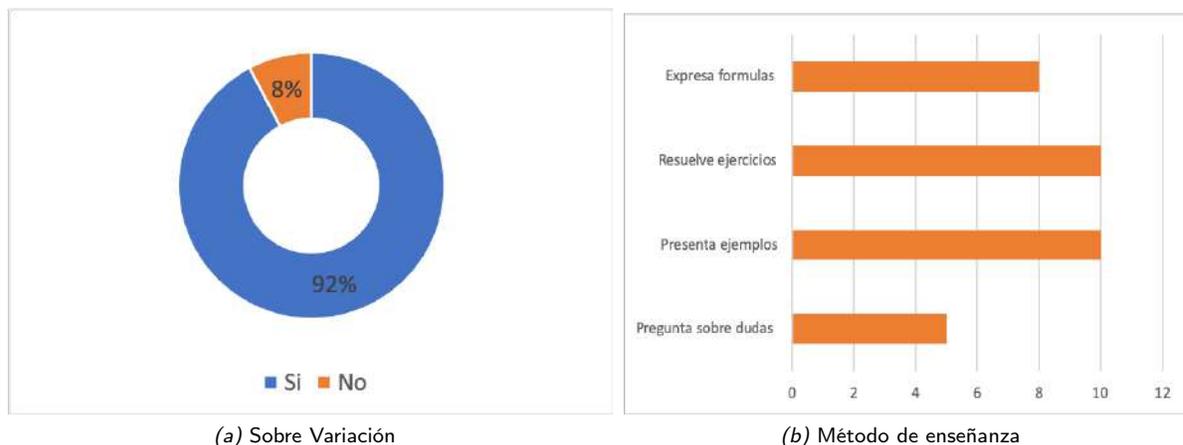


Figura 6.6: Sobre el curso y método de enseñanza.

6.2. Test de Conocimientos

En esta sección se presentan los resultados de los test de conocimiento aplicados antes y después de la intervención tecnológica de las dos experiencias realizadas a grupos de nivel superior, considerando al primer grupo como grupo de control y al segundo como grupo experimental. Para el grupo de control tanto las actividades como los test se realizaron de manera presencial en el laboratorio de computo de la institución, teniendo acceso a un equipo para programar y revisar los contenidos sobre las tareas. Por otro lado, para el grupo experimental se organizo una sesión en línea empleando la plataforma Microsoft Teams para dar las indicaciones y los accesos a la plataforma de MOODLE para realizar los envíos de las actividades publicadas.

Cabe señalar que los test de conocimientos integrados por diez preguntas se evaluaron de acuerdo a los criterios establecidos en la tabla 6.1 y la asignación de la puntuación por alumno se encuentra determinada por la escala establecida en la tabla 6.2.

Tabla 6.1: Rúbrica de Evaluación.

Criterios	Insuficiente	Bueno	Excelente	Puntuación
	1	2	3	
Identifica las magnitudes en diferentes situaciones reales	No identifica ninguna de las magnitudes involucradas	Identifica al menos una de las magnitudes involucradas	Identifica todas las magnitudes involucradas	3
Representa las magnitudes con variables	No representa ninguna magnitud con variables	Representa al menos una magnitud con variables	Representa todas las magnitudes con variables	1
Representa el intervalo de cambio con símbolos de desigualdades	No representa el intervalo de cambio con símbolos	Representa parte del intervalo de cambio con símbolos	Representa completo el intervalo de cambio	2
Representa el intervalo de cambio con parentesis y corchetes	No representa el intervalo de cambio con paréntesis y corchetes	Representa parte del intervalo de cambio con parentesis y corchetes	Representa completo el intervalo de cambio	3
Registra los cambios de las variables (variación) en tablas	No registra ningún cambio de las variables en tablas	Registra algunos cambios de las variables en tablas	Registra todos los cambios de las variables en tablas	2
Representa los cambios de las variables (variación) mediante gráficas	No representa los cambios mediante gráficas	Representa parte de los cambios mediante gráficas	Representa todos los cambios mediante gráficas	1
Representa mediante expresiones algebraicas (modelo matemático) la situación robótica	No representa la expresión algebraica	Representa parte de la expresión algebraica	Representa correctamente la expresión algebraica	1

Nota: Elaboración propia.

Acorde al puntaje obtenido en la rúbrica de evaluación se asigna una calificación que representa los objetivos alcanzados por el alumno. Los criterios evalúan los logros básicos que caracterizan al pensamiento variacional como identificar el cambio en situaciones reales, representar las magnitudes de esos cambio empleando variables, para finalmente representar una relación de variables de manera tabular, gráfica y algebraica.

Tabla 6.2: Escala de Puntuación.

Puntuación	Desempeño	Calificación
21	Excelente	10
16-20	Muy Bueno	9
13-15	Bueno	8
10-12	Regular	7
8-9	Deficiente	6
7	Insuficiente	5

Nota: Elaboración propia.

6.2.1. Grupo 1

Se aplico un test de conocimiento antes de realizar las actividades educativas con apoyo de la tecnología, en esta experiencia no se hizo uso del modelo de procesos educativo para RE, se realizaron actividades relacionadas con el concepto variación de manera tradicional, teniendo como propósito desarrollar el pensamiento variacional, al final de los trabajos se aplico el post-test, obteniendo como resultados las puntuaciones que se muestran en la figura 6.7.

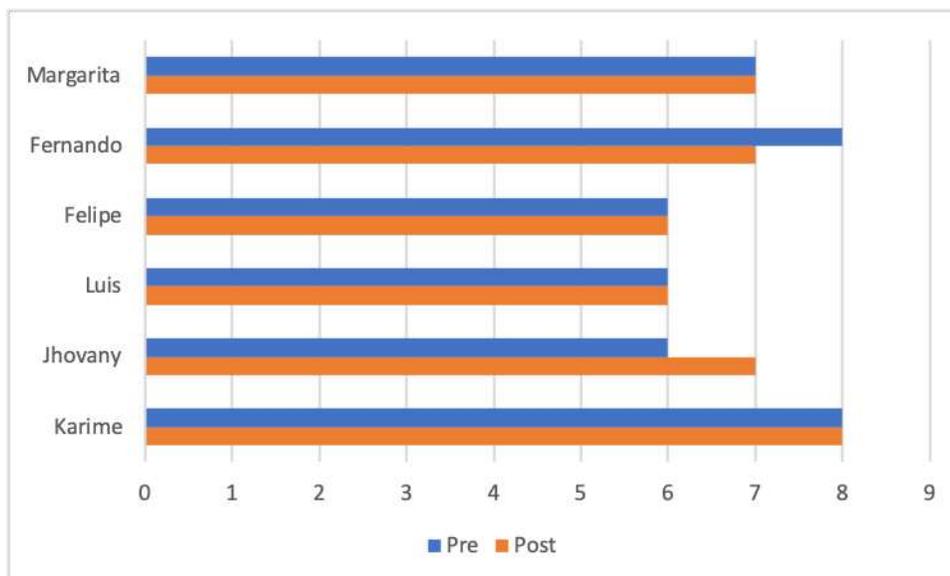


Figura 6.7: Resultados del test de conocimientos del grupo 1.
Elaboración propia.

A los alumnos participantes se les aplico un test de conocimiento antes (pre-test) y después (post-test) de la intervención tecnológica, en este caso sin emplear el modelo de procesos para guiar la experiencia de aprendizaje; por lo tanto, para demostrar que el puntaje final obtenido por los estudiantes es mayor al puntaje inicial, y de esta manera comprobar si la intervención tecnológica fue efectiva para fomentar el desarrollo del pensamiento variacional y confirmar si existe una diferencia significativa entre los puntajes, se hizo uso de la *distribución t de student*, una prueba de hipótesis de medias para muestras relacionales fue aplicada para este caso del grupo de control. De manera que, se han declarado las siguientes hipótesis: a) hipótesis nula: el promedio de las diferencias es menor o igual a cero, b) hipótesis alterna: el promedio de las diferencias es mayor que cero; quedando planteandas las hipótesis de la siguiente manera:

$$H_0 = \mu_d \leq 0$$

$$H_1 = \mu_d > 0$$

Empleando una hoja de calculo se realizaron las operaciones estadísticas de dicha prueba, obteniendo como resultado los datos que se muestran en la figura 6.8.

	Post-Test	Pre-Test
Media	6.833333333	6.833333333
Varianza	0.566666667	0.966666667
Observaciones	6	6
Coeficiente de correlación de Pearson	0.765641493	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	5	
Estadístico t	0	
P(T<=t) una cola	0.5	
Valor crítico de t (una cola)	2.015048373	
P(T<=t) dos colas	1	
Valor crítico de t (dos colas)	2.570581836	

Figura 6.8: Prueba t de student para el grupo 1.
Elaboración propia.

Decisión:

El valor *estadístico t* de la prueba es = 0 lo que indica que se debe aceptar la hipótesis nula, por lo tanto se puede deducir que la diferencia entre puntajes del pre-test y post-test no es significativa y no se logro el objetivo didáctico cuando no se emplea una guía como el modelo de procesos educativo para RE, que oriente acciones fundamentales efectivas en una

experiencia de aprendizaje para desarrollar el pensamiento variacional.

En la figura 6.9 se puede apreciar que el *valor crítico de t* es = 2.01504837 de manera que el valor estadístico *t* se encuentra dentro de la región de aceptación de H_0 .

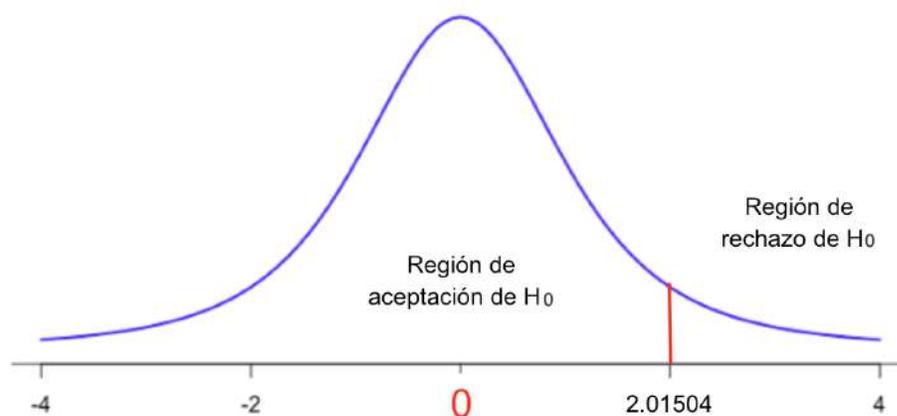


Figura 6.9: Prueba t de student para el grupo 1.
Elaboración propia.

6.2.2. Grupo 2

De la misma manera que al grupo control, al grupo experimental se le aplicó un test de conocimientos antes (pre-test) y después (post-test) de la intervención tecnológica, con la diferencia de que en este grupo experimental si se apoyo del modelo de procesos educativo para RE, siguiendo las tareas marcadas en cada proceso, de este modo se obtuvo como resultado de los tests de conocimiento las puntuaciones que se muestran en la figura 6.10.

Como se menciono anteriormente, las actividades realizadas por este grupo se llevaron a cabo completamente en linea, empleando por un lado una plataforma de robótica virtual para realizar las actividades de experimentación; por otra parte, para la aplicación de los test de conocimiento se utilizando la plataforma de MOODLE donde se publicaron y se asigno una cuanta por alumno para acceder a ella y poder realizar el envío de sus actividades requeridas por el test de conocimiento.

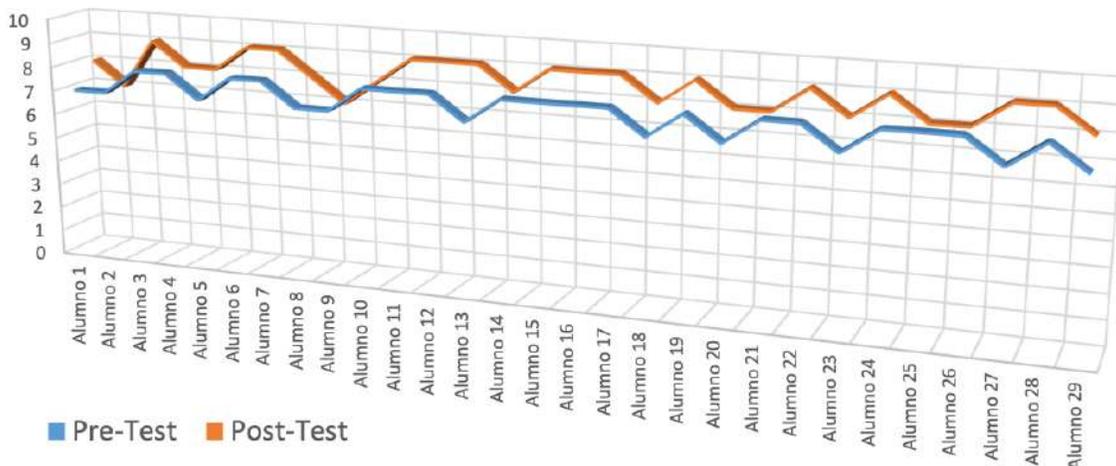


Figura 6.10: Resultados del test de conocimientos del grupo 2.
Elaboración propia.

A partir de los resultados reportados en la figura 6.10 se desea comprobar si la intervención tecnológica fue efectiva para formentar el desarrollo del pensamiento variacional, en este caso haciendo uso del modelo de procesos educativo para RE, para verificar si existe una diferencia significativa entre los puntajes de los test se empleo la *distribución t de student*, planteando las mismas hipótesis:

$$H_0 = \mu_d \leq 0$$

$$H_1 = \mu_d > 0$$

Obteniendo como resultado los datos que se muestran en la figura 6.11.

	Post-Test	Pre-Test
Media	8.413793103	7.620689655
Varianza	0.39408867	0.243842365
Observaciones	29	29
Coefficiente de correlación de Pearson	0.524404424	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	28	
Estadístico t	7.636423288	
P(T<=t) una cola	0.000000013	
Valor crítico de t (una cola)	1.701130934	
P(T<=t) dos colas	0.000000026	
Valor crítico de t (dos colas)	2.048407142	

Figura 6.11: Prueba t de student para el grupo 2.
Elaboración propia.

Decisión:

El valor *estadístico t* de la prueba fue = 7.636423288 lo que indica que se debe rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, por lo tanto se puede deducir que la diferencia entre los puntajes del pre-test y post-test si fue significativa y en consecuencia se logra alcanzar el objetivo didáctico. El modelo de procesos educativo para RE empleado para guiar las acciones realizadas con el grupo experimental reflejaron efectos positivos al menos en esta experiencia realizada.

En la figura 6.12 se logra ubicar en la gráfica tanto el *valor crítico de t* = 1.701130934 como el valor *estadístico t* de la prueba = 7.636423288, verificando que dicho valor se encuentra en la región de rechazo de H_0 , por esta razón se acepta H_1 .

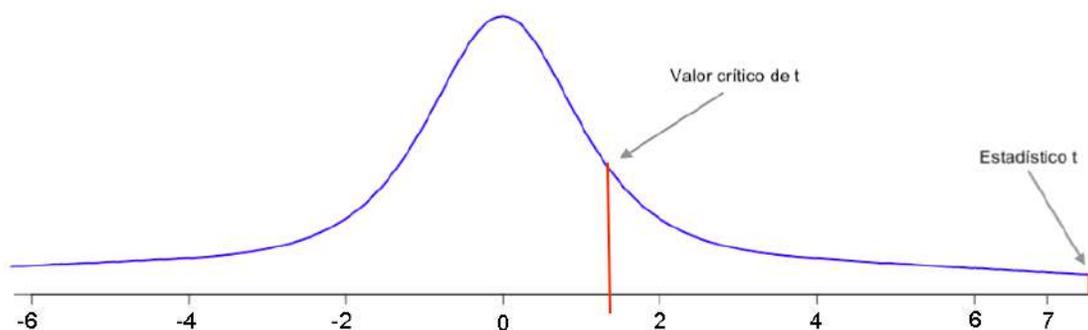


Figura 6.12: Prueba t de student para el grupo 1.
Elaboración propia.

6.3. Conclusiones

En este trabajo se desarrolló un modelo de procesos para RE con el propósito de organizar una experiencia de aprendizaje que fomente el desarrollo del pensamiento variacional y facilite que los alumnos transiten de una representación realista a una representación matemática. La IBD empleada como metodología de investigación y el modelo de diseño instruccional ADDIE facilitaron dirigir el diseño y creación de contenidos para el aula sustentados con evidencia científica. Así, la revisión de algunas teorías de enseñanza en matemáticas, al igual que, teorías de aprendizaje empleadas en la educación fueron fundamentales en la construcción de esta propuesta.

El análisis de los datos a priori recabados reflejó que el concepto de variación no es un concepto muy común entre los estudiantes para examinar diferentes situaciones, representarlas, interpretarlas y analizarlas dinámicamente cuando se modifica una propiedad o la propiedad esta en relación con otra de sus características. Por otro lado, el análisis posteriori mostró que los estudiantes lograron desarrollar elementos básicos del pensamiento variacional, ya que consiguieron caracterizar la variación en los diferentes movimientos realizados por el robot, alcanzando identificar en la situación real las magnitudes que cambian, si existe una relación entre magnitudes, representar con variables las magnitudes e identificar el intervalo de cambio de dichas magnitudes; además, de hacer uso de las distintas formas de representación de la variación, verbal, tabular, gráfica y algebraicamente.

Una de las características más importantes del modelo de proceso para RE es la reiteración de proporcionar tiempo suficiente para que el alumno entienda, analice el problema y genere soluciones antes de experimentar la programación con el robot y así evitar caer en el ciclo prueba y error, el cual consiste en ingresar datos de manera aleatoria hasta conseguir que el robot realice el movimiento deseado, sin dar oportunidad al alumno de reflexionar sobre la variación de los datos que esta ingresando.

Durante la implementación de la experiencia de aprendizaje realizada al grupo experimental realizada completamente en línea, uno de los inconvenientes a la hora de revisar actividades, se encontró que algunos alumnos presentaron resultados muy parecidos, lo que podría levantar sospecha de que tal vez se compartieron resultados, por otro lado el grupo de control presentó en sus actividades resultados completamente diferentes esto podría ser debido a que se realizaron dichas actividades completamente de manera presencial y supervisados por el docente.

La inclusión de las herramientas tecnológicas empleadas en el diseño de las tareas sirvió como medio de verificación de resultados, puesto que propicia eventos para visualizar las diferentes representaciones de la variación, de manera que se puede considerar como un medio para fomentar el desarrollo del pensamiento variacional.

6.4. Trabajo a futuro

- *Ajustar algunos procesos para mejorar el modelo.*

El modelo de procesos para RE presentado en este trabajo de investigación aun tiene espacio de mejoras en cada proceso; debido a que, para iniciar un proceso debe terminar el anterior y en ocasiones algunas acciones trabajarían mejor si combinaran actividades de experimentación con interpretación y no realizar la interpretación hasta que termine la experimentación.

- *Desarrollar una notación para modelar procesos propios de la educación.*

Contar con un lenguaje propio para las partes involucradas de la educación, donde se puedan comunicar los procesos de forma clara y eficiente, ayudaría de forma notable a estandarizar la forma de organizar y guiar la practica didáctica de los docente, ya que actualmente cada profesor organizar su practica didáctica como considera que es la mejor opción.

- *Desarrollar una herramienta digital que permita realizar el modelado de procesos educativos de forma gráfica y fácil.*

Una herramienta para construir diseños de aprendizaje propios de la educación permitirá determinar de forma anticipada para cada actividad qué elementos son necesarios (tipo de aprendizaje, duración, tamaño del grupo, modalidad y los recursos esenciales, etc.), lo que posibilita considerar formas diferentes en que los estudiantes procesan los conceptos y habilidades.

Bibliografía

- 1EDTECH (2022). Learning design specification. Recuperado de <https://imglobal.org/learningdesign/index.html>.
- Acosta, M. E. (2010). Enseñando transformaciones geométricas con software de geometría dinámica. In *11º Encuentro colombiano de matemática educativa*.
- Allen, M. W. (2011). *Designing successful e-learning: Forget what you know about instructional design and do something interesting*, volume 2. John Wiley & Sons.
- Astudillo, M. P. (2016). La configuración didáctica de las estrategias de enseñanza con tecnologías de la información y la comunicación en las prácticas pedagógicas de las ingenierías realizadas en dos instituciones de educación superior mexicanas. *Education in the Knowledge Society*, 17(2):109–131.
- ATC21S (2021). Assessment & teaching of 21st century skills. Recuperado de <http://www.atc21s.org>.
- Bargagna, S., Castro, E., Cecchi, F., Cioni, G., Dario, P., Dell’Omo, M., Di Lieto, M. C., Inguaggiato, E., Martinelli, A., Pecini, C., et al. (2019). Educational robotics in down syndrome: a feasibility study. *Technology, knowledge and learning*, 24(2):315–323.
- BattelleforKids (2021). Partnership for 21st century learning a network of battele for kids. Recuperado de <http://www.battelleforkids.org/networks/p21/frameworks-resources>.

- Benitti, F. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3):978–988.
- Berger, K. S. (2006). *Psicología del desarrollo infantil y adolescencia*. Panamericana, Madrid, España.
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., y Rumble, M. (2012). Defining twenty-first century skills. In *Assessment and teaching of 21st century skills*, pages 17–66. Springer.
- Bizagi (2021). Modelamiento de procesos con bizagi. Recuperado de <https://www.bizagi.com/es/modelamiento-de-procesos>.
- Bonvecchio, M. y Maggioni, B. E. (2006). *Evaluación de los aprendizajes manual para docentes*. Novedades educativas, Buenos aires, Argentina.
- Borjón, E., Torres, M. d. R., y Sosa, L. (2014). Representaciones semióticas de sistemas de ecuaciones lineales de 2x2 con excel. In *XIV Conferencia Interamericana de Educación Matemática*.
- BPMN (2021). Business process model and notation. Recuperado de <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/About-BPMN/>.
- Brousseau, G. (2007). *Iniciación al estudio de la teoría de las situaciones didácticas/Introduction to study the theory of didactic situations: Didactico/Didactic to Algebra Study*, volume 7. Libros del Zorzal.
- Caballero, M. y Cantoral, R. (2013). *Una caracterización de los elementos del pensamiento y lenguaje variacional*, chapter Aspectos socioepistemológicos en el análisis y el rediseño del discurso matemático escolar. Comité Latinoamericano de Matemática Educativa A. C.
- Caballero, M. y Cantoral, R. (2017). Una caracterización de la noción sistema de referencia para el tratamiento del cambio y la variación.
- Caballero, M. A. (2018). *Causalidad y temporización entre jóvenes de bachillerato. La construcción de la noción de variación y el desarrollo del pensamiento y lenguaje variacional*. PhD thesis, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Zacatenco.

- Cabero, J. (1989). Tecnología educativa: diseño y evaluación del medio video. *Enseñanza & Teaching*, 7:17–40.
- Cantoral, R. (2013). *Desarrollo del Pensamiento y Lenguaje Variacional*. IEPISA, México.
- Cantoral, R. y Farfán, R. M. (1998). Pensamiento y lenguaje variacional en la introducción al análisis. *Epsilon*, 42(14):353–369.
- Cantoral, R., Farfán, R. M., Cordero, F., Alanís, J. A., Rodríguez, R. A., y Garza, A. (2000). *Desarrollo del pensamiento matemático*. Trillas.
- Catlin, D., Kandlhofer, M., y Holmquist, S. (2018). Edurobot taxonomy: A provisional schema for classifying educational robots. In *International Conference on Robotics in Education 2018*.
- Chamizo, J. A. (2006). Los modelos de la química. *Educación Química*, 17:476–482.
- Chang, C.-W., Lee, J.-H., Chao, P.-Y., Wang, C.-Y., y Chen, G.-D. (2010). Exploring the possibility of using humanoid robots as instructional tools for teaching a second language in primary school. *Journal of Educational Technology & Society*, 13(2):13–24.
- Charron, N., Lewis, L., y Craig, M. (2017). A robotic therapy case study: Developing joint attention skills with a student on the autism spectrum. *Journal of Educational Technology Systems*, 46(1):137–148.
- Chevalier, M., Giang, C., Piatti, A., y Mondada, F. (2020). Fostering computational thinking through educational robotics: A model for creative computational problem solving. *International Journal of STEM Education*, 7(1):1–18.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné*. La Pensée Sauvage Editions.
- Christensen, K. y West, R. E. (2018). The development of design-based research. *Foundations of learning and instructional design technology*.
- Chávez, D. (2020). La cuarta revolución industrial, promesas, preocupaciones y acciones. *Docencia Politécnica*, 2:71–72.
- Cuevas, C. A., Villamizar, F. Y., y Martínez, A. (2017). Actividades didácticas para el tono como cualidad del sonido, en cursos de física del nivel básico, mediadas por la tecnología digital. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 35(3):129–150.

- De Benito, B. y Salinas, J. M. (2016). La investigación basada en diseño en tecnología educativa. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, (0):44–59.
- Design-Based Research Collective (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1):5–8.
- Diago, P. D., Arnau, D., y González-Calero, J. A. (2018). La resolución de problemas matemáticos en primeras edades escolares con bee-bot. *Matemáticas, educación y sociedad*, 1(2):36–50.
- Eguchi, A. y Uribe, L. (2017). Robotics to promote stem learning: Educational robotics unit for 4th grade science. In *2017 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)*, pages 186–194. IEEE.
- Fernández, S. L. (2020). Educación 4.0 en el instituto politécnico nacional: compromiso con la formación de ciudadanos para el siglo xxi. *Docencia Politécnica*, 1(2):10–20.
- Flores, A. A., Guadalupe, C., y Rodríguez, J. M. (2018). Educación 4.0: Transformación del aula tradicional en las escuelas de educación básica en México.
- Flores, R., Valencia, M. A., Dávila, G., y García, M. G. (2008). *Fundamentos del Cálculo*. Editorial Garabatos.
- Galvez, M. P. y Galvez, D. E. (2022). 5 phases of educational robotics (5per): The scientific method applied to educational robotics. In *Designing, Constructing, and Programming Robots for Learning*, pages 22–46. IGI Global.
- García, J. J. y Perales, F. J. (2006). ¿cómo usan los profesores de química las representaciones semióticas? *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(2):247–259.
- García, J. M. (2015). Robótica educativa. ¿modelo para armar? *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 10(6):77–90.
- Gaudiello, I. y Zibetti, E. (2016). *Learning robotics, with robotics, by robotics: Educational robotics*. John Wiley & Sons.
- Guerrero, G. (2019). *Cálculo diferencial un nuevo enfoque*. Patria educación.
- Hernández, A., Cervantes, J. A., Ordoñez, J. S., y Garcia, M. S. (2017). Teoría de registros de representaciones semióticas.

Herrington, J., Reeves, T. C., y Oliver, R. (2009). *A practical guide to authentic e-learning*. Routledge.

Huang, R., Spector, J. M., y Yang, J. (2019). *Educational Technology*. Springer Singapore.

Hyun, E.-j., Kim, S.-y., Jang, S., y Park, S. (2008). Comparative study of effects of language instruction program using intelligence robot and multimedia on linguistic ability of young children. In *RO-MAN 2008-The 17th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pages 187–192. IEEE.

IEEE (2002). Draft standard for learning object metadata. Recuperado de

http://acces.ens-lyon.fr/acces/equipe/logiciels/indexation/standards/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft

lio, T., Maeda, R., Ogawa, K., Yoshikawa, Y., Ishiguro, H., Suzuki, K., Aoki, T., Maesaki, M., y Hama, M. (2019). Improvement of japanese adults' english speaking skills via experiences speaking to a robot. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(2):228–245.

Imberman, S. P. (2004). An intelligent agent approach for teaching neural networks using lego [r] handy board robots. *Journal on Educational Resources in Computing*, 4(3).

Januszewski, A. y Molenda, M. (2008). *Educational Technology A definition with Commentary*. Routledge, New York, USA.

Johnson, J. (2003). Children, robotics, and education. *Artif Life Robotics*, 7:16–21.

LEGO (2019). Lego education.

url <https://education.lego.com/v3/assets/blt293eea581807678a/bltd77462c98e3f6f78/5ebaf4eea7506f408>

Accedido el 06-11-2019.

Martínez, Á., Cruz, A., y Fernández, J. A. (2019). Teaching machine learning in robotics interactively: the case of reinforcement learning with lego® mindstorms. *Interactive Learning Environments*, 27(3):293–306.

Martínez, A. (2009). El diseño instruccional en la educación a distancia. un acercamiento a los modelos. *Apertura*, 9(10):104–109.

Matarić, M. J. (2007). *The robotics primer*. Mit Press.

McGriff, S. J. (2000). Modelo addie. *Instructional Systems, College of Education, Penn. State University. Pennsylvania*.

- Merchán, E. (2019). Educación 4.0. Recuperado de <https://www.aprende.edu.mx/desarrollo-profesional-tic/comunidades-aprendizaje/educacion-40-310/index>.
- Merrill, D., Drake, L., Lacy, M. J., y Pratt, J. (1996). Reclaiming instructional design. *Educational Technology*, 36(5):5–7.
- Microsoft (2021). La guía sencilla para la diagramación de uml. Recuperado de <https://www.microsoft.com/es-ww/microsoft-365/business-insights-ideas/resources/guide-to-uml-diagram>
- Mishra, P. y Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6):1017–1054.
- Monereo, C., Castelló, M., Clariana, M., Palma, M., y Pérez, M. L. (2007). *Estrategias de enseñanza y aprendizaje*. Graó, D.F., México.
- Morales, B., Edel, R., y Aguirre, G. (2014). Modelo addie (análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación): Su aplicación en ambientes educativos. *Los modelos tecno-educativos, revolucionando el aprendizaje del siglo XXI*, pages 33–46.
- Moreno, G. A. (2018). *Principios del pensamiento matemático: el principio estrella en la práctica médica. El uso de la pequeña variación en el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades cardiacas*. PhD thesis, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Zacatenco.
- Moya, M. (2013). De las tics a las tacs: la importancia de crear contenidos educativos digitales. *Revista Didáctica, Innovación y Multimedia*, (27):1–15.
- Nieto, N., de Dios Viramontes, J., y López, F. (2009). Qué es matemática educativa. *CuCyT*, 35:16–21.
- OECD (2019). Higher education in mexico: Labour market relevance and outcomes.
- OMG (2019). Popular omg standards.
url <https://www.omg.org/about/omg-standards-introduction.htm>. Accedido el 20-08-2020.
- Ortiz, A. (2013). *Modelos pedagógicos y teorías de aprendizaje*. Ediciones de la U.
- Ould, M. A. (2005). *Business Process Management: a rigorous approach*. BCS, The Chartered Institute.
- Papert, S. (1993). *The childrens machine: Rethinking school in the age of the computer*. ERIC.

- Pérez, J. D. (2007). Notaciones y lenguajes de procesos. una visión global. *Departamento de sistemas y lenguajes informáticos, Universidad De Sevilla*.
- Piedrahita, F. y López, J. C. (2003). Un modelo para integrar tic en el currículo. Recuperado de <http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/Tema17>.
- Posada, F. A. y Obando, G. d. J. (2006). *Módulo 2 Pensamiento Variacional y Razonamiento Algebraico*. Gobernación de Antioquia. Secretaria de Educación para la Cultura de Antioquia. Dirección de Fomento a la Educación con Calidad.
- Puentedura, R. (2006). Transformation, technology, and education. Recuperado de <http://hippasus.com/resources/tte/>.
- R.A.E. (2021). Semiótica. En Diccionario de la lengua española. Recuperado el 30 Agosto, 2021, de <https://dle.rae.es/semiótico>.
- REA (2021). Modelo. En Diccionario de la lengua española. Recuperado el 20 Septiembre, 2021, de <https://dle.rae.es/modelo>.
- Reeves, T. (2006). Design research from a technology perspective. In *Educational design research*, pages 64–78. Routledge.
- Rincón, D., Herrera, C., y Munevar, P. (2015). *Robótica Educativa Experiencias en el Mundo*. Editorial Académica Española.
- Rodarte, M. A. (2020). Educación 4.0 y el modelo educativo en el ipn. *Docencia Politécnica*, 1(2):21–23.
- Rubinacci, F., Ponticorvo, M., Passariello, R., y Miglino, O. (2017). Robotics for soft skills training. *Research on Education and Media*, 9(2):20–25.
- Ruiz-Velasco, E. (1989). *Un robot pédagogique pour l'apprentissage de concepts informatiques*. PhD thesis, Facultad de Estudios Superiores, Universidad de Montreal, Canada.
- Ruiz-Velasco, E. (2007). *Educatrónica: Innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología*. Ediciones Díaz de Santos, México.
- Ruiz-Velasco, E., García, J. V., y Rosas, L. A. (2010). Robótica pedagógica virtual para la inteligencia colectiva.

- Salcedo, C. N. (2019). ¿ qué piensan los profesores de las tic? *Revista Digital Universitaria*, 20(2).
- Santiváñez, V. (2017). *Didáctica en la Enseñanza de las Ciencias Naturales un enfoque a partir de componentes*. Ediciones de la U, Colombia.
- Sargent, R., Resnick, M., Martin, F., y Silverman, B. (1996). *Building and Learning with Programmable Bricks*, chapter 1.5.1, pages 161–73. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.
- Schmidt, Q. et al. (2006). Estándares básicos de competencias en lenguaje, matemáticas, ciencias y ciudadanas: guía sobre lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden [1].
- Schunk, D. H. (2012). *Teorías de aprendizaje una perspectiva educativa*. Pearson, México.
- Sisman, B. y Kucuk, S. (2019). An educational robotics course: Examination of educational potentials and pre-service teachers' experiences. *International Journal of Research in Education and Science*, 5(2):510–531.
- Spolaôr, N. y Benitti, F. (2017). Robotics applications grounded in learning theories on tertiary education: A systematic review. *Computers & Education*, 112:97–107.
- Stork, M. G. (2020). Supporting twenty-first century competencies using robots and digital storytelling. *Journal of Formative Design in Learning*, 4:43–50.
- Sánchez, C., Tong, M. A., Anguiano, J. I., y Cabrera, E. (2018). Deserción y desempeño en matemáticas de estudiantes de ingeniería en tecnologías de manufactura de la universidad politécnica de baja california. *Revista de Educación Técnica*, 2(4):1–5.
- Sánchez, D. (2019). Industria y educación 4.0 en México: un estudio exploratorio. *Innovación Educativa*, 19:39–64.
- Tselegkaridis, S. y Sapounidis, T. (2021). Simulators in educational robotics: A review. *Education Sciences*, 11(1):11.
- Tsupros, N., Kohler, R., y Hallinen, J. (2009). Stem education: A project to identify the missing components. *Intermediate Unit*, 1:11–17.
- Tünnermann, C. (2008). *Modelos educativos y académicos*. Hispamer.

UNESCO (2019). Most influential theories of learning.

url <http://www.ibe.unesco.org/en/geqaf/annexes/technical-notes/most-influential-theories-learning>.
Accedido el 20-01-2020.

Vivet, M. (1989). Robotique pédagogique. soit, mais pour enseigner quoi? *Actes du 1er congrès francophone de robotique pédagogique*, pages 7–16.

Vázquez, A., Ramos, F., Fernández, R., Payo, I., y Adán, A. (2015). *Robótica Educativa*. RA-MA.

Yanik, H. B., Kurz, T. L., y Memis, Y. (2016). Exploring graphing through programmable robots. *The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences*, 5:273–278.

Plantilla de análisis



Plantilla de análisis

Datos generales

Nombre del Docente:	
Experiencia:	
Modalidad:	
DEA:	

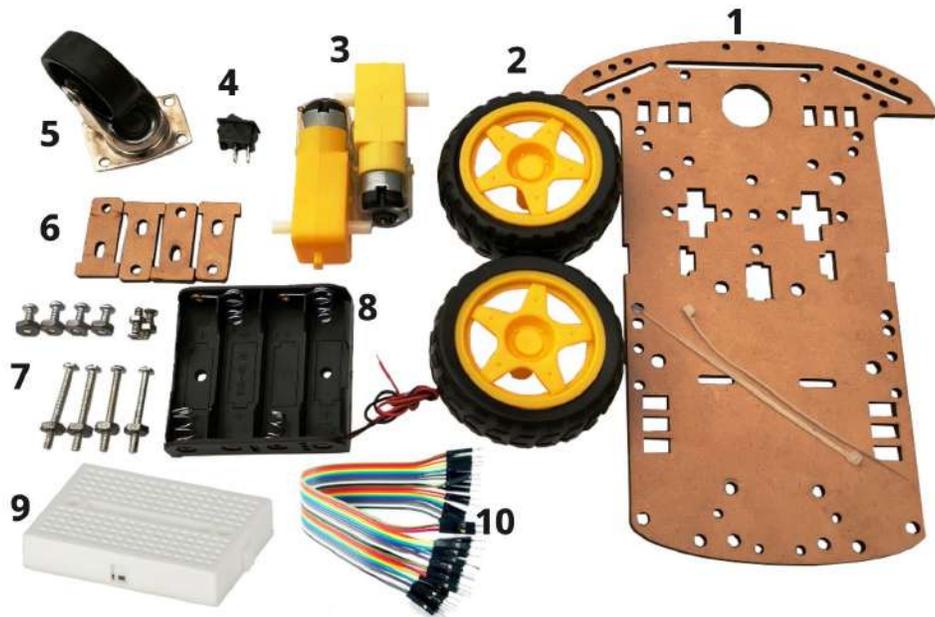
Objetivos de la experiencia de aprendizaje

Justificación de la experiencia de aprendizaje

Hoja de trabajo: materiales



Componentes del kit robot móvil



- 1 Chasis
- 2 Llantas
- 3 Motorreductores
- 4 Interruptor
- 5 Rueda loca
- 6 Soporte para motorreductores
- 7 Tornillos
- 8 Porta-pilas
- 9 Mini-protoboard
- 10 Cables dupont

Actividades grupo 1



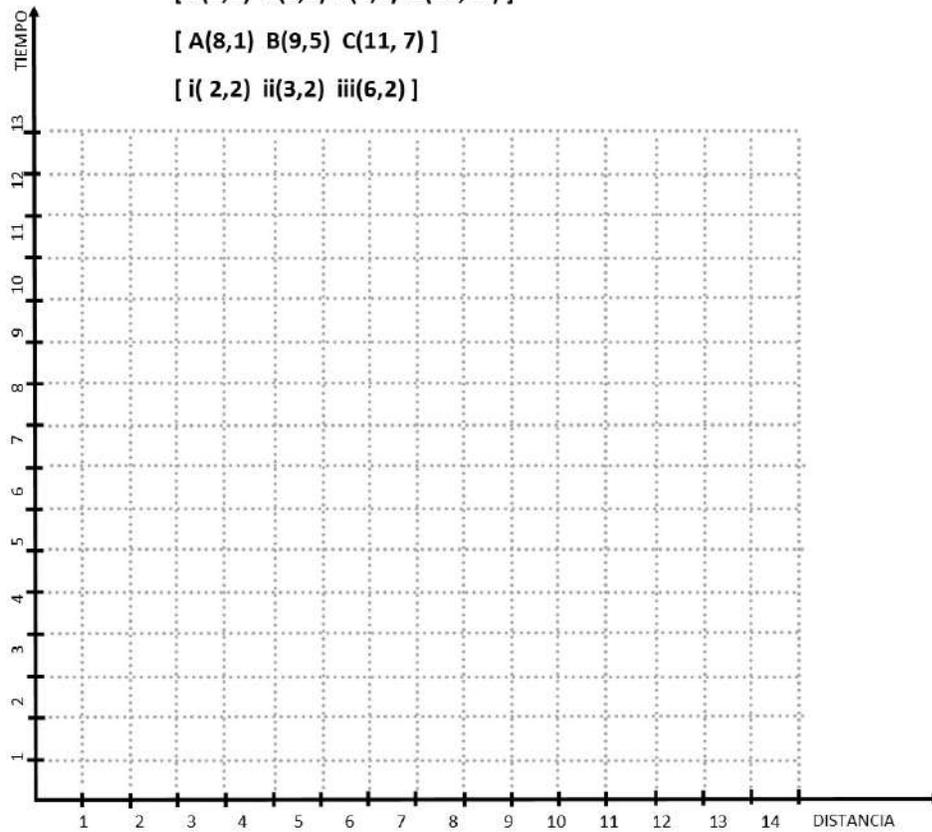
Actividad 1

1.- Representa gráficamente las líneas rectas uniendo los siguientes puntos de cara arreglo:

[a(2,2) b(3,3) c(4,4) d(10,10)]

[A(8,1) B(9,5) C(11, 7)]

[i(2,2) ii(3,2) iii(6,2)]

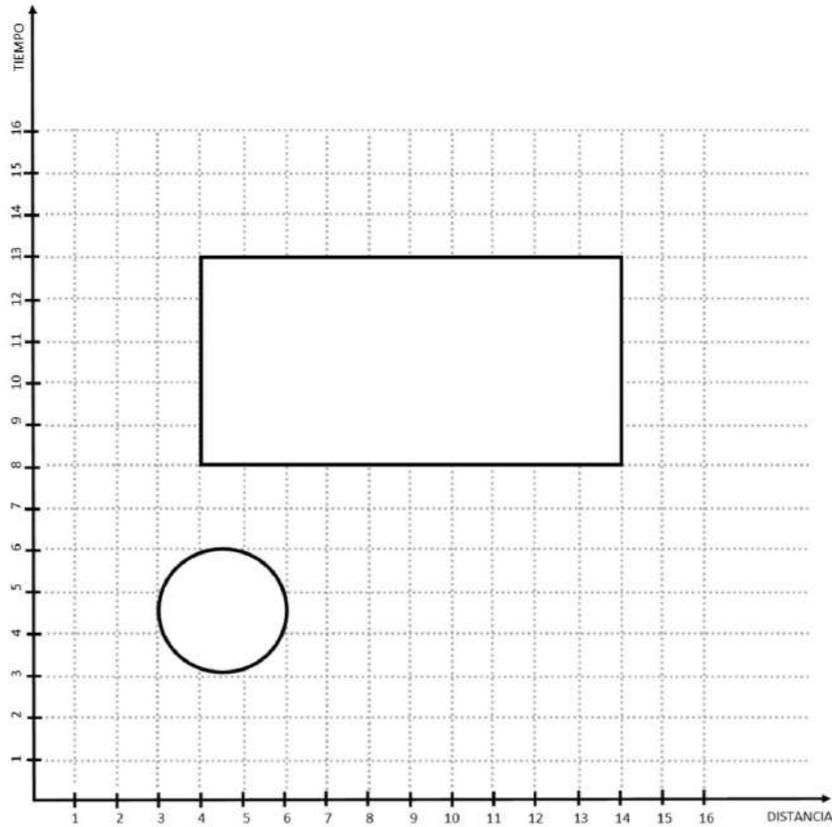


2.- Observa los movimientos que el robot realiza, considera la distancia que recorre y el tiempo que tarda en hacerlo, para cada lapso o ciclo, el robot realiza 3 ciclos, posterior a ello realiza la gráfica que represente los movimientos del robot.



Actividad 2

1.- Calcula el perímetro de la circunferencia y el rectángulo, después identifica cual es mayor y cuál es la diferencia entre los perímetros de las figuras geométricas.

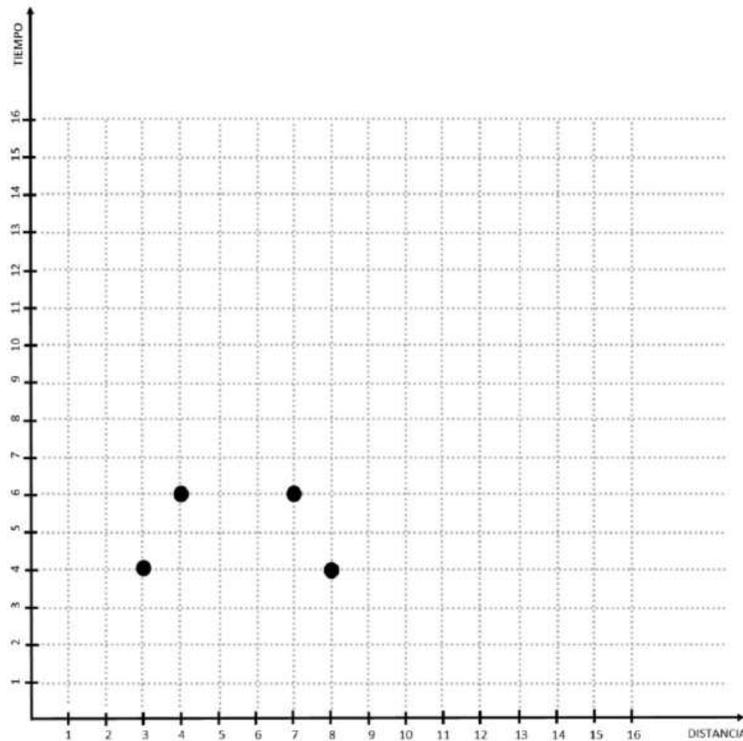


2.- Utiliza el robot, encuentra una formula matemática para desplazarlo en línea recta 4 m., 5.6 m y 7.8 m. Considerando que las ruedas tiene 43.2 mm. de diámetro.



Actividad 3

1.- Realiza una traslación de la figura geométrica representada por puntos en el plano cartesiano, traslada la figura 8 unidades a la derecha y 5 unidades hacia arriba.



2.- Realiza los cálculos necesarios para lograr una traslación del robot, el facilitador te proporcionara la directriz, anota las operaciones que realizaste para conseguirlo.

Actividades grupo 2

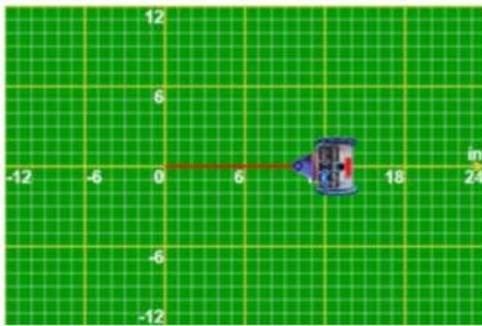
Actividad 1

¿Sabes cuándo una variable puede afectar a otra variable?

Esto ocurre frecuentemente en situaciones del mundo real

Ejercicio 1

Abir el simulador [RoboBlockly](https://roboblockly.com) de la siguiente dirección <https://roboblockly.com> para conseguir que el robot se desplace 12 pulgadas (in, inglés) utilizando la siguiente instrucción:



Una vez que consigas que el robot realice el movimiento, en un archivo contesta lo siguiente:

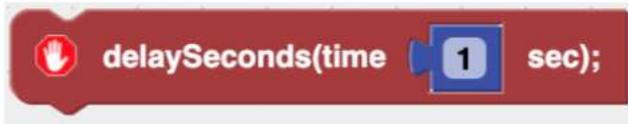
- Identifica que magnitudes son las que cambian, represéntalas con variables.
- Representa los intervalos de cambio con símbolos de las desigualdades.
- Representa los intervalos con corchetes abiertos o cerrados.
- Completa la siguiente tabla

Tabla 1

Distancia recorrida	Tiempo transcurrido
0	
2	
4	
6	
8	
10	
12	

- Realiza la gráfica de la tabla anterior (donde distancia represente el eje X).
- Escribe la formula (función) que represente la gráfica que realizaste.

Ejercicio 2



Repitiendo los bloques de la siguiente manera



Una vez que consigas que el robot realice los movimientos, en el mismo archivo anterior contesta lo siguiente:

- Identifica que magnitudes son las que cambian, represéntalas con variables.
- Representa los intervalos de cambio con símbolos de las desigualdades.
- Representa los intervalos con corchetes abiertos o cerrados.
- Completa la siguiente tabla

Tabla 2

Distancia recorrida	Distancia recorrida
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	

- Realiza la gráfica de la tabla anterior (donde distancia represente el eje X).
- Escribe la formula (función) que represente la gráfica que realizaste.

Guarda tu archivo con las respuestas y envíalo en la siguiente sección.

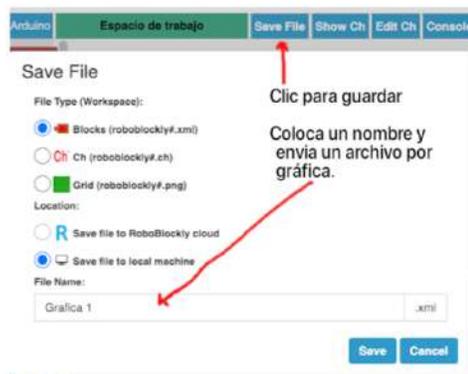
Actividad 2

Ejercicio 1

Dentro del simulador coloca los bloques necesarios para que el robot consiga graficar las siguientes funciones:

- a) $y = 2x$
- b) $y = 3x + x$
- c) $y = x^2$

Guarda en un archivo cada programa, como muestra la siguiente imagen. Guarda los programas con extensión .xml y envía los 3 archivos en la siguiente sección.



Actividad 3

Descarga los [ejercicios](#), descomprime el zip y carga el Ejercicio1 en el simulador como se observa en la siguiente figura, busca el archivo en tu maquina local en descargas, selecciona el ejercicio y corre el programa.



Una vez logres que el robot realice el movimiento en un nuevo archivo escribe una formula matemática (función) que representa el movimiento de cada ejercicio, guarda el archivo con las tres formulas y envíalo en la siguiente sección.