



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Psicología

Doctorado en Educación

Multimodal

ARTICULACIÓN DE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA Y LOS RECURSOS EDUCATIVOS ABIERTOS PARA DESARROLLAR COMPETENCIAS STEAM EN LAS ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR DE LA EB-UAQ

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Doctora en Educación Multimodal

Presenta:

Noemí Gabriela Lara Sáenz

Dirigido por:

Dra. Teresa Ordaz Guzmán

Codirigido por:

Dr. René Montero Vargas

SINODALES

Dra. Teresa Ordaz Guzmán

Presidente

Firma

Dr. René Montero Vargas

Secretario

Firma

Dr. Juan González Martínez

Vocal

Firma

Dra. Magda Concepción Morales Barrera

Suplente

Firma

Dra. María del Carmen Fajardo Araujo

Suplente

Firma

Centro Universitario, Querétaro, Qro.

México.

Abril 2025

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.

©2025 - Noemí Gabriela Lara Sáenz
All rights reserved.

*Esta tesis es dedicada a Matías, mi amor eterno, y a mi compañero de vida Josué, por su
apoyo y compañía incondicional.*

Agradecimientos

Agradecer, es un acto en el que se expresa gratitud y reconocimiento a alguien o algo... en este espacio hay mucho que quiero agradecer.

Primeramente, quiero agradecer a la Universidad Autónoma de Querétaro por incluir programas educativos de calidad y pertinencia, que permiten a mujeres como yo (mamá, docente, esposa, amiga, etc.) la posibilidad de estudiarlos al brindar los medios y los espacios para hacerlo de manera exitosa.

También, quiero agradecer profundamente a mis docentes, quienes me acompañaron en este proceso y que dieron su retroalimentación a los trabajos que se realizaron durante este periodo doctoral.

Agradezco a mi directora de tesis, la Dra. Tere Ordaz por su tiempo y orientaciones en el trabajo que hoy veo culminado y a la LIGE. Maritza De Santiago Vázquez, por su dedicación y acompañamiento. Así como a la Dra. Carmen Fajardo por sus valiosos comentarios y lecturas en este trabajo.

Especialmente, quiero agradecer a mi Codirector de tesis, el Dr. René Montero Vargas, por toda su dedicación, tiempo, palabras de apoyo, retroalimentación, lecturas, sugerencias y todo lo bueno que hizo para que este trabajo pudiera darse.

Dr. René, gracias infinitas.

Agradezco a mi familia, sobre todo a mi madre y padre, por cuidar de mi hijo en momentos donde no podía atenderlo.

Gracias Josué, por acompañarme en este camino y no dejarme sola.

Gracias estudiantes, ya que sin su participación activa este trabajo no hubiera sido posible.

Finalmente, comparto una frase con la que se me siento identificada:

“I want to thank myself for believing in me. I want to thank myself for doing all this great work. I want to thank myself for not having days off. I want to thank myself for never giving up. I want to thank myself for always giving and trying to give more without receiving. I want to thank myself for trying to do good more than evil. I want to thank myself for being me at all times”

SD.

Índice

AGRADECIMIENTOS	I
ÍNDICE	II
ÍNDICE DE TABLAS.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VIII
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVOS.....	6
OBJETIVO GENERAL	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
ESTADO DEL ARTE.....	7
MODELACIÓN Y SU IMPACTO EN EL APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS	9
RECURSOS EDUCATIVOS ABIERTOS CREADOS DESDE LA MODELACIÓN PARA FAVORECER	
COMPETENCIAS STEAM.....	12
APORTACIÓN DE LAS TIC AL APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS.....	17
ACCESIBILIDAD E INCLUSIVIDAD. AVANCES Y SU IMPACTO EN EL ESTADO DEL ARTE	19
REFLEXIONES A PARTIR DE LA LITERATURA	21
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO-CONCEPTUAL	24
MODELACIÓN MATEMÁTICA ESCOLAR: IMPORTANCIA Y PERSPECTIVAS	24
ESTRUCTURA DEL CICLO DE MODELACIÓN MATEMÁTICA USADA EN EL REA PROPUESTO	27
RECURSOS EDUCATIVOS ABIERTOS: ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	29
DISEÑO INSTRUCCIONAL PARA LA CREACIÓN DE UN REA	30
PLANIFICACIÓN DE UN REA	31
DESAFÍOS EN EL DISEÑO DE UN REA	32
STEAM	33
<i>Competencias STEAM</i>	34
<i>Convergencia entre STEAM-Modelación-REA</i>	38
PROCESO METODOLÓGICO.....	41
MODELO DE INVESTIGACIÓN ADOPTADO (TIPO DE INVESTIGACIÓN)	41
DESARROLLO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	42
<i>Población de estudio</i>	42
<i>Plan de acción para el proyecto de intervención</i>	42
FASE 1: DIAGNÓSTICO DE INTERVENCIÓN, LA VOZ DE LAS ESTUDIANTES	47
<i>Definición de categorías analíticas</i>	47
<i>Técnicas e instrumentos usados en el diagnóstico de intervención</i>	52
Historia de vida temática	52
Estructura y aplicación de la historia de vida temática a través del texto narrado	53
Cuestionario	55
Preguntas abiertas en el cuestionario	55
Preguntas cerradas en el cuestionario	56
Escala tipo Likert en el cuestionario	57
Estructura y aplicación del cuestionario	58

<i>Tratamiento de los datos obtenidos en el diagnóstico: análisis de la historia de vida y cuestionario</i>	59
MOTIVACIONES	64
Dimensión 1: Experiencia	64
Dimensión 2: Autovaloración	65
Dimensión 3: Dificultades en el aprendizaje	65
Dimensión 4: Actitud frente al proceso de aprendizaje	66
Dimensión 5: Sentimientos y emociones frente a las matemáticas	68
Dimensión 6: Resultados académicos	69
PRÁCTICA PEDAGÓGICA MEDIADA CON O SIN TIC	71
Dimensión 7: Estrategia de Enseñanza-Aprendizaje mediadas con o sin TIC	71
Dimensión 8: El profesor competente desde la mirada de las estudiantes	74
Dimensión 9: Recursos tecnológicos y sus usos	79
EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES	81
Dimensión 10: Proceso cognitivo y reconocimiento de competencias matemáticas	81
Dimensión 11: Reconocimiento de competencias STEAM	84
FASE 2: DISEÑO DEL REA	87
<i>Diseño del REA en la asignatura de Cálculo Diferencial e Integral</i>	87
<i>Definición de sesiones de trabajo para diseño del REA</i>	88
<i>Diseño del REA</i>	92
Diseño módulo 1: Interpretación y clasificación de datos	93
Vínculos del módulo 1 con el enfoque STEAM	99
Diseño módulo 2: Observación, registro gráfico y análisis de datos: la importancia de los datos y su análisis	100
Vínculos del módulo 2 con el enfoque STEAM	106
Diseño módulo 3: Construcción de modelos matemáticos para predecir el crecimiento fetal	107
Vínculos del módulo 3 con el enfoque STEAM	112
FASE 3: APLICACIÓN DEL REA Y TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN	113
<i>Tratamiento de los datos obtenidos tras la aplicación del REA</i>	113
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	117
HABILIDADES CON ENFOQUE STEAM	119
Dimensión 1: Aplicación práctica	119
Dimensión 2: Autonomía y habilidades de investigación	120
Dimensión 3: Autorreflexión y autocrítica	121
Dimensión 4: Colaboración y aprendizaje en grupo	121
Dimensión 5: Competencia y habilidad matemática	122
Dimensión 6: Estrategias de comunicación de resultados	123
Dimensión 7: Pensamiento crítico	124
LIMITACIONES	125
Dimensión 8: Limitaciones de expresión y comunicación	125
Dimensión 9: Limitaciones matemáticas	126
Dimensión 10: Limitaciones técnicas	126
APRENDIZAJE INTEGRAL	127
Dimensión 11: Conexión con conocimientos previos	128
Dimensión 12: Desarrollo de habilidades y competencias ¿en qué me ayudó el REA?	128
Dimensión 13: En zapatos de...	129
Dimensión 14: Progreso y adaptación	130
CONCLUSIONES	131
DEL DIAGNÓSTICO DE INTERVENCIÓN	131
DEL DISEÑO DEL REA Y EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS	132
LAS PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	135
REFERENCIAS	137

Índice de Tablas

TABLA 1 MATRIZ PARA LA ELABORACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE.....	7
TABLA 2 PERSPECTIVAS DE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA	25
TABLA 3 ELEMENTOS POR CONSIDERAR PARA EL DISEÑO DEL REA	31
TABLA 4 CLASIFICACIÓN DE LAS COMPETENCIAS TRANSVERSALES	35
TABLA 5 CLASIFICACIÓN DE COMPETENCIAS STEAM.....	36
TABLA 6 DIMENSIONES PARA LAS COMPETENCIAS STEAM	37
TABLA 7 PLAN DE INTERVENCIÓN DEL REA DISEÑADO	43
TABLA 8 DEFINICIÓN DE CATEGORÍAS ANALÍTICAS, SUBCATEGORÍAS E INDICADORES	49
TABLA 9 AGENDA DE TRABAJO AGOSTO 2023	89
TABLA 10 ACTIVIDAD 1.1 LA IMPORTANCIA DE LOS DATOS EN LA PANDEMIA	96
TABLA 11 ACTIVIDAD 1.2 ANÁLISIS DE PATRONES DE PROPAGACIÓN DE VIRUS MEDIANTE MODELOS GRÁFICOS	97
TABLA 12 ACTIVIDAD 1.3 EXPLORANDO EL MODELO SIR, UN ENFOQUE MATEMÁTICO PARA COMPRENDER LA PROPAGACIÓN DE ENFERMEDADES.....	98
TABLA 13 ACTIVIDAD 2.1 ¿QUÉ VARIABLES SE INVOLUCRAN EN EL DISEÑO DE LOS JUEGOS MECÁNICOS?	103
TABLA 14 ACTIVIDAD 2.2 MODELO GRÁFICO Y RELACIÓN DE VARIABLES PARA DISEÑO DE UNA ATRACCIÓN MECÁNICA	104
TABLA 15 ACTIVIDAD 2.3 MODELO MATEMÁTICO PARA EL DISEÑO DE UNA ATRACCIÓN MECÁNICA	105
TABLA 16 ACTIVIDAD 3.1 CURVAS DE CRECIMIENTO FETAL PARTE 1: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	109
TABLA 17 ACTIVIDAD 3.2 CURVAS DE CRECIMIENTO FETAL PARTE 2: ANÁLISIS DE MODELOS MATEMÁTICOS Y GRÁFICOS	110
TABLA 18 ACTIVIDAD 3.3 CURVAS DE CRECIMIENTO FETAL PARTE 3: APLICACIÓN DE LOS MODELOS	111

Índice de Figuras

FIGURA 1 CICLO DE MODELACIÓN PROPUESTO POR BLUM Y LEIB (2007)	27
FIGURA 2 LIBERTADES DE LOS REA	29
FIGURA 3 CONVERGENCIAS PARA EL DISEÑO DEL REA	39
FIGURA 4 DISEÑO DEL INSTRUMENTO PARA RECABAR INFORMACIÓN A TRAVÉS DEL TEXTO NARRADO	53
FIGURA 5 TRABAJO CON LOS DATOS	61
FIGURA 6 DESCRIPTORES PRIMERA MIRADA	61
FIGURA 7 CATEGORÍAS Y DIMENSIONES OBTENIDAS	63
FIGURA 8 ¿QUÉ HAGO PARA FORTALECER MIS HABILIDADES EN MATEMÁTICAS	67
FIGURA 9 RESULTADOS ACADÉMICOS EN LA ASIGNATURA DE MATEMÁTICAS	70
FIGURA 10 ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS USADAS EN CLASE DE MATEMÁTICAS	72
FIGURA 11 INTERACCIÓN DE LA TECNOLOGÍA EN CLASE DE MATEMÁTICAS	73
FIGURA 12 APERTURA AL DIÁLOGO POR PARTE DEL DOCENTE	78
FIGURA 13 RECURSOS DIGITALES USADOS POR LAS ESTUDIANTES	79
FIGURA 14 COMPETENCIAS MATEMÁTICAS DESDE LA PERSPECTIVA DE LAS ESTUDIANTES	82
FIGURA 15 SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE MANERA AUTÓNOMA	84
FIGURA 16 COMPETENCIAS STEAM DESDE LA PERCEPCIÓN DE LAS ESTUDIANTES	85
FIGURA 17 VALORACIÓN PERSONAL DE MENTALIDAD DIGITAL	86
FIGURA 18 CONTENIDO DE LOS DOCUMENTOS BASE PARA EL DISEÑO DEL REA	90
FIGURA 19 DATOS COVID-19	93
FIGURA 20 SIMULACIÓN DEL MODELO SIR PARA INTERPRETAR EL COMPORTAMIENTO DEL COVID-19.....	94
FIGURA 21 SIMULADOR TRACKER USADO POR LAS ESTUDIANTES	101
FIGURA 22 USO DE GEOGEBRA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO	102
FIGURA 23 ANÁLISIS PARA DESARROLLAR EL OBJETIVO DE LA ACTIVIDAD REFERENTE AL CRECIMIENTO FETAL	108
FIGURA 24 ANÁLISIS DE AUTOVALORACIONES DESPUÉS DE APLICAR EL REA	114
FIGURA 25 DESCRIPTORES DE LOS DATOS.....	115
FIGURA 26 SEGUNDO ANÁLISIS DE DATOS	116
FIGURA 27 RESULTADOS TRAS LA APLICACIÓN DEL REA	118

Resumen

La siguiente tesis tiene como objetivo diseñar un Recurso Educativo Abierto (REA) desde la modelación matemática en torno al desarrollo de competencias y habilidades contenidas en el enfoque STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas) en el nivel medio superior.

El estudio se fundamentó en el enfoque constructivista, con el que se busca resaltar el impacto positivo de la modelación matemática en el aprendizaje de las matemáticas en el bachillerato. En el trabajo elaborado, se explora la evolución y el estado del arte de los REA, la accesibilidad de estos recursos y su contribución en la enseñanza desde diferentes áreas del conocimiento. También se analiza y reflexiona cómo las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) apoyan el aprendizaje de las matemáticas, y cómo la modelación matemática puede integrarse a estas herramientas para favorecer competencias y habilidades STEAM.

A través de un diagnóstico de intervención se reconocieron las voces de las estudiantes que formaron parte del estudio, se evaluaron su percepciones y necesidades, así como se identificaron dificultades y motivaciones a las que se enfrentan cuando aprenden matemáticas, todo ello fue la base para diseñar un REA específico para la asignatura de Cálculo Diferencial e Integral que contempló su voz para el diseño de las actividades propuestas.

El REA se conformó por tres módulos que abordan la interpretación de datos, el análisis gráfico y la construcción de modelos matemáticos alineados con un ciclo de modelación que fue referente para el diseño de las actividades. En el recurso propuesto se utilizaron diversos recursos digitales y aplicaciones de acceso libre para ofrecer soluciones a las problemáticas planteadas en los módulos de trabajo, de modo que las propuestas de solución estuvieran apoyadas por el uso de recursos tecnológicos y se privilegiara con ello el razonamiento y pensamiento crítico a través de la interpretación de resultados.

Los resultados obtenidos a partir de la implementación del REA, junto con el análisis de los datos obtenidos en la intervención, indican que hay aspectos positivos referentes a habilidades enfocadas en la resolución de problemas, pensamiento crítico y la colaboración en entornos de aprendizaje digital y que para lograr el éxito en las actividades propuestas se deben considerar diferentes elementos como los aprendizajes previos del estudiantado, la contextualización de las tareas, los recursos digitales y una organización adecuada de contenidos.

Finalmente, se discuten las limitaciones encontradas como la expresión matemática, así como el impacto de este enfoque en el desarrollo de competencias STEAM. Se concluye que la modelación matemática combinada con el uso de REA, contribuye a un aprendizaje más profundo, integral y accesible.

Abstract

The following thesis aims to design an Open Educational Resource (OER) from mathematical modeling around the development of competencies and skills contained in the STEAM approach (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics) at the high school level.

The study is based on a constructivist approach, seeking to highlight the positive impact of mathematical modeling on learning mathematics in high school. The thesis explores the evolution and current state of OER, the accessibility of these resources, and their contributions to teaching across various fields of knowledge. It also examines how Information and Communication Technologies (ICT) support mathematics learning and how mathematical modeling can integrate with these tools to foster STEAM-related competencies and skills.

Through an intervention diagnostic, the voices of the students involved in the study were recognized, assessing their perceptions and needs, as well as identifying difficulties and motivations they face when learning mathematics. This feedback formed the basis for designing a specific OER for the Differential and Integral Calculus course that incorporated student input into the proposed activities.

The OER consisted of three modules focusing on data interpretation, graphical analysis, and the construction of mathematical models, aligned with a modeling cycle that guided the activity design. Various digital resources and open-access applications were used in the proposed resource to provide solutions to the problems presented in the work modules. This approach emphasized reasoning and critical thinking through result interpretation.

The results from the OER implementation and data analysis indicate positive aspects regarding problem-solving skills, critical thinking, and collaboration in digital learning environments. Several elements must be considered to succeed in the proposed activities, such as students' prior knowledge, task contextualization, digital resources, and appropriate content organization.

Finally, the limitations encountered are discussed, including mathematical expression and the impact of this approach on STEAM competency development. The study concludes that mathematical modeling combined with the use of OER contributes to a deeper, more comprehensive, and accessible learning experience.

Introducción

El aprendizaje de las matemáticas representa uno de los mayores desafíos en el ambiente de la educación, especialmente cuando se busca desarrollar diferentes habilidades relacionadas con el pensamiento crítico y la resolución de problemas que vayan más allá de la mera repetición de algoritmos. Desde la práctica docente resulta interesante pensar en la convergencia de enfoques pedagógicos innovadores, como la modelación matemática y el uso de recursos tecnológicos que pueden abrir la puerta a nuevas formas y prácticas de enseñanza para facilitar el aprendizaje de las matemáticas. En esta tesis se considera al enfoque STEAM como un elemento importante que debe incorporarse en las aulas pues ha ganado relevancia en su uso dentro de la educación por su capacidad de integrar diversas áreas del conocimiento y preparar al estudiantado, especialmente a las mujeres, a enfrentar los retos del mundo moderno.

En este contexto, los REA han emergido como herramientas clave para promover una educación más accesible. Los REA permiten que diversos materiales educativos sean compartidos y reutilizados, lo que facilita la adaptación a diferentes contextos y niveles de aprendizaje. Sin embargo, a pesar de su potencial, aún existe una brecha en la investigación de cómo los REA, combinados con metodologías activas como la modelación matemática, pueden potenciar el aprendizaje de las matemáticas y fomentar competencias STEAM.

Por tanto, el propósito de esta tesis fue investigar el impacto de la modelación matemática articulada con un REA en el desarrollo de competencias STEAM en estudiantes mujeres de bachillerato. A través del análisis de los resultados obtenidos, se explora cómo las estudiantes pueden beneficiarse de la modelación matemática en la resolución de problemas contextualizados y cómo el uso de las TIC puede facilitar este proceso. La investigación se basa en un diseño de intervención que incluye la creación de un REA específico para la enseñanza del Cálculo Diferencial e Integral, particularmente para temas relacionados con las funciones, y su aplicación.

La tesis se estructura en varias secciones. En primer lugar, se presenta un análisis del estado del arte, donde se revisa la literatura sobre la modelación matemática, los REA y el enfoque

STEAM en la educación. Posteriormente, se describe el proceso metodológico de la investigación, así como los resultados obtenidos a partir de la implementación del REA en un grupo de estudiantes mujeres. Finalmente, se discuten las limitaciones y los hallazgos del estudio, destacando las oportunidades futuras para seguir explorando el impacto de la modelación y los REA en la educación matemática.

Se concluye que la modelación matemática combinada con el uso de REA puede promover un aprendizaje más profundo, integral y accesible y se hace hincapié en cómo la tecnología y la innovación pedagógica pueden transformar el aprendizaje de las matemáticas, promoviendo no solo el desarrollo de competencias matemáticas o del enfoque STEAM, sino también habilidades como la colaboración, la creatividad y la autonomía en las estudiantes.

Planteamiento del problema y justificación

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) posiciona a nuestro país en el lugar 52 de 65 en cuanto a resultados obtenidos por estudiantes en la asignatura de matemáticas (OCDE, 2015). En el ámbito nacional, los resultados de la evaluación Planea Media Superior (PLANEA) del año 2017 ubican a más del 60% del estudiantado en los niveles básicos o insuficientes por sus resultados en dicha asignatura (PLANEA, 2017).

En este sentido, es posible que uno de los factores que inciden en este tipo de resultados pueda relacionarse con condiciones de enseñanza poco favorables, además de situaciones relativas al contexto sociocultural del estudiantado, el acceso a la información y el mismo diseño de las pruebas estandarizadas como medio de evaluación.

Si bien los resultados no son satisfactorios, es importante considerar que estas pruebas estandarizadas generalmente desconocen los factores propios de los grupos de estudiantes, las instituciones, e incluso las posibilidades con que cuentan maestras y maestros para llevar a cabo sus clases, y se aplican para medir conocimientos también generalizados y ofrecer resultados cuantitativos. Sobre la base de este tipo de informes, llama la atención que la comparación de resultados entre niños y niñas, especialmente en la asignatura de matemáticas, refleja una posible brecha de género desde edades tempranas. Se observa que los hombres mayores de 13 años tienen mejores resultados en habilidades matemáticas en comparación con sus pares femeninas (Londoño et al., 2021).

En América latina, específicamente en Chile, Colombia y México, investigaciones respecto a los resultados obtenidos por mujeres en pruebas estandarizadas (Cerdeira y Vera, 2019) en ciencias exactas y en matemáticas, coinciden en que la mencionada brecha de género surge desde edades escolares, antes del ingreso a la educación superior. Investigaciones, evaluaciones y estudios dan cuenta de la construcción de estereotipos que ubican a los hombres como la población con mayor habilidad en pensamiento lógico-matemático, lo cual se mantiene en el tiempo y representa una construcción social sobre falsas creencias respecto de una supuesta inferioridad femenina en el rendimiento matemático (Londoño et al., 2021).

Retomando los reportes de resultados que el estudiantado obtiene en procesos de evaluación de conocimientos y habilidades relacionadas con este tipo de pensamiento lógico-matemático, específicamente en grupos de mujeres, hay una constante en que, a lo largo de la educación básica y media, una muy buena parte de estudiantes enfrenta dificultades para la comprensión de los contenidos matemáticos (García et al., 2020) . Esta amplia población con dificultades, o cierta reticencia, es la que busca la manera de evitar carreras que demanden un alto grado de dominio matemático (Martínez y Emynick, 2023), dato que coincide con el reporte que se hace a nivel nacional e internacional de las carreras profesionales con mayor demanda entre la población femenina (Instituto Mexicano para la Competitividad, 2022; UNESCO, 2017).

Aunque los reportes y análisis que se han señalado apuntan de manera reducida a señalar una brecha de género en el aprendizaje de las matemáticas, con el correspondiente impacto social en el establecimiento de una tendencia de las mujeres a optar por programas de educación superior que no tengan que ver con las matemáticas, vale la pena volver la mirada a ejercicios reflexivos sobre la labor docente, en términos de proponer situaciones didáctico-pedagógicas que potencien habilidades de análisis y construcción de conocimientos en el estudiantado.

Uno de ellos tiene que ver con el uso de la modelación en la enseñanza matemática (Suarez, 2014), y el planteamiento de actividades con enfoque STEAM (por sus siglas en inglés *Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics*), que pueden promover el reconocimiento de métodos de indagación para el aprendizaje de nuevos conceptos en Matemáticas, Ciencias y Tecnología.

En particular, esta investigación centra la mirada en la Escuela de Bachilleres de la Universidad Autónoma de Querétaro (EB-UAQ), donde los resultados académicos de las pruebas estandarizadas en matemáticas, son una muestra de estos resultados poco satisfactorios enunciados líneas atrás; y que podrían llegar a disminuirse con propuestas docentes desde la modelación matemática escolar y las competencias STEAM integradas en Recursos Educativos Abiertos (REA) los cuales en la actualidad representan esos espacios digitales que pueden permitir al estudiantado adaptar su proceso de aprendizaje a ambientes donde la tecnología les ayude a aprender o reforzar conocimientos del área de matemáticas. De este modo se plantean las preguntas de investigación:

¿De qué maneras puede influir el uso de la modelación en el aprendizaje de las matemáticas en el nivel medio superior? y ¿De qué maneras puede articularse la modelación matemática en un REA para promover el desarrollo de competencias STEAM en estudiantes de educación media superior?

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un Recurso Educativo Abierto a partir de la modelación matemática para el desarrollo de competencias STEAM en las estudiantes de educación media superior de la EB-UAQ.

Objetivos específicos

- Diseñar instrumentos que permitan comprender las expectativas e intereses de las estudiantes de la EB-UAQ frente a sus procesos de formación en habilidades y conocimientos matemáticos.
- Analizar las potencialidades de la articulación entre la modelación matemática y las competencias STEAM para el desarrollo de procesos del pensamiento lógico en la EB-UAQ.
- Proponer un Recurso Educativo Abierto para integrar actividades que permitan el fortalecimiento y el desarrollo de habilidades matemáticas en estudiantes de la EB-UAQ.

Estado del arte

El estado del arte se construyó a partir de un abordaje cualitativo y de tipo documental. A través de una matriz de información se establecieron las categorías por indagar. Esta matriz se muestra en la tabla 1, la cual se compone por nueve columnas. En cada una de las columnas se incluyó la información relevante a partir de la lectura de los artículos, es decir, *Autor y año*, *Título del trabajo*, *Objetivo y/o pregunta de investigación*, *Perspectiva teórica*, *Abordaje metodológico*, *Resultados relevantes*, *Principales conclusiones* y *Observaciones*. Las categorías anteriores son fundamentales puesto que ayudan al cumplimiento de los objetivos de investigación, aportando claridad, minuciosidad y rigor al análisis de la información (Gómez et al., 2015).

Tabla 1 Matriz para la elaboración del estado del arte

<i>Autor y año</i>	<i>Título del trabajo</i>	<i>Objetivo y/o Pregunta de investigación</i>	<i>Conceptos centrales</i>	<i>Perspectiva teórica</i>	<i>Abordaje metodológico</i>	<i>Resultados relevantes</i>	<i>Principales Conclusiones</i>	<i>Observaciones</i>
Autores: Hernández Ruiz José Luis Ocampo Romero Zaida Melissa Ulloa Ibarra José Trinidad Uribe Olivares Nidia Dolores Año: 2021	La Modelación como recurso para la transversalidad del modelo cuadrático con base en simuladores virtuales.	Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> ○ Vincular la enseñanza de las matemáticas con la experimentación y la modelación en laboratorios virtuales de Física. ○ Incorporar los medios tecnológicos como medio de vinculación. ○ Proponer prácticas de laboratorio que estén vinculadas con los planes de estudio vigentes. ○ Probar, experimentar y evaluar las prácticas de laboratorio. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Simuladores ○ Modelación ○ Matemáticas ○ Laboratorios virtuales ○ Aprendizaje 	Socioepistemología	Corte cualitativo Ingeniería didáctica compuesta por cuatro fases: 1. Análisis preliminares. 2. Concepción y análisis a priori de las situaciones didácticas. 3. Experimentación 4. Análisis a posteriori y evaluación.	Los estudiantes van dando significados propios de la función cuadrática, construyendo sus propias herramientas, modelos matemáticos y argumentando diferente a como se usan o enseñan en la clase.	Se usa la modelación matemática como una práctica social que sustenta generar diseños de aprendizaje donde los estudiantes sean quienes generan su conocimiento. Se propone a la modelación como un método de enseñanza en donde los estudiantes pueden desarrollar competencias, como una herramienta didáctica que facilita la construcción de conocimientos matemáticos.	Proyecto de intervención, interesante porque los investigadores usan REA y los adaptan para su trabajo en el aula. Los alumnos construyen conceptos y modelos matemáticos a partir de una simulación. El proyecto se aplicó en el nivel medio superior.

Fuente: Construcción personal.

En este sentido, la organización de la información ayudo a agrupar las diferentes investigaciones acorde a los objetivos y preguntas de investigación, de modo que esto permitió visualizar aquellas investigaciones que tenían relación con el objetivo de la presente investigación. Para desarrollar el estado del arte se partió de la revisión bibliográfica de artículos de revistas, trabajos de investigación y libros.

Para realizar la revisión sistemática se usaron dos buscadores académicos: Google Académico y SCOPUS. Se utilizaron palabras clave acorde al tema del proyecto doctoral las cuales fueron: *modelación, tecnología, STEAM, REA, bachillerato, proyectos, competencias, accesibilidad e inclusividad* y se emplearon operadores lógicos como *AND* y *OR* para establecer parámetros más concretos en la búsqueda de los artículos. Además, se definieron algunos criterios de inclusión de la literatura que cumplieran con las siguientes condiciones:

Se incluyeron:

1. Artículos que discutieran la modelación matemática y su impacto en el aprendizaje de las matemáticas.
2. Artículos que mencionaran la elaboración o diseño de REA creados a partir de la modelación para favorecer las competencias STEAM.
3. Artículos que favorecieran el aprendizaje de las matemáticas a través del uso de tecnología.
4. Revisiones sistemáticas acorde a los tres criterios anteriores.

De lo anterior se definieron tres categorías de análisis iniciales que hicieron referencia a los conceptos claves que integraron el proyecto de investigación, es decir, modelación matemática, REA y tecnología en el aprendizaje de las matemáticas.

Posteriormente se llevó a cabo la lectura de resúmenes y con base en ello y a su contenido se seleccionaron artículos relacionados con las palabras clave propuestas, el nivel académico donde se llevó a cabo la investigación y la relevancia que se detectó al hacer la primera lectura. Consecutivamente se llevó a cabo una lectura completa de los artículos y se procedió a llenar la matriz propuesta acorde a las categorías planteadas.

En total se encontraron quince artículos relacionados con el tema de investigación. Los textos fueron agrupados en tres grupos que de manera puntual abordaron los conceptos de modelación y su impacto en el aprendizaje de las matemáticas, Recursos Educativos Abiertos (REA) creados desde la modelación para fortalecer/favorecer competencias STEAM y el aporte de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el proceso de

aprendizaje de las matemáticas. La agrupación de los documentos puede encontrarse en el siguiente enlace:

<https://bit.ly/415A8rd>



A continuación, se hace un análisis de estos tres apartados y su influencia en el proyecto doctoral, así como su aporte en el estado del arte.

Modelación y su impacto en el aprendizaje de las matemáticas

En el caso de este primer apartado referente a la modelación y su impacto en el aprendizaje de las matemáticas, los trabajos encontrados representan experiencias de investigaciones desde diferentes miradas, perspectivas teóricas, áreas de conocimiento y recursos tecnológicos. A pesar de tener esta variedad en las investigaciones, las experiencias encontradas en la literatura coinciden en posicionar a la modelación en el aprendizaje de las matemáticas y su impacto en el aprendizaje.

Por ejemplo, en la investigación realizada por Ocampo et al. (2021), se trabajó con estudiantes de bachillerato donde el uso de simuladores gratuitos permitió reforzar la transversalidad entre la matemática y la física a través de la modelación. El objetivo principal de la intervención fue vincular la enseñanza de las matemáticas con la experimentación y la modelación en laboratorios virtuales donde el estudiantado tuvo la oportunidad de probar, experimentar y evaluar sus aprendizajes. En esta investigación se usó la modelación matemática como una práctica social que sustenta generar diseños de aprendizaje, donde el estudiantado es quien genera su conocimiento y desarrolla competencias. De manera general en el estudio, se vislumbra a la modelación como una herramienta didáctica que facilita la construcción de conocimientos matemáticos y, en ese sentido, la intervención da cuenta de los beneficios de implementar prácticas guiadas con modelación en el aula.

Por otro lado, las revisiones sistemáticas hechas por González (2021) y Urrutia et al. (2021) tienen como engranaje común el concepto de modelación desde diferentes miradas y áreas de conocimiento. En el caso del primer autor, el nivel de la revisión sistemática es un recorrido por distintos escenarios educativos, desde el básico hasta el universitario. En esta revisión sistemática se concluye que el proceso de modelación genera modelos emergentes siempre y cuando el proceso se desarrolle ordenadamente. Además, refiere que la motivación, las emociones y la comunicación son elementos que se desprenden del trabajo de modelar y señala que la enseñanza bajo esta metodología o estrategia de enseñanza debe aparecer en los primeros cursos para fortalecer otras actividades que requieren estructura y pensamiento crítico.

En el caso del segundo autor, el estudio que realizó parte de una selección de artículos de buscadores académicos como *Web of Science*, *Journal of Education Research* y *Springer*. Los anteriores fueron analizados por inclusión y exclusión, obteniendo 42 artículos finales de 127. La información se clasificó de acuerdo con la identificación de habilidades y una visión de articulación disciplinar del siguiente modo:

- Matemática-Ciencia
- Matemática-Tecnología
- Matemática-Ingeniería
- Matemáticas-Ciencia-Tecnología

Destacando, además, si dentro de los artículos se trabaja desde una perspectiva de género.

Como resultados se muestra evidencia de la existencia de un mayor número de estudios que abordan la modelación bajo un enfoque STEM. Sin embargo, se necesita investigación a nivel de profesores y estudiantes para contribuir a la educación matemática con un enfoque en el modelado y la resolución de problemas. En el mismo estudio, cabe señalar que 8 de 42 artículos discutieron variables de género en sus propuestas, de los cuales solo 3 fueron catalogados como estudios muy complejos, es decir, los resultados muestran la necesidad de promover más estudios que se centren en STEM y abordar cuestiones de género en la investigación, lo que supone un aporte a la enseñanza de las matemáticas desde una perspectiva de la modelación.

De estas dos revisiones sistemáticas vale la pena resaltar que la modelación, además de generar aprendizajes en las áreas particulares de estudio, desarrolla otras habilidades necesarias para que el estudiantado se enfrente a las condiciones actuales de la sociedad. La motivación y la comunicación son resultados adicionales que sin duda fortalecen las capacidades de las y los estudiantes. Y un elemento más que vale la pena retomar es la cuestión de género, si bien, es un tema que actualmente está tomando fuerza en diferentes aspectos de la sociedad, también debería vislumbrar en cuestiones académicas.

Por otra parte, es importante mencionar que la perspectiva teórica adoptada para el proyecto de intervención es el constructivismo liderado por Piaget, el cual se centra en la construcción del conocimiento a partir de la relación del sujeto con el objeto de conocimiento. De este modo, el constructivismo intenta explicar cómo el estudiante aprende, y encuentra alternativas que lo lleven a absorber información en sus estudios para que pueda comprender, interpretar, transformar, criticar e innovar la realidad a partir de los conocimientos adquiridos durante el aprendizaje significativo (Rodríguez, 2008).

En este sentido, se debe reflexionar acerca del diseño de los recursos y el contexto en el que se aplican, ya que resulta necesario considerar la realidad. El conocimiento y análisis de la realidad forma parte fundamental del diseño de actividades de modelación, tal como lo menciona Gabalán-Coello y Vásquez-Rizo (2021). En su estudio formado por alrededor de 30 estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Occidente se plantearon tres situaciones problemáticas acordes al contexto del estudiantado y los temas relacionados con el programa de la asignatura. En la experiencia señalan que el estudiantado puede concretar problemas estadísticos a partir de la modelación de fenómenos presentes en su entorno y como consecuencia generar mayor capacidad argumentativa, además, indican que el contexto es clave para el diseño de tareas de modelación.

Siguiendo la lógica de la argumentación, la gestión argumentativa de situaciones de modelación anima al estudiantado a pasar por el ciclo de modelación y les orilla a aprender a utilizar el conocimiento matemático a través de la cooperación para comprender nuevas situaciones, pero no solo para encontrar soluciones específicas, sino también para comprender en qué condiciones las soluciones y modelos se pueden generalizar (Solar et al., 2021).

Con base en la literatura revisada, es posible establecer que para el proyecto de investigación la modelación puede incidir de manera positiva en el aula. Las investigaciones revisadas, a pesar de tener temas y áreas académicas diferentes a las matemáticas, son un punto de referencia que indican que la modelación impacta en los aprendizajes de manera positiva.

A la luz de esta premisa, se espera probar justamente que la modelación articulada con los REA genera aprendizajes que trascienden directamente en las competencias que forman parte del enfoque STEAM, lo cual es bueno para la investigación ya que en la literatura revisada no se encontró de manera puntual alguna investigación que relacione las competencias STEAM, matemáticas y modelación, con lo que se infiere que se tiene un área de oportunidad para generar nuevo conocimiento en esta campo.

Recursos Educativos Abiertos creados desde la modelación para favorecer competencias STEAM

En la literatura revisada es poca la información referente a la creación de REA desde la modelación. La mayoría de las investigaciones encontradas proponen REA ya hechos, en los que no se especifican los criterios o pasos a seguir para construirlos. De aquí que, para construir esta sección del estado del arte, se recurrió a indagar acerca de las diferentes perspectivas de la modelación matemática a través de distintas experiencias y usos que se le da y cómo se trabajan los REA con algunos proyectos de modelación y su impacto en las competencias que forman parte del enfoque STEAM.

Con esta lógica, se analizó el capítulo del libro titulado *"Modelación matemática en la perspectiva de la educación matemática"* (Villa-Ochoa et al., 2022). En este capítulo se reconoce la diversidad de tareas que pueden implementarse en el aula a través de la modelación. Se identifican los alcances y las posibilidades que se pueden tener acorde con los requisitos y condiciones académicas e institucionales dadas por el entorno escolar. Así mismo, se menciona que los ambientes de modelación son espacios que promueven el compromiso del estudiantado con el proceso, la interacción y la reflexión y que estas características no dependen solamente de la tarea, sino también de la conciliación de la gestión del profesor y la participación de las y los estudiantes.

En el capítulo del libro se proponen experiencias de investigación que ponen en práctica docentes de diferentes grados académicos con perspectivas e intereses de enseñanza-aprendizaje distintos, y en ese sentido, se desprenden varias visiones acerca de la modelación matemática. Ejemplo de estas son el trabajo realizado por Parra-Zapata y Villa-Ochoa (2016), quienes diseñaron un ambiente en el que estudiantes de entre 10 y 11 años, estudiaron el modelo del índice de masa corporal.

El ambiente incluyó un trabajo en equipo en el que el estudiantado discutió acerca de los problemas de la obesidad en Colombia, y fueron partícipes de un espacio de diálogo y discusión con una profesional en nutrición en torno a la problemática en cuestión. Otro trabajo corresponde a la intervención hecha por Villa-Ochoa (2016) quien propuso usar un modelo de crecimiento fetal para que futuros profesores no solo reconocieran los aspectos matemáticos que permiten comprender cómo cambia el peso y el tamaño de un feto, sino que también promovió en estos futuros profesores cuestionamientos de su propio conocimiento del uso que otros profesionales hacen de los modelos y de las matemáticas.

Aunado a lo anterior, dentro del capítulo del libro se describen algunas perspectivas que puede tomar la modelación, entre ellas se puede mencionar a la *perspectiva situada* como aquella donde se diseñan ambientes de aprendizaje acordes a los intereses y necesidades del estudiantado (Rendón-Mesa et al., 2016).

Así mismo Kaiser (2017) define otras perspectivas las cuales tienen interés en:

- las *metas pedagógicas*, que promueven habilidades que le permitan al estudiantado comprender mejor los aspectos centrales de su mundo;
- *objetivos psicológicos*, su propósito es fomentar y mejorar la motivación, actitud y enseñanza del estudiantado hacia las matemáticas;
- *objetivos relacionados con la asignatura*, se usa para la estructuración de procesos de aprendizaje, introducción de nuevos conceptos y métodos matemáticos incluida su ejemplificación y, finalmente,
- *objetivos relacionados con la ciencia*, donde el fin principal es impartir una imagen realista de las matemáticas como una ciencia.

Estas perspectivas tuvieron impacto en el desarrollo del proyecto de investigación ya que el diseño del REA tuvo como fundamento la perspectiva relacionada con *la ciencia*, las *metas pedagógicas* y la propia *asignatura* y, bajo esta mirada, se pensó que el resultado del recurso favoreciera una matemática más contextualizada y realista.

Aunado a lo anterior, las experiencias que se discuten en el Capítulo revisado no señalan directamente el uso particular de algún REA, sin embargo, es valioso reflexionar acerca de los métodos implementados para resolver las problemáticas que las y los docentes investigadores propusieron para orientar a sus estudiantes en el uso de tecnología como herramienta de apoyo para atender las problemáticas propuestas.

Por otro lado, es importante identificar el enfoque STEAM en/con la modelación matemática. En ese sentido, los estudios de Aravena et al. (2022) y Hallström y Schönborn (2019) tienen como común denominador las habilidades STEAM bajo diferentes perspectivas y las intervenciones que proponen tienen tintes referentes a la modelación matemática.

Los primeros investigadores desarrollaron una intervención de corte cuantitativo, mediante un diseño experimental sin grupo de control. En el estudio participaron cuatro carreras de ingeniería (civil, industrial, informática y construcción), donde se eligió una muestra aleatoria, que correspondió a estudiantes de las carreras de informática y construcción. La finalidad de la intervención fue que el estudiantado fuera capaz de proyectar una solución a una problemática planteada en el contexto de su profesión articulada con temas de sostenibilidad, cuidado del medio y problemas sociales. Dentro de los resultados los investigadores mencionan que se valoran las habilidades científicas como logros en los procesos investigativos al usar un lenguaje científico correcto en las temáticas y, sobre las habilidades tecnológicas, se identifica un alto desempeño para incorporar, representar y visualizar procesos de modelado.

Sin embargo, hay que mencionar que en los resultados se pueden observar ciertas dificultades en la habilidad matemática de modelar y que esta es un área de oportunidad que necesita ser superada para lograr una auténtica integración STEM identificando que las áreas de oportunidad se focalizan en interpretar y comunicar soluciones matemáticas en el contexto del problema y en el análisis y proyección del modelo. Finalmente se señala que trabajar

casos contextualizados no solo ayuda a utilizar los conceptos y procesos en situaciones particulares, sino también a identificar aciertos y dificultades en contenidos difíciles de entender.

De manera similar, Hallström y Schönborn (2019) presentan una revisión sistemática donde rescatan que la autenticidad de las tareas es la piedra angular de la alfabetización STEM. Los investigadores señalan que los modelos y la modelación deben usarse como un medio para la transferencia de conocimientos y habilidades entre contextos, tanto dentro como fuera de las disciplinas STEM evidenciando que las actividades de modelado pueden servir como una ruta significativa hacia la auténtica educación STEM.

Por otro lado, existe gran variedad de estrategias pedagógicas para implementarse en la educación STEM y de estas identificar cuáles de ellas son las más efectivas y que pueden implementarse para desarrollar las habilidades o competencias STEAM. Las estrategias pedagógicas más efectivas encontradas en la literatura corresponden al aprendizaje activo, la personalización de la instrucción, la participación de las y los alumnos, la retroalimentación, la creación de una comunidad de aprendizaje y la aclaración del objetivo de aprendizaje (Zhu, 2020).

La mayoría de las estrategias pedagógicas y métodos de evaluación están alineados con la pedagogía del aprendizaje centrado en el estudiante lo cual podría ser un paso inicial de la investigación sobre el impacto de los REA en las pedagogías de enseñanza de los educadores STEM.

Hasta este punto se rescatan ideas y argumentos que justifican el diseño de REA desde la modelación para la presente investigación. En este sentido se vislumbraron áreas de oportunidad en las que el REA propuesto tuvo como referencia las características principales que se mencionan a continuación y que fueron tomadas a partir de la reflexión y análisis de la literatura:

- Los REA deben diseñarse de modo que se favorezcan habilidades científicas y tecnológicas.

- El contenido del recurso debe tener alguna situación problemática contextualizada para favorecer el interés de las estudiantes al trabajar con este.
- La autenticidad de las tareas debe ligarse al diseño del recurso para movilizar saberes.
- Los REA deben articularse a alguna práctica o estrategia pedagógica. En el caso del proyecto de intervención se usó la modelación como estrategia para tal fin y el contenido del recurso se alineó con la perspectiva teórica que guía el proyecto doctoral, es decir, el constructivismo.

Para cerrar este apartado, es conveniente analizar la relación de los REA y las matemáticas, para definir cómo se da esa integración y cuáles son los beneficios para el aprendizaje. Para dar una respuesta a estas cuestiones se toma como referencia la investigación de Rodríguez (2022), quien determina la influencia de los REA en el aprendizaje de la asignatura de matemáticas en estudiantes del quinto grado de la Unidad Educativa Fiscomisional.

Este estudio se realizó bajo un enfoque mixto cuali-cuantitativo de tipo descriptivo, experimental y estadístico basado en la realidad del problema de investigación. Se trabajó con el método de estudio inductivo-deductivo, analítico-sintético. Las técnicas: observación y el cuestionario; los instrumentos: ficha de observación, el pretest cognitivo, el post test cognitivo y, los procedimientos: diagnóstico, fundamentación teórica y el diseño del REA con relación a la asignatura de matemáticas, tomando como referencia los resultados que fueron diagnosticados en el pretest cognitivo. Cabe resaltar que se trabajó con toda la población, la que se encuentra conformada por 48 estudiantes y dos docentes.

Las conclusiones a las que llega el investigador apuntan a que los REA utilizados influyen de manera positiva en el aprendizaje del estudiantado, ya que adquieren mayor habilidad cognitiva cuando tienen una participación activa. Además, se desarrollan destrezas y el interés por acceder a recursos tecnológicos, lo que permite complementar el aprendizaje en el estudiantado que estuvo involucrado en la investigación

Es importante mencionar que dentro de la experiencia se utilizaron diversos softwares para el diseño de los REA y en las actividades se propone un aprendizaje activo por parte de las y los participantes. Se señala que los docentes deben conocer y reconocer a los REA como instrumentos que favorecen el aprendizaje de las matemáticas.

Como se lee, la literatura no especifica y no da detalle de cuáles son las características o los pasos por seguir para diseñar un REA articulado a la modelación matemática. Sin embargo, ofrece algunas características que bien pueden integrarse al diseño del recurso considerando elementos de la modelación. Lo anterior representa un área de oportunidad para el diseño del REA, pues a través de la reflexión y el análisis de lo que la literatura presenta es posible reconocer características y elementos que deben y pueden ser integrados en la planeación y diseño de la propuesta del recurso.

Aportación de las TIC al aprendizaje de las matemáticas

En esta sección se discuten algunos artículos que fueron encontrados en la literatura acorde con las aportaciones que hacen las TIC en las matemáticas desde diferentes experiencias. La característica común de estos artículos es que ofrecen una visión de los usos didácticos que se les puede dar a las TIC en esta asignatura e indican sus beneficios y el impacto en el aprendizaje de las matemáticas sin dejar de lado algunas áreas de oportunidad.

Para ilustrar lo anterior Grisales (2018), mediante una revisión sistemática, señala que hay poca investigación referente a cómo se deben crear y diseñar los recursos, y las pocas investigaciones que figuran en la literatura no exponen trabajos con resultados a largo plazo.

Los estudios que se hallaron para evaluar el impacto del uso de TIC en formación matemática, en cualquier contexto de formación o nivel académico, son relativamente escasos y los que hay se han orientado más en examinar el impacto a corto plazo que tienen estos recursos en términos generales de permanencia, deserción y tasas de ingreso a la educación superior y no tanto en establecer el nivel de motivación que alcanza el estudiantado para el estudio de la matemática mediante estas estrategias y la calidad del aprendizaje alcanzado a largo plazo.

En este sentido, esta información es valiosa, debido a que el proyecto doctoral puede sumar a las investigaciones acordes al impacto que tienen las TIC y sobre todo al análisis de la aplicación de REA en el proceso de aprendizaje de las matemáticas.

Por otro lado, para mejorar la actitud hacia las matemáticas, se requiere un esfuerzo adicional para intentar que el estudiantado haga nítidamente explícito el papel de dicha materia en la

interpretación y manipulación que realiza según lo menciona Silva-Díaz et al. (2021). La intervención propuesta por los investigadores se desarrolló en un centro educativo llamado Comunidades de Aprendizaje, para la investigación la muestra estuvo conformada por 17 estudiantes de primero y segundo de ESO (Educación Secundaria Obligatoria). El proyecto de intervención consistió en diseñar una propuesta didáctica que articuló el uso del software y STEM con cuatro actividades manipulativas y experienciales a realizar mediante trabajo colaborativo y que implicaron el uso de materiales tecnológicos.

De la experiencia se concluye que la integración de tecnologías de vanguardia constituye un elemento innovador y motivacional en la enseñanza de las disciplinas científico-matemáticas, especialmente porque poseen la capacidad de presentar entornos simulados en los que el estudiantado tiene la posibilidad de interactuar y experimentar sin la necesidad de trasladarse fuera del centro educativo. Adicionalmente se señala que las TIC articuladas con STEM pueden potenciar aprendizaje, pero dichas actividades deben estar bien diseñadas.

Además, Cabra y Ramírez (2022), mencionan que es posible fortalecer las competencias en análisis y resolución de problemas que integran las operaciones matemáticas mediante la implementación de las TIC a través de aplicaciones como Scratch y Moodle. Lo anterior es justificado con la experiencia de investigación que desarrollaron con 20 estudiantes mujeres del grado 305 de la Institución Educativa Departamental (IED) Santa María del municipio de Ubaté, Cundinamarca Colombia. Para la experiencia se diseñaron instrumentos para la recolección de información, los cuales fueron: encuesta de caracterización sociotecnológica, prueba diagnóstica, prueba final y encuesta de percepción del curso. Se tomó en cuenta la metodología basada en el enfoque mixto, con un diseño exploratorio secuencial por medio del proceso de recolección, análisis y vinculación de datos cualitativos y cuantitativos, en coherencia con el enfoque STEAM. Se realizó un análisis comparativo de las pruebas diagnóstica y final, en las que se identificaron las dificultades del estudiantado para resolver problemas con las operaciones básicas

En los resultados de la experiencia al trabajar la intervención con TIC, se reconoce un impacto positivo ante las matemáticas y el desarrollo de competencias como en análisis y resolución de problemas, se observa mayor disposición y el trabajo es centrado en el estudiantado. Se hace mención que el docente solo es una guía y las estudiantes trabajan sin

la necesidad de que se les dieran indicaciones de cómo usar el recurso tecnológico, lo que demostró capacidad y trabajo autónomo.

En conclusión, es posible dar cuenta de que las investigaciones propuestas en este apartado sugieren que el uso de la tecnología aporta no solo al aprendizaje de las matemáticas, sino que también se fomentan otras habilidades y actitudes que forman parte del proceso de aprendizaje del estudiantado. En lo que respecta al contexto del proyecto de intervención, se vislumbra un vacío en la literatura con relación a los aprendizajes adquiridos a través de REA articulados con modelación y su impacto en las competencias STEAM.

De ahí la necesidad de incursionar y sumar con nuevas investigaciones y experiencias que aporten al campo educativo y la educación multimodal.

Accesibilidad e inclusividad. Avances y su impacto en el estado del arte

Las experiencias descritas anteriormente dan cuenta de las investigaciones hechas en diferentes áreas, sin embargo, al leerlas es posible notar una ausencia de conceptos relacionados con la accesibilidad e inclusividad en el cuerpo de los artículos. En esta sección se analizarán tres artículos que giran en torno a aquellas experiencias de investigación que tienen que ver con intervenciones relacionadas con el proyecto de investigación y, más allá de saber en qué consistieron, se hará una reflexión referente al tema de accesibilidad e inclusividad.

En el trabajo de Mascarell (2022) se describe el uso de dispositivos móviles como elemento que fomenta el aprendizaje de las artes. Sin embargo, el autor promueve que la estrategia puede implementarse en cualquier área del conocimiento y adaptarse al contexto de docentes y discentes. Lo anterior se ajusta al diseño de los REA, ya que uno de los objetivos principales es llegar a más usuarios, adaptándolos y, con ello, generar material *ad hoc* al contexto.

Dentro de la experiencia se promueve el uso de Google Maps como medio de geolocalización, Códigos QR, Podcasts, YouTube como medio audiovisual y Google Forms como recurso de evaluación. Resulta interesante el uso de todos estos recursos y se menciona que este tipo de estrategias aportan dinamismo al proceso de enseñanza-aprendizaje. En el artículo se reafirma el interés y la necesaria promoción de los REA que ofrece internet, entre

otros materiales digitales gratuitos y accesibles desde cualquier dispositivo. En resumen, la experiencia promueve el uso de diferentes recursos que pueden aplicarse en el aula. Sin embargo, se considera que no atiende del todo a principios de accesibilidad e inclusividad porque para seguir la estrategia es necesario desplazarse por lugares físicos, tener acceso a internet, un dispositivo móvil y apps que permitan leer códigos QR.

Así mismo Rubio-Pizzorno et al. (2019) aborda el uso de un REA particular, *GeoGebra*, los investigadores narran la experiencia de trabajo con estudiantes de nivel secundaria y describen el proceso de aprendizaje desarrollado por el estudiantado.

Como características de dicho recurso, el autor menciona que deben existir “validadores” de los materiales diseñados por profesores para que reúnan requisitos particulares y asegurar la calidad de las producciones y para poder insertarlos en un repositorio donde docentes y discentes tengan acceso. Esta experiencia atiende los principios de educación inclusiva y accesibilidad ya que el recurso utilizado y el repositorio en donde se alojan las experiencias de trabajo se adaptan a la edad de los usuarios, a las temáticas y el uso del software de acceso libre permite que desde cualquier lugar y dispositivo docentes y estudiantes tengan acceso al recurso. Además, los recursos del repositorio tienen la opción de editarse y adaptarse al contexto que se requieran.

Otra experiencia que atiende los criterios de inclusividad y accesibilidad es la que presentan Ocampo et al. (2021), quienes muestran un REA que cuenta con los elementos necesarios para adaptarse al contexto del estudiantado. El formato que tiene hace que la interacción entre usuario y recurso sea adecuada, además, el diseño o propuesta didáctica puede editarse y adaptarse a las necesidades de aprendizaje que se requieran.

Como se afirmó arriba, la reflexión trascendente de esta sección del estado del arte es considerar el concepto de accesibilidad e inclusividad en las experiencias descritas en los artículos. Puede concluirse que en ninguno de ellos es posible ver de manera directa los conceptos de accesibilidad e inclusividad, estos se dan por hecho.

De acuerdo con esto y a modo de visibilizar la presencia de estos conceptos en el estado del arte, se pueden concluir las siguientes reflexiones:

- En las experiencias se implementan REA, sin embargo, no se hace presente de manera explícita cómo el recurso atiende principios de inclusividad y accesibilidad. Se debe considerar un apartado dentro del artículo que incluya las características del recurso en cuanto a los conceptos de inclusividad y accesibilidad.
- Los REA son implementados a través de diferentes plataformas, aplicaciones y repositorios. Algunos de ellos de manera implícita atienden principios de accesibilidad e inclusividad en el diseño, pero otras plataformas ignoran este hecho.
- Las experiencias son diseñadas, planteadas y llevadas a la práctica, pero no se consideran elementos del DUA (Diseño Universal de Aprendizaje) y, por ende, carecen de elementos que las hagan 100% accesibles e inclusivas.
- Algunas aplicaciones de acceso abierto tienen elementos mínimos de accesibilidad e inclusividad, sin embargo, estas pueden adaptarse a alguna estrategia didáctica que permita usarlas y obtener provecho para más usuarios.
- Para dar cuenta de elementos inclusivos y accesibles en las experiencias planteadas por las investigaciones, es necesario analizar desde otra perspectiva, teniendo en cuenta las características de lo que representa la educación inclusiva y accesible.

Reflexiones a partir de la literatura

De acuerdo con el estado del arte construido, se tienen varias conclusiones respecto a la relevancia y posibles aportes del proyecto de intervención al campo temático. Entre ellas se puede mencionar que el uso de la modelación se aplicará como una práctica que fortalece la investigación debido a la dinámica con la que se desarrolla la intervención en el proceso de enseñanza-aprendizaje y la utilización de los REA, la modelación matemática y las competencias STEAM.

Por otro lado, una de las aportaciones del proyecto tiene que ver con los resultados obtenidos del trabajo realizado por mujeres, la modelación y las competencias STEAM. En la revisión de literatura no se han encontrado trabajos o intervenciones que mencionen esta articulación de conceptos, por ende, el proyecto abonará a esta área y fortalecerá una parte de la educación que necesita ser trabajada con urgencia en pro de las nuevas generaciones que cursan la educación media superior.

De la información obtenida a partir de los textos consultados se utilizaron los aspectos relacionados con el contexto donde las estudiantes aprenden matemáticas. La literatura menciona que considerar el contexto es clave para las tareas de modelación, en ese sentido, el diseño del REA estuvo contextualizado de acuerdo con los intereses y motivaciones de las estudiantes que participaron en la intervención. Dichos intereses y motivaciones se conocieron a partir del diagnóstico. Además, a diferencia de las intervenciones encontradas en la literatura el proyecto estará guiado por el uso de la modelación como estrategia pedagógica para desarrollar competencias STEAM en las estudiantes. De esto, se observa un vacío en la literatura lo que representa un aporte adicional a las investigaciones.

Respecto al diseño del REA, la literatura no contempla investigaciones que expliquen con claridad la manera en que diseñaron sus recursos. De ahí que se ve la oportunidad de mostrar en la investigación propuesta la metodología seguida para la creación del recurso con sus características, requerimientos y objetivos pedagógicos. Lo anterior es un aporte al campo del conocimiento de los REA, ya que la literatura no hace énfasis en este tema y se limita a mostrar resultados sin hacer una reflexión de lo accesible e inclusivo que es el recurso.

Adicionalmente, se identificó que las experiencias mostradas en las investigaciones corresponden a niveles de educación diferentes al medio superior. Algunas de las experiencias descritas en los artículos corresponden a áreas de conocimiento diferente a las matemáticas como el arte o la informática (por mencionar algunas) y de las que sí corresponden a la asignatura de matemáticas, ninguna de ellas toca temas relacionados con los contenidos matemáticos que el REA tiene. Aunado a lo anterior, a diferencia de todas las investigaciones mostradas, un aporte más es que el proyecto de investigación está dirigido solo a mujeres. Lo anterior se vislumbra como un área de interés que permitirá sumar a investigaciones con la misma población de estudio, y ayudará a generar a futuro nuevas investigaciones que permitan, por ejemplo, comparar resultados con hombres o con otros niveles de educación.

Evidentemente hay vacíos en la literatura respecto a varios aspectos, entre ellos, cómo crear un REA a través de la modelación y sobre el tema de accesibilidad e inclusividad. Esto representa un espacio para aportar y sumar a las investigaciones ya que el tema a tratar en el proyecto de intervención es actual y la investigación al respecto es poca. Así pues, esta

investigación pretende aportar al campo de la educación multimodal, particularmente en la asignatura de matemáticas en el nivel medio superior, al generar REA bajo un enfoque de modelación que fortalezca/desarrolle competencias STEAM en las estudiantes.

Fundamentación teórico-conceptual

Modelación matemática escolar: importancia y perspectivas

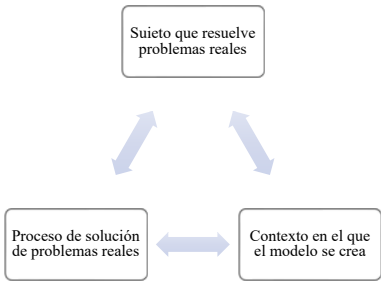
La modelación matemática escolar es uno de los elementos fundamentales que rigen esta investigación, ya que el REA que se propuso se constituye por actividades que se encuentran enmarcadas en tareas de modelación. Se destaca que los procesos de modelación matemática han ocupado, durante los últimos años, un papel central en la investigación en educación ya que han sido reconocidos como una herramienta didáctica para la enseñanza de la matemática y como objeto de enseñanza y aprendizaje (Lara y Rojas, 2019).

Acorde con varios investigadores, la modelación matemática es, sin lugar a duda, mucho más que solo tomar una situación, por lo general del mundo real, y el uso de variables o funciones elementales que se ajustan a los fenómenos en estudio para llegar a una conclusión que puede ser interpretada a la luz de la situación original. La modelación matemática puede considerarse como un proceso matemático que implica observar un fenómeno, realizar conjeturas y relaciones, la aplicación de análisis matemáticos (ecuaciones, estructuras simbólicas, etc.), la obtención de resultados y la reinterpretación de un modelo matemático (Swetz y Hartzler, 1991).

La intención con este enfoque de enseñanza no es solo que el estudiantado se familiarice con conceptos matemáticos y teorías que se pueden utilizar en la modelación, sino que también sean conscientes de las diferentes fases del proceso y, además, sean competentes, críticos y reflexivos sobre los modelos que generan y sus posibles aplicaciones.

En la tabla 2 se presenta un resumen que contempla las miradas que se le otorgan a la modelación desde diferentes perspectivas, su objetivo central, su principal interés, los antecedentes y las aspiraciones a las que pretende llegar. Reconocer estas miradas, permite identificar la postura que se toma dentro del proyecto de investigación y con ello valorar el contenido del recurso educativo abierto que se propone dentro de la intervención.

Tabla 2 *Perspectivas de la modelación matemática*

Perspectiva	Objetivo central	Interés	Antecedente	Pretensión
Realista	Pragmático-utilitaria Resolver problemas del mundo real Promueve las competencias de modelación	Resolver problemas reales que tengan sentido práctico para las y los estudiantes	Pragmatismo anglosajón y matemática aplicada	Desarrollar herramientas para comprender el mundo en el que viven y entender cuáles son los componentes de los modelos matemáticos
Contextual	Resolución de problemas	Resolver problemas reales, pero preocupándose por la relación triádica: 	Debate de la solución de problemas, así como prácticas diarias escolares	Comprender la naturaleza del proceso de modelación y las distintas restricciones que sobre este se generan
Educativa	a) Estructurar los procesos de aprendizaje b) Introducir conceptos y su desarrollo	Pedagógico	Teorías didácticas y teorías del aprendizaje	a) La modelación se utiliza para estructurar y promover el proceso de aprendizaje de las y los estudiantes b) La modelación es clave para introducir nuevos conceptos y para desarrollarlos
Epistemológica	Metas orientadas a la teoría	Examinar y detallar las condiciones y limitaciones que facilitan el desarrollo de procesos de aprendizaje que se inician a partir de problemas significativos, ya sea con temas relacionados con el ámbito matemático o externos a él, considerando	Epistemología romana	Considerar la actividad matemática en sí misma como una actividad de modelación, ya que la modelación no es un aspecto más de las matemáticas

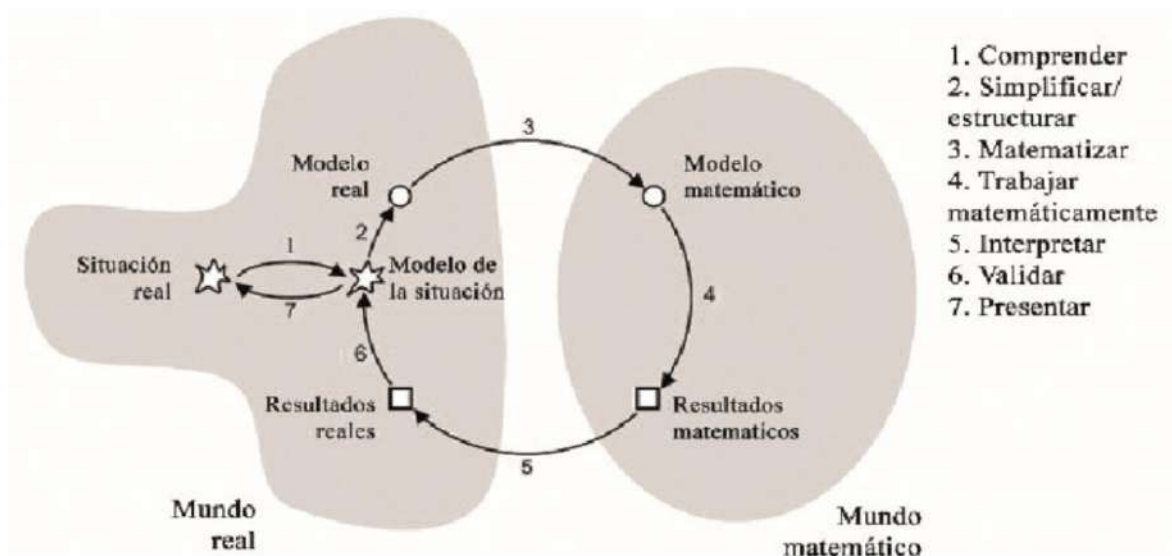
		que la actividad matemática no está limitada a un solo contexto		
Cognitiva	a) Analizar los procesos cognitivos que tienen lugar durante el proceso de modelación b) Promoción de los procesos del pensamiento matemático usando modelos como imágenes mentales	Psicológico (examinar los procesos mentales que ocurren durante la modelación)	Psicología cognitiva	Comprender la forma en que se piensa cuando se usa la modelación en la solución de problemas y promover los procesos de pensamiento matemático mediante su uso
Elementos comunes presentes en los enfoques de modelación.				
<ul style="list-style-type: none"> • El contexto en el que se presenta y resuelve el problema debe ser significativo para los estudiantes. • El estudiantado debe llevar a cabo diversos procesos de razonamiento, a partir de los cuales pueden surgir conceptos útiles para abordar la tarea o problemática planteada. • Se utilizan las ideas que emergen del estudiantado para introducir conceptos matemáticos clave. 				

Fuente: Basado en A global survey of international perspectives on modeling in mathematics education (Kaiser y Sriraman, 2006).

Estructura del ciclo de modelación matemática usada en el REA propuesto

Existen diferentes ciclos de modelación matemática, no obstante, la visión más general que hay de la modelación matemática puede representarse mediante un ciclo, sirva de referencia, el ciclo de modelación matemática de Blum y Leiß (2007) donde la modelación está situada en dos ámbitos diferentes, la matemática y el resto del mundo. El ciclo puede observarse en la figura 1.

Figura 1 *Ciclo de modelación propuesto por Blum y Leiß (2007)*



Fuente: Tomado de Blum y Leiß (2007).

Este ciclo de modelación comienza con la identificación de un fenómeno o problema real que requiere actividades de simplificación y estructuración, con el fin de delimitar la problemática de estudio y convertirla en una situación susceptible de ser modelada. La situación a modelar necesita una recolección de datos, cuyo propósito es proporcionar información sobre el fenómeno, la cual se organiza y simplifica. La transformación del problema real en uno que adopte la forma de un modelo matemático se lleva a cabo mediante un proceso de matematización, en el que los elementos relevantes, datos, relaciones, condiciones e hipótesis se trasladan al ámbito matemático, resultando en un modelo que dirige el análisis del problema. Este modelo matemático se expresa a través de ecuaciones, soluciones teóricas, estimaciones numéricas, pruebas estadísticas, simulaciones, entre otras, que permiten generar una respuesta al problema, la cual debe ser interpretada en el contexto

original para obtener un resultado real. Finalmente, el modelo se compara con la situación original para dar una solución al problema. La validación y presentación del modelo pueden generar nuevas preguntas, reiniciando el ciclo. Los resultados, en forma de modelo, son tanto matemáticos como aplicables a la realidad ya que se hallan fuertemente conectados entre sí por los procesos descritos anteriormente.

Modelación matemática escolar basada en el constructivismo

La teoría constructivista guio el trabajo de investigación que se propone en esta tesis, pero ¿cuál es la relación entre la modelación matemática escolar y el constructivismo? ¿cómo se relaciona el diseño del REA con esta teoría y cómo se articula con la modelación matemática?

La modelación matemática se basa en el principio constructivista de que el estudiantado debe construir activamente su conocimiento. Al involucrarse en problemas del mundo real, deben interpretar la situación, formular un modelo matemático, analizarlo y luego validar sus resultados lo que coincide con el ciclo de modelación adoptado y que fue descrito en el apartado anterior. Este proceso requiere que estudiantes conecten conceptos matemáticos con experiencias previas y nuevas situaciones.

Por otro lado, el constructivismo enfatiza la relevancia del contexto en el aprendizaje y la modelación matemática utiliza problemas reales que tienen sentido para el estudiantado, haciendo que el aprendizaje sea significativo y motivador. En esta teoría se considera que el conocimiento emerge en contextos que son significativos, por lo tanto, para comprender el aprendizaje que ha tenido lugar en un individuo debe examinarse la experiencia en su totalidad (Ertmer y Newby, 1993).

Además, el proceso de modelación matemática es iterativo, lo que refleja el enfoque constructivista de que el conocimiento se construye y se refina continuamente ya que el estudiantado crea modelos, los prueba, identifica errores o inconsistencias, y los ajusta. Este ciclo de creación y revisión promueve un aprendizaje profundo y una comprensión robusta de los conceptos matemáticos. La teoría constructivista sostiene que el aprendizaje es un proceso de construcción y reconstrucción de la estructura cognitiva, que se da a través de la

asimilación e incorporación de conocimientos basados en las propias percepciones y en las experiencias previas.

Finalmente, la modelación matemática y el constructivismo están estrechamente vinculados en la enseñanza de las matemáticas. Este enfoque promueve una construcción activa del conocimiento, la relevancia contextual, la colaboración y un proceso iterativo de aprendizaje, todos principios fundamentales del constructivismo y que están en consonancia con la modelación matemática.

Recursos Educativos Abiertos: origen y características generales

REA (Recursos Educativos Abiertos) es un término que la UNESCO definió en el año 2002 con el fin de que se identificaran recursos educativos que pudieran ofrecerse de manera pública, gratuita y accesible a través de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) para que sean consultados, adaptados y sin fines comerciales (Atkins et al., 2007). El hecho de que estos recursos educativos tengan licencias abiertas permite que usuarios tengan la posibilidad de adaptarlos y reutilizarlos de manera gratuita de acuerdo con sus intereses, posibilidades, contextos, necesidades, etc. Bajo esta mirada Miao et al. (2019), mencionan que los REA tienen "*cinco libertades*" las cuales pueden observarse en la figura 2.

Figura 2 *Libertades de los REA*



Fuente: Basado en un documento original de David Wiley publicado bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0, disponible en <http://opencontent.org/definition/>

1. **Conservar** el derecho a realizar, poseer y gestionar (descargar, editar, guardar, archivar, etc.).
2. **Reutilizar** el contenido (descargar, editar, guardar, archivar, etc.).
3. **Modificar** o ajustar acorde a las necesidades u objetivos de aprendizaje.

4. **Remezclar**, es decir, combinar diferentes contenidos para crear algo nuevo.
5. **Redistribuir** o compartir copias de la nueva producción o el contenido original.

Estas cinco libertades ayudan a la mejora continua del trabajo original al adaptarlo y transformarlo para crear un nuevo recurso actualizado y ajustado según el nuevo contexto de aprendizaje. En este sentido, “libre” significa “libre acceso” y “libertad para modificar”.

Diseño instruccional para la creación de un REA

Por otro lado, la calidad de los REA debe ser una característica por considerar cuando estos son diseñados, de ahí la importancia que su diseño sea el adecuado para mantener ciertos criterios de calidad y con ello aplicarse exitosamente con el estudiantado. Ramírez y Soberanes (2015), hacen una propuesta que incluye una serie de pasos que permiten considerar un diseño instruccional que implica las etapas necesarias donde se desarrolla un proceso de ajustes y replanteamientos con el fin de evitar errores y lograr el objetivo u objetivos de aprendizaje al implementar un REA.

Los pasos del diseño instruccional son los siguientes:

1. **Planeación y control.** Se definen las etapas o tareas que debe llevar el diseño instruccional y se establece el contenido para cada etapa o tarea.
2. **Temática del REA.** Se especifica el tema a abordar en el REA y se definen los objetivos.
3. **Análisis.** Se especifican los contenidos acorde con la secuencia didáctica definida, es decir, los módulos, Objetos de Aprendizaje (OA), materiales multimedia y evaluaciones.
4. **Diseño.** Se establece la interfaz del REA, comenzando con un prototipo y se toman en cuenta las bases de datos que alojaran las evaluaciones y tareas.
5. **Producción.** Es necesario saber cuáles serán los recursos multimedia que serán usados, considerando la secuencia didáctica e incluso si es necesario producir los recursos para desarrollarlos desde este equipo de trabajo.
6. **Desarrollo.** Se establece cómo será creado y cuáles son los recursos involucrados.

7. **Implementación.** Se debe tener la estructura final del REA y tener identificada la plataforma en la que se subirá.
8. **Autoría.** Se define que tipo de licencia Creative Commons será utilizada.
9. **Validación.** Referente a la aplicación y cumplimiento de los objetivos de aprendizaje por parte de estudiantes y profesores.
10. **Retroalimentación.** Después de la aplicación previa y evaluación del recurso, se identifican las áreas de oportunidad y mejoras antes de presentarlo con estudiantes y profesores.
11. **Evaluación de resultados.** Es la presentación final y descripción del diseño instruccional.

La descripción de este proceso es fundamental, ya que la metodología de construcción del REA se basó en estos elementos considerando, además, la retroalimentación de las personas involucradas en su diseño, es decir, la diseñadora instruccional, el tecnopedagogo y los responsables del área de programación.

Planificación de un REA

Existen diferentes planificaciones que ayudan a gestionar y guiar la puesta en marcha de un REA. La tabla 3 resume tres momentos clave que fueron tomados en cuenta para la planificación, la aplicación y su evaluación.

Tabla 3 *Elementos por considerar para el diseño del REA*

Etapas de planificación	Etapas de aplicación	Etapas de evaluación
Requiere que el docente tome decisiones conscientes y claras en relación con el propósito del REA.	Referente al uso del REA como una herramienta para mejorar el proceso de enseñanza.	Sirve para fortalecer las potencialidades del REA y superar posibles áreas de mejora.
<ul style="list-style-type: none"> ○ Planear con antelación considerando el diseño instruccional del REA. Tomar en cuenta que la planeación debe ser flexible y lo que se tenía planeado en un inicio puede cambiar. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ser facilitador al motivar el análisis y ayudar a desarrollar habilidades para aprender. ○ Promover la reflexión al motivar el aprendizaje mediante la argumentación 	Responder los siguientes cuestionamientos permiten validar el REA, así como mejorarlo: <ul style="list-style-type: none"> ○ ¿Se logró un aprendizaje significativo?

<ul style="list-style-type: none"> ○ Elaborar secuencia didáctica donde se expliciten los tiempos y estrategias a implementar sin perder de vista el objetivo del REA. ○ Número de estudiantes para definir la organización del lugar donde se aplicará el recurso. ○ Aspectos técnicos, es decir, considerar que existe equipo necesario y ayuda en caso de que el REA presente alguna situación que impida su uso. ○ Interactuar con el REA antes de llevarlo al aula de modo que se tenga conocimiento de este en cuanto a su organización y funcionamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ lógica apoyada en evidencias confiables. ○ Uso de laboratorios al implementar simulaciones en el proceso de aprendizaje. ○ Proveer indicaciones explícitas sobre el uso del recurso para su manejo correcto. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ¿Se desarrollaron competencias STEAM en las estudiantes? ○ ¿Se mejoró la actitud hacia los contenidos? ○ ¿Ayudó a mantener el interés durante la clase? ○ ¿Les gustó a las estudiantes? ○ ¿Motivó la participación? ○ ¿El aporte en contenido fue importante? ○ ¿No causó demasiada desviación de lo que se pretendía enseñar? ○ ¿Consideraron valiosa la información brindada por el recurso? ○ ¿Qué problemas técnicos se presentaron? ○ ¿Me siento satisfecha con el recurso? ○ ¿Con la forma como lo implementé? ○ ¿Hubo algo que me causó molestia o distracción?
---	--	---

Fuente: Basado en Mortera-Gutiérrez et al. (2012).

Desafíos en el diseño de un REA

De acuerdo con Tlili et al. (2021) los REA presentan retos importantes que deben tomarse en consideración, estos retos son:

1. Dificultades para monitorear el proceso de aprendizaje y atender inquietudes o retroalimentación de manera inmediata.
2. Complejidad para docentes y discentes para localizar un recurso acorde a sus necesidades de enseñanza-aprendizaje.
3. Resulta complejo combinar recursos que se encuentran en diferentes sitios o páginas de internet.
4. Dificultades para brindar apoyo inmediato.

5. No se consideran las capacidades del estudiantado para el aprendizaje adaptativo.

Como consecuencia, considerar estos factores de riesgo en el diseño del REA implica mejorar la adopción del recursos y mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Por otra parte, también existen desafíos importantes de los REA del área matemática que deben de considerarse para la mejora del desempeño académico, entre estos desafíos destacan:

1. Diseño de estrategias pedagógicas que estén integradas con los REA en el área de la asignatura de matemáticas.
2. Diseño de REA del área matemática adaptativos a las necesidades de cada usuario.
3. Diseño de REA del área matemática que implementen mecanismos de retroalimentación inmediata por parte del docente.

Reflexionar sobre estos desafíos implica pensar en formas generales que permitan evitar las dificultades que se señalan. Por ejemplo, para facilitar la retroalimentación dentro de los REA los foros de discusión pueden resultar como esos espacios favorables que permitan al estudiantado generar retroalimentación inmediata e incluso pueden ser espacios donde sea posible plantear inquietudes. Por otro lado, la organización e integración de diferentes recursos como tutoriales para guiar el trabajo dentro del espacio de trabajo digital puede desembocar en un apoyo que permita al estudiantado navegar e identificar elementos que favorezcan su aprendizaje. Además, es importante considerar niveles de aprendizaje del estudiantado en el diseño de REA y con ello se pueda personalizar el aprendizaje.

STEAM

De acuerdo con la literatura revisada STEAM surge en Estados Unidos a inicios de la década de los 90 como parte de una iniciativa política que busca integrar y ampliar los campos referentes a la ciencia y la tecnología incluyendo en ellos áreas acordes a las humanidades, los estudios sociales y el lenguaje para incluir e impulsar la creatividad del estudiantado y el cuerpo docente en las instituciones educativas y con ello sumar a más estudiantes al gusto por las áreas que integran este acrónimo, es decir, la Ciencia—Science, la Tecnología—Technology, la Ingeniería—Enginnering, las Artes—Arts y las Matemáticas—Math. Yakman (2012), una de las pioneras de este enfoque, señala que en la sociedad donde se

desarrollan las generaciones, la ciencia no puede ser entendida sin la tecnología y que no es posible innovar o crear sin la comprensión de las artes y las matemáticas, por otro lado, señala que los campos de estudio científico pueden intimidar a algunos estudiantes y que pueden no atraer a algunas minorías o a las mujeres. De acuerdo con esto, la inclusión de las artes en el enfoque STEAM es fundamental pues le da una visión diferente y puede atraer talentos que quizá no se sienten atraídos por las áreas "duras".

El objetivo de STEAM es enseñar al estudiantado cómo aprender mejor y aplicar nuevos conocimientos desde una perspectiva multidisciplinaria basada en la realidad. La educación en STEAM se concentra en una alfabetización que permite al estudiantado desarrollar la capacidad de transferir conocimiento entre disciplinas y enfatiza el desarrollo de vínculos entre los campos de estudio que conforman este enfoque.

Competencias STEAM

Según el Diario Oficial de La Unión Europea (2018), la competencia transversal es definida como la mezcla cambiante de conocimientos, habilidades y actitudes que el estudiantado precisa para lograr el éxito a lo largo de los años de vida y que demanda desarrollarse a partir de los primeros años de vida. Para el caso de México, las competencias transversales o genéricas se definen como aquellas que movilizan conocimientos, habilidades y actitudes y que son puestas en práctica en la dimensión personal y profesional, además, se entiende que al ser transversal cubre todos los perfiles del estudiantado (Vargas, 2008) envolviendo en gran medida a la mayoría de los cursos que integran el curriculum en un programa educativo (Valenzuela et al., 2016).

Particularmente la EB-UAQ sigue un enfoque educativo centrado en el desarrollo de competencias, lo cual se alinea con las tendencias educativas que buscan preparar al estudiantado no solo con conocimientos específicos, sino también con las capacidades para aplicarlos de manera efectiva en la vida real y propicia el desarrollo de habilidades las cuales son componentes esenciales de las competencias para facilitar el desarrollo integral del estudiantado.

Acorde con lo anterior, se entiende que el conocimiento, las habilidades y actitudes son cruciales para desarrollar las competencias transversales, pero ¿qué se entiende por cada uno de estos conceptos que integran a las competencias? En el caso del conocimiento, este se entiende como *los hechos, ideas, teorías que se encuentran establecidas y que apoyan el entendimiento de un tema*, para las habilidades, se conciben como *la capacidad de realizar un proceso y utilizar el conocimiento para obtener un resultado* y finalmente la actitud como *la disposición para actuar ante diferentes situaciones*.

Las competencias transversales tienen una íntima relación con las actividades del enfoque STEAM (Gabbianelli, 2019) y resulta posible identificarlas a partir de tres grandes campos: las instrumentales, las personales y las sistémicas.

Wagenaar y González (2006), clasifican a las competencias mencionadas del siguiente modo (ver tabla 4):

Tabla 4 *Clasificación de las competencias transversales*

Clasificación	¿Qué la compone?
Instrumentales	<ul style="list-style-type: none"> ○ Evaluación y síntesis de información ○ Capacidad de organización y planificación efectiva ○ Comunicación oral y escrita ○ Conocimiento de lengua extranjera ○ Habilidades en el uso de herramientas informáticas ○ Manejo eficaz de la información ○ Capacidad para resolver problemas ○ Toma de decisiones
Personales	<ul style="list-style-type: none"> ○ Colaboración en equipo ○ Trabajo en un contexto internacional ○ Habilidades interpersonales ○ Reconocimiento de la diversidad y multiculturalidad ○ Pensamiento crítico ○ Compromiso con la ética
Sistémicas	<ul style="list-style-type: none"> ○ Capacidad de aprendizaje independiente ○ Flexibilidad y capacidad de adaptación ○ Innovación y creatividad ○ Capacidad de liderazgo ○ Motivación por la calidad ○ Conciencia ante temas ambientales

Fuente: Basado en la clasificación realizada por Vargas (2008)

Por otro lado, Sánchez (2019), clasifica las competencias del enfoque STEAM y marca las dimensiones que las componen según las competencias transversales determinadas por la Unión Europea y la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE), esta clasificación puede verse en la tabla 5:

Tabla 5 *Clasificación de competencias STEAM*

Unión Europea	Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE)	Competencia STEAM
Comunicación en lengua materna Comunicación en lenguas extranjeras	Competencia en comunicación lingüística	Expresión y comunicación
Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología	Competencia matemática y competencias básicas en ciencias y tecnología	Pensamiento lógico Uso de productos tecnológicos Diseño Fabricación Proceso de resolución de problemas
Competencia digital	Competencia digital	Obtención y tratamiento de información Pensamiento computacional
Aprender a aprender	Competencia para aprender a aprender	Aprender a aprender
Competencias sociales y cívicas	Competencias sociales y cívicas	Trabajo colaborativo Pensamiento sistémico
Sentido de la iniciativa y espíritu de empresa	Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor	Autonomía y desarrollo personal Emprendimiento Planificación y gestión Creatividad Innovación
Conciencia y expresión culturales	Conciencia y expresión culturales	Cultura tecnológica

Fuente: Tomado de la descripción de Sánchez (2019)

El mismo autor puntualiza la competencia STEAM y las dimensiones que las conforman, lo anterior se visualiza en la tabla 6:

Tabla 6 Dimensiones para las competencias STEAM

Competencias STEAM	Dimensiones
Autonomía y emprendimiento	Aprender a aprender Autonomía y avance propio Emprendimiento
Colaborar y comunicar	Expresión y comunicar Tarea en equipo
Comprensión y aplicación de la tecnología	Cultura tecnológica Uso de tecnología
Creatividad e innovación	Resolución de problemas de forma innovadora y poco convencional
Bosquejo y producción	Diseño Elaboración Organización
Pensamiento crítico	Pensamiento lógico Pensamiento integral
Resolución de problemas	Obtener información Manejo de la información Pensamiento computacional Proceso de resolución de problemas

Fuente: Tomado de Sánchez (2019)

Otros espacios identificados en la red como por ejemplo STEAM Euskadi se dedican a trabajar bajo el enfoque STEAM destacan que las competencias que se desarrollan generan algunos beneficios, tales como:

- Fomentar la autonomía y el desarrollo personal.
- Formar al estudiantado con el uso de nuevas tecnologías para que las puedan comprender y aplicar en diferentes escenarios.
- Concientizar al estudiantado sobre la importancia de interpretar, analizar y evaluar información, situaciones, acciones, etc.
- Trabajar de forma colaborativa.
- Resolver problemas.
- Compartir conocimiento con los demás.
- Desarrollar habilidades comunicativas.
- Aprender a diseñar, planificar, organizar, etc.

Cabe aclarar que en el presente trabajo se adoptó la mirada de competencias STEAM desde el trabajo de Sánchez (2019) quien en sus investigaciones destaca la importancia de la educación STEAM en el aprendizaje práctico y creativo, es decir, donde el estudiantado aprende haciendo. Esto no solo mejora la comprensión de los conceptos teóricos, sino que también desarrolla habilidades prácticas.

Convergencia entre STEAM-Modelación-REA

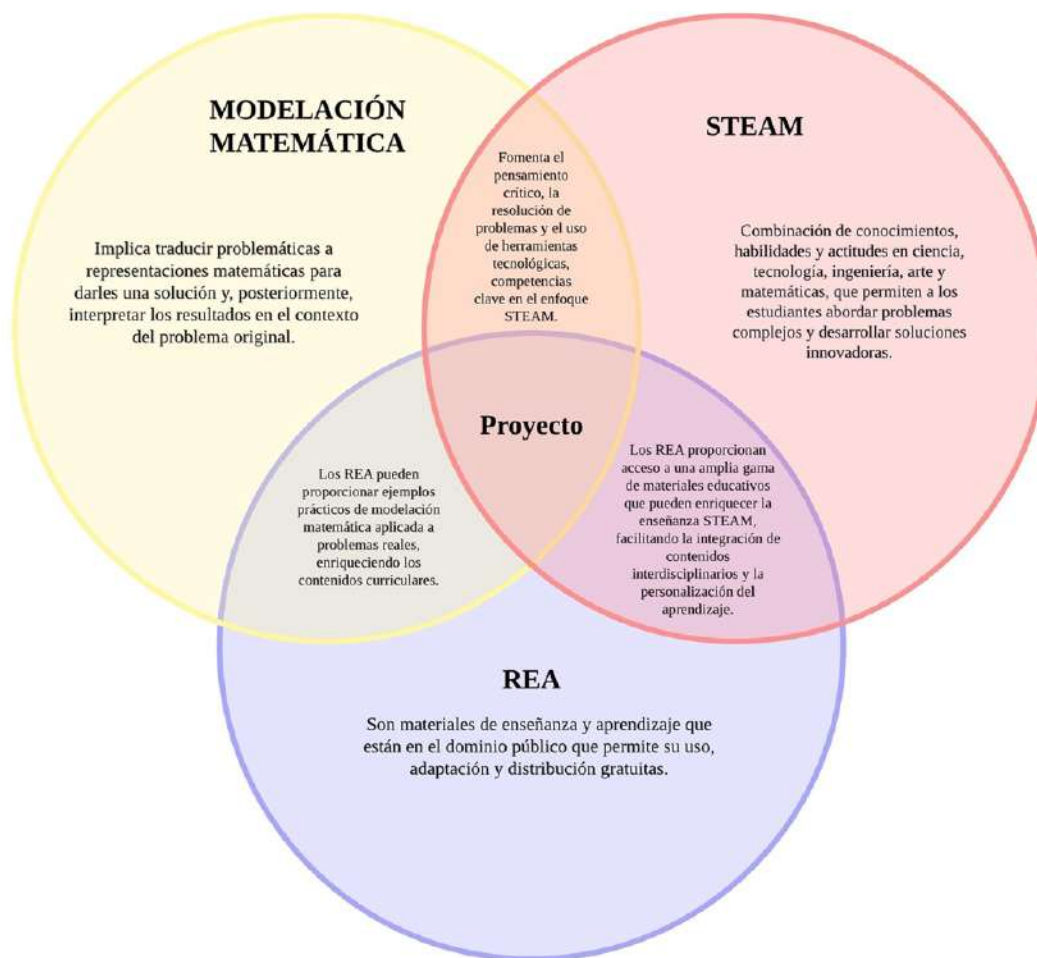
Pero ¿qué relación existe entre la modelación matemática, los REA y las competencias definidas en STEAM?

De acuerdo con la información que se analiza se puede establecer una reflexión acerca de la integración entre estos tres aspectos que son medulares para la investigación. Por un lado, las competencias STEAM y la modelación matemática convergen en habilidades y actitudes que resultan fundamentales para poder llevar a cabo actividades bajo esta mirada, como el pensamiento crítico, la toma de decisiones, la planificación, la obtención y tratamiento de información y la comunicación de resultados, entre otras. De este modo integrar a las competencias y la modelación matemática, permite justificar su interrelación y la puesta en marcha de actividades que permitan el desarrollo de estas habilidades. Sin embargo, es necesario cuestionarse cuál será el medio mediante el cual, se logre articular a la modelación y las competencias STEAM.

En esta investigación se usan como medio los REA, particularmente recursos digitales que al ser integrados en un compendio de actividades permiten la integración de un trabajo que, en su conjunto, ayuda al estudiantado a cuestionarse y colocarse en un papel centrado en sus habilidades para dar solución a problemas que surgen de problemáticas particulares.

De este modo, es posible integrar la modelación-REA-STEAM bajo un trabajo cuidadoso como puede observarse en la figura 3.

Figura 3 *Convergencias para el diseño del REA*



Fuente: Construcción personal.

De acuerdo con la figura 3, las relaciones principales en el diseño de las actividades que se incluyeron en el REA contemplan la primera intersección, es decir, la interrelación entre la modelación matemática-STEAM, esta relación debe fomentar el pensamiento crítico, la resolución de problemas y el uso de herramientas tecnológicas, las cuales son competencias clave en el enfoque STEAM. La segunda intersección tiene que ver con el cruce entre STEAM-REA pues el uso en sí mismo del REA proporciona acceso a una amplia gama de materiales educativos que enriquecen la enseñanza STEAM facilitando la integración de contenidos matemáticos, y la última intersección entre modelación matemática- REA se establece que los REA pueden proporcionar ejemplos prácticos de modelación matemática aplicada a problemáticas particulares, enriqueciendo el diseño de estos REA a través de los

contenidos curriculares de la asignatura que se trabaja, en este caso, matemáticas.. Estas relaciones se identifican en las intersecciones del diagrama presentado y son fundamentales para la intervención.

De manera particular, se integraron simulaciones interactivas y tres problemáticas específicas disponibles como REA para ilustrar conceptos matemáticos en contextos STEAM. Además, se fomentó que en algunas actividades incluidas en el REA las estudiantes trabajaron juntas para resolver un problema utilizando herramientas y recursos disponibles, todo ello, con el fin de mantener interconectados los conceptos principales que guiaron el trabajo de investigación, es decir, STEAM-Modelación-REA.

Proceso metodológico

Modelo de investigación adoptado (tipo de investigación)

El modelo de investigación-acción-participativa es el modelo investigativo que guía la propuesta de investigación doctoral. La finalidad del modelo de investigación-acción-práctica (Sandín, 2003) es resolver problemáticas y proponer soluciones mientras se trabaja en un entorno local (Hernández et al., 2014). Las fases más importantes son observar, pensar y actuar (Stringer, 1999 citado en Hernández et al., 2014).

En estas fases se describen las acciones que el docente-investigador debe llevar a cabo para realizar la intervención. Dichas fases se ajustan a la intervención del proyecto, además, el modelo es cíclico lo que permite una reflexión continua acerca de lo que se va a analizar y, por ende, permite realizar ajustes en el proceso de modo que se aporten mejoras en la implementación de la intervención, se logre satisfacer los objetivos y se dé respuesta a las preguntas planteadas al inicio de la investigación (Stringer, 1999 citado en Hernández et al., 2014).

Como se mencionó en el capítulo del fundamento teórico-conceptual, la perspectiva teórica adoptada para el proyecto de intervención es el constructivismo. La investigación-acción-práctica es un modelo de investigación cualitativa que le permite al docente-investigador encontrar respuesta a los cuestionamientos que se hace sobre los sucesos del aula y el constructivismo un paradigma que sirve de marco referencial a este tipo de investigación ya que concibe el proceso de enseñanza y aprendizaje como un fenómeno complejo, que requiere de un marco teórico que le permita dar respuesta a las preguntas desde una perspectiva teórica que comprende que el acto de aprender requiere de construcciones y reconstrucciones continuas en el estudiante para lograr aprendizajes significativos (Rodríguez, 2008).

En ese sentido, el constructivismo es el puente referencial de la investigación-acción-práctica, ya que proporciona al docente-investigador un punto de referencia que le ayuda a comprender y explicar cómo aprende el estudiantado cuando se lleva a la práctica la intervención (interpretar los acontecimientos del aula) y, a través de la investigación-acción-

práctica y de la reflexión de las fases (necesidades del aula), se buscaran las mejoras necesarias para plantear los cambios y cumplir con el objetivo del proyecto doctoral.

Desarrollo metodológico de la investigación

Población de estudio

Dentro de la EB-UAQ los grupos son mixtos, es decir, se encuentran conformados por mujeres y hombres. Para desarrollar el proyecto de intervención se trabajó con tres grupos de quinto semestre quienes en ese momento cursaban la asignatura de Calculo Diferencial e Integral en el semestre 2023-2. Los tres grupos, compuestos por hombres y mujeres, ejecutaron dentro de sus actividades curriculares el REA lo que implicó que esta actividad se asignó a todos por igual durante el tercer parcial de la asignatura. Esto debido a que los temas abordados en el REA eran contenidos trabajados en el primer parcial y el estudiantado podía aplicar sus conocimientos previos en actividades prácticas propuestas en el REA.

El trabajo con el REA involucró una calificación para el estudiantado, por tanto, desarrollar las actividades propuestas en el REA representó un trabajo que incidía en su calificación. En este sentido, las actividades fueron evaluadas con los mismos instrumentos de evaluación contenidos en el recurso y bajo los mismos criterios, tanto a hombres como mujeres. Sin embargo, para fines de este trabajo de investigación solo se consideraron los trabajos de las estudiantes, es decir, 30 alumnas de entre 16 y 17 años quienes habían cursado previamente el conjunto de matemáticas anteriores a Matemáticas V (Cálculo Diferencial e Integral), que respectivamente corresponden a Álgebra I, Álgebra II, Geometría y Trigonometría y Geometría Analítica y quienes representaron la población de estudio dentro de esta investigación.

Plan de acción para el proyecto de intervención

Para realizar de manera ordenada el proceso de investigación, se definió un plan de acción. En este sentido, Fantova (2005) dice que el plan de acción debe contener una serie de pasos que permitan llevar a la práctica acciones concretas y por ende cumplir objetivos. De acuerdo con el investigador, lo primero que debe quedar claro es el objetivo que se pretende alcanzar en la intervención, posteriormente se deben definir las acciones o tareas específicas que se

han de desarrollar para cumplir los objetivos. Se debe definir un plazo para cada actividad o tarea y establecer los recursos ya sean materiales, humanos, económicos, etc. que sean necesarios para desarrollar las actividades definidas, con el seguimiento correspondiente, de modo que se evalúe el avance en relación con los objetivos y, en caso de ser necesario, hacer los ajustes pertinentes.

En la tabla 7 se muestra el diseño del plan de intervención con los elementos anteriores y que Fantova (2005) menciona. El plan que se muestra a continuación permitió trazar un ir y volver sobre las acciones, medios y recursos, así como los resultados que se esperaban alcanzar con los objetivos. En el plan que se propone se especifican los medios que permitieron alcanzar los objetivos, así como las estrategias. Lo anterior atiende a lo que Carrillo (2018) menciona acerca de la planificación, la cual tiene relación con los fines y con los medios y, para que esta se concrete, lo mejor es formalizar por escrito lo que se debe de hacer.

Tabla 7 *Plan de intervención del REA diseñado*

Objetivo general: Articular la modelación matemática y los recursos educativos abiertos para desarrollar competencias STEAM en las estudiantes de educación media superior de la EB-UAQ.		Resultados esperados: Elaboración de un REA articulado con modelación matemática que permita desarrollar competencias STEAM en estudiantes de la EB-UAQ.	
Objetivo específico	Acciones	Actividades	Tareas
1. Examinar en las estudiantes de la EB-UAQ sus intereses y necesidades.	1.1 Implementar diagnóstico	1.1.1 Definir categorías analíticas	1.1.1.1 Construir matriz de categorías analíticas
		1.1.2 Definir instrumentos de recolecta de datos	1.1.2.1 Diseñar instrumentos de recolecta de datos
			1.1.2.2 Imprimir formato de historia de vida
			1.1.2.3 Cargar a Google Forms cuestionario y generar link para compartir con las estudiantes
		1.1.3 Aplicar instrumentos	1.1.3.1 Definir fecha de aplicación
			1.1.3.2 Definir tiempo estimado

	1.2 Análisis de datos	1.2.1 Lectura 1	1.2.1.1 Primera lectura superficial de todos los textos seleccionados
			1.2.1.2 Selección de los textos narrados con base en rendimiento académico
		1.2.2 Lectura 2	1.2.2.1 Segunda lectura
			1.2.2.2 Identificar ideas principales y/o de interés y subrayar con colores diferentes
		1.2.3 Sistematización de datos cualitativos	1.2.3.1 Construir tabla en Excel con encabezados para comenzar transcripción de las ideas centrales de los textos narrados
			1.2.3.2 Transcripción de información (oraciones completas)
			1.2.3.3 Descomponer oraciones en frases más simples acorde a las categorías analíticas definidas
			1.2.3.4 Clasificar oraciones acorde a categorías
			1.2.3.5 Construcción de tabla dinámica en Excel para observar las relaciones
			1.2.3.6 Analizar relaciones en los datos
			1.2.3.7 Emitir conclusiones y respaldar con literatura relacionada con el tema
			1.2.3.8 Reflexión en las conclusiones para trabajar siguiente objetivo
2. Diseñar REA desde la modelación matemática en articulación con las propuestas curriculares de la EB-UAQ orientados a	2.1 Establecer contenido temático del REA	2.1.1 Establecer objetivo de aprendizaje	2.1.1.1 Definición del tema que abordará el REA acorde con el curriculum de la EB-UAQ y las necesidades detectadas en las estudiantes

desarrollo de competenciasSTEAM.		2.1.1.2 Definición del propósito del contenido del REA
		2.1.1.3 Definir contenido y/o actividades de enseñanza
		2.1.1.4 Diseñar actividades (secuencia didáctica) que contendrá el REA acorde al tema, propósito y objetivo de aprendizaje, así como contemplar la modelación matemática como elemento central de las actividades propuestas
		2.1.1.5 Establecer el diseño instruccional del REA
2.2 Diseño del REA	2.2.1 Establecer contacto con colaboradores	2.2.1.1 Reunión inicial con colaboradores para dar a conocer el contenido temático del REA, así como las características y el diseño instruccional del mismo
		2.2.1.2 Definir el espacio virtual donde se cargará el REA
		2.2.1.3 Establecer fechas de avances y entrega de productos
	2.2.2 Construcción del recurso	2.2.2.1 Entrega del diseño instruccional del REA a colaboradores
		2.2.2.2 Los colaboradores construyen el REA
		2.2.2.3 Primera revisión del REA, donde se hacen observaciones y ajustes
		2.2.2.4 Se llevan a cabo modificaciones pertinentes
		2.2.2.5 Segunda revisión del REA
		2.2.2.6 Se acepta el REA para su publicación

		2.2.3 Pilotaje del REA	2.2.3.1 Prueba con equipos de cómputo personal para observar el funcionamiento
			2.2.3.2 Prueba con equipos de cómputo de la EB-UAQ para observar funcionamiento
	2.3 Aplicación del REA	2.3.1 Llevar a cabo la intervención	2.3.1.1 Definir fecha de aplicación
			2.3.1.2 Establecer tiempos de aplicación
			2.3.1.3 Aplicación con estudiantes
3. Analizar las estrategias usadas por las estudiantes para resolver las problemáticas planteadas en los recursos diseñados.	3.1 Diseño de instrumentos de evaluación	3.1.1 Definir instrumentos de evaluación	3.1.1.1 Diseñar rubricas de evaluación
			3.1.1.2 Diseñar entrevista/cuestionario/guía de observación para reflexionar acerca del proceso de trabajo que las estudiantes llevan a cabo
	3.2 Análisis de datos	3.2.1 Revisar instrumentos	3.2.1.1 Analizar cada instrumentos y clasificar los resultados en una tabla comparativa que permita observar similitudes, diferencias, contrastes, etc., para emitir conclusiones
			3.2.1.2 Triangular la información que se obtuvo del análisis con literatura
			3.2.1.3 Emitir conclusiones y verificar si se cumplen o no los objetivos de investigación

Fuente: Construcción personal.

De acuerdo con la tabla 7, la metodología se desarrolló a través de tres fases. Inicialmente, en la fase 1 se partió de un diagnóstico de intervención que permitió reconocer la voz de las estudiantes a través de la identificación de sus necesidades, dichas necesidades impactaron en el desarrollo y diseño del REA. Posteriormente, en la fase 2, se consideraron los resultados obtenidos de la fase 1 para diseñar un guion tecnopedagógico que articuló las actividades centrales del REA, las necesidades de las estudiantes y la modelación matemática. En esta

misma fase se desarrolló la etapa de programación del REA y el montaje en plataforma para posteriormente aplicarlo. Finalmente, la fase 3, donde se llevó a cabo la aplicación del REA diseñado para posteriormente llevar a cabo el análisis de resultados.

Es importante aclarar que el desarrollo de las fases mencionadas, fueron resultado de un trabajo continuo, en el que la reflexión y cambio de las acciones desembocaron en un trabajo riguroso y sistemático que a continuación se detalla en las fases señaladas.

Fase 1: Diagnóstico de intervención, la voz de las estudiantes

Definición de categorías analíticas

Inicialmente fue necesario reconocer las condiciones de los actores que intervinieron en la problemática. Para poder hacer este reconocimiento se definieron e identificaron las categorías analíticas que ayudaron a establecer una visión inicial de la investigación y, con ello, desarrollar de manera correcta la intervención, así como la selección y diseño de los instrumentos que fueron utilizados para la recolección de información. Las categorías analíticas de interés para el proyecto se dividieron inicialmente en cuatro, las cuales fueron: (1) motivaciones, (2) práctica pedagógica, (3) TIC y (4) evaluación de los aprendizajes. Cada una de estas categorías se definen a continuación.

Las *motivaciones* en el proyecto de intervención se entendieron como el impulso del sujeto a actuar de cierta forma (Santrock, 2010) y como aquellas que moldean la forma de pensar del estudiante condicionando el tipo de aprendizaje resultante (Farias y Pérez, 2010).

La *práctica pedagógica* se concibió como las acciones que el docente ejecuta para permitir el proceso de formación integral en el estudiante. El docente debe ejecutar acciones tales como: enseñar, comunicar, socializar experiencias, reflexionar desde la cotidianidad y evaluar los procesos cognitivos. Según Avalos (2002), la práctica pedagógica se entiende como el eje que articula todas las actividades curriculares de la formación docente, de la teoría y de la práctica, en la cual, se aplica todo tipo de acciones como organizar la clase, preparar materiales, poner a disposición de los estudiantes recursos para el aprendizaje que den respuesta a las situaciones que surgen dentro y fuera del aula.

Las *Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)* se entendieron como aquellas herramientas para ser usadas como soporte de procesos cognitivos de los estudiantes en su aprendizaje. Las TIC pueden ser usadas como sistemas tutoriales diseñados para guiar y orientar los procesos cognitivos que los alumnos despliegan en tareas específicas de aprendizaje, como por ejemplo la resolución de problemas matemáticos, la lectura de textos, o la escritura argumentativa (Monereo y Badia, 2013).

Y la *evaluación de los aprendizajes* vista desde la perspectiva teórica del constructivismo, tiene como finalidad comprobar de modo sistemático el aprendizaje alcanzado por el alumno durante su instrucción, valorando el grado de significatividad y funcionalidad de los aprendizajes construidos y la capacidad de utilizar los conocimientos alcanzados para solucionar diferentes tipos de problemas y cuyo interés no está solo en los resultados obtenidos, sino también en los procesos cognitivos y socio afectivos que se dieron para obtener estos resultados (González et al., 2007)

Al dar una definición a las categorías principales, las subcategorías e indicadores definidos en la investigación adquirieron sentido (esta matriz de subcategorías e indicadores puede encontrarse en el siguiente link <https://n9.cl/cpvtfi>) y al mismo tiempo permitieron definir los instrumentos que fueron utilizados para realizar el diagnóstico del proyecto de intervención. De este modo y como forma inicial de abordar el proyecto se construyó una matriz analítica de categorías de interés, las cuales se pueden ver en la tabla 8. En esta matriz se definió la categoría analítica principal, su relación con la perspectiva teórica adoptada para el desarrollo de la investigación y la relación con los objetivos de investigación. En cada una de las columnas se describen los elementos medulares que ayudaron a definir los instrumentos de recolecta de datos, los cuales se encontraron alineados a las categorías analíticas de interés descritas en la tabla.

Tabla 8 Definición de categorías analíticas, subcategorías e indicadores

Categoría analítica	Definición acorde a la perspectiva teórica del constructivismo	Objetivo/s relacionado/s	Relevancia para la investigación
MOTIVACIONES (Creencias, percepciones, actitudes, habilidades, capacidades e intereses en el aprendizaje de las matemáticas).	Énfasis en cómo los aprendices construyen los conocimientos en función de sus experiencias previas, estructuras mentales y creencias o ideas que ocupan para interpretar objetos y eventos. La teoría constructivista postula que el saber, sea de cualquier naturaleza, lo elabora el aprendiz mediante acciones que hace sobre la realidad (Castillo, 2008).	Examinar en las estudiantes de la EB-UAQ sus intereses y necesidades. Diseñar REA desde la modelación matemática en articulación con las propuestas curriculares de la EB-UAQ orientados al desarrollo de competencias STEAM.	Se identifica un escenario inicial que permite dar voz a las estudiantes para reconocer sus percepciones iniciales respecto a las experiencias que han tenido cuando aprenden matemáticas en el escenario de la EB-UAQ.
PRÁCTICA PEDAGÓGICA (Calidad en la educación, análisis del proceso pedagógico y didáctico en la enseñanza de las matemáticas, metodologías de enseñanza, recursos).	Conjunto de actividades que permiten planificar, desarrollar y evaluar procesos intencionados de enseñanza mediante los cuales se favorece el aprendizaje de contenidos (conocimientos, habilidades, actitudes y valores) por parte de personas que tienen necesidades de formación (Wilson, 1996 citado en Castillo, 2008). Incluye a todos aquellos procesos en los cuales se desarrolla la enseñanza con la intención de favorecer el aprendizaje. Está vinculada siempre y necesariamente a una teoría pedagógica y comprende todas aquellas situaciones donde haya personas que desean formarse. Dichas situaciones no son accidentales o casuales; están planificadas y representan lo que se llaman <i>ambientes de</i>	Diseñar REA desde la modelación matemática en articulación con las propuestas curriculares de la EB-UAQ orientados al desarrollo de competencias STEAM.	Se identifica una ruta de acción para la intervención, considerando las acciones y/o actividades pertinentes para desarrollar las competencias STEAM en las estudiantes reconociendo metodologías de enseñanza y buenas prácticas desde la mirada de la estudiante y desde la teoría que sustenta el trabajo de investigación.

	<p><i>aprendizaje</i> (Marcelo, 2001 citado en Castillo, 2008). Enseñar y aprender, por tanto, son dos términos unidos por una sola intención: producir construcción y apropiación de conocimiento y competencias por parte de las personas que deciden implicarse en este juego.</p>		
<p>TIC (TIC en el proceso de aprendizaje de las matemáticas articulada con modelación matemática).</p>	<p>Son aquellas herramientas que crean una experiencia diferente en el proceso de aprendizaje entre las estudiantes. Se vinculan con la forma en la que ellas aprenden mejor y funcionan como elementos importantes para la construcción de su propio conocimiento. La tecnología en el escenario educativo es un medio didáctico que puede participar en la creación de entornos de aprendizaje en los que lleva a cabo actividades orientadas a la construcción del conocimiento y en donde el aprendizaje se hace significativo (Rodríguez et al., 2009).</p>	<p>Diseñar REA desde la modelación matemática en articulación con las propuestas curriculares de la EB-UAQ orientados al desarrollo de competencias STEAM.</p>	<p>Se reconoce a las TIC como un factor detonante que permite desarrollar competencias en las estudiantes cuando se lleva a cabo la intervención. Se identifica qué debe de contener el REA desde la modelación para aplicarlo en la intervención.</p>
<p>EVALUACIÓN DE APRENDIZAJES (Evaluación de las TIC en el proceso de enseñanza de las matemáticas y Evaluación de aprendizajes)</p>	<p>La evaluación es una etapa del proceso educacional que tiene como finalidad comprobar de modo sistemático el aprendizaje alcanzado por la estudiante durante su instrucción, valorando el grado de significatividad y funcionalidad de los aprendizajes construidos y la capacidad de utilizar los conocimientos alcanzados para solucionar diferentes tipos de problemas y cuyo interés no está solo en los resultados</p>	<p>Evaluar la aplicación de REA diseñados bajo un enfoque de modelación para determinar las competencias STEAM que se desarrollan en las estudiantes de la EB-UAQ. Analizar las estrategias usadas por las estudiantes para resolver las problemáticas planteadas en los recursos diseñados.</p>	<p>La evaluación permite tener una valoración de los aprendizajes obtenidos por las estudiantes a lo largo de su trayectoria escolar y es la pauta que ayuda a identificar acciones de mejora y momentos de reflexión referentes a la intervención.</p>

obtenidos, sino también en los procesos cognitivos y socio afectivos que se dieron para obtener estos resultados (González et al., 2007).

Por otro lado, se toma en cuenta lo que menciona Stufflebeam (2003) acerca de la evaluación, la cual debe evaluar el mérito, con propósito de mejorar al realizar actividades proactivas y tomando en cuenta las metas, estrategias, planes, actividades y resultados.

<p>STEAM (Características del STEAM y sus competencias)</p>	<p>Enfoque integrador que fomenta el interés de las estudiantes en ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas a medida que desarrolla una variedad de habilidades importantes.</p> <p>De acuerdo con Yakman (2012), el objetivo de STEAM es enseñar a las y los estudiantes cómo aprender mejor y aplicar nuevos conocimientos desde una perspectiva multidisciplinaria basada en el realidad. A través de la resolución de problemas de la vida real, las estudiantes tienen un escenario para tomar decisiones y tomar un papel más activo en su crecimiento y desarrollo de programas académicos.</p>	<p>Todos los objetivos ya que todos están relacionados con el desarrollo de las competencias STEAM en las estudiantes de la EB-UAQ que participaran en el proyecto de intervención.</p>	<p>Se identifican las características importantes del enfoque para saber hacia dónde dirigir el proyecto y cómo diseñarlo. No se puede pensar en un proyecto de intervención que articule STEAM si no se conoce a fondo las características que conforman el enfoque.</p>
--	--	---	---

Fuente: Construcción personal.

Técnicas e instrumentos usados en el diagnóstico de intervención

Los instrumentos diseñados y aplicados en el diagnóstico de intervención fueron: historia de vida temática a través de un texto narrado y un cuestionario con preguntas abiertas, cerradas y de escala de Likert. Dichos instrumentos se plantearon a partir de la identificación de las categorías analíticas y de la reflexión en cuanto a la información relevante que era necesaria obtener de esta primera fase. La justificación, la estructura, el procedimiento seguido para su diseño y las consideraciones para que los instrumentos definidos pudieran ser aplicados se presentan a continuación.

Historia de vida temática

La historia de vida temática tiene como objetivo recabar información referente a varios aspectos en torno a motivaciones e intereses, así como reconocer la percepción, dificultades y experiencias que han atravesado las estudiantes de tres grupos de quinto semestre de la EB-UAQ en la asignatura de matemáticas. En este caso se asumió la historia de vida temática definida por Moriña (2016) como la delimitación de la historia a un tema de interés. Además, a través de este instrumento, se identificó la perspectiva que tienen las estudiantes del trabajo docente valorando su apertura, conocimiento y las estrategias usadas por él o ella para el aprendizaje de las matemáticas.

Así mismo, en este relato las estudiantes dieron cuenta de la calidad del profesorado, es decir, escribieron sobre su percepción de la habilidad del docente para preparar e impartir las clases, así como para retroalimentar el trabajo y aprendizajes, la comunicación en el aula, la interacción y la apertura en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Lo descrito anteriormente permitió obtener información cualitativa y con ello tener una visión inicial de la relación que existe entre la matemática y los factores motivacionales que inciden para su aprendizaje desde la voz de las estudiantes. El instrumento se aplicó en el mes de agosto del 2022 tanto a hombres como mujeres de los grupos mencionados durante una sesión de clase (60 minutos). Se obtuvieron un total de 124 textos narrados, de los cuales 65 fueron de estudiantes hombres y 59 de estudiantes mujeres.

Cabe aclarar que, para el análisis de la historia de vida temática, se trabajó únicamente con 30 textos narrados que correspondieron exclusivamente a los relatos de las estudiantes, ya que ellas representaron la población objetivo dentro del proyecto de investigación-intervención. Los textos fueron seleccionados a través de una primera lectura por parte de la investigadora, y se tomaron en cuenta solo aquellos donde el contenido era relevante para el contexto de la investigación, por este motivo el número de textos a analizar se redujo.

Estructura y aplicación de la historia de vida temática a través del texto narrado

La estructura del instrumento puede verse en la figura 4. Estuvo formada por un encabezado en el que se registró el nombre de la estudiante y grupo, seguido de una serie de instrucciones en las que se señala lo que se debía responder. Este formato fue entregado a las estudiantes y en el plasmaron sus pensamientos de acuerdo con las indicaciones.

Figura 4 *Diseño del instrumento para recabar información a través del texto narrado*

Nombre:	Grupo:
<p>Instrucciones: A mano escribe un relato acerca de la relación que tienes con las matemáticas, explica cuáles son tus expectativas con esta asignatura, tu experiencia con el aprendizaje de esta materia a lo largo de la preparatoria, tu relación con ella, si eres hábil, cómo has logrado aprender los contenidos que has visto en tu estancia en la prepa, quién o qué influye para hacerlas más amenas y aprenderlas mejor, etc.</p> <p>Usa los cuestionamientos anteriores para tu escrito y, si consideras necesario, puedes agregar otras experiencias que consideres importantes.</p>	

Fuente: Construcción personal.

Las instrucciones que se presentan en el formato tuvieron relación con las categorías, descriptores e indicadores de análisis ya que en ellas se describieron algunas sugerencias para que las estudiantes narraran sus motivaciones, dejando abierta la opción de describir otras experiencias que consideraban importantes. La construcción de este primer instrumento permitió definir dimensiones (serán descritas más adelante) que ayudaron a diseñar el contenido del REA enmarcando las actividades en tareas de modelación articuladas con el curriculum y las necesidades detectadas en las estudiantes de la EB-UAQ.

Para el diseño del texto narrado a través de la historia de vida temática se consideraron las fases que Moriña (2016) señala y otros pasos que dentro de la investigación resultaron necesarios para la construcción del instrumento, estos pasos se describen a continuación:

1. Se estableció una matriz en la que se definió la categoría analítica y la coherencia con la perspectiva teórica definida para el proyecto. Las categorías guardan relación con los objetivos del proyecto de investigación. Aunado a ello se identificó la relevancia de dichas categorías analíticas para la investigación y con ello se definió el inicio del diseño del instrumento.
2. Posteriormente se creó una matriz adicional en la que se establecieron las categorías analíticas, las subcategorías o variables que componen dicha categoría, los indicadores y el tipo de información requerida para finalmente establecer el primer instrumento que permitió recabar la información correspondiente a las categorías e indicadores establecidos.
3. Por último, se llegó a la elaboración del instrumento.
4. Se realizó una revisión antes de su aplicación por un grupo de expertos que aprobó su aplicación con el formato y contenido mostrado en la figura 4.

El instrumento fue aplicado por la docente a cargo de los grupos y que a su vez fue la responsable del proyecto de investigación. La dinámica seguida para aplicar el instrumento fue la siguiente:

- En cada uno de los grupos se repartió de manera individual una hoja con el formato del instrumento. En dicha hoja el estudiantado escribió sus ideas.
- Se indicó al estudiantado que la actividad formaba parte de un proyecto de investigación y que sus comentarios serían usados para el diagnóstico de esta, así como para mejorar la práctica docente de la responsable de la investigación.
- Se leyeron las indicaciones de manera grupal.
- Se aclararon dudas y se escucharon comentarios.
- Se dispuso de un tiempo para que el estudiantado escribiera de manera individual sobre el formato.
- Se recibieron los escritos y se hicieron comentarios generales acerca de la actividad a modo de cierre.

El instrumento fue aplicado al estudiantado de los 3 grupos de quinto semestre de la EB-UAQ Plantel Sur. Tras su aplicación no se realizaron ajustes.

Cuestionario

Este instrumento se diseñó para ofrecer datos complementarios a las narrativas de las estudiantes en las historias de vida temática. Esto es, recopilar datos puntuales sobre aspectos del desarrollo educativo en el área de matemáticas, comparar respuestas entre instrumentos y establecer puntos precisos de información, de modo que al combinar ambos instrumentos se obtuviera una visión más enriquecedora de las voces de las estudiantes. El cuestionario en su diseño tenía preguntas abiertas, cerradas y escalas Likert.

El cuestionario fue diseñado en un formulario de *Google Forms*. Cada una de las preguntas estuvieron relacionadas con las categorías analíticas, las subcategorías, los indicadores y las preguntas y objetivos de investigación. Las preguntas del cuestionario fueron divididas en cuatro grupos los cuales corresponden a:

- *Primer grupo:* condición o posibilidades de las estudiantes para aprender matemáticas.
- *Segundo grupo:* experiencias pedagógicas en el aprendizaje de las matemáticas.
- *Tercer grupo:* TIC como herramientas para el aprendizaje de las matemáticas.
- *Cuarto grupo:* evaluación de los aprendizajes.

Preguntas abiertas en el cuestionario

En el *primer grupo*, las preguntas abiertas se orientaron en identificar la participación de las estudiantes y su dedicación al aprendizaje de las matemáticas. En este caso como no fue posible indicar una respuesta que incluyera todos los tiempos de dedicación ni cuál era el tipo particular de participación, se optó por respuestas abiertas. Este primer grupo de preguntas tuvo como objetivo fortalecer y complementar el instrumento del texto narrado y a su vez dar información referente a la conformación de grupos para trabajar de manera colaborativa y a los tiempos que se invertían para estudiar la asignatura fuera del horario escolar.

En el *tercer grupo*, las preguntas abiertas se orientaron en indagar la cantidad de veces que las estudiantes usaban las TIC en el aula o fuera de esta, así como identificar los usos didácticos que se les daba a partir de las experiencias de aprendizaje vividas. El cuestionario

fue abierto debido a que dichas experiencias podían ser diversas y no había certeza del tipo de respuestas que podían aparecer. La importancia de la información recabada con este conjunto de preguntas fue identificar aquellos usos comunes de la tecnología en su aprendizaje y apostar por el diseño de un REA que fuera innovador y que en su diseño se contemplaran las habilidades que las estudiantes habían desarrollado al usar las tecnologías que señalaron durante su aprendizaje en la asignatura de matemáticas.

En el *cuarto grupo*, las preguntas abiertas tuvieron como objetivo indagar acerca del trabajo que las estudiantes hacían con los REA, es decir, se plantearon preguntas referentes al conocimiento de los REA y su experiencia en su uso para el aprendizaje. El cuestionario debió ser abierto, puesto que no había una respuesta cerrada que se ajustara a los posibles comentarios/respuestas de las estudiantes. La importancia de la información de estas preguntas fue saber en primer lugar si las estudiantes conocían lo que era un REA y si fuera el caso, saber cómo los habían usado para tener un punto de partida respecto del recurso implementado en la intervención.

Preguntas cerradas en el cuestionario

Para el *primer grupo*, las preguntas cerradas tuvieron como objetivo conocer si las estudiantes tenían disposición de realizar trabajo colaborativo e identificar su agrado por las matemáticas. Además, para reconocer de manera puntual el número de NA, promedio y asignatura reprobada. El cuestionario permitió obtener de manera directa esta información y dio un panorama inicial del aprovechamiento de las estudiantes en la asignatura de matemáticas.

Para el *segundo grupo*, las preguntas cerradas sirvieron para identificar los tipos de estrategia que el docente utilizaba en su práctica, en esta cuestión se dieron opciones de diferentes estrategias para que las estudiantes seleccionaran (estas estrategias son las más comunes). Además, se preguntó acerca de los usos de la tecnología que las estudiantes y docentes implementaban en su proceso de enseñanza y aprendizaje. Las posibles respuestas fueron de corte cualitativo y específicas. Finalmente, se preguntó sobre el rol que tenían las estudiantes en las estrategias didácticas implementadas por sus docentes. La importancia de la información recabada con esta serie de preguntas fue conocer la estrategia didáctica con la

que las estudiantes estaban familiarizadas, lo que ayudó a definir la forma en que el REA fue presentado en la intervención.

Para el *tercer grupo*, las preguntas cerradas aportaron información para identificar de manera puntual los recursos tecnológicos usados por las estudiantes para el aprendizaje de las matemáticas. El cuestionario cerrado ofreció respuestas fijas para que las estudiantes seleccionaran las opciones desde la experiencia que habían tenido. De la información obtenida con este grupo de preguntas, se pensó el modo de integrar dichos recursos conocidos dentro del REA para con ello mantener la familiaridad y hacer un trabajo más sencillo para las estudiantes.

Escala tipo Likert en el cuestionario

En el *primer grupo*, la escala tipo Likert tuvo como objetivo medir a través de una escala los sentimientos positivos y negativos que las estudiantes experimentaron frente a la asignatura de matemáticas. La importancia de la información obtenida a través de este grupo de preguntas fue visualizar esa afinidad o no por las matemáticas y, en su momento, comparar estas emociones iniciales con aquellas que surgieron a la luz de la intervención con el REA.

En el *segundo grupo*, la escala tipo Likert ayudó a identificar la relación de las estrategias didácticas usadas por sus docentes en la enseñanza de las matemáticas, así como el grado de disponibilidad y adecuación de los recursos materiales necesarios para el desarrollo del proceso de enseñanza y aprendizaje que tuvieron sus docentes y la capacidad de resolver conflictos mientras llevaron este proceso. La escala permitió visualizar esa relación en un rango definido de valores. La importancia de la información obtenida en este grupo de preguntas fue reconocer la visión que las estudiantes tuvieron de la práctica docente de su profesor o profesora de matemáticas y con ello reconocer su impacto en el aprendizaje de las matemáticas.

En el *tercer grupo*, la escala tipo Likert fue útil para reconocer la presencia de las TIC en la práctica pedagógica del docente y cómo la percibieron las estudiantes. La importancia de la información que se obtuvo en este grupo de preguntas fue identificar si hubo o no, uso de las

TIC por parte de sus docentes y con ello reconocer en el diagnóstico si es necesario mejorar prácticas docentes relacionadas con las tecnologías.

En el *cuarto grupo*, la escala tipo Likert ayudó a identificar el grado de competencias matemáticas y de STEAM adquiridas e identificadas por las estudiantes durante su formación académica. De la misma forma, se utilizó una escala donde las estudiantes reconocieron su proceso cognitivo cuando resolvían problemas matemáticos. La importancia de la información obtenida a través de estas escalas fue reconocer desde el diagnóstico, las competencias relacionadas con las matemáticas, STEAM y la habilidad para resolver problemas. Así, se tuvo un panorama inicial y dentro del diseño del REA se buscó integrar aquellas estrategias que fortalecieron las competencias que se identificaron como poco desarrolladas.

Estructura y aplicación del cuestionario

El formulario diseñado constó de una bienvenida y registro básico de datos personales (nombre y grupo) para tener control de quienes respondieron.

Se organizó en cuatro apartados que correspondieron a las preguntas definidas por cuatro categorías principales: condiciones o posibilidades de las estudiantes, práctica pedagógica, TIC y evaluación de los aprendizajes. Dentro de cada apartado se desarrollaron las diferentes preguntas abiertas, cerradas y de escala y cada pregunta tuvo su respectiva indicación.

Cada una de las preguntas se definió de acuerdo con las subcategorías e indicadores que se esperaba obtener. Los objetivos de investigación estuvieron íntimamente relacionados con el diseño de las preguntas, ya que estos respondieron al diseño del REA y las competencias de las estudiantes en el área de interés, es decir, matemáticas y STEAM. Al finalizar los apartados y enviar las respuestas se mostraba un mensaje de agradecimiento por haber contestado. Para comprender la estructura de los cuatro apartados que se mencionan se puede acceder al link donde se encuentra alojado el cuestionario:

<https://forms.gle/RJZCzoKhGgyBuGLR6>

Para el diseño del cuestionario se siguieron los siguientes pasos:

1. Se crearon dos matrices, las mismas utilizadas en el instrumento del texto narrado.
2. Se diseñaron las preguntas de acuerdo con las categorías y se definieron si serían abiertas, cerradas o de escala Likert.
3. Se buscó la mejor opción para distribuir el instrumento entre las estudiantes. Se descartó usar hojas impresas y se buscaron otras opciones, tal como los formularios de Google.
4. Se construyó el instrumento en Google Forms.
5. Se llevaron a cabo varias revisiones y se editó el cuestionario.
6. Se finalizó el diseño del instrumento.

El instrumento fue aplicado a las estudiantes de 3 grupos de quinto semestre de la EB-UAQ Plantel Sur. Tras su aplicación no se realizaron ajustes. Es importante mencionar que el instrumento contó con la validación de un comité conformado por un grupo de tres expertos, cuya trayectoria se caracteriza por una larga experiencia en la enseñanza de las matemáticas, de evaluación, uso de tecnología en los procesos de enseñanza-aprendizaje y la investigación

Las indicaciones que se compartieron para aplicar el instrumento fueron:

- Se comentó a los grupos que el cuestionario tenía como objetivo recabar información para el diagnóstico de un proyecto doctoral.
- Se solicitó a las 30 estudiantes de la historia de vida temática que lo respondan y que su aplicación no llevaría más de 15 minutos.
- Se les mencionó que la información recabada sería de uso confidencial y que respondieran de la manera más honesta posible.
- Se solicitó una captura de pantalla como evidencia de haber respondido y enviado el cuestionario.

Tratamiento de los datos obtenidos en el diagnóstico: análisis de la historia de vida y cuestionario

Los datos recabados en el diagnóstico de intervención fueron de corte cualitativo, según Hernández et al. (2014) este tipo de datos se utilizan para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación.

Los datos cualitativos se obtuvieron del texto narrado y algunos datos cuantitativos se reflejaron en los resultados del cuestionario alojado en la plataforma de Google Forms.

Para analizar los datos cualitativos se usó la siguiente ruta:

1. Lectura inicial de los textos narrados elaborados por las estudiantes.
2. Segunda lectura donde se subrayó con colores diferentes, la información relevante para el contexto de la investigación.
3. Transcripción de oraciones en hoja de Excel.
4. Simplificación de las transcripciones en oraciones más simples.
5. Clasificación de esas oraciones en rubros/subcategorías, acorde con las categorías analíticas definidas *a priori* (primera mirada).

Para los datos cuantitativos se llevó a cabo la siguiente ruta:

1. Se observaron los datos desde una mirada general.
2. Se analizó cada gráfica y estas fueron clasificadas en una categoría o subcategoría.
3. Se realizó una reflexión de la relación de los resultados con la categoría en que fue clasificada.

La lógica seguida para clasificar los datos en descriptores corresponde de manera muy general a lo que se explica en el texto de Echeverría (2005), es decir, identificar categorías a partir de encuentros y desencuentros en la información, transcribir los fragmentos alusivos a cada categoría y, posteriormente, reintegrar los textos para dar un sentido global a los datos.

Para la construcción del análisis este fue elaborado en una hoja de Excel, se inició con la transcripción de las ideas centrales del texto narrado proporcionado por las estudiantes, rescatando aquellas oraciones que para la investigadora eran relevantes y que tenían relación con el problema y objetivos de investigación. Cada oración se descompuso en pequeñas frases (Gee, 2011), las cuales fueron interpretadas y asignadas a un descriptor que la investigadora considero pertinente, tomando en cuenta las categorías *a priori* y las subcategorías que previamente se habían definido, muestra de este análisis puede verse en la figura 5.

Figura 5 Trabajo con los datos

CÓDIGO	EL TEXTO EMPIEZA EN LÍNEA	TEXTO	CATEGORÍA/DESCRIPTOR (PRIMERA MIRADA)
E1	3	No le entendí al profesor, pero buscaba videos de "Julio profe" y ya entendía un poco más	Frase completa
E1	3	No le entendí al profesor	Dificultad de aprendizaje
E1		pero buscaba videos de "Julio profe"	Aprendizaje autodirigido
E1		y ya entendía un poco más	Actividad
E1	9	Amo las matemáticas, siempre se me facilitaron en escuelas anteriores y siento que es como otro idioma en el que soy excelente	Frase completa
E1		Amo las matemáticas	Gusto/afinidad/afecto
E1		siempre se me facilitaron en escuelas anteriores	Habilidad
E1		siento que es como otro idioma en el que soy excelente	Habilidad
E1	11	Me aplico mucho pues mi futuro serán puras matemáticas	Frase completa
E1		Me aplico mucho	Participación activa
E1		pues mi futuro serán puras matemáticas	Utilidad de las matemáticas
E1	16	Soy muy buena hasta para enseñar	Frase completa
E1		Soy muy buena hasta para enseñar	Participación activa
E1	21	Espero seguir amándolas y no terminar odiándolas por algunos profesores en el futuro	Frase completa
E1		Espero seguir amándolas	Gusto/afinidad/afecto
E1		no terminar odiándolas por algunos profesores en el futuro	Calidad del profesorado
E2	3	Durante mi vida académica las matemáticas han sido una especie de carga ya que no soy hábil para ellas	Frase completa
E2		Durante mi vida académica las matemáticas han sido una especie de carga	Dificultad de aprendizaje
E2		ya que no soy hábil para ellas	No habilidad
E2	5	Los contenidos los he aprendido ayudándome de videos o de otras personas que tengan el tiempo y la paciencia de explicarme	Frase completa
E2		Los contenidos los he aprendido ayudándome de videos	Recursos con tecnología
E2		o de otras personas	Trabajo colaborativo
E2		que tengan el tiempo y la paciencia de explicarme	Expresión
E2	7	Creo que el o la maestra que te enseñe influye mucho en el aprendizaje, porque si el docente hace tediosa o aburrida la materia los estudiantes no la encontrarán interesante	Frase completa
E2		Creo que el o la maestra que te enseñe influye mucho en el aprendizaje,	Calidad del profesorado
E2		porque si el docente hace tediosa o aburrida la materia	Estrategias didácticas del docente
E2		los estudiantes no la encontrarán interesante	Motivación
E3	3	La asignatura me da miedo suele ser la materia que más se reprueba y de las más complejas	Frase completa
E3		La asignatura me da miedo	Miedo/Ansiedad/
E3		suele ser la materia que más se reprueba	Resultados académicos
E3		y de las más complejas	Resultados académicos
E3	7	Siempre me ha dado pena preguntar	Frase completa
E3		Siempre me ha dado pena preguntar	Comunicación en el aula

Fuente: Construcción personal.

Dentro del análisis de los datos surgieron categorías emergentes, es decir, contenido que no se había considerado dentro de la definición inicial de las categorías, dicho contenido emergente se consideró y se hizo un análisis para verificar si tenía sentido o no agregarlo a la tabla comparativa en donde se vaciaron las reflexiones a partir de los datos. Los primeros descriptores que se obtuvieron del primer análisis se pueden observar en la figura 6.

Figura 6 Descriptores primera mirada

Aceptación de dificultades	Habilidad
Aprendizaje autodirigido	Habilidad del docente
Autovaloración	Institucional
Calidad del profesorado	Interacción docente-alumna
Comunicación en el aula	Miedo/Ansiedad/
Comunicar información matemática	Motivación
Dedicación	No afecto/Desinterés
Desmotivación	No habilidad
Dificultad de aprendizaje	Participación activa
Estrategia de aprendizaje de la alumna	Poca apertura del docente al dialogo
Estrategia de enseñanza	Recursos con tecnología
Estrategias didácticas del docente	Resultados académicos
Experiencia previa	Retroalimentación
Experiencia previa/Creencia	Trabajo cognitivo de la alumna
Expresión	Trabajo colaborativo
Gusto/afinidad/afecto	Utilidad de las matemáticas

Fuente: Construcción personal.

Posteriormente, los descriptores se clasificaron en cuatro grandes agrupaciones correspondientes a las categorías principales, que ya estaban definidas a priori y que fueron descritas anteriormente en la fase 1. Sin embargo, al analizar de nueva cuenta las categorías, se consideró útil la unión de dos de las categorías analíticas principales debido a la relación que mostraban al momento de examinar las reflexiones correspondientes. Del mismo modo se redujo la cantidad de descriptores debido a que algunos de ellos eran redundantes y podían combinarse y asignarse a la categoría principal que se unió.

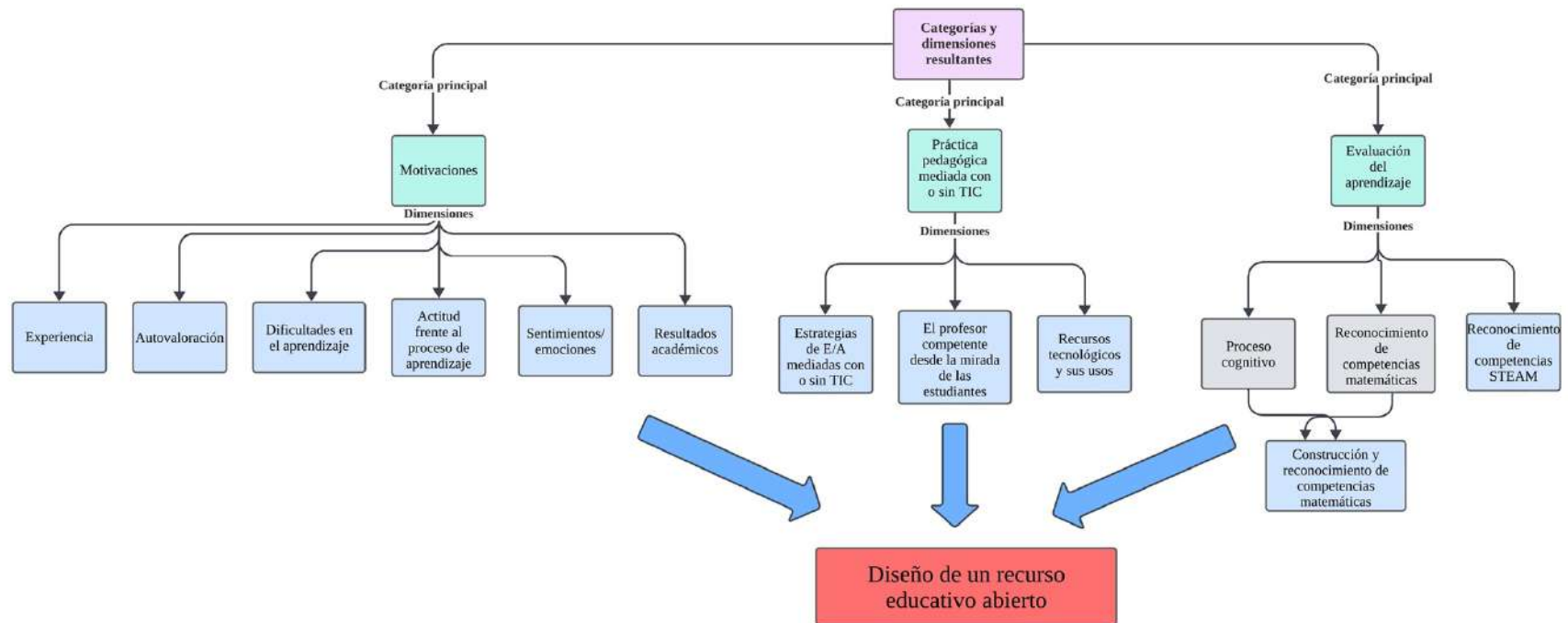
Inicialmente se tenían definidas como categorías principales *las motivaciones, la práctica pedagógica, las TIC y la evaluación*. De modo que ahora se tienen *las motivaciones, la práctica pedagógica mediada por las TIC y la evaluación del aprendizaje*.

Finalmente, este ejercicio reconoció 11 elementos clave en los datos de las estudiantes: (1) Experiencia; (2) Autovaloración; (3) Dificultades en el aprendizaje; (4) Actitud frente al proceso de aprendizaje; (5) Sentimientos/emociones frente a las matemáticas; (6) Resultados académicos; (7) Estrategias de enseñanza-aprendizaje mediadas con o sin TIC; (8) El profesor competente desde la mirada de las estudiantes; (9) Recursos tecnológicos y sus usos; (10) Proceso cognitivo; (11) Reconocimiento de competencias matemáticas; y (12) Reconocimiento de competencias STEAM.

Cada uno de ellos configuró una categoría analítica que consecutivamente adquirió forma de dimensión de diseño de REA las cuales se presentarán en detalle en la siguiente sección. No obstante, dada la afinidad entre los datos encontrados en las dimensiones 10 y 11 se tomó la decisión de unificarlas en una que se denominó *Construcción y reconocimiento de competencias matemáticas*.

El ejercicio metodológico arrojó 11 elementos comunes entre las informantes, que dieron lugar a las dimensiones que justifican el diseño del REA (ver figura 7). Estas dimensiones son fundamentales, puesto que cada una de ellas permitió reconocer la voz de las estudiantes desde diferentes miradas, como las motivaciones, la experiencia relacionada con la práctica pedagógica de sus docentes y la autovaloración respecto a sus posibilidades para aprender matemáticas, todo ello, con un fin común, diseñar un REA acorde a estas voces.

Figura 7 Categorías y dimensiones obtenidas



Fuente: Construcción personal.

MOTIVACIONES

Dimensión 1: Experiencia

Según Chaves et al. (2008), las experiencias vividas en el aprendizaje de las matemáticas impactan en la percepción que las estudiantes tienen de la materia, incitando a un bajo o alto rendimiento en la asignatura. Del análisis de las narrativas de las estudiantes, la mayoría de ellas coincide en que su relación con las matemáticas no es la mejor ya que mencionan comentarios frecuentes relacionados a *mi experiencia es más mala que buena (E8)* o consideran que *tengo una relación amor-odio con las matemáticas (E11)*. De acuerdo con esto las experiencias positivas y negativas vividas impactan en su percepción y motivación para aprender matemáticas pues *cuando pienso en matemáticas lo primero en lo que pienso es en algo difícil (E5)*.

Conforme con lo que señalan las estudiantes, las vivencias que han tenido en la asignatura de matemáticas tienen un trasfondo lleno de experiencias *cuyo aprendizaje exige métodos específicos para poder ser comprendidas (E13)* y que se encuentran relacionadas con los temas abordados y la manera en que se les enseña lo cual puede estar relacionado con métodos tradicionales de enseñanza, donde la figura del docente trasciende sobre la de las estudiantes.

Sin embargo, es necesario considerar que el rendimiento de las estudiantes puede ser afectado por su contexto personal, el interés en su formación y las experiencias que han tenido con sus docentes, así como la autovaloración que ellas mismas tienen sobre sus procesos de aprendizaje. En este sentido, es indispensable reconocer cómo se encuentran las estudiantes para generar espacios que les permitan construir relaciones sanas con el aprendizaje de las matemáticas y con ello, fortalezcan habilidades para que tengan una experiencia más confortable y eso influya en la autovaloración que tienen respecto del aprendizaje de esta asignatura. Bajo estas condiciones, resulta fundamental que el diseño del REA propicie en las estudiantes emociones positivas, sin embargo, como esta dimensión depende de las emociones, personalidad e intereses de cada alumna, en el REA se trató de contemplar esta dimensión de modo que las problemáticas y la forma de trabajar la secuencia de actividades fueran lo más interesantes y amenas para favorecer un espacio de trabajo positivo y colaborativo.

Dimensión 2: Autovaloración

Las experiencias que las estudiantes mencionaron en sus narrativas coinciden en una dimensión denominada autovaloración respecto del aprendizaje de las matemáticas. En función del análisis de las narrativas hay una correlación en el sentido de que si las experiencias han tenido una tendencia poco positiva esto se refleja en que *me considero buena, mas no hábil (E11)* o en que *no soy la mejor (E4)*, es decir, no hay un reconocimiento de las cualidades matemáticas pues no se valoran las propias habilidades en la asignatura. Se infiere que las estudiantes se identifican con cualidades y habilidades para aprender matemáticas, pero en las expresiones se resalta de manera frecuente *no me considero muy hábil en la materia (E12)* o que *ni sobresalgo por eso (E4)*.

Según Espinosa (2010), es notorio que la falta de seguridad aún en estudiantes mujeres más brillantes sea un factor que prevalece para seguir en áreas donde las matemáticas toman relevancia, y dentro de esta investigación surgen las interrogantes de que si esta valoración está relacionada con las ideas de género con las que han crecido o si las estrategias de enseñanza que implementan los equipos docentes en la enseñanza de esta asignatura son las que acrecientan las dificultades de aprendizaje del estudiantado.

Dimensión 3: Dificultades en el aprendizaje

Aunado a las experiencias y la autovaloración, se identificaron las dificultades en el proceso de aprendizaje de las matemáticas. Al igual que en la dimensión anterior, existe una correlación. En este caso, se identificó en las narrativas de las estudiantes que estas dificultades se encuentran ligadas a aspectos procedimentales como lo señala una estudiante al mencionar que *no entiendo los ejercicios tan rápido (E10)* o que durante su trabajo en el aula aparecen dificultades como reconocer *que fórmula tenía que aplicar (E9)* o valorar lo procedimental o algorítmico en el sentido de *no equivocarme durante el procedimiento (E13)*. En este orden de ideas, se reconoce desde las experiencias de las estudiantes, que las dificultades en matemáticas tienen que ver con la comprensión de temas relacionado con lo procedimental, es decir, el uso de algoritmos. Esto permite inferir que la enseñanza de las matemáticas está relacionada casi de manera exclusiva a la solución de ejercicios y a la práctica de algoritmos.

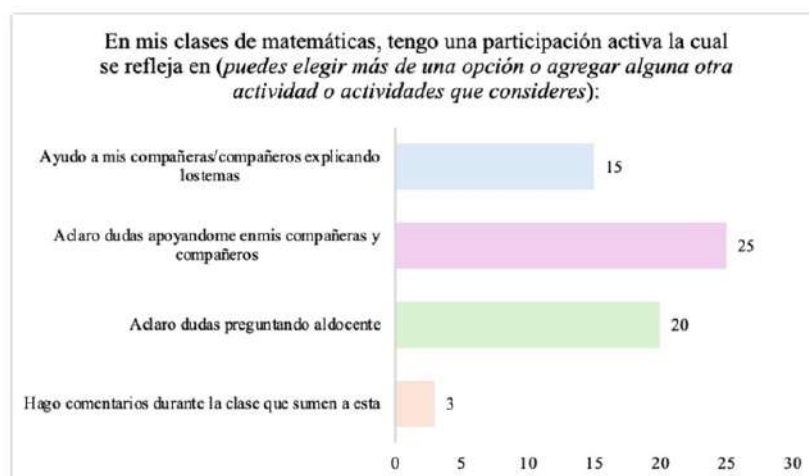
Lo anterior implica que la contextualización es un factor poco utilizado dando prioridad a lo procedimental y que las dificultades en el aprendizaje de las matemáticas están relacionadas con una enseñanza tradicional, basada en el desarrollo de ejercicios y actividades descontextualizadas, como lo señala una estudiante cuando menciona *que no sabía cómo terminar un procedimiento (E9)* o que dentro de sus actividades en el aula había *ejercicios que no lograba resolver (E15)*.

De esto, las estudiantes reconocen que la falta de comprensión en los temas es un factor que incide en su aprendizaje. Bracho-López (2013), expone que son muchos los aspectos que coinciden en la necesidad de modificar la metodología con la que se imparte la enseñanza de las matemáticas ya que solo consiste en repetir una y otra vez rutinas de aprendizaje matemático que más tarde los alumnos apenas utilizarán. Ante esto, valdría la pena discutir cuáles son las acciones que se deben tomar (desde la visión del docente y la estudiante) para incidir en la disminución de las dificultades y facilitar el aprendizaje de las matemáticas.

Dimensión 4: Actitud frente al proceso de aprendizaje

En esta investigación, la actuación de las estudiantes en su proceso de aprendizaje implica trabajar de manera colaborativa con sus compañeras para esclarecer dudas o ayudarse en los temas que trabajan y el trabajo o dedicación que invierten en la asignatura. En la figura 8 se percibe que la motivación por aprender matemáticas se cultiva con el trabajo colaborativo entre las propias estudiantes más que por la comunicación entre ellas con su docente, lo que implica considerar espacios de trabajo en los recursos digitales que permitan el trabajo con esta condición.

Figura 8 *¿Qué hago para fortalecer mis habilidades en matemáticas*



Fuente: Construcción personal.

Estos resultados coinciden con el trabajo de García (2019), donde se menciona que el trabajo colaborativo ayuda a que el estudiantado tenga una mejor disposición para aprender matemáticas. Según Aldana (2012), el trabajo colaborativo tiene componentes que hacen que los esfuerzos cooperativos sean más productivos que los esfuerzos individualistas, con lo que se obtiene un aprendizaje trabajando en grupos pequeños. Para lograr el aprendizaje cooperativo es necesario que se establezcan estrategias que permitan llevarlo a cabo en el aula o fuera de esta (Johnson et al., 1999) de modo que se establezcan dinámicas de trabajo colaborativo.

Además del trabajo colaborativo, se identificó en las narrativas que parte del proceso de aprendizaje de las matemáticas es porque *influye mucho en mi cuanta dedicación le dé para prestar atención (E4)* o a la relación que se encuentra entre *aprender en un constante esfuerzo a la disciplina (E6)* y el ser *muy constante (E10)*. Lo anterior implica que, si las estudiantes invierten más tiempo en el aprendizaje de las matemáticas, sus resultados académicos serán mejores ya que en los resultados que presentan Gil et al. (2006), señalan que la dedicación y el esfuerzo son factores esenciales a la hora de alcanzar el éxito en la disciplina.

Estas atribuciones al esfuerzo y la dedicación hacen que el estudiantado se enfrente a las tareas matemáticas con un autoconcepto positivo, ya que piensan que si tienen éxito es porque

se esfuerzan o si fracasan es porque no le dedican el tiempo suficiente. Sin embargo, en estudiantes “brillantes” quizá la inversión de tiempo en su aprendizaje no sea una actividad que realicen con frecuencia.

Dimensión 5: Sentimientos y emociones frente a las matemáticas

Dentro de las narrativas de las estudiantes se reflejaron sentimientos y emociones que hacen referencia a la afinidad, el afecto o el gusto que tienen por las matemáticas. De acuerdo con la experiencia de una de las estudiantes, ella menciona que le gusta *disfrutar el proceso de aprender en esta materia (E10)* otra señala que *en lo personal a mí se me hacen muy interesantes las matemáticas (E15)* y otra más da a conocer que *se me hace una materia de suma importancia (E4)*. Estas afirmaciones se correlacionan en parte por el gusto personal de cada una de ellas, sumado a las experiencias de enseñanza que han tenido con sus docentes a lo largo de la preparatoria.

Estas emociones y sentimientos positivos por la materia, sin duda, forma parte de la motivación pues de acuerdo con lo que señalan Prada-Núñez et al. (2020), muchas investigaciones han evidenciado que el afecto influye fuertemente en la motivación académica y en las formas de organizar tareas acordes a las capacidades intelectuales, lo que termina afectando el aprendizaje matemático en la escuela ya que si las estudiantes tienen afecto por la asignatura, seguramente se mostrarán con mayor interés y apertura hacia su aprendizaje.

Por otro lado, en las narrativas de las estudiantes también sobresalieron emociones y sentimientos negativos hacia esta asignatura. Desde la experiencia de algunas estudiantes, ellas señalan que *la asignatura me da miedo (E3)*, *me produce mucha inseguridad en mí misma (E10)* e incluso es una materia *que me hace llorar o desesperarme muy feo (E5)*. Estas narrativas muestran que hay sentimientos particularmente relacionados con la ansiedad, el estrés y el cansancio los cuales se detonan por varios factores, entre ellos, inseguridad, presión y nerviosismo, emociones que pueden desencadenarse por diferentes factores en aula de clase.

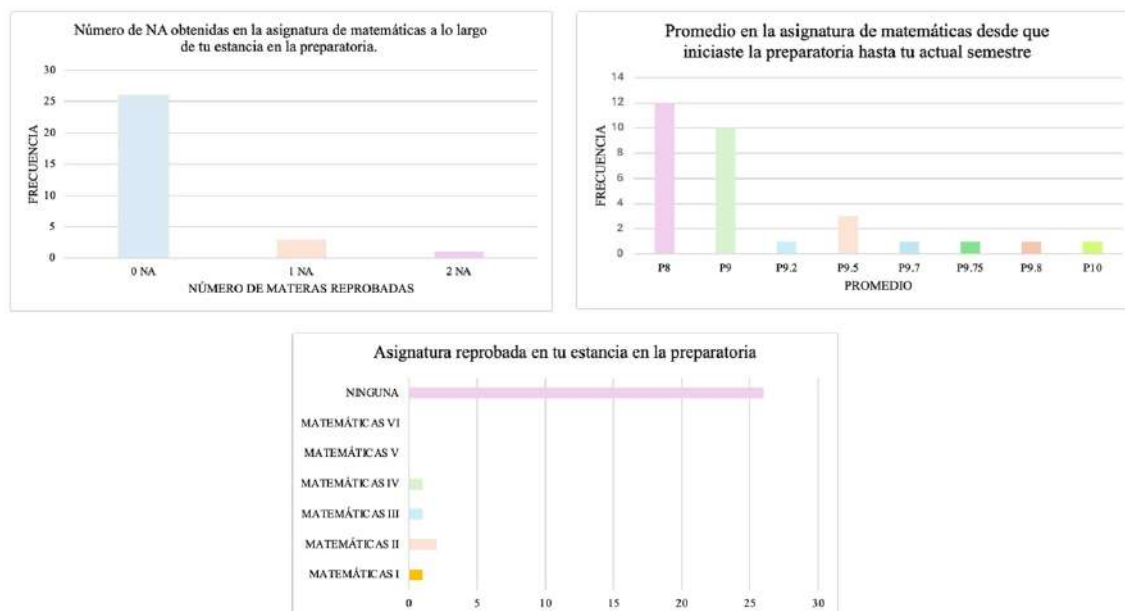
En Moreno et al. (2019) se describe a la ansiedad como un ciclo en el que las malas experiencias con las matemáticas conducen a evitarlas. Esto conlleva a un consecuente deterioro en la preparación para futuros trabajos, un menor rendimiento y, por lo tanto, experiencias cada vez más pobres. Este “círculo vicioso” en estudiantes se hace evidente con niveles cada vez más altos de ansiedad hacia las matemáticas, que afecta el rendimiento académico en general.

Estos sentimientos de desagrado a la materia se toman como referente del diseño de REA pues implicó conocer expectativas e intereses hacia la asignatura. Al incluir esta información en el diseño de recursos se fortalece la confianza en las estudiantes, tal como se describe más adelante en los resultados. De acuerdo con Abal et al. (2018), la confianza es la percepción que tiene el estudiante sobre su capacidad para enfrentarse con eficacia a situaciones que demandan el manejo de la matemática, en ese sentido, fomentar el trabajo de problemáticas que demanden la capacidad de las estudiantes en un ambiente "cálido" puede influir en disminuir estos sentimientos negativos hacia la asignatura.

Dimensión 6: Resultados académicos

En cuanto al aprovechamiento de la asignatura, las estudiantes demuestran un número reducido de NA's, un promedio de 8 y la asignatura con mayores dificultades es álgebra 2. Lo anterior se refleja en la figura 9.

Figura 9 Resultados académicos en la asignatura de matemáticas



Fuente: Construcción personal.

Este aprovechamiento conlleva un trabajo constante por parte de las estudiantes e implica que hay un trabajo arduo tras los resultados mostrados. Aunque el índice de reprobación es bajo, la materia más reprobada es Álgebra 2, asignatura que se cursa en segundo semestre. Algunas razones expuestas por las estudiantes para obtener este resultado son en parte *porque al ser una materia difícil (E4), por no entender (E7) y ser considerada como la materia que más se reprueba (E3).*

A pesar de los resultados académicos buenos, las estudiantes tienen una postura de que la asignatura de matemáticas es compleja, esto debido a los resultados académicos que han obtenido, por experiencias negativas que han pasado o por comentarios que han escuchado de otros y otras compañeras. Al tener esta idea inicial, es frecuente que las estudiantes adopten una postura negativa ante la materia y por ende no den su mejor rendimiento.

PRÁCTICA PEDAGÓGICA MEDIADA CON O SIN TIC

Dimensión 7: Estrategia de Enseñanza-Aprendizaje mediadas con o sin TIC

Un aspecto recurrente en los datos reportados por las estudiantes está relacionado con la búsqueda de estrategias de enseñanza por parte del profesorado que logren motivar el aprendizaje. Según sus testimonios, un elemento determinante en sus clases es la manera en que los docentes estructuran y vinculan las estrategias de enseñanza, ya que, *si el docente hace tediosa o aburrida la materia los estudiantes no la encontrarán interesante (E2)*.

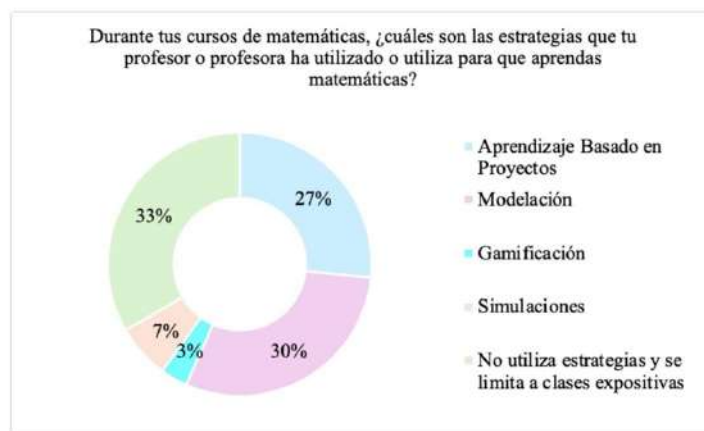
Las expresiones recogidas en las historias de vida de las participantes sugieren una tendencia a atribuir la responsabilidad del proceso de enseñanza y aprendizaje exclusivamente al docente. Esto podría indicar, de manera implícita, una cierta pasividad por parte de las estudiantes en la búsqueda de alternativas para complementar los contenidos abordados en clase.

En este sentido, es pertinente considerar que el diseño de los REA incorpore estrategias que fomenten un papel más propositivo en las estudiantes, evitando prácticas repetitivas como lo señala una estudiante al mencionar que su problema radicaba en que su docente *sólo dejaba mil ejercicios (E14)*; y evitando también que los docentes deleguen en el recurso la responsabilidad de orientar, tal como indicó otra de las estudiantes que tuvo dificultades con las matemáticas porque su profesor *dejaba muchas actividades y solo leía el pdf del material (E3)*. Estas experiencias reflejan cómo el uso excesivo de ejercicios mecánicos y la asignación de tareas extensas pueden resultar desmotivadores para el estudiantado (Castillo-Sánchez et al., 2020).

Si bien en las historias de vida las estudiantes compartieron sus experiencias escolares de manera general, se identificó una ausencia de referencias a una participación más activa en la selección de actividades o en la organización del aula. Esto plantea la necesidad de reflexionar sobre el papel del estudiantado en estos procesos, especialmente en el marco de enfoques pedagógicos que buscan trascender la enseñanza tradicional expositiva y la mera transmisión de conocimientos. Dichos enfoques promueven alternativas que van más allá de la resolución masiva de ejercicios, la repetición mecánica de tareas o la lectura aislada de documentos relacionados con los temas abordados en clase (Mercado, 2020).

No obstante, esta percepción expresada por las estudiantes contrasta con la diversidad de estrategias que ellas mismas mencionaron en el cuestionario, como se evidencia en la figura 10.

Figura 10 Estrategias didácticas usadas en clase de matemáticas



Fuente: Construcción personal.

Si bien en sus historias de vida las estudiantes mencionaron haber experimentado estrategias didácticas centradas en la repetición y la revisión de documentos de manera independiente, también reconocieron que sus docentes implementaron estrategias adicionales. Esto sugiere que la dificultad no necesariamente radica en el tipo de estrategia empleada, sino en la manera en que esta se articula con la dinámica de las clases para favorecer la apropiación de conceptos, el desarrollo de habilidades sólidas y el fomento del interés en beneficio de la comunidad (Cázares et al., 2020).

El análisis de la correlación entre los datos obtenidos en las historias de vida y los resultados del cuestionario permitió identificar que las estrategias didácticas, sean digitales o no, constituyen un eje de discusión fundamental al considerar las formas de interacción dentro del aula y la manera en que se diseñan los recursos educativos. En este sentido, se hace evidente que no todas las estrategias resultan efectivas en todas las situaciones de enseñanza y aprendizaje, por lo que su implementación debe responder a un análisis cuidadoso del contexto y las necesidades del estudiantado.

Respecto al uso de tecnologías, los resultados del cuestionario refuerzan esta discusión didáctica al evidenciar que, incluso cuando se emplean recursos digitales, persisten prácticas de enseñanza en las que las estudiantes solo reciben información o se limitan a observar el manejo que el profesor puede hacer del recurso. Como se observa en la figura 11, la integración de tecnología en la enseñanza de las matemáticas no garantiza automáticamente una mejora en los procesos de aprendizaje. La efectividad de estos recursos no depende únicamente de la herramienta en sí, sino de diversos factores como las creencias y modelos didácticos del profesorado que los adopta (Faulder, 2011; Jimoyiannis, 2010 citado en López et al., 2020), así como la familiaridad del estudiantado con el uso de dispositivos tecnológicos, su disposición y actitud frente a estos, sus habilidades en el manejo de las herramientas y las experiencias previas construidas en torno a su uso para el aprendizaje.

Figura 11 *Interacción de la tecnología en clase de matemáticas*



Fuente: Construcción personal.

Los hallazgos del cuestionario señalan que debe explorarse con mayor detalle el tipo de recurso que se usa en las prácticas de enseñanza. Es probable que las estudiantes mencionen diferentes tipos de recursos de acuerdo con su experiencia educativa. Aunque la pregunta se enunció de manera abierta en relación con el uso de tecnología, algunos recursos, por su naturaleza demostrativa, podrían estar especialmente relacionados con actividades en el aula destinadas a la exposición o presentación de contenidos, lo que constituye un elemento fundamental en su proceso de formación.

Tal como se ha mencionado, el uso de ciertos dispositivos representa una oportunidad para transformar las interacciones dentro del aula. Sin embargo, pueden reforzar prácticas pedagógicas tradicionales, en los que el docente es quien maneja la herramienta digital, mientras que el estudiante adopta un rol principalmente de observador y posteriormente replica las instrucciones dadas en clase (Liu, 2011; Straub, 2009 citado en López et al., 2020).

En resumen, la pasividad mencionada por las estudiantes plantea la necesidad de debatir frente a la importancia de relacionar recursos que contengan actividades que permitan a las estudiantes involucrarse activamente y manipular la tecnología para desarrollar habilidades y pensamiento crítico. Esto no implica excluir espacios destinados a la revisión de contenidos específicos o a la atención de explicaciones que faciliten la resolución de dudas. Este aspecto conduce a la siguiente dimensión de análisis, considerando que gran parte de los logros obtenidos a través de la interacción con los docentes dependen de la formación disciplinar, pedagógica y didáctica con la que estos cuentan.

Dimensión 8: El profesor competente desde la mirada de las estudiantes

Si bien la dimensión descrita anteriormente señala la necesidad de prestar mayor atención a las estrategias de enseñanza, también abre un debate desde la mirada del docente acerca de las diferentes interacciones que las estudiantes esperan que se desarrollen durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Ellas señalan que sus docentes deben tener habilidades sólidas respecto al dominio de la asignatura, pero también habilidades didáctico-pedagógicas específicas para la enseñanza de las matemáticas. De este modo, destacan la influencia que puede tener el o la docente en su proceso de aprendizaje, enfatizando que *él o la maestra que te enseñe influye mucho en el aprendizaje (E2)*, esto se refiere a que el docente puede ser un factor clave en la construcción de ciertos contenidos matemáticos por parte del estudiantado, facilitando o no el aprendizaje.

Al reflexionar más en esta situación, se puede afirmar que las estudiantes reconocen que el proceso de enseñanza, no se limita únicamente por los contenidos matemáticos que pueden ser enseñados, sino que hay actitudes personales que pueden favorecer o dificultar las relaciones de empatía con ciertos docentes (Gamboa y Moreira-Mora, 2017). A lo largo de las narrativas en las historias de vida, se vio reiterada la idea de que las prácticas docentes

pueden ser la base para experiencias de aprendizaje más significativas y agradables, haciendo de las matemáticas una asignatura más agradable y llevadera como lo señala un alumna que dice que *cuando me lo enseñan bien es muy divertido (E5)*. No obstante, la noción de *enseñar bien* puede variar según la percepción individual de cada estudiante, lo que sugiere que estas apreciaciones están estrechamente relacionadas con sus expectativas personales sobre el aprendizaje de las matemáticas.

Estas expectativas, también incluyen una visión de un docente ideal, reflejada en expresiones como la que una estudiante comentó *tal vez nada pesadas las mates son en parte por los profesores (E12)*. Al igual que en la dimensión anterior, el rol del docente resulta central en esta percepción. A través de las historias de vida, las estudiantes coinciden en que esperan contar con docentes capaces de ofrecer alternativas que les brinden explicaciones satisfactorias. En este sentido, una de ellas que, en su experiencia, *la maestra explica de una manera excelente (E13)*, lo que indica que en ese momento sus expectativas fueron atendidas por su profesora. Es posible que esta idea de explicación excelente, se relacione con la combinación de diversas estrategias enfoques pedagógicos para resolver dudas y acompañar el proceso formativo, pero sin duda, queda claro que la apreciación de la estudiante se refiere a la totalidad del ejercicio pedagógico y didáctico que su profesora pudo poner a disposición.

Fragmentos como estos evidencian la importancia que las estudiantes otorgan a las habilidades docentes para establecer formas efectivas de interacción en el ámbito disciplinar. Es posible que maestras y maestros recurran a diversas herramientas y estrategias para alcanzar lo que ellas describen como explicar bien. En este sentido, la disposición personal, así como la formación disciplinar, pedagógica y didáctica del profesorado resulta ser un factor clave para pensar en el diseño de REA. La manera en que los docentes estructuran, organizan y presentan estos recursos resulta determinante para lograr la vinculación de las estudiantes con su propio proceso de formación. Así, según los datos extraídos de sus historias de vida, la forma en que los docentes integran estos recursos influye directamente en sus experiencias de aprendizaje en matemáticas.

A diferencia de la dimensión anterior, en este caso las estudiantes mostraron una cierta aceptación hacia los ejercicios repetitivos, siempre que estos estuvieran acompañados de la guía docente en su comprobación y corrección. Coincidieron en la importancia de recibir una

confirmación constante sobre *si lo estoy haciendo bien o no (E4)* ya que, según sus experiencias, este seguimiento cercano por parte de sus maestros y maestras les brindaba confianza y seguridad en los procedimientos y en las estrategias de solución. En este sentido valoraron especialmente acciones docentes como *resolver las dudas (E5)* y *que me corrija (E7)*. Estas expresiones que muestran reflejan que, cuando el profesorado ofrece una orientación efectiva, las estudiantes pueden desarrollar mejores formas de autorregulación en sus procesos de aprendizaje (Díaz et al., 2017).

Aunque las estudiantes señalan que el acompañamiento del docente es clave para el proceso de aprendizaje, señalan una necesidad fundamental referente al acompañamiento permanente y pertinente. Una de ellas exteriorizó que en algunas ocasiones *me quedaba con muchas dudas (E3)*, lo que enfatiza la importancia de diseñar recursos que incluyan actividades y espacios de retroalimentación continuos (Recio et al., 2021) pues no basta con incluir sólo ejercicios en un recursos educativo, sino que también es necesario garantizar sitios para el análisis de resultados y la revisión colectiva de los procedimientos.

Aunque se pudiera pensar que el acompañamiento oportuno y pertinente del docente pudiera solucionar las dificultades de aprendizaje de las matemáticas, las narrativas de las estudiantes señalan que ellas asumen algo de responsabilidad frente a su proceso de aprendizaje pues mencionan que *no tenemos la seguridad de preguntarle al profesor o profesora (E10)*. Lo que sugiere que su participación activa dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje también es un factor que influye en su experiencia educativa. En sus narrativas, reflexionan sobre algunas dificultades o situaciones por mejorar que no siempre tienen que ver con sus habilidades para aprender, sino a la falta de mecanismos de diálogo con sus docentes, situación que es influenciada más por factores personales que por cuestiones disciplinares. Esta situación podría abordarse mediante su involucramiento y participación en el diseño de recursos educativos, considerando sus necesidades y expectativas, tal como se plantea en esta investigación.

Esto es especialmente relevante en el diseño de REA, ya que las estudiantes pueden enfrentarse a las actividades de forma autónoma y necesitar espacios posteriores para resolverlas. Por ello, es fundamental que estos recursos incluyan espacios que les permitan aclarar dudas generales que surjan durante su desarrollo, así como identificar

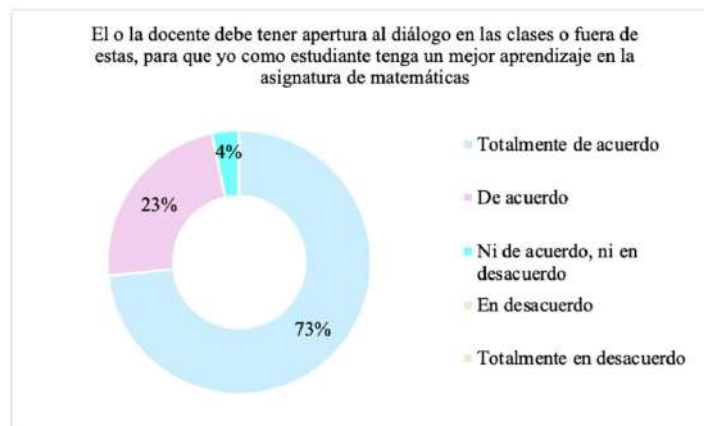
cuestionamientos más complejos que pueden abordarse en los momentos de interacción con sus docentes.

De acuerdo con Larios et al. (2012), la interacción entre el profesorado y el estudiantado juega un papel clave en el aprendizaje de las matemáticas, al igual que el uso de estrategias metacognitivas y la realización de tareas. Esta idea se refleja en los datos de la investigación, donde las estudiantes destacan la importancia del acompañamiento docente en expresiones como *ha sido de mucha ayuda el acompañamiento durante la prepa por parte de mis maestras (E12)* o en la necesidad de contar con docentes que *me haga sentir confianza para preguntarle dudas (E7)*.

En síntesis, la interacción mencionada por las estudiantes puede entenderse a través del concepto de andamiaje, el cual hace referencia al apoyo brindado por el profesorado (Van de Pol et al., 2010). En este sentido, el profesorado puede implementar estrategias como a) incentivar al estudiante durante el desarrollo de una tarea matemática; b) mantener su interés en la resolución de la actividad y c) acompañar al estudiantado en la gestión de la frustración cuando enfrentan dificultades y no logran completar una actividad en el primer intento (Wood et al., 1976).

Si bien las historias de vida permitieron conocer la percepción de las estudiantes sobre la idoneidad de sus docentes en los aspectos previamente mencionados, el cuestionario también abordó este tema de manera específica. En la figura 12 se presenta la postura de las estudiantes respecto a la importancia de contar con docentes que fomenten el diálogo en sus interacciones, evidenciando cómo este factor influye en su experiencia en el aprendizaje.

Figura 12 *Apertura al diálogo por parte del docente*



Fuente: Construcción personal.

Los datos presentados en la figura 12 reflejan una predisposición hacia la preferencia de contar con docentes abiertos al diálogo, pues consideran que esta disposición impacta de manera positiva en sus resultados en la asignatura, reconociendo con ello la existencia de una relación directa entre el diálogo y el aprendizaje. El planteamiento de la pregunta en el cuestionario dejó explícita esta unión, ya que se planteó a las estudiantes que la apertura al diálogo tenía como propósito mejorar su proceso de aprendizaje en matemáticas. Con ello, se buscó identificar si reconocían esta relación de dependencia, resaltando que la interacción entre docentes y estudiantes es un elemento clave que no puede ser sustituido ni eliminado dentro del proceso educativo (Martínez-Maldonado et al., 2019).

Concretamente en el caso de los REA, es importante considerar que, más allá de la realización de ejercicios algorítmicos o actividades automatizadas en plataformas, se requiere contar con espacios de interacción mediados por tecnología. Estos espacios deben promover una participación activa entre el docente y estudiante, para facilitar los intercambios constantes que lleven a momentos de discusión y debates académicos que permitan la construcción colectiva de explicaciones y contenidos.

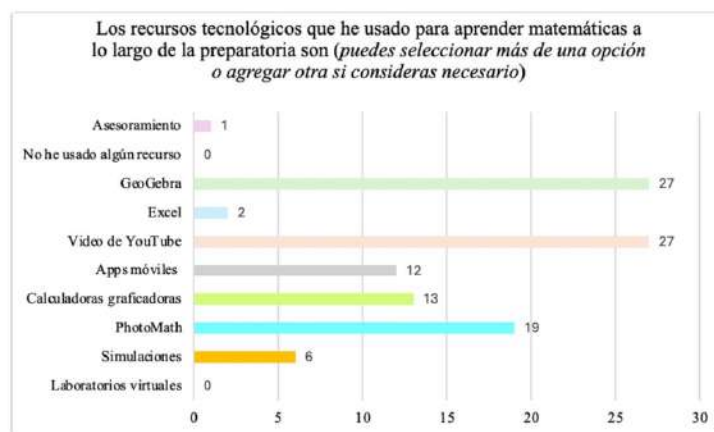
Como se ha señalado, tanto la literatura (Solar et al., 2022) como los datos de esta investigación, coinciden en la importancia de contar con docentes que generen espacios para el intercambio de dudas y su resolución en un ambiente de tranquilidad y confianza. Sin

embargo, es necesario que esta interacción sea más allá del aula, tomando en cuenta que elementos como el diálogo, la disposición docente y la diversidad de estrategias didácticas pueden incorporarse en el diseño de REA que sean familiares para las estudiantes, lo cual resulta clave ante la creciente incorporación de herramientas tecnológicas en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en los niveles de educación básica y secundaria (León y Heredia, 2020).

Dimensión 9: Recursos tecnológicos y sus usos

Otro de los elementos que constituyeron las dimensiones que reporta esta investigación, fue el uso que las estudiantes le dan a los recursos tecnológicos en la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de matemáticas. De acuerdo con los resultados reportados por las estudiantes en los cuestionarios, se identificó que más allá de los recursos que los docentes vinculan en las aulas, existen otros que usan las estudiantes y que son buscados por sus propios medios (ver figura 13).

Figura 13 Recursos digitales usados por las estudiantes



Fuente: Construcción personal.

Aquellos que aparecen con mayor frecuencia son REA como GeoGebra, YouTube y otras aplicaciones que son fáciles de instalar en los dispositivos móviles y que tienen como función principal resolver ejercicios algorítmicos como PhotoMath. Particularmente la plataforma de YouTube, representó una herramienta significativa para las estudiantes, pues según su

experiencia les ayudó a entender temas matemáticos estudiados en clases expresando que, si *no le entendí al profesor, buscaba videos de "Julio profe" y ya entendía un poco más (E1)* y, en otros casos, las estudiantes dieron a entender que las clases en el aula de matemáticas no fueron lo suficientemente interesantes, retadoras o dinámicas para prestar la atención necesaria, ya que la experiencia reportada de una estudiante señala de manera contundente que *los contenidos los he aprendido ayudándome de videos (E2)*.

Lo anterior, significa que los videos pueden incorporarse en el diseño de REA, asegurándose que en su diseño se contemplen los objetivos de aprendizaje propuestos en los cursos, así como los elementos multimedia y de contenido matemático que favorezcan a que *las clases interactivas de alguna manera te refuerza al aprender las cosas (E5)*.

El empleo de las herramientas anteriores puede deberse, en parte, a las ventajas y facilidades que se encuentran en estos recursos para ofrecer formas distintas de interacción y explicación frente a problemas relacionados con ecuaciones algebraicas, o para representar y manipular objetos matemáticos (López et al., 2020). No obstante, resulta llamativo que algunos recursos como los laboratorios virtuales, los simuladores e incluso las sesiones de asesoramiento a través de alguna plataforma digital, sean los recursos menos utilizados dentro del proceso de enseñanza aprendizaje. En el caso de simuladores y laboratorios, podría tener que ver con algún tipo de dificultad relacionada con el recurso. Pero en el caso de las sesiones de asesoramiento se encuentra un espacio único de trabajo con los docentes para comprender temas, comprobar y resolver ejercicios, o hacer repasos de estos.

En esta línea, y en consonancia con las propuestas de George (2020), la incorporación de los recursos digitales en las prácticas educativas debe enfocarse a enriquecer el proceso de formación de las estudiantes, esto refuerza la idea expresada por una de las estudiantes cuando señala que se deben *buscar formas variadas de aprendizaje y aplicarlas una a una y así cada alumno entenderá el tema con su técnica (E6)*. Por ello, el diseño de REA debe garantizar tanto su pertinencia como su profundidad evitando vaguedades en los procedimientos para avanzar en el fortalecimiento de los aspectos que interesan en los procesos formativos como los objetivos de aprendizaje establecidos en el currículo de matemáticas.

EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES

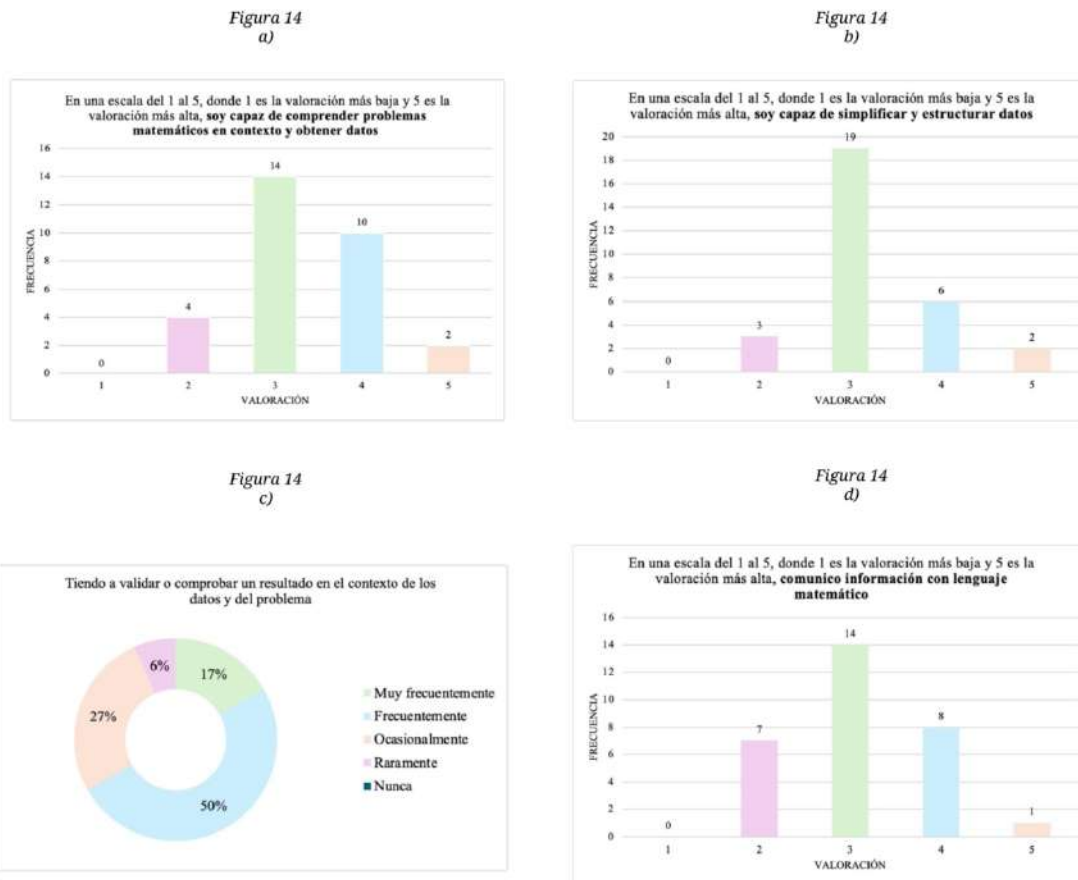
Dimensión 10: Proceso cognitivo y reconocimiento de competencias matemáticas

Una parte del cuestionario implementado para conseguir datos contenía partes del ciclo de modelación sugerido por Blum y Leiß (2007), esas partes son: comprender problemas, simplificar/estructurar, matematizar, trabajo matemático, interpretación, validación y presentación. Esta propuesta se realizó de manera intencional, ya que estas partes podían proporcionar información importante sobre la percepción de las estudiantes acerca de sus habilidades para construir competencias matemáticas en sus procesos de formación.

Se solicitó a las estudiantes que, desde su propia percepción y autoconocimiento, expresaran su valoración respecto de los elementos del ciclo de modelación y de las competencias matemáticas. Aunque las estudiantes no señalan contundentemente tener una comprensión sólida acerca de problemas planteados en matemáticas, sí reconocen que tienen algunas habilidades para afrontarlas (ver figura 14 a)) esto se afirma con lo que menciona una estudiante señalando que *con ver el procedimiento me basta para comprender la solución de diversos problemas (E13)* o en el interés hacia ejercicios matemáticos puesto que su estudio tiene *que ver con la lógica (E15)*.

A partir de estos resultados vale la pena considerar que las problemáticas propuestas en los REA favorezcan vivencias cercanas con la matemática y su aplicación en el entorno. Además, estos problemas deben favorecer que las estudiantes pongan en práctica habilidades que les ayude a fortalecer su capacidad para comprender problemas y extraer datos de manera correcta y efectiva (Chavarría-Arroyo y Albanese, 2021).

Figura 14 Competencias matemáticas desde la perspectiva de las estudiantes



Fuente: Construcción personal.

Los datos evidencian que la interpretación de problemas y el análisis de estos para identificar información, son aspectos clave que se deben tomar en cuenta para el diseño de estrategias cuando se enseña matemáticas. Aunque en los cuestionarios, la percepción que tienen las estudiantes no es del todo específica, resulta significativo que ninguna de ellas expresa un desconocimiento total por los puntos señalados. Esta situación podría abordarse a través de un diálogo más profundo que permita identificar dificultades y necesidades puntuales para apoyar a las estudiantes a la comprensión de los temas, ejemplo de esto es lo que expresa una estudiante al decir que *todo el tiempo necesito estar viendo los procedimientos para poder comprender los temas (E7)*, esto sugiere que en el diseño del REA deben incorporarse espacios que permitan a las estudiantes revisar y reflexionar sus procedimientos para resolver problemas, disminuyendo así este tipo de dificultades.

Otra situación vinculada con la sección anterior es la posibilidad de las estudiantes para manejar en el manejo e interpretación de los datos que se les brindan. En la figura 14 b) se observa que prevalece una apreciación neutral en cuanto a considerarse capaces de simplificar y estructurar datos.

No obstante, es sustancial que el diseño de REA fomente el desarrollo de habilidades para el manejo de datos y su simplificación mediante el uso de estrategias didácticas que permitan fortalecer el trabajo de identificar, recolectar y manejar la información mediante distintas representaciones matemáticas, lo que contribuirá a que las estudiantes se perciban con un dominio más sólido en este aspecto, el cual es esencial en el aprendizaje de las matemáticas. Ejemplo de esta experiencia lo señala una estudiante al utilizar un recurso digital que le permite *ver gráficamente lo explicado analíticamente (E22)*.

En la figura 14 c) se evidencia que las estudiantes suelen verificar los resultados obtenidos en sus procedimientos. Lo que resalta la importancia de integrar estrategias que les permitan revisar lo ya hecho, explorar diferentes maneras de operar los datos o contar con espacios que permitan validar sus respuestas en el contexto de las situaciones problema planteadas, y con ello favorecer entornos de diálogo entre pares, fortaleciendo habilidades adicionales como la comunicación de resultados con lenguaje matemático.

En relación con la comunicación de ideas en lenguaje matemático se identifica como área de oportunidad, tal como se muestra en la figura 14 d). Las respuestas de las estudiantes están orientadas en reconocer que hay dificultades para desarrollar esta habilidad de manera sólida. Por ello, se considera esencial que el diseño de recursos integre experiencia que contribuyan al fortalecimiento de esta competencia, incorporando espacios que faciliten actividades donde se pueda *hablarlas con alguien más para entenderlas yo (E12)*.

La percepción en cuanto a resolver problemas de manera autónoma es alta (ver figura 15), esto está relacionado con la forma en que ellas han aprendido matemáticas: *me sirve mucho la práctica (E4)* o la forma en que las clases comúnmente se hallan organizadas: *la manera en la que yo aprendo los ejercicios es haciendo muchos de ellos (E10)* es decir, la reproducción constante de algoritmos: *la técnica más fácil de aprender es con mucha práctica (E11)*.

Figura 15 *Solución de problemas de manera autónoma*



Fuente: Construcción personal.

Sin embargo, es fundamental cuestionar y reflexionar que ese enfoque de trabajo no necesariamente es aprender matemáticas. Como mencionan Moreano et al. (2008), cuando el estudiantado realiza actividades iterativas no pueden desarrollar habilidades o destrezas matemáticas como el análisis, el razonamiento, la toma de decisiones, etc., sino que solo aprenden procedimientos de memoria o repetición.

Por ello, resulta primordial el tomar en cuenta estrategias de enseñanza, como la modelación matemática y el uso de REA, que estimule en las estudiantes diferentes habilidades y que se incorporen en estos escenarios el uso de herramientas tecnológicas que favorezcan otras destrezas afines al manejo de la tecnología y las competencias digitales.

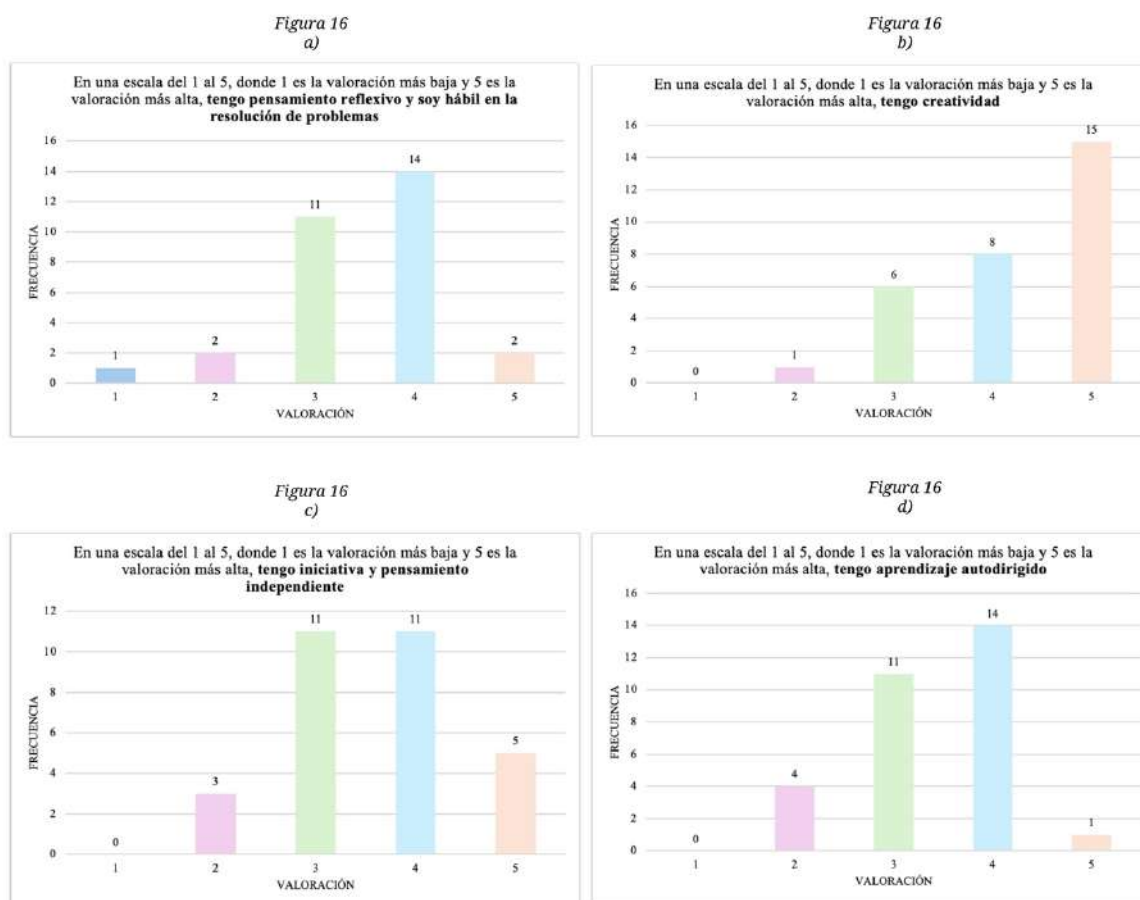
Dimensión 11: Reconocimiento de competencias STEAM

Se considera la autovaloración que las estudiantes hacen respecto de sus competencias STEAM. Se aclara que las competencias fueron tomadas de la literatura, particularmente las que señala el enfoque STEAM de Sánchez (2019). Los resultados obtenidos indican que hay un desempeño medio-alto desde la percepción de las estudiantes que participaron en la investigación. De las dimensiones que conforman estas competencias, hay algunas de ellas que bien pueden ser fortalecidas y utilizadas debido al potencial que las estudiantes refieren tener (ver figura 16), tal es el caso del pensamiento reflexivo que implica la valoración que

las estudiantes tienen cuando son conscientes de analizar, evaluar y cuestionar sus acciones, la creatividad, la iniciativa y el aprendizaje autodirigido.

Un ejemplo de esta autovaloración o percepción lo expresan dos estudiantes pues señalan que *me sentí bien por el aprendizaje autónomo que logre desarrollar (E6), he logrado aprender los contenidos que he visto en matemáticas más que nada de forma autodidacta (E11)*. Estas dimensiones se correlacionan con las anteriores y dejan ver dos situaciones importantes en las que se debe reflexionar. La primera de ellas es que las estrategias de enseñanza realizadas no son adecuadas para cautivar la atención de las estudiantes, motivándolas a examinar sus propias formas de aprendizaje. Y la segunda, que subraya la importancia de que en el diseño de REA se busquen las estrategias para fortalecer estas habilidades que manifiestan independencia en el proceso educativo.

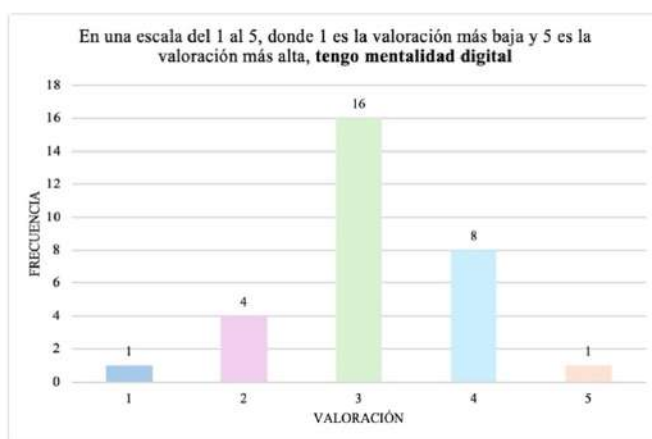
Figura 16 Competencias STEAM desde la percepción de las estudiantes



Fuente: Construcción personal.

Según Casado y Checa-Romero (2023), la creación de espacios colaborativos fomenta en el estudiantado un nivel de autonomía que les permite trabajar libremente la solución de problemas, mejorando la creatividad, la imaginación y la capacidad del trabajo en equipo. Estas habilidades, identificadas por la autovaloración y percepción de las estudiantes, son habilidades que pueden potencializadas mediante actividades que sean originales, dinámicas y articuladas con tecnología incrementando su atractivo y efectividad. De este modo, se facilitaría el perfeccionamiento de competencias y mentalidad digital, aspecto que las estudiantes han señalado como un área de oportunidad dentro de su formación escolar (ver figura 17).

Figura 17 *Valoración personal de mentalidad digital*



Fuente: Construcción personal.

De acuerdo con Sánchez (2019), las competencias afines con la mentalidad digital se centran en el manejo y conocimiento de la tecnología, en el sentido de comprender y utilizar los recursos tecnológicos lo que se alinea con lo que las estudiantes piensan de la mentalidad digital, es decir, implementan el pensamiento digital para *aprender de mis errores o procedimientos que se me hacen complejos y no recuerdo (E10)*, para *ver gráficamente lo explicado analíticamente (E22)* o para *retroalimentación porque cuando surgen dudas trato de investigar más sobre el tema (E30)*. Lo anterior abarca habilidades y actitudes que facilitan el uso correcto de los dispositivos, redes y software digitales. Lo que implica aprender nuevas habilidades y adaptarse a los cambios.

Si bien las estudiantes adoptan una actitud principalmente imparcial frente a esta competencia, resulta pertinente pensar en reforzar esta destreza a través de la gestión y diseño de recursos que impliquen las habilidades que se señalaron.

Fase 2: Diseño del REA

Diseño del REA en la asignatura de Cálculo Diferencial e Integral

La asignatura de Cálculo Diferencial e Integral que se imparte en la EB-UAQ se ofrece en el quinto semestre. En ella, se abordan diferentes contenidos referentes al tema de funciones, límites, derivadas e integrales cada uno de estos temas separados por unidades de estudio.

Para esta investigación, se utilizó particularmente el tema de funciones para alcanzar el objetivo general propuesto en la investigación. Las funciones permiten modelar una amplia variedad de fenómenos naturales y sociales. Esto ayuda al estudiantado a ver la relevancia y aplicabilidad de las matemáticas en el mundo real ya que no solo enriquece la comprensión sobre las matemáticas, sino que también muestra cómo las matemáticas se aplican en diversos campos científicos (Michelsen, 2006).

El tema de funciones se seleccionó para trabajar el diseño del REA debido a que es posible, a través de su uso, abordar temas relacionados con el concepto de variables, los datos y modelos matemáticos para representar diferentes fenómenos y estudiarlos. Las variables son esenciales porque permiten generalizar problemas y situaciones, facilitando la creación de modelos que pueden aplicarse a múltiples casos. Según Trigueros (2009), las variables ayudan a abstraer y simplificar situaciones reales, permitiendo el análisis y la manipulación matemática de los fenómenos. Por otro parte, los datos proporcionan la base necesaria para crear modelos matemáticos. De acuerdo con Sampieri (2023), el análisis de datos permite a estudiantes y científicos confirmar hipótesis, identificar patrones y tomar decisiones informadas basadas en evidencia cuantitativa. Los modelos matemáticos son herramientas para representar fenómenos complejos y estudiar sus comportamientos bajo diferentes condiciones. Bocco (2010), señala que los modelos matemáticos permiten simplificar la realidad, facilitando el análisis y la resolución de problemas mediante la aplicación de técnicas matemáticas.

Lo anterior, permite trasladar temas de matemáticas a situaciones más contextualizadas que no sean ajenas a las experiencias que las estudiantes han vivido o que en el contexto de su cotidianidad, aparezcan situaciones o fenómenos de estudio de los que tienen noción y que son posibles de estudiar. Cabe aclarar que, dentro de esta investigación, se posicionó a las estudiantes en tres escenarios diferentes, de modo que, a través de la contextualización de dichos escenarios, las estudiantes adquirieron el rol o papel de analista de datos, ingeniera y médica obstetra posicionándolas en estos papeles que les permitieron ofrecer soluciones a las problemáticas dadas en el recurso.

En lo siguiente, se explicará de manera detalla cómo es que los conceptos de la unidad de Funciones contenida en el curriculum de la EB-UAQ se integró al diseño de los módulos que se presentan como propuesta para articular la modelación matemática y los REA.

Para comenzar, se describirán las sesiones de trabajo desarrolladas en la investigación. Cabe aclarar que la secuencia de trabajo que se llevó a cabo en esta parte de la investigación pertenece a los pasos que se describieron en el apartado del Diseño instruccional para elaborar un REA de Ramírez y Soberanes (2015), que de manera muy general corresponden a: planeación y control, temática del REA, análisis, diseño, producción, desarrollo, implementación, autoría, validación, retroalimentación y evaluación de resultados.

Además, es importante mencionar que durante este trabajo siempre existió un acompañamiento por parte de una diseñadora instruccional, lo que permitió generar un espacio de trabajo con mayor organización en cuanto a lo que debía contener un objeto de aprendizaje y el desarrollo de este.

Definición de sesiones de trabajo para diseño del REA

Las sesiones de trabajo comenzaron con la reunión del equipo de trabajo para diseñar el REA, este equipo de trabajo estuvo conformado por: una diseñadora instruccional que tuvo a su cargo el diseño de la agenda de trabajo, las retroalimentaciones y comentarios del desarrollo del guion tecnopedagógico y ser enlace y coordinadora con las otras áreas que participaron, es decir, el equipo multimedia quien tuvo el trabajo de diseñar y editar diferentes elementos visuales que se incorporaron en el REA, el equipo de programación quien se encargó de programar y generar un código que incluyera el contenido del guion tecnopedagógico y que

a su vez este código pudiera ser portable, es decir, poder acceder a este a través de diversas plataformas como Moodle, y la docente investigadora quien fue la que diseñó todo el contenido del recurso digital.

En la tabla 9 se observa el primer cronograma de trabajo realizado por la diseñadora instruccional. En él pueden observarse las fechas de entrega de cada uno de los módulos que se propusieron, así como las fechas de revisión y atención a dudas respecto de los formatos en los que se presentó el contenido del REA. Además, se incluyen las actividades del resto del equipo de trabajo. La dinámica de trabajo fue escalonada para cumplir el objetivo de aplicar en tiempo y forma el REA con las estudiantes.

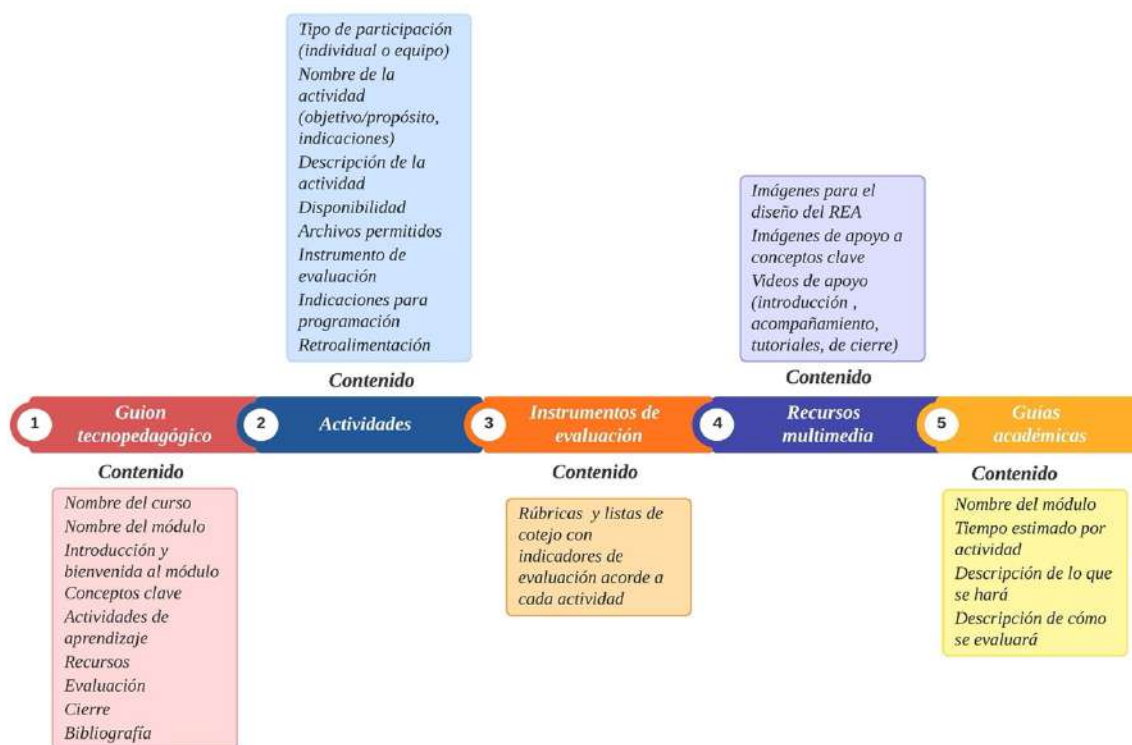
Tabla 9 *Agenda de trabajo agosto 2023*

Agenda de trabajo para la creación del recurso (Mtra. Noemí)											
Responsable	Docente	Docente	Diseñadora Instruccional	Docente	Diseñadora Instruccional	Equipo multimedia	Equipo de programación	Docente y Diseñadora Instruccional	Equipo de programación	Diseñadora Instruccional	Docente
Actividad	Elemento que diseñar	Fecha de entrega	Primera fecha de revisión	Atención a dudas y comentarios	Segunda fecha de revisión	Producción de recursos	Primer montaje en plataforma	Prueba de los contenidos en plataforma	Ajustes de producción	Entrega final	Aplicación de los módulos
Periodos	Módulo 1	9 de agosto	21 al 25 de agosto	28 de agosto al 01 de septiembre	04 al 08 de septiembre	28 de agosto al 08 de septiembre	11 al 15 de septiembre	16 y 17 de octubre	18 al 20 de octubre	23 de octubre	06 al 17 de noviembre
	Módulo 2	9 de agosto	28 de agosto al 01 de septiembre	04 al 08 de septiembre	11 al 15 de septiembre	11 al 22 de septiembre	25 al 29 de septiembre				
	Módulo 3	9 de agosto	4 al 8 de septiembre	11 al 15 de septiembre	18 al 22 de septiembre	25 de septiembre al 06 de octubre	09 al 13 de octubre				

Fuente: Construcción de la diseñadora instruccional que apoyó el diseño del REA.

De manera general la figura 18 señala el contenido de las carpetas que cada módulo del REA necesitó para su construcción y diseño.

Figura 18 Contenido de los documentos base para el diseño del REA



Fuente: Construcción personal.

En la *carpeta del guion tecnopedagógico*, además de incluir lo que señala la figura, se incorporaron enlaces de acceso a los diferentes simuladores, así como recursos visuales interactivos que el equipo de programación integró en el diseño del REA. La *carpeta de actividades*, en su elaboración manejó una descripción detallada de las indicaciones, para que cada estudiante pudiera comprender de manera precisa el propósito de la actividad, los recursos que usaría y la forma de entrega de las evidencias de su trabajo. La *carpeta de los instrumentos de evaluación* consistió en rúbricas y listas de cotejo que fueron diseñadas acorde a cada actividad propuesta. Estos instrumentos se elaboraron en una aplicación llamada [CoRubrics](#) que permitió generar evaluaciones automatizadas después de la revisión de las actividades. Finalmente se muestra la *carpeta de las guías académicas*, en ellas se hace un resumen de lo que las estudiantes realizaron, así como se les indica la forma en que sería evaluada la actividad acorde al módulo que trabajaron.

La estructura final del REA quedo definida bajo tres módulos. Cada módulo tuvo una problemática diferente, sin embargo, la organización y contenido de estos siguieron lo descrito anteriormente. Esta organización permitió desarrollar e integrar de manera coherente los objetivos de aprendizaje y trabajar en concordancia con las recomendaciones de la diseñadora instruccional.

De acuerdo con el cronograma definido, la docente responsable del proyecto inicialmente elaboró y entregó la propuesta pedagógica articulando en las actividades propuestas los elementos que integran el ciclo de modelación propuesto por Blum y Leiß (2007) y los resultados del diagnóstico (la descripción de esta articulación se podrá identificar más adelante). En esta etapa del diseño, la diseñadora instruccional realizó la primera revisión de los contenidos propuestos para cada módulo de trabajo e incluyó comentarios y sugerencias para mejorar la propuesta del REA.

Debido a que el recurso se integró por tres módulos, la revisión y las correcciones en cada uno de ellos se hicieron de manera escalonada, es decir, mientras la diseñadora instruccional revisaba el contenido de uno los módulos, la docente atendía los comentarios para la mejora del módulo que había sido revisado previamente. Posterior a la revisión y atención de dudas y comentarios, la diseñadora instruccional trabajó con el equipo multimedia de modo que se construyeron parte de los recursos que se incluyeron en el REA.

Seguido a esto, el material creado por la docente y revisado por la diseñadora instruccional pasó a manos del equipo de programación quienes se encargaron de revisar las carpetas que contienen todos los elementos y recursos para construir el REA y hacer la programación correspondiente y poder generar el montaje del recurso en plataforma. En las revisiones y comentarios realizados por la diseñadora instruccional y el equipo de programación se tomó en cuenta que, al ser un REA, este no debía quedar sujeto a fechas, sino más bien a tiempo invertido en horas, en este sentido, una de las modificaciones antes de la aplicación del recurso correspondió a editar este rubro.

A principios del mes de noviembre del 2023 se llevó a cabo la aplicación del recurso, es decir, se puso en marcha su funcionamiento. El equipo de programación tuvo la responsabilidad de ejecutar el REA y verificar de manera paralela con la docente y la

diseñadora instruccional que el REA funcionará de manera correcta. En caso de detectar fallas, todo el equipo de trabajo atendió aquellas que estuvieran bajo su control, sin embargo, lo común fue que solo se presentaron problemas técnicos y estos fueron atendidos por los programadores. Finalmente, la diseñadora instruccional hizo entrega del recurso y de manera formal la docente aplicó el REA en el contexto donde se definió la problemática, es decir, la EB-UAQ.

Para tener claridad acerca del contenido de las actividades a continuación se hace una descripción del trabajo elaborado. Para tener acceso a la organización del contenido se puede acceder a las carpetas donde se encuentra esta información a través de la siguiente código QR o a la liga:

<https://drive.google.com/drive/folders/1I1BzkeYldUGhMXfQ2KvU-iZhpHZZkbax?usp=sharing>



Fuente: Código para acceder a las carpetas donde se encuentra el diseño del REA.

Diseño del REA

Se retoma que la asignatura donde se llevó a cabo esta propuesta de intervención es la asignatura de Cálculo Diferencial e Integral, con el tema de funciones. Para tener un acercamiento a este tema y aplicarlo se partió de considerar las necesidades detectadas en el diagnóstico y se propuso colocar a las estudiantes en escenarios con problemáticas reales, de modo que este recurso no solo apoyó en mejorar la comprensión y aplicación de conceptos matemáticos, sino que también empoderó a las estudiantes para que se convirtieran en líderes de proyectos relacionados con la salud o el campo de la ingeniería.

Cabe mencionar que el ciclo de modelación fue un elemento crucial para el diseño del REA y cada actividad se vinculó al desarrollo de habilidades, actitudes y aptitudes que son

esenciales para desarrollar competencias clave dentro del enfoque STEAM bajo la mirada de Sánchez (2019) es por ello por lo que en las tablas que se presentan más adelante en este texto se pueden apreciar las relaciones tomadas en cuenta para justificar el diseño propuesto en cada módulo de trabajo del recurso.

Diseño módulo 1: Interpretación y clasificación de datos

El tema principal del Módulo 1 denominado “Interpretación y clasificación de datos” consistió en el desarrollo de una aproximación al trabajo con diferentes tipos de datos relacionados con la pandemia provocada por el COVID-19. El objetivo fue que las estudiantes lograran interpretar y clasificar información a partir de algunas representaciones gráficas mediante la comprensión de conceptos relacionados con los tipos de variables y funciones para así valorar la importancia de los datos y la relación de estos con elementos fundamentales del cálculo. Ejemplo de los datos y variables que las estudiantes analizaron en este primer módulo se puede visualizar en la figura 19, en esta página web las estudiantes tuvieron la posibilidad de usar las herramientas contenidas en la página para manipular los datos lo cual ayudó al desarrollo de las actividades propuestas en el REA.

Figura 19 *Datos COVID-19*

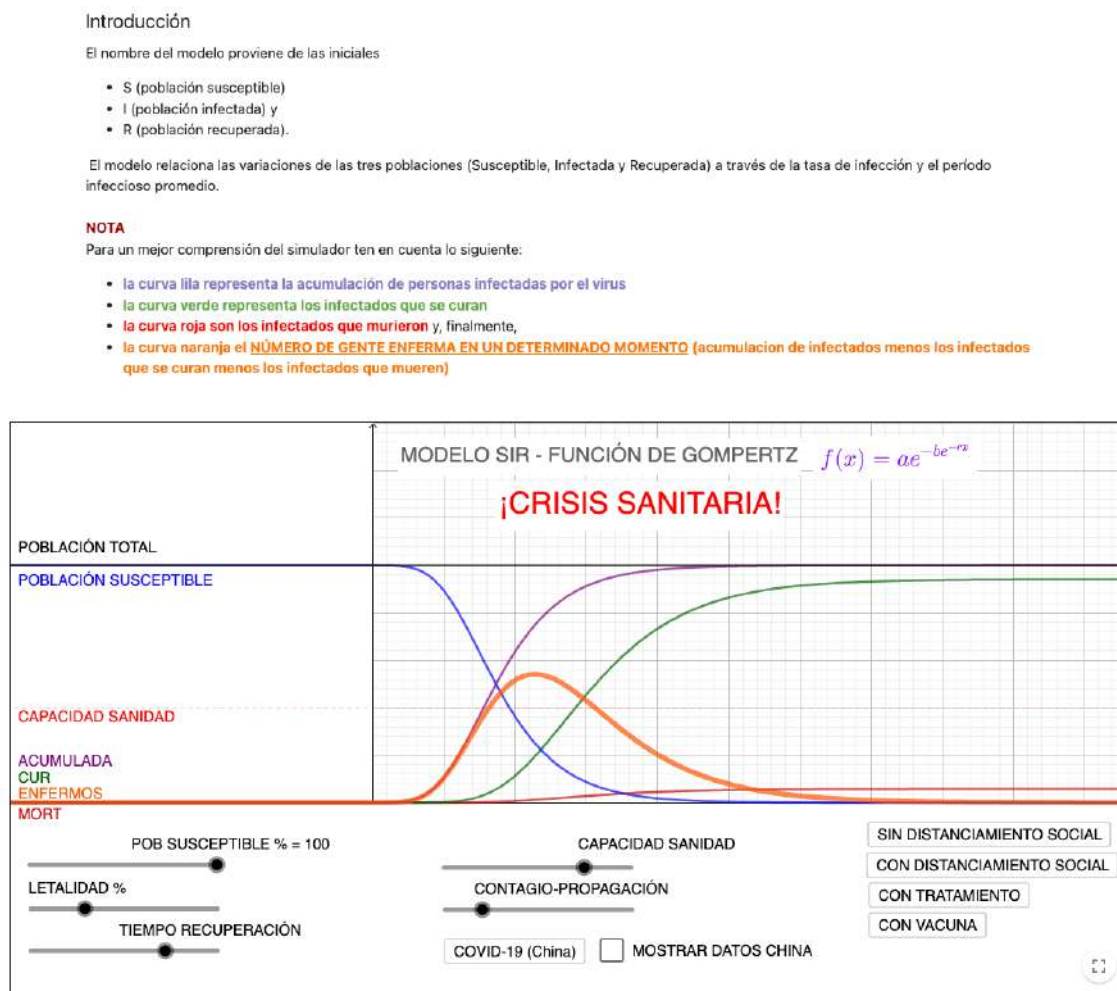


Fuente: Tomado de <https://datos.covid-19.conacyt.mx/#DOView>

Al inicio de la actividad revisaron datos de esta problemática real y reciente (pandemia del COVID-19) en bases de datos que el gobierno mexicano puso a disposición de quienes estuvieran interesados (ver figura 19); analizaron algunos gráficos para comprender el comportamiento de diferentes variables haciendo uso de algunas herramientas que les

permitieron interactuar y manipular las representaciones gráficas. Enseguida tuvieron la oportunidad de interactuar con diferentes simuladores que modelan el comportamiento del virus causante del COVID-19. Ejemplo de uno de los simuladores diseñados para tal fin se puede ver en la figura 20, donde a través de diferentes botones y deslizadores las estudiantes manipularon la simulación y trabajaron el recurso.

Figura 20 Simulación del modelo SIR para interpretar el comportamiento del COVID-19



Fuente: Construcción personal <https://www.geogebra.org/m/rwagnqtg>

Finalmente pusieron en práctica los aprendizajes construidos a través de la argumentación de posibles escenarios, esto a partir de la capacidad de interpretación matemática y la reflexión de los datos. En suma, se esperó que el trabajo en este módulo les permitiera comprender el uso de gráficos y variables para desarrollar una capacidad de interpretación en el trabajo con datos.

Además del abordaje de los contenidos se esperó que este módulo contribuyera al desarrollo de:

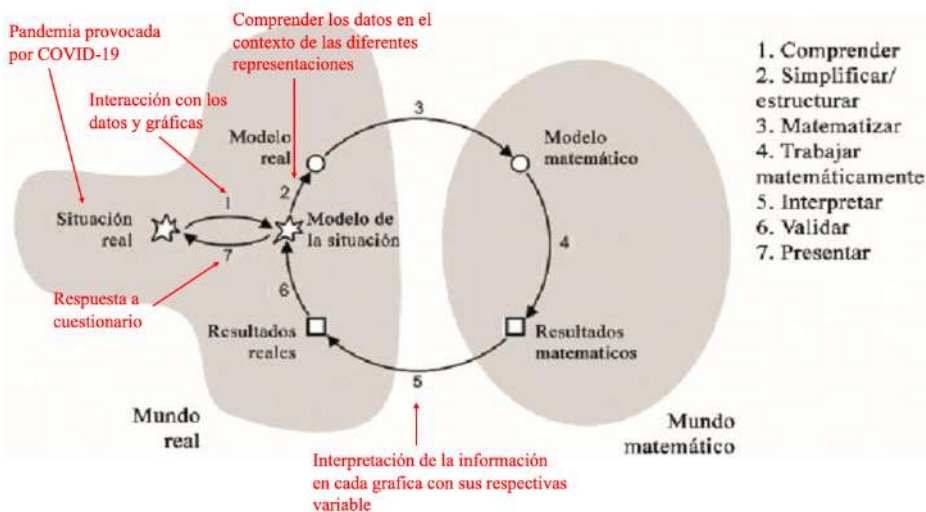
- Habilidades como: capacidad para interpretar gráficas, reconocimiento de tendencias y patrones, pensamiento crítico, establecer relaciones y comparaciones entre los datos de un gráfico.
- Actitudes como: curiosidad.
- Aptitudes como: pensamiento analítico y capacidad para aprender.

A modo de cierre en este módulo se esperó que el contenido ayudará a reconocer la importancia de los datos y la identificación de variables las cuales son fundamentales para comprender con mayor facilidad algunos conceptos principales del cálculo y que forman parte de las funciones. Se esperó que comprendieran que los datos son de suma importancia para poder analizar y emitir conclusiones y que además están ligados a un contexto y que para su interpretación adecuada deben poder relacionarlos con algunos conceptos que están involucrados en las matemáticas, particularmente el cálculo. Las variables dependientes e independientes están presentes en el contexto de la actividad que se propuso y reconocerlas ayuda a generar una mejor interpretación de lo que se está revisando. Por otro lado, las variables impactan en los modelos matemáticos y este impacto se ve reflejado en los cambios que las curvas pueden reflejar.

Sin duda, tener una apropiación de los diferentes conceptos relacionados con el cálculo ayuda a comprender y generar una estructura mental articulando las matemáticas con aquello que ocurre en la vida cotidiana, esto permite tener un mejor entendimiento de lo que nos rodea. Finalmente se invitó a seguir explorando el recurso y a trabajar con las otras simulaciones que se mostraron.

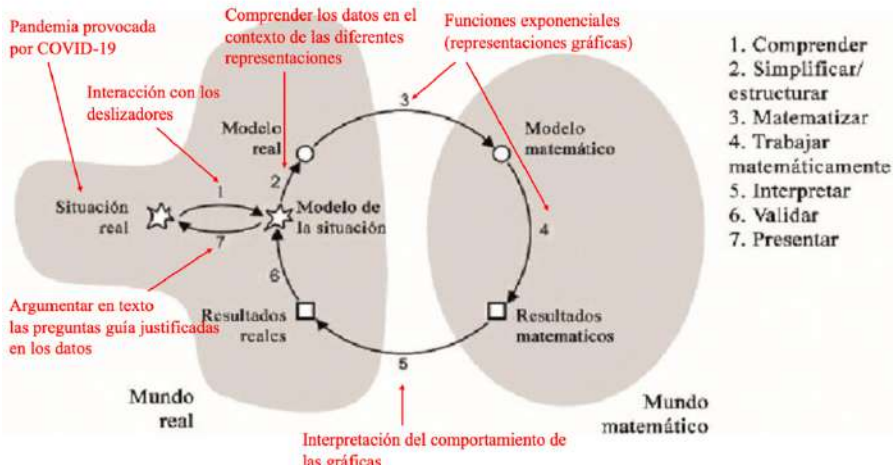
Para comprender la relación de estos temas con la modelación matemática, se desarrollan las siguientes tablas comparativas (ver tabla 10, tabla 11 y tabla 12) en las que es posible identificar: las necesidades de las estudiantes detectadas en el diagnóstico, los recursos digitales implementados, el objetivo de la actividad, el concepto del cálculo involucrado y la relación particular con el ciclo de modelación matemática.

Tabla 10 Actividad 1.1 La importancia de los datos en la pandemia

Característica	Descripción
Necesidades detectadas en el diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> ○ Dificultades en el aprendizaje asociadas a prácticas algorítmicas (en esta actividad se valida el uso de los recursos tecnológicos y la interpretación de los datos y variables más que lo procedimental) ○ Estrategias de enseñanza (manipulación de datos) ○ El profesor competente desde la mirada de las estudiantes (retroalimentación inmediata a las respuestas del cuestionario, acompañamiento) ○ Recursos tecnológicos (uso de graficas interactivas y manipulación, cuestionario con retroalimentación)
Recurso/herramienta digital que se implementa	<ul style="list-style-type: none"> ○ Página del gobierno mexicano con datos reales referentes al COVID-19 ○ Gráficos ○ Cuestionario automatizado con retroalimentación en cada respuesta ○ Video ○ Infografía ○ Imagen interactiva
Objetivo de la actividad	Analizar diferentes representaciones gráficas relacionadas con los datos obtenidos a partir de la pandemia por COVID-19 con el fin de establecer vínculos entre el cálculo y situaciones de la vida real
Concepto abordado en la asignatura de cálculo	<ul style="list-style-type: none"> ○ Identificación de variables ○ Reconocimiento de datos ○ Tendencias en las graficas ○ Tipos de gráficas ○ Tipos de funciones acorde a esas gráficas
Relación con el ciclo de modelación matemática	 <p>1. Comprender 2. Simplificar/estructurar 3. Matematizar 4. Trabajar matemáticamente 5. Interpretar 6. Validar 7. Presentar</p>

Fuente: Construcción personal.

Tabla 11 *Actividad 1.2 Análisis de patrones de propagación de virus mediante modelos gráficos*

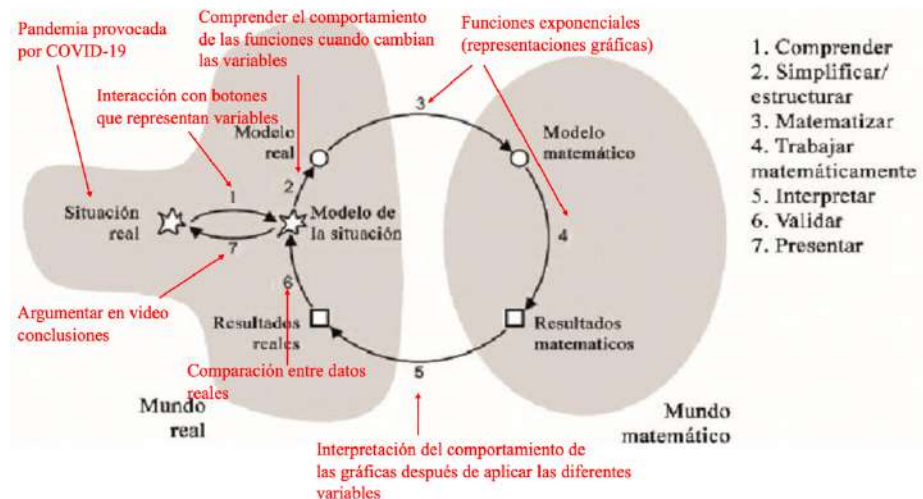
Característica	Descripción
Necesidades detectadas en el diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> ○ Dificultades en el aprendizaje asociadas a prácticas algorítmicas (en esta actividad se valida el uso de los recursos tecnológicos y la interpretación de los datos y variables más que lo procedimental) ○ Actitud frente al proceso de aprendizaje (se invierte tiempo en comprender las relaciones de los modelos que se trabajan e interpretarlos de manera correcta) ○ Estrategias de enseñanza (manipulación de simulaciones y uso de estas para resolver una problemática en contexto, así como un rol más activo al ser quienes manipulan la simulación) ○ El profesor competente desde la mirada de las estudiantes (retroalimentación inmediata después de subir producto) ○ Recursos tecnológicos (uso de simulaciones a través de GeoGebra) ○ Reconocimiento de competencias matemáticas (comunicación de ideas en lenguaje matemático a través del producto que se solicita)
Recurso/herramienta digital que se implementa	<ul style="list-style-type: none"> ○ Simulador interactivo elaborado en GeoGebra donde se realiza la interpretación de datos a través del uso de deslizadores ○ Video
Objetivo de la actividad	Analizar patrones del comportamiento de algunos virus a través de representaciones gráficas para comprender la relación entre las variables dependientes e independientes
Concepto abordado en la asignatura de cálculo	<ul style="list-style-type: none"> ○ Identificación de variables ○ Reconocimiento de datos ○ Tendencias en las gráficas ○ Tipos de gráficas ○ Tipos de funciones acorde a esas gráficas
Relación con el ciclo de modelación matemática	 <p>1. Comprender 2. Simplificar/estructurar 3. Matematizar 4. Trabajar matemáticamente 5. Interpretar 6. Validar 7. Presentar</p>

Fuente: Construcción personal.

Tabla 12 *Actividad 1.3 Explorando el modelo SIR, un enfoque matemático para comprender la propagación de enfermedades*

Característica	Descripción
Necesidades detectadas en el diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> ○ Dificultades en el aprendizaje asociadas a prácticas algorítmicas (en esta actividad se valida el uso de los recursos tecnológicos y la interpretación de los datos y variables más que lo procedimental) ○ Actitud frente al proceso de aprendizaje (se invierte tiempo en comprender las relaciones de los modelos que se trabajan e interpretarlos de manera correcta) ○ Estrategias de enseñanza (manipulación de simulaciones y uso de estas para resolver una problemática en contexto, así como un rol más activo al ser quienes manipulan la simulación) ○ El profesor competente desde la mirada de las estudiantes (retroalimentación a través de los instrumentos de evaluación) ○ Recursos tecnológicos (uso de simulaciones) ○ Reconocimiento de competencias matemáticas (comunicación de ideas en lenguaje matemático a través del producto que se solicita) ○ Reconocimiento de competencias STEAM (mentalidad digital para trabajar el contenido de la actividad y entrega de producto a través de la creación de un recurso digital)
Recurso/herramienta digital que se implementa	<ul style="list-style-type: none"> ○ Simulador interactivo elaborado en GeoGebra donde se realiza la interpretación de diferentes curvas de funciones exponenciales que modelan el comportamiento de estas acorde a diferentes variables representadas a través de botones ○ Video
Objetivo de la actividad	Interpretar bajo diferentes condiciones el comportamiento de los virus para emitir recomendaciones basadas en variables
Concepto abordado en la asignatura de cálculo	<ul style="list-style-type: none"> ○ Identificación de variables ○ Reconocimiento de datos ○ Tendencias en las gráficas ○ Tipos de gráficas ○ Tipos de funciones acorde a esas gráficas

Relación con el ciclo de modelación matemática



Fuente: Construcción personal.

Vínculos del módulo 1 con el enfoque STEAM

El diseño de las actividades propuestas con el módulo 1 tienen vínculos con el enfoque STEAM debido a los siguientes puntos:

- Las actividades estuvieron enfocadas en promover y comprender el uso de recursos tecnológicos para la interpretación de datos y variable. Se aprobó el aprendizaje a través de la solución de problemas contextualizados, más que por la realización de operaciones.
- En este módulo, las estudiantes hicieron uso de datos reales que pudieron manipular y que les permitió interactuar, analizar y obtener conclusiones significativas. La manipulación de datos fomentó el pensamiento crítico y analítico, competencia clave del enfoque STEAM.
- La integración de gráficas interactivas a través de las funciones en el simulador, los cuestionarios automatizados con retroalimentación, y otras herramientas tecnológicas sirvieron para perfeccionar el entendimiento y el análisis de datos realizado por las estudiantes anticipando la comprensión conceptual sobre la ejecución procedimental.
- Las estudiantes se mantuvieron activas en la manipulación de simulaciones, lo que les favoreció a comprender de mejor manera los conocimientos y su aplicación práctica.

- La integración de herramientas como GeoGebra para realizar simulaciones interactivas permitió a las estudiantes experimentar y aprender de manera práctica y visual.
- Se robusteció la comunicación de ideas empleando expresiones matemáticas mediante los productos realizados.

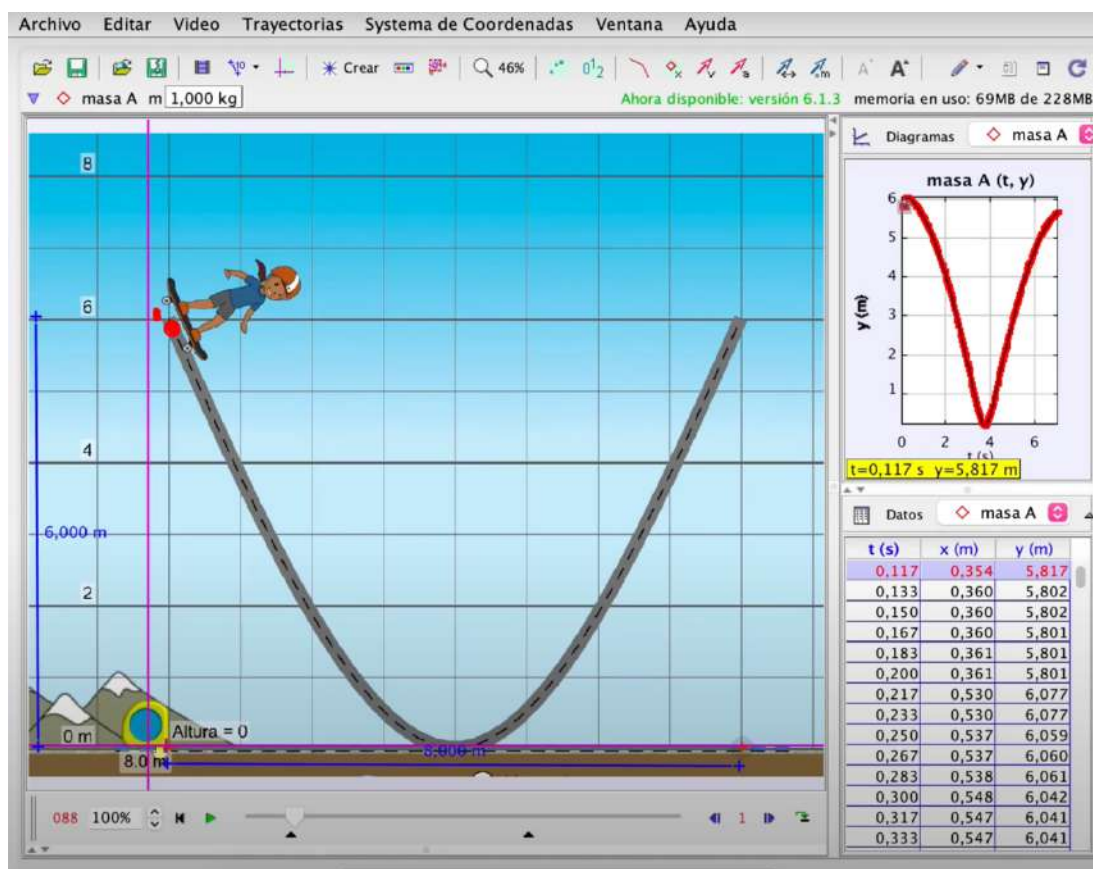
Diseño módulo 2: Observación, registro gráfico y análisis de datos: la importancia de los datos y su análisis

En el segundo módulo denominado "Observación, registro gráfico y análisis de datos: la importancia de los datos y su análisis" se esperó que las estudiantes lograran poner en práctica algunos saberes referentes al registro y construcción de gráficas a través de datos. Es importante hacer saber que algunas habilidades digitales fueron necesarias y que la reflexión y el pensamiento crítico fueron factores clave para el logro de los aprendizajes.

En este módulo se encontraron una serie de temas, recursos y herramientas digitales tales como videos y softwares matemáticos (GeoGebra y Tracker), los cuales fueron “el vehículo” que ayudó a crear un modelo matemático a partir de la contextualización de una problemática particular. Cada uno de los temas dentro de este módulo contribuyeron al proceso de aprendizaje debido a que permitió interpretar, construir y formular modelos matemáticos, por ello, fue necesario mantener una mirada crítica y reflexiva en lo que se analizó.

En este sentido, en este módulo se trató de articular la capacidad de análisis de las estudiantes con los saberes matemáticos, que se reflejaron en representaciones que fueron entendidas a través de las matemáticas y, particularmente, del cálculo. Por tal motivo, el objetivo principal de este módulo fue modelar una situación problemática a través de la recopilación y registro de datos en actividades que implicaron el movimiento desde una mirada ingenieril. Ejemplo de esta actividad se puede ver en la figura 21 donde a través del registro de datos de la aplicación de acceso libre llamada Tracker, las estudiantes pudieron manipular y observar desde una mirada crítica, el comportamiento de objetos en movimiento.

Figura 21 Simulador Tracker usado por las estudiantes



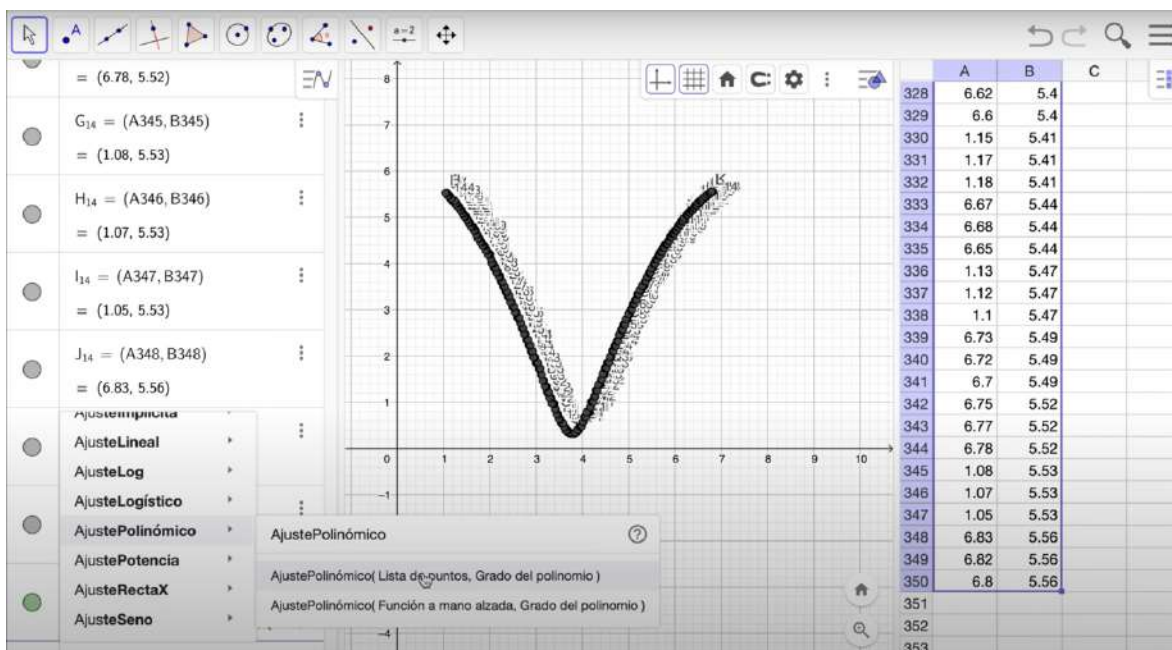
Fuente: Construcción personal.

Al inicio las estudiantes tuvieron que reflexionar acerca de las variables que pudieron estar involucradas al diseñar atracciones mecánicas que comúnmente se encuentran en los parques de diversiones, esto se llevó a cabo a través de la socialización de ideas en foro de discusión con las demás compañeras a fin de establecer comparaciones y con ello reconocer otras perspectivas ante la actividad que se trabajó en el módulo y ¿por qué no? complementaron sus ideas con las de las demás. Posteriormente tuvieron la oportunidad de trabajar con Tracker, un software de libre acceso que permite el análisis de movimientos en una y dos dimensiones. El programa permitió extraer tablas y gráficos representando en ellos los valores de diferentes magnitudes (ver figura 21), por ejemplo:

- Posición-tiempo de una o varias partículas a la vez
- Velocidad-tiempo
- Aceleración-tiempo

Finalmente, usaron otro recurso con el que previamente han tenido un acercamiento: GeoGebra. Esta herramienta les permitió definir un modelo matemático a través de algunos comandos, lo cual les ayudó a describir el fenómeno a estudiar a través de una representación matemática (ver figura 22).

Figura 22 *Uso de GeoGebra para la construcción de un modelo matemático*



Fuente: Construcción personal.

En suma, el trabajo admitió establecer un modelo tomando en cuenta la realidad de los datos y con ello, conocer un método de trabajo que les permitió evaluar la realidad a través de funciones matemáticas, las cuales son parte fundamental del cálculo.

Además del abordaje de los contenidos se esperó que este módulo contribuyera al desarrollo de:

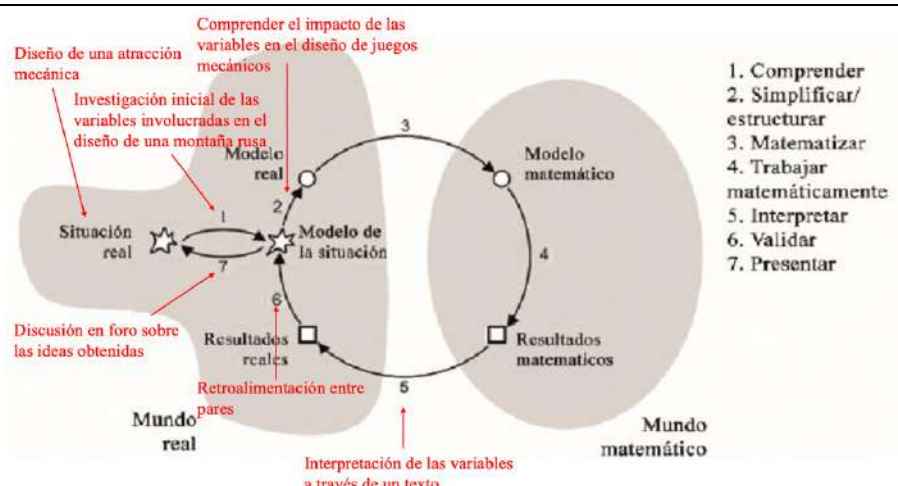
- Habilidades como: saber ingresar datos, crear gráficos y ajustar curvas en GeoGebra, realizar interpretaciones a la luz de los conceptos del cálculo, capacidad para interpretar gráficas, pensamiento crítico, establecer relaciones y comparaciones entre los datos de un gráfico.
- Actitudes como: curiosidad y disposición para aprender.
- Aptitudes como: pensamiento analítico y capacidad para aprender.

A modo de cierre, en este módulo se esperó que las estudiantes tuvieran la oportunidad de explorar varios temas relacionados con el diseño de una montaña rusa. También aprendieron a utilizar una nueva herramienta que permite representar a través de una gráfica y un listado de datos el movimiento de situaciones reales y complementaron dicha actividad construyendo un modelo matemático que justificara dicho movimiento para definir algunas variables como una función posición y la velocidad. Finalmente, dentro de las actividades propuestas se planteó el intercambio de puntos de vista con las colegas, este aspecto fue de suma importancia ya que permitió expresar y generar un diálogo que desembocó en nuevos aprendizajes.

A continuación, se describen tres tablas comparativas correspondientes a cada actividad del módulo 2 (ver tabla 13, tabla 14 y tabla 15) en las que es posible identificar: las necesidades de las estudiantes detectadas en el diagnóstico, los recursos digitales implementados, el objetivo de la actividad, el concepto del cálculo involucrado y la relación particular con el ciclo de modelación matemática.

Tabla 13 *Actividad 2.1 ¿Qué variables se involucran en el diseño de los juegos mecánicos?*

Característica	Descripción
Necesidades detectadas en el diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> ○ Experiencia (introducir con una actividad "sencilla" que implica expresar a través de un dibujo diversas posibilidades para el diseño de un juego mecánico) ○ Autovaloración (a través del proceso creativo validar las capacidades y que no se reflejen meramente en un proceso algorítmico) ○ Dificultades en el aprendizaje (no se valida un procedimiento algebraico, sino la comprensión de variables, la argumentación y la creatividad a través de un proceso escrito) ○ El profesor competente desde la mirada de las estudiantes (se fortalece el trabajo dialógico al participar en foro de discusión) ○ Reconocimiento de competencias matemáticas (se valora la comunicación de ideas en lenguaje matemático a través del foro de discusión)
Recurso/herramienta digital que se implementa	<ul style="list-style-type: none"> ○ Imagen ○ Infografía interactiva ○ Blogs, artículos, noticia ○ Foro virtual de discusión

Objetivo de la actividad	Argumentar acerca de la implicación y el uso de variables en un contexto definido
Concepto abordado en la asignatura de cálculo	<ul style="list-style-type: none"> Identificación de variables y su impacto en el diseño y movimiento
Relación con el ciclo de modelación matemática	

Fuente: Construcción personal.

Tabla 14 *Actividad 2.2 Modelo gráfico y relación de variables para diseño de una atracción mecánica*

Característica	Descripción
Necesidades detectadas en el diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> Experiencia (acercar a las estudiantes a un estudio del cálculo que no sea solo trabajo con algoritmos, sino involucrarlas en un trabajo integral que lejos de trabajar únicamente ejercicios desarrollen habilidades como pensamiento crítico) Autovaloración (mostrar a las estudiantes que las matemáticas no son solo procedimientos algebraicos, sino que para poder aplicarlas es necesario utilizar otras habilidades y que los recursos digitales pueden convertirse en herramientas para llegar a soluciones) Dificultades en el aprendizaje (trabajo que no está ligado a la solución de ejercicios y práctica de algoritmos, se enfoca en la comprensión de variables acorde al fenómeno que se estudia) Actitud frente al proceso de aprendizaje (se invierte tiempo y dedicación para lograr el objetivo de aprendizaje) Sentimientos (se genera un proyecto retador que movilice el interés por resolverlo) Estrategias de enseñanza (uso de simulaciones y herramientas digitales para la solución de la actividad, rol activo por parte de las estudiantes)

	<ul style="list-style-type: none"> ○ El profesor competente desde la mirada de las estudiantes (proceso de retroalimentación en el proceso por parte del docente) ○ Recursos tecnológicos (software de acceso libre para desarrollar el trabajo) ○ Reconocimiento de competencias STEAM (mentalidad digital puesto que todo se desarrolla en un ambiente digital, desde la captura de datos, uso de software, análisis de resultados, etc.)
Recurso/herramienta digital que se implementa	<ul style="list-style-type: none"> ○ Imagen interactiva ○ Infografía ○ Videos explicativos ○ Imágenes ○ Tracker
Objetivo de la actividad	Construir y examinar modelos gráficos a partir de la relación de variables definidas en un contexto específico
Concepto abordado en la asignatura de cálculo	<ul style="list-style-type: none"> ○ Identificación de variables y su impacto en el diseño y movimiento
Relación con el ciclo de modelación matemática	<p>Diagrama del ciclo de modelación matemática:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Comprender 2. Simplificar/estructurar 3. Matematizar 4. Trabajar matemáticamente 5. Interpretar 6. Validar 7. Presentar <p>El ciclo conecta el Mundo real (Situación real) con el Mundo matemático (Modelo matemático) a través de los resultados matemáticos, y retroalimenta al mundo real a través de los resultados reales.</p>

Fuente: Construcción personal.

Tabla 15 Actividad 2.3 Modelo matemático para el diseño de una atracción mecánica

Característica	Descripción
Necesidades detectadas en el diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> ○ Experiencia (con esta fase del proyecto se incide en una experiencia y acercamiento de las matemáticas de manera dinámica, donde se trabajan habilidades que combinan el pensamiento crítico, la toma de decisiones, el razonamiento matemático y se privilegia la argumentación sobre el trabajo algorítmico) ○ Autovaloración (hacer uso de otras habilidades propias del aprendizaje de las matemáticas)

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Dificultades de aprendizaje (se trabaja con la argumentación sustentada en el trabajo que se hace con la tecnología, las estudiantes interpretan lo que el software procesa) ○ Estrategias de enseñanza (uso de simuladores, rol activo de las estudiantes, manipulación de la tecnología) ○ Recursos tecnológicos (combinación de software de acceso libre para generar respuestas a problemas planteados) ○ Reconocimiento de competencias matemáticas (se trabaja la comunicación de ideas en lenguaje matemático) ○ Reconocimiento de competencias STEAM (mentalidad digital y trabajo sobre recursos tecnológicos)
Recurso/herramienta digital que se implementa	<ul style="list-style-type: none"> ○ Tracker ○ GeoGebra
Objetivo de la actividad	Construir y examinar modelos matemáticos a partir de la relación de variables definidas en un contexto específico
Concepto abordado en la asignatura de cálculo	<ul style="list-style-type: none"> ○ Datos y la relación entre variables ○ Identificación de funciones y sus modelos matemáticos ○ Derivada
Relación con el ciclo de modelación matemática	<p>1. Comprender 2. Simplificar/estructurar 3. Matematizar 4. Trabajar matemáticamente 5. Interpretar 6. Validar 7. Presentar</p> <p>Función más adecuada acorde al conjunto de datos</p> <p>Interpretación del modelo en el contexto de la toma de datos</p> <p>Retroalimentación a través foro de discusión para expresar la validez o no del modelo</p> <p>Uso de Tracker para comparar resultados</p> <p>Reflexión escrita sobre el modelo obtenido y su validez en foro de discusión</p> <p>Resultados reales</p> <p>Resultados matemáticos</p> <p>Modelo matemático</p> <p>Modelo de la situación</p> <p>Modelo real</p> <p>Situación real</p> <p>Pasos para utilizar GeoGebra</p> <p>Diseño de una atracción mecánica</p> <p>Utilizar ajuste polinómico adecuado para crear el modelo</p> <p>Crear el modelo</p> <p>Mundo real</p> <p>Mundo matemático</p>

Fuente: Construcción personal.

Vínculos del módulo 2 con el enfoque STEAM

El diseño de las actividades propuestas con el módulo 2 tienen vínculos con el enfoque STEAM debido a los siguientes puntos:

- En este módulo se validó la comprensión de variables, la argumentación y la creatividad a través de un proceso escrito como producto del trabajo de las estudiantes.

- Se valoró la cooperación y la comunicación como herramientas clave para lograr el aprendizaje, causando una comunicación abierta y constructiva.
- Se integraron diversas herramientas tecnológicas y multimedia para enriquecer el aprendizaje, proporcionando variados formatos para explorar y entender los conceptos abordados en el módulo.
- Se enfatizó en la importancia de las habilidades digitales y creativas para la resolución de problemas.
- Se fomentó el uso de tecnologías accesibles y recursos digitales para enriquecer la experiencia de aprendizaje al utilizar una variedad de herramientas visuales y digitales para facilitar la comprensión y la comunicación de conceptos complejos, promoviendo el aprendizaje visual y la alfabetización digital.
- Se integró la modelación matemática y el análisis de datos como elementos clave para entender y representar fenómenos reales, fomentando el pensamiento analítico y la resolución de problemas.

Diseño módulo 3: Construcción de modelos matemáticos para predecir el crecimiento fetal

En este tercer módulo titulado "Construcción de modelos matemáticos para predecir el crecimiento fetal" las estudiantes encontraron datos que les permitieron modelar el crecimiento fetal para con ello emitir recomendaciones a especialistas de la salud. Se enfatiza en que cada uno de los temas que se incluyeron en los módulos contribuyeron al proceso de aprendizaje debido a que, en su conjunto, permitieron ver la aplicación de las matemáticas en otros campos del conocimiento con temáticas que son de interés.

Por tal motivo, el objetivo principal del módulo 3 fue producir un recurso digital que convenciera a obstetras de utilizar un modelo matemático innovador que les ayudara a conocer el estado de salud de los bebés que están por nacer.

La actividad propuesta a las estudiantes se basó en el diagrama de la figura 23. Al inicio las estudiantes tuvieron que analizar datos y representarlos a través de modelos matemáticos apoyándose del software de acceso libre GeoGebra, en él tuvieron que utilizar la herramienta de ajuste y definir los diferentes modelos matemáticos que podrían ser útiles para lograr el

objetivo principal del módulo. Enseguida tuvieron que identificar las variables involucradas en el contexto del crecimiento fetal para poder comprender “lo que las gráficas decían” y comenzar con el proceso de reflexión e interpretación crítica. Finalmente dieron a conocer las conclusiones y formularon una manera de convencer a obstetras que el modelo o modelos que obtuvieron eran confiables.

Figura 23 *Análisis para desarrollar el objetivo de la actividad referente al crecimiento fetal*



Fuente: Construcción personal.

En suma, los aprendizajes en este módulo permitieron poner en práctica habilidades matemáticas en un caso particular de estudio. Pudieron apoyarse de conceptos del cálculo que dieron sustento a los argumentos y a través del uso de la tecnología crearon conocimiento útil para fines del área de la salud. Además del desarrollo de los contenidos, se esperó que a lo largo de las actividades de este módulo logran desarrollar habilidades, actitudes y aptitudes:

- Habilidades como: saber crear gráficos y ajustar curvas en GeoGebra, capacidad para interpretar gráficas, pensamiento crítico, establecer relaciones y comparaciones entre los datos de un gráfico y reconocimiento de tendencias y patrones.
- Actitudes como: curiosidad y disposición para aprender.
- Aptitudes como: pensamiento analítico y capacidad para aprender.

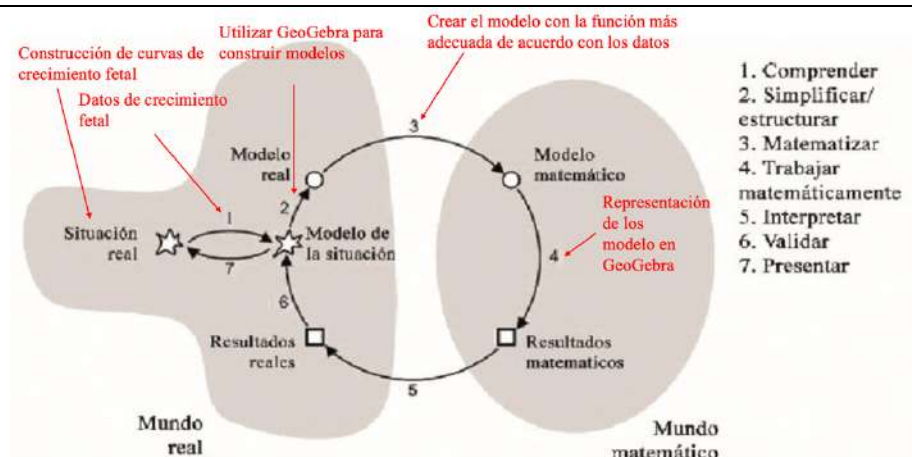
Este es el último módulo de trabajo, por lo cual se esperó que a través de él se logaran consolidar los conocimientos acerca del trabajo con datos, las gráficas y su análisis, el valor de las variables y la importancia de los modelos matemáticos para valorar la aplicación del cálculo en casos que se encuentran vinculados con la realidad, por ejemplo: el COVID-19, el trabajo de diseño en las ingenierías y el análisis de datos en las ciencias de la salud.

A continuación, se describen tres tablas comparativas (ver tabla 16, tabla 17 y tabla 18) en las que es posible identificar: las necesidades de las estudiantes detectadas en el diagnóstico, los recursos digitales implementados, el objetivo de la actividad, el concepto del cálculo involucrado y la relación particular con el ciclo de modelación matemática.

Tabla 16 *Actividad 3.1 Curvas de crecimiento fetal Parte 1: Construcción del modelo*

Característica	Descripción
Necesidades detectadas en el diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> ○ Experiencia (involucrar a las estudiantes en temas donde las matemáticas tienen impacto, tal como el caso de la salud) ○ Dificultades en el aprendizaje (trabajo que no está ligado a la solución de ejercicios y práctica de algoritmos, se enfoca en la comprensión de variables acorde al fenómeno que se estudia y la construcción de representaciones gráficas a través de software) ○ Sentimientos (se genera un proyecto retador que movilice el interés por resolverlo) ○ Estrategias de enseñanza (uso de simulaciones y herramientas digitales para la solución de la actividad, rol activo por parte de las estudiantes) ○ Recursos tecnológicos (software de acceso libre para desarrollar el trabajo)
Recurso/herramienta digital que se implementa	<ul style="list-style-type: none"> ○ Video ○ GeoGebra ○ Artículo científico para recabar datos reales
Objetivo de la actividad	Construir curvas de crecimiento fetal y representarlas con un modelo matemático que permita predecir el crecimiento fetal
Concepto abordado en la asignatura de cálculo	<ul style="list-style-type: none"> ○ Identificación de variables en el contexto de los datos ○ Construcción de función (modelo matemático) ○ Construcción de modelo gráfico

Relación con el ciclo de modelación matemática

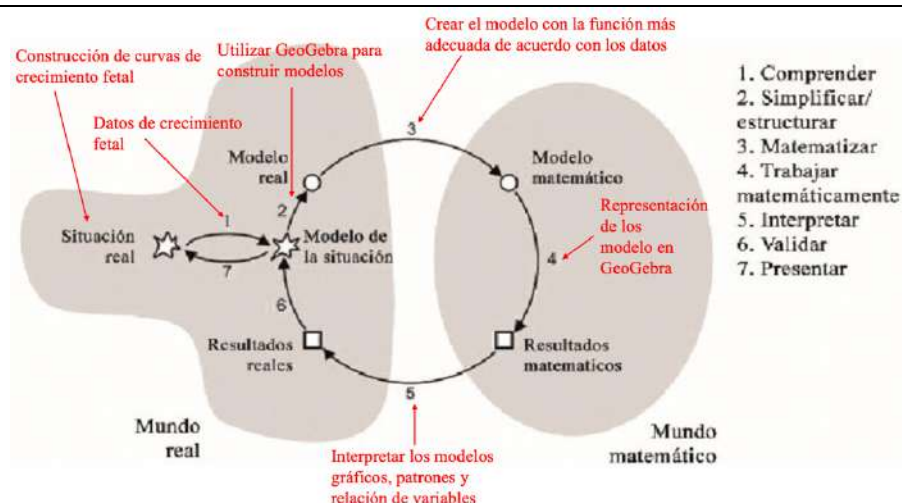


Fuente: Construcción personal.

Tabla 17 Actividad 3.2 Curvas de crecimiento fetal Parte 2: Análisis de modelos matemáticos y gráficos

Característica	Descripción
Necesidades detectadas en el diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> ○ Experiencia (involucrar a las estudiantes en temas donde las matemáticas tienen impacto, tal como el caso de la salud) ○ Dificultades en el aprendizaje (trabajo que no está ligado a la solución de ejercicios y práctica de algoritmos, se enfoca en la comprensión de variables acorde al fenómeno que se estudia y la construcción de representaciones a través de software) ○ Sentimientos (se genera un proyecto retador que movilice el interés por resolverlo)
Recurso/herramienta digital que se implementa	<ul style="list-style-type: none"> ○ GeoGebra
Objetivo de la actividad	Inferir y validar conclusiones al examinar información de diferentes representaciones (modelos matemáticos y gráficos)
Concepto abordado en la asignatura de cálculo	<ul style="list-style-type: none"> ○ Identificación de variables en el contexto de los datos ○ Identificación de patrones en los modelos gráficos

Relación con el ciclo de modelación matemática

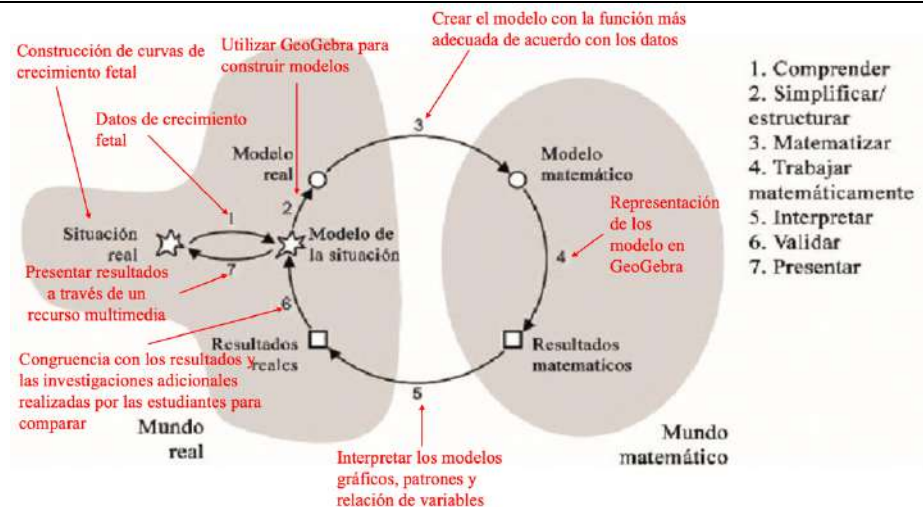


Fuente: Construcción personal.

Tabla 18 Actividad 3.3 Curvas de crecimiento fetal Parte 3: Aplicación de los modelos

Característica	Descripción
Necesidades detectadas en el diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> ○ Experiencia (se privilegia la argumentación sobre el trabajo algorítmico) ○ Autovaloración (hacer uso de otras habilidades propias del aprendizaje de las matemáticas y la representación de conclusiones a través de medios diferentes como video o podcast) ○ Dificultades de aprendizaje (se trabaja con la argumentación sustentada en el trabajo que se hace con la tecnología, las estudiantes interpretan lo que el software procesa) ○ Recursos tecnológicos (combinación de software de acceso libre para generar materiales que den respuesta a las preguntas definidas) ○ Reconocimiento de competencias matemáticas (se trabaja la comunicación de ideas en lenguaje matemático) ○ Reconocimiento de competencias STEAM (mentalidad digital y trabajo sobre recursos tecnológicos)
Recurso/herramienta digital que se implementa	<ul style="list-style-type: none"> ○ Recursos para realizar video o podcast
Objetivo de la actividad	Recopilar información y presentarla de manera creativa al integrar elementos visuales, gráficos y otro recursos para exponer y proponer soluciones en una problemática particular
Concepto abordado en la asignatura de cálculo	<ul style="list-style-type: none"> ○ Emitir conclusiones tomando como referencia la información recabada en las actividades que preceden a esta ○ Justificación basada en los modelos y funciones construidas

Relación con el ciclo de modelación matemática



Fuente: Construcción personal.

Vínculos del módulo 3 con el enfoque STEAM

El diseño de las actividades propuestas con el módulo 3 tienen vínculos con el enfoque STEAM debido a los siguientes puntos:

- El módulo permitió a las estudiantes aplicar conceptos matemáticos a situaciones problemáticas relacionadas con la salud, fomentando un aprendizaje contextualizado y significativo.
- Se promovió el uso de tecnología y actividades prácticas, facilitando la comprensión y aplicación de conceptos matemáticos.
- Se integraron videos educativos y herramientas como GeoGebra para facilitar la visualización y comprensión de conceptos matemáticos adaptados al enfoque STEAM que promueven el aprendizaje visual y tecnológico.
- Se hizo uso de datos reales lo que permitió a las estudiantes relacionar la teoría con la práctica y comprender mejor cómo los conceptos matemáticos se aplican en situaciones como el crecimiento fetal.
- El enfoque STEAM promueve que las estudiantes usen diversas herramientas y formas de comunicación para presentar información, sintetizar y analizar de modo lógico y coherente. Se valora la competencia de mostrar información y soluciones de forma interesante y clara siendo esto una habilidad clave en el enfoque STEAM.

Fase 3: Aplicación del REA y tratamiento de información

El REA diseñado se aplicó durante los meses de noviembre y diciembre del 2023. La plataforma donde se montó el recurso fue Moodle. Durante las semanas de la aplicación se identificaron algunos detalles técnicos que se retomaran en el apartado de conclusiones.

Tratamiento de los datos obtenidos tras la aplicación del REA

Los datos se organizaron en una hoja de Excel, donde se ubicaron las ideas centrales de los textos que las estudiantes escribieron sobre su autoevaluación de acuerdo con los instrumentos de evaluación propuestos en el REA. Cada oración de estas ideas se descompuso en pequeñas frases (Gee, 2011), las cuales fueron clasificadas en descriptores que en un inicio tuvieron como referencia los indicadores propuestos en los instrumentos de evaluación y las competencias del enfoque STEAM que fueron tomadas como referencia para esta investigación.

Sin embargo, en la medida en que se avanzó en el análisis de las narraciones de las estudiantes, germinaron descriptores emergentes que al principio de la investigación no estaban considerados pues no encajaban ni en los indicadores ni en las competencias. Con esta situación, se prefirió dar una segunda revisión a los datos. A partir de este segundo análisis salieron descriptores que enriquecieron aún más los resultados de esta investigación. Ejemplo del análisis metodológico que se llevó a cabo se ve en la figura 24, en ella, las dos columnas finales pertenecen a los dos análisis que se efectuaron y que ratificaron los elementos habituales que dan soporte a los resultados del trabajo de intervención.

Figura 24 *Análisis de autovaloraciones después de aplicar el REA*

GRUPO	CÓDIGO	TEXTO (NARRATIVA)	INDICADOR DEL INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN	NUEVA MIRADA
M1-A1.2	E1	Durante esta actividad recordé sobre algunos temas vistos en la clase los cuales fueron de gran ayuda para resolver la actividad.	Frase completa	Frase completa
		recordé sobre algunos temas vistos en la clase	Uso de saberes previos	Conexión con conocimientos previos
		fueron de gran ayuda para resolver la actividad.	Resolución de problemas	conocimientos
M1-A1.2	E4	Debo investigar más sobre la interpretación de gráficas y el cómo se me podría facilitar el interpretarlas por	Frase completa	Frase completa
		Debo investigar más sobre la interpretación de gráficas	Area de oportunidad en	Investigación
		cómo se me podría facilitar el interpretarlas por mi cuenta	Desarrollar una habilidad	Estrategias de aprendizaje
M1-A1.2	E6	fue una práctica un tanto confusa no mucho, pero si me tarde un poco en analizar cada pregunta y relacionarla con la gráfica, pero creo que logre comprender ciertos criterios al igual que ponerlos en práctica.	Frase completa	Frase completa
		me tarde un poco en analizar cada pregunta y relacionarla con la gráfica	Area de oportunidad en	Dificultades percibidas
		creo que logre comprender ciertos criterios	Comprensión de los datos	Aprendizaje
		ponerlos en práctica.	Aplicación practica	Aplicación practica
M1-A1.2	E9	Reconozco que faltó complementar mis respuestas, explicarlas de una manera más clara con ayuda de	Frase completa	Frase completa
		Reconozco que faltó complementar mis respuestas	Area de oportunidad en	Autorreflexion y autocritica
		explicarlas de una manera más clara	Comunicación de resultados	Estrategias de comunicación
		con ayuda de recursos visuales.	Comunicación de resultados	Estrategias de comunicación
M1-A1.2	E10	Realizando esta actividad pude observar que se me facilita comprender los datos contenidos en las gráficas, sin embargo me hace falta mejorar el plasmar mis ideas al momento de escribirlas, hay veces que no sé cómo acomodar los signos de puntuación para que se entienda lo que quiero decir, es lo que a veces me tardo más (formulando mis respuestas para que tengan coherencia). También hay veces que de tanto analizar una gráfica comienzo a dudar de los datos que ya observé. A pesar de lo anterior no tengo dificultades para hacer	Frase completa	Frase completa
		Realizando esta actividad pude observar que se me facilita comprender los datos contenidos en las gráficas	Reconocimiento de habilidades	matemática
		me hace falta mejorar el plasmar mis ideas al momento de escribirlas	Area de oportunidad en	Habilidades de expresion escrita
		hay veces que no sé cómo acomodar los signos de puntuación para que se entienda lo que quiero decir	Redaccion y ortografia	Redaccion y ortografia
		es lo que a veces me tardo más (formulando mis respuestas para que tengan coherencia)	Pensamiento critico	Pensamiento critico
		de tanto analizar una gráfica comienzo a dudar de los datos que ya observé	Pensamiento critico	Confianza
		no tengo dificultades para hacer el análisis de gráficas y de los datos que se presentan en ellas.	Reconocimiento de habilidades	matemática
M1-A1.2	E14	A veces tengo dificultades en saber si mis respuestas explican lo suficientemente bien, pues tengo un poco de problemas con aplicar más conocimientos matemáticos.	Frase completa	Frase completa

Fuente: Construcción personal.

Inicialmente los descriptores encontrados para cada módulo pueden verse en la figura 25, como se observa, los descriptores ascienden a más de 30 por módulo. Ante este escenario se tomó la decisión de clasificarlos, analizarlos y revisarlos conforme a semejanzas con el objetivo de disminuirlos para delimitar los resultados.

Esta categorización se hizo llevando a cabo un trabajo de vaciado de información, donde se ubicaron los descriptores y la correspondencia con los módulos y las expresiones de las estudiantes (ver figura 26). El análisis de estos datos reconoció dimensiones categoriales que dentro de la investigación se denominaron categorías de análisis.

Las categorías de análisis que germinaron a la luz de los datos analizados fueron *Habilidades con enfoque STEAM*, *Limitaciones* y *Aprendizaje integral*.

Figura 25 Descriptores de los datos

• Agradecimiento	• Actitud hacia las TIC	• Aplicación práctica
• Aplicación práctica	• Aplicación práctica	• Autonomía y habilidades de investigación
• Aprendizaje	• Apoyo y seguimiento	• Autorreflexión y autocritica
• Área de oportunidad en comunicación	• Asombro	• Beneficios de la colaboración
• Área de oportunidad en matemáticas	• Autonomía y habilidades de investigación	• Colaboración y aprendizaje en grupo
• Área de oportunidad en TIC	• Autorreflexión y autocritica	• Competencia y habilidad matemática
• Autoevaluación	• Beneficios de la colaboración	• Comunicación de resultados
• Autoevaluación y competencia	• Colaboración y aprendizaje en grupo	• Conexión con conocimientos previos
• Autonomía y habilidades de investigación	• Competencia y habilidad matemática	• Confianza
• Autorreflexión y autocritica	• Completar tarea	• Consolidar conocimientos previos
• Competencia y habilidad matemática	• Comprensión de contenido matemático	• Desarrollo de habilidades y competencias
• Comprensión del tema	• Comunicación de resultados	• Deseo de mejora
• Comunicación de resultados	• Conexión con conocimientos previos	• Dificultades percibidas
• Conexión con conocimientos previos	• Confianza	• Dominio de contenido
• Confianza	• Consolidar conocimientos previos	• Elección de herramientas
• Consolidar conocimientos previos	• Desafío	• Esfuerzo
• Desarrollo de habilidades y competencias	• Desarrollo de habilidades y competencias	• Estilos de aprendizaje
• Deseo de mejora	• Dificultades percibidas	• Estrategias de aprendizaje
• Dificultades percibidas	• Dominio del manejo de TIC	• Estrategias de comunicación
• Dominio de contenido	• En zapatos de...	• Evaluación
• Elección de herramientas	• Esfuerzo	• Evaluación del recurso
• Esfuerzo	• Estrategias de aprendizaje	• Habilidades de expresión escrita
• Estilos de aprendizaje	• Estrés	• Habilidades matemáticas
• Estrategias de aprendizaje	• Evaluación del recurso	• Identificación de habilidad
• Estrategias de comunicación	• Evaluación negativa del recurso	• Inseguridad
• Evaluación	• Experiencia con TIC	• Limitaciones técnicas
• Evaluación del recurso	• Frustración	• Logro y finalización
• Habilidades de expresión escrita	• Habilidades de expresión escrita	• Manejo de la simulación
• Habilidades matemáticas	• Innovación	• Mejorar en habilidades de comprensión y extracción de datos
• Identificación de habilidad	• Insatisfacción por nuevas TIC	• Motivación y expectativa
• Inseguridad	• Limitaciones de expresión	• Organización de contenido
• Limitaciones técnicas	• Limitaciones matemáticas	• Pensamiento crítico
• Logro y finalización	• Limitaciones técnicas	• Perseverancia
• Manejo de la simulación	• Mejorar en habilidades de comprensión y extracción de datos	• Reconocimiento de limitaciones
• Mejorar en habilidades de comprensión y extracción de datos	• Opinión acerca de la TIC	• Redacción y ortografía
• Motivación y expectativa	• Pensamiento crítico	• Reflexión crítica
• Organización de contenido	• Perseverancia	• Resolución de problemas
• Pensamiento crítico	• Progreso y adaptación	• Retroalimentación
• Perseverancia	• Respaldo argumentos	• Satisfacción por el método de enseñanza
• Reconocimiento de limitaciones	• Retroalimentación	• Uso de recursos
• Redacción y ortografía	• Satisfacción por la TIC	• Utilidad y aplicación de conocimientos
• Reflexión crítica	• Utilización de TIC	
• Resolución de problemas	• Valoración de la comunicación	
• Retroalimentación	• Valoración de TIC	
• Satisfacción por el método de enseñanza	• Valoración del aprendizaje	
• Uso de recursos		
• Utilidad y aplicación de conocimientos		

Fuente: Construcción personal.

Figura 26 Segundo análisis de datos

DESCRIPTORES FINALES	FRASES FINALES MODULO 1	FRASES FINALES MODULO 2	FRASES FINALES MODULO 3	RESUMEN CONCLUSIVO (MIO Y DE ARTICULOS)
Agradecimiento	Valoro mucho el trabajo de mi docente por esforzarse de esta innovadora manera	---	---	
Aplicación práctica	---	Algo nuevo fue el uso de la aplicación Tracker que posiblemente me sirva en un futuro. Como relacionarlo con cosas vistas en clases. Importancia que tiene estas para cosas tan simples Me di cuenta de que tienen una relevancia mayor en aspectos de la vida cotidiana los cuales nunca había tomado en cuenta. Poner en práctica nuevos conocimientos. Descubrir la importancia de las matemáticas para este tipo de cosas	Cómo se pueden usar lo relacionamos con cosas que suceden en la realidad Es interesante como ver que esto se puede relacionar con las matemáticas Explica como lo pueden utilizar los médicos Hablamos de cómo se relaciona el modelo matemático con el tema de la salud Lo explicamos junto con lo que podrían hacer los médicos Que nos ayudan a comprender los fenómenos que nos rodean. Su aplicación a la vida no se basa en sumas y restas, si no también funciones, integraciones y más,	Se observa que las estudiantes valoran la aplicación de las matemáticas en problemáticas referentes al diseño ingenieril, así como en el campo de la salud, ambos temas propuestos en las actividades del REA, pues a partir de su experiencia con su uso este les ayudó a <i>descubrir la importancia de las matemáticas para este tipo de cosas o Que nos ayudan a comprender los fenómenos que nos rodean.</i> En ese sentido, la experiencia de trabajo con el REA diseñado las encaminó a reflexionar sobre la importancia de las matemáticas y que éstas pueden resultar significativas, aunque su aplicación sea en el contexto académico (escuela). Además, es importante resaltar que dentro de las narrativas expuestas por las estudiantes ellas valoran el poder aplicar conocimientos teóricos en situaciones prácticas pues <i>Hablamos de cómo se relaciona el modelo matemático con el tema de la salud</i> lo que se vincula con conocimientos previos pues en repetidas ocasiones las estudiantes mencionan que los conocimientos adquiridos toman valor cuando se cuestionan el <i>Cómo relacionarlo con cosas vistas en clases</i> y generan con ello reflexiones encaminadas a la importancia de las matemáticas como lo señala E# <i>me di cuenta de que tienen una relevancia mayor en aspectos</i>

Fuente: Construcción personal.

Finalmente, esta actividad ayudó a identificar 14 elementos clave en los datos de las estudiantes: (1) Aplicación práctica; (2) Autonomía y habilidades de investigación; (3) Autorreflexión y autocrítica; (4) Colaboración y aprendizaje en grupo; (5) Competencia y habilidad matemática; (6) Estrategias de comunicación de resultados; (7) Pensamiento crítico; (8) Limitaciones de expresión y comunicación; (9) Limitaciones matemáticas; (10) Limitaciones técnicas; (11) Conexión con conocimientos previos; (12) Desarrollo de habilidades y competencias (en qué me ayudó el REA); (13) En zapatos de...; (14) Progreso y adaptación.

Estos 14 elementos configuraron una categoría analítica que adquirió forma de dimensión generada a partir del uso del recurso con las estudiantes y que se mostrarán en detalle en la siguiente sección.

Resultados y discusión

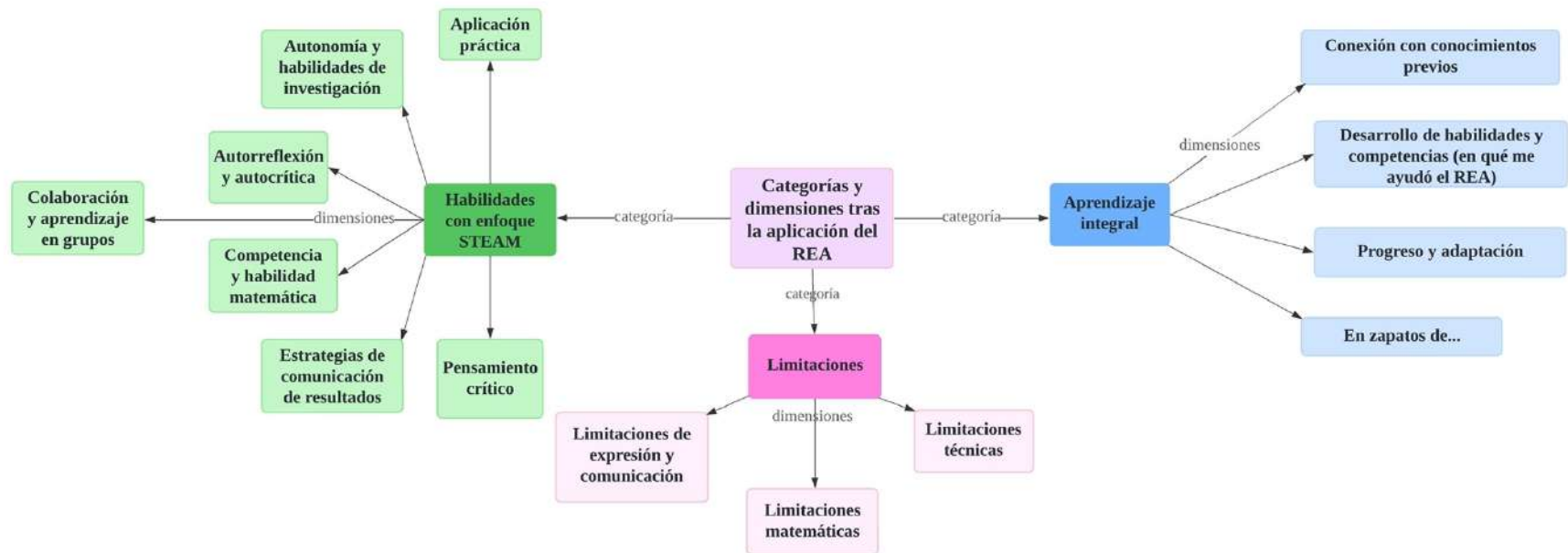
El ejercicio metodológico arrojó 14 elementos comunes entre las estudiantes, que dieron lugar a las dimensiones que se presentan a continuación (ver figura 27) y que conforman los resultados obtenidos tras la aplicación del REA.

En esta figura es posible apreciar las relaciones que se crearon al tejer la información analizada obtenida de los instrumentos de autoevaluación. Todas estas dimensiones resultan valiosas para la investigación, pues dejan ver que tras la aplicación del REA además de las habilidades enfocadas en matemáticas y competencias STEAM hay un desarrollo de habilidades blandas que son parte fundamental de la formación integral de las estudiantes.

Por tal motivo, en esta sección del trabajo, se describirán detalladamente las 14 dimensiones que surgieron de la autovaloración de las estudiantes después de aplicar el REA que se propuso y cómo ellas lograron identificar esas habilidades que se desarrollaron o se potenciaron justo después de la entrega de las actividades. La mirada de estas valoraciones, dan pie al análisis de sus voces dando como resultado una categorización de información que se sustenta con frases de reflexión encontradas en los diferentes instrumentos de autoevaluación propuestos en el REA.

A partir de estas reflexiones y considerando el análisis minucioso de sus voces es cómo se logró identificar las categorías principales que en la investigación se denominaron habilidades con enfoque STEAM las cuales hacen referencia a aquellas competencias que el enfoque busca desarrollar, una categoría más que fue denominada aprendizaje integral en la que se describen las relaciones de los conocimientos previos, cómo el REA ayudó a desarrollar otras habilidades que son propias de la formación integral relacionadas con el progreso y adaptación y cómo dar solución a problemas y por supuesto, una categoría de limitaciones referentes a cuestiones que deben trabajarse con mayor profundidad en trabajos como el que se presenta.

Figura 27 Resultados tras la aplicación del REA



Fuente: Construcción personal.

HABILIDADES CON ENFOQUE STEAM

Esta categoría incluye diferentes situaciones referentes al aprendizaje y uso del enfoque STEAM que fueron demostradas por las estudiantes tras la aplicación del REA propuesto. Estas situaciones se describen en las siguientes dimensiones.

Dimensión 1: Aplicación práctica

Se distinguió que las estudiantes apreciaron el uso y aplicación de las matemáticas en problemáticas relativas a la ingeniería y la salud, ambos temas formulados en las tareas del REA, pues la experiencia con su uso les favoreció a *descubrir la importancia de las matemáticas para este tipo de cosas (E2)* o *que nos ayudan a comprender los fenómenos que nos rodean (E20)*. Por tanto, el uso del REA creado las orientó en reflexionar sobre la importancia de las matemáticas y que éstas pueden resultar representativas, aunque su aplicación sea en el escenario escolar.

Se resalta que en las narraciones presentadas por las estudiantes lograron valorar el aplicar conocimientos de la teoría en circunstancias prácticas pues *hablamos de cómo se relaciona el modelo matemático con el tema de la salud (E3)* lo que se relaciona con saberes previos, ya que en reiterados momentos las estudiantes señalaron que los conocimientos logrados adquirieron significado cuando discutieron el *cómo relacionarlo con cosas vistas en clases (E1)* y crearon reflexiones enfocadas a la importancia de las matemáticas, así lo menciona una estudiante cuando dice que *me di cuenta de que tienen una relevancia mayor en aspectos de la vida cotidiana los cuales nunca había tomado en cuenta (E23)*.

Este paso de introversión es fundamental en áreas como la ingeniería y la tecnología en el enfoque STEAM ya que las matemáticas y *su aplicación a la vida no se basa en sumas y restas, si no también funciones, integraciones y más (E20)*. Esto significa que el uso de REA articulado con escenarios relevantes favorece que las estudiantes empleen los aprendizajes teóricos en situaciones prácticas (competencia esencial del enfoque STEAM) y con ello logren fortalecer y progresar en su conocimiento matemático al proporcionar soluciones a las problemáticas propuestas en el REA.

Dimensión 2: Autonomía y habilidades de investigación

La autonomía y la investigación se repitió en los módulos que integraron el REA. En las competencias STEAM, hace referencia a la capacidad de indagar de forma independiente, competencia crítica en la ciencia y la ingeniería para tender soluciones transformadoras y solucionar problemas complicados (Silva, 2022).

Las estudiantes que colaboraron en el proyecto desarrollaron un proceso de investigación para poder cumplir con las actividades propuestas en el REA. Ejemplo de esto, se observó en el módulo 1, en la experiencia del trabajo realizado una de ellas menciona que tuvo que *investigar y comprender en qué casos se utilizaban las funciones exponenciales (E22)*. Aquí se distinguieron dos escenarios, por un lado, robustecer conocimientos anteriores del este tipo de funciones implementadas y por otro, indagar el uso de estas en otras problemáticas. Lo trascendente de esta actividad es ver que se destaca la autonomía de la estudiante para solventar una falta de conocimiento conceptual y poder enfrentarse a una situación que involucra el predominio de un concepto previo, además de que le permite averiguar, descubrir y instituir conocimiento por su cuenta.

Chen et al. (2014) señalan que las prácticas de aprendizaje que suscitan la autonomía y las habilidades de indagación en el escenario STEAM provocan una reflexión crítica más profunda y habilidades de resolución de problemas que son clave para el dominio académico y profesional. Por tanto, se destaca que el contenido del recurso fortaleció y desarrolló esta habilidad congruente con el enfoque STEAM puesto que de manera habitual se vieron frases como *tuvimos que investigar un poco más a fondo sobre el tema (E18)* lo que involucra que las estudiantes asumieron la responsabilidad de su aprendizaje, lo que a su vez perfeccionó su motivación y responsabilidad con el proceso desarrollado (Ochoa et al., 2018) en el REA como lo señala una estudiante cuando dice que *hice una investigación, la cual me encantó (E20)* lo que fortalece habilidades relacionadas con el enfoque STEAM.

Se aclara que los temas contenidos en los módulos del REA abarcaban espacios que incitaban a las estudiantes a indagar. De este resultado se afirma que añadir actividades que activen el proceso investigativo son claves para aumentar saberes y preparar a las estudiantes para actividades que en un futuro implique aplicar esta habilidad en áreas STEAM.

Dimensión 3: Autorreflexión y autocritica

Según Mercurí (2023), desarrollar la autorreflexión y la autocritica en escenarios STEAM no solo sube de nivel el rendimiento académico, sino que también prepara a las y los estudiantes para afrontar problemas complicados y dinámicos en profesiones futuras. De acuerdo con esto, el recurso propuesto concibió en las estudiantes un juicio de reflexión y autocritica del trabajo que ellas elaboraron. Ejemplo de ello, es cuando una estudiante señala que *reconozco que faltó complementar mis respuestas (E9) o que podría llegar a mejorar, tanto plasmando mis ideas y que sean lo más claras posible para todo el que lo lea (E13)*. Estas contestaciones son clave ya que manifiestan que las estudiantes consiguieron valorar con objetividad su trabajo al reconocer áreas de oportunidad y promover un aprendizaje profundo y permanente.

Aunque en el REA no se explicitan actividades donde las estudiantes desplieguen esta categoría de análisis, los instrumentos de autoevaluación constituidos en el recurso fueron imprescindibles para regular estas competencias en las estudiantes participantes. Por ende, una de las preeminencias o contribuciones del proyecto de este REA es que se constituyeron instrumentos de autoevaluación que auxiliaron a las estudiantes a reconocer sus fortalezas y debilidades y, a través de estos instrumentos, consiguieron adecuar sus destrezas de aprendizaje y como resultado pronunciar comentarios en función de tener *un buen desempeño en esta actividad (E15)*.

De ahí que el diseño del REA en matemáticas encaminados al desarrollo de competencias STEAM, es ineludible contener instrumentos de autoevaluación que empujen a las estudiantes a desarrollar una fase de autovaloración y al logro de los aprendizajes esperados y, por ende, al desarrollo de las habilidades del enfoque STEAM.

Dimensión 4: Colaboración y aprendizaje en grupo

En esta dimensión las estudiantes conceden un valor clave al trabajo colaborativo, pues señalan que *con la información proporcionada por mis compañeras en el foro pude entender más a fondo el tema (E7)* lo que implica que esta interacción enriqueció el proceso de solución de problemas. Competencias como perfeccionan el aprendizaje individual y potencian la invención y la creatividad al aglutinar diferentes configuraciones y habilidades

como lo menciona una de las estudiantes al decir que *puedes obtener un punto de vista fresco y diferente al tuyo que puede ayudarte a tener un mejor trabajo (E27)*.

Es así como el aprendizaje en grupo perfeccionó el rendimiento académico de las estudiantes en áreas STEAM y fomentó la creatividad y la innovación al adoptar otras perspectivas y conocimientos lo que coincide con resultados de otras investigaciones (Castro-Campos, 2022; González et al., 2021).

Por otro lado, la colaboración y el aprendizaje en grupo fomentan las habilidades blandas como la comunicación y la empatía que son cruciales en cualquier carrera profesional (Mendoza et al., 2023) pues entre las estudiantes mencionan que *podíamos apoyarnos entre nosotras para aportar más ideas (E21)*. De acuerdo con las investigaciones de Järvelä y Niemivirta, 2001 dicho en Kanobel y Arce (2019), el trabajo en grupo en escenarios STEAM suministra la co-construcción del conocimiento, accediendo a las y los estudiantes a aprender de modo activo y participativo, lo que da como resultado un aprendizaje aplicado y significativo.

La colaboración y el aprendizaje en grupo fueron elementos primordiales que se incorporaron en las actividades diseñadas en el REA. Por ende, el recurso propuesto es meritorio ya que a pesar de estar diseñado y montado es un espacio digital, este consiguió facilitar la interacción y el trabajo en grupo entre las estudiantes mediante los foros de discusión, que fueron implementados en las actividades dentro de los módulos de trabajo del REA.

Dimensión 5: Competencia y habilidad matemática

De acuerdo con Loachamín et al., (2023), las habilidades matemáticas son fundamentales para el éxito en disciplinas de ingeniería, ya que permite al estudiantado desarrollar y aplicar modelos matemáticos para la solución de problemas técnicos.

En esta dimensión las estudiantes aplicaron su habilidad para solucionar aquellos problemas planteados en el recurso aplicando el pensamiento lógico al señalar que *realizando esta actividad pude observar que se me facilita comprender los datos contenidos en las gráficas (E10)* lo que constituye en una competencia elemental en el éxito de las disciplinas que conforman el enfoque STEAM, pues admite a profesionales y estudiantes afrontar

dificultades complejas con precisión y rigor desarrollando aptitudes como la *interpretación de resultados* (E27). Estas destrezas no solo mejoran el desempeño académico, sino que también preparan a las estudiantes para enfrentar desafíos profesionales en un mundo cada vez más interconectado y tecnológicamente avanzado (Angamarca et al., 2023).

En el recurso se proponen diligencias de modelado encaminadas a situaciones de análisis del mundo real que necesitan del uso de las matemáticas para su solución y que ayuda a las estudiantes a ampliar sus pericias matemáticas. En ese sentido, diseñar un REA debe contemplar diferentes situaciones como ser sistémico, interactivo y accesible, asegurando que las estudiantes consigan usar conocimientos de la matemática y ampliar otras destrezas de esta asignatura.

Dimensión 6: Estrategias de comunicación de resultados

La dimensión propuesta integra situaciones referentes al concepto de comunicación de resultados en distintas formas pues se pone en práctica destrezas escritas como orales, además de hacer uso de espacios visuales y digitales. En el terreno del enfoque STEAM se resalta que esta competencia es fundamental ya que su importancia radica en comunicar hallazgos, colaborar entre disciplinas y contribuir al avance del conocimiento científico y tecnológico (Santa Maria et al., 2021).

Para las competencias de comunicación escrita y oral las estudiantes aluden que *explico todo lo necesario para lograr interpretar haciendo una presentación creativa y con buena estructura* (E30) e incluyen en sus productos un modo formal de informar sus resultados cuando dicen que *utilicé el lenguaje apropiado* (E22) trabajando con ello, uno de los objetivos principales que residió en que se *explica el propósito* (E10) de lo que se está informando.

Se subraya el uso de materiales de visualización de datos, ejemplo de ello es lo que menciona una estudiante al decir que *agregué las gráficas necesarias para comprender bien lo que iba explicando* (E14) y plataformas para comunicar resultados de forma atractiva y efectiva pues *los recursos utilizados son muy buenos y llamativos* (E16) lo que les ayuda a *explicarlas de una manera más clara* (E9). Con esto, se deduce que las competencias de comunicación son

fundamentales para los expertos STEAM, ayudándoles a comunicar sus descubrimientos de forma objetiva.

En ese sentido, el recurso que se diseñó motivó a las estudiantes para que logaran comunicar sus resultados mediante distintos recursos (orales, digitales y escritos) de modo que a partir de estos espacios se reforzó esta capacidad relativa a la comunicación.

Dimensión 7: Pensamiento crítico

Dentro del enfoque STEAM, el pensamiento crítico admite a las y los estudiantes valorar información, examinar dificultades complejas, enunciar interrogaciones oportunas y desplegar soluciones creativas (Andreu-Andrés y García-Casas, 2014; Hafeez, 2021).

Los resultados obtenidos en esta dimensión señalan que las estudiantes produjeron un proceso que confirmó asumir un pensamiento crítico al concebir contestaciones a las problemáticas que se presentaron en los módulos del recurso pues en sus reportes de trabajo señalaron que *intento dar una visión crítica sobre lo que están diciendo (E7)*, es decir, hay un razonamiento de información previo a dar una solución.

De forma constante se identificaron frases como *en ciertos puntos de la actividad me cuestionaba mucho (E27)* lo que implica que las estudiantes pusieron a prueba su habilidad para reflexionar sobre el propio proceso de aprendizaje lo que las encauzó a tomar medidas para responder a las actividades dadas. Los puntos anteriores tienen relación con lo que señala el enfoque STEAM en esta dimensión, pues las decisiones que tomaron las estudiantes para dar solución a las problemáticas planteadas las encaminó a formularse preguntas y con base en ellas, proponer respuestas efectivas de solución.

Como conclusión de esta dimensión, se valora que dentro del diseño del REA las actividades propuestas tengan una naturaleza interdisciplinaria pues se requiere que las estudiantes apliquen el pensamiento crítico para integrar conocimientos de diversas áreas (Caratozzolo y Álvarez, 2019; Guyotte et al., 2015) y, por ende, ofrecer soluciones innovadoras que permeen en las habilidades fundamentales del enfoque STEAM.

LIMITACIONES

Esta categoría abarca las limitaciones identificadas en las estudiantes referentes a la comunicación, las matemáticas y las habilidades técnicas. La visión de esta categoría es mostrar cómo estas limitaciones aparecieron y cómo las estudiantes lograron superar los obstáculos de modo que la comprensión y superación de estas limitaciones resultaron esenciales para el desarrollo de habilidades y competencias clave en el enfoque STEAM. Las dimensiones identificadas en esta categoría se explican a continuación.

Dimensión 8: Limitaciones de expresión y comunicación

Las limitaciones que las estudiantes identificaron tras la aplicación del REA están enfocadas a la expresión formal de conceptos matemáticos. Si bien, dentro de los resultados se observó un camino de progreso y adaptación para lograr concluir con éxito las actividades incluidas en el REA, se reconocen algunas áreas de oportunidad en las que se deben trabajar, por ejemplo, *me costó el tener un buen lenguaje matemático sobre el tema (E25)*. A pesar de esta limitación, se puede identificar que reflexionar sobre ella representa un punto de partida que implica reconocer las áreas de oportunidad y trabajar para mejorar.

Por otro lado, esta frase deja ver que la comunicación efectiva es crucial para el éxito de proyectos interdisciplinarios que requieren la integración de conocimientos y habilidades de diferentes áreas sobre todo si se presentan resultados como *no supe expresar de manera adecuada mis ideas (E21)*. De acuerdo con esta expresión, algunas investigaciones señalan que los desafíos que enfrenta el estudiantado en la comunicación de conceptos complejos pueden llevar a malentendidos y obstáculos en la colaboración (Galatro, 2016), afectando negativamente el aprendizaje y los resultados de un proyecto.

Bajo esta consideración, la presente investigación señala como positivo que las actividades propuestas en los módulos del REA encaminaran a las estudiantes a explicar conceptos técnicos y científicos de manera clara y comprensible a través de diferentes productos como los videos o el podcast. El diseño del presente REA reconoce la importancia de la expresión y comunicación y por tal motivo se proporcionan las herramientas y el apoyo necesario (recursos, guías, ejemplos) para desarrollar estas habilidades en las estudiantes, habilidades

STEAM que son necesaria para compartir conocimiento a través de la comunicación de resultados.

Dimensión 9: Limitaciones matemáticas

Las limitaciones referentes a la aplicación de elementos de la matemática y la resolución de problemas dentro del REA estuvieron mayormente encaminadas en *tengo un poco de problemas con aplicar más conocimientos matemáticos (E14)*, es decir, utilizar en las situaciones problema los conocimientos matemáticos adquiridos a lo largo de los cursos de matemáticas y particularmente de la asignatura de cálculo. Se infiere que las estudiantes a menudo luchan por transferir sus conocimientos matemáticos a situaciones prácticas, lo cual subraya la necesidad de enfoques pedagógicos innovadores (Parra-Bernal et al., 2021).

Ante esta consideración como limitante en los resultados de la aplicación del REA, esta investigación considera que las actividades propuestas y la aplicación de conceptos matemáticos en contextos reales ayudó a las estudiantes a comprender mejor su utilidad y relevancia (Uriostegui y Gamboa, 2024).

En este sentido, el diseño de REA se orientó en posicionar a las estudiantes en ambientes creativos donde las matemáticas resultaron fundamentales para la resolución de problemas, proporcionando las herramientas necesarias para el modelado, la simulación y el análisis de datos, tomando en cuenta que la comprensión y superación de esta limitación es esencial para el desarrollo de habilidades y competencias clave para el enfoque STEAM.

Dimensión 10: Limitaciones técnicas

Para esta dimensión las incidencias que más sobresalieron tuvieron que ver con el manejo de un software de acceso libre montado en el REA (Tracker), es decir, esta limitación contempló dificultades en la implementación y uso de nuevas tecnologías.

Este software resultó ser una herramienta que las estudiantes no conocían, por tal razón entre los comentarios que frecuentemente destacaron aparecen frases como *no podía manipular adecuadamente el simulador Tracker (E7)*. Sin embargo, a pesar de las dificultades presentadas en la manipulación de la herramienta para analizar los datos, las estudiantes

señalan que *me trabé un poco al usar Tracker (E28)* o *me costó un poco poder usar la aplicación de Tracker de manera correcta (E27)* pero que finalmente lograron concluir con éxito la actividad que involucraba su uso en el REA.

De esta manera se puede ver que, a pesar de tener las limitaciones técnicas por tener un nuevo contacto con esta aplicación, estas dificultades iniciales impulsaron a las estudiantes a encontrar formas ingeniosas de superar estos obstáculos y cumplir con el propósito de la actividad. Lo anterior implica que dentro del diseño de REA en la enseñanza de las matemáticas estos deben contemplar el manejo de nuevas herramientas de modo que ayuden a las estudiantes a prepararlas para enfrentar y superar limitaciones técnicas que surgen de manera frecuente en un mundo cada vez más tecnológico y complejo. De acuerdo con la investigación de López (2021), esta discute sobre algunas limitaciones en los entornos educativos STEAM, particularmente en actividades mediadas en espacios virtuales, en sus reflexiones señala que dichas limitaciones pueden ser superadas mediante estrategias pedagógicas innovadoras, colaboración interdisciplinaria y un enfoque práctico basado en proyectos para superar estas barreras. En esta misma investigación, se considera que la integración efectiva de tecnología en la educación STEAM requiere un enfoque multifacético que incluya la formación del profesorado y el acceso a recursos tecnológicos adecuados.

Abordar estas limitaciones fue crucial para el desarrollo de habilidades críticas en las estudiantes y para su preparación en un mundo cada vez más tecnológico y complejo, por ello, el diseño del REA a pesar de mostrar estas limitaciones muestra el camino a seguir para trabajar esta área de oportunidad, lo que coincide con los resultados de investigación descritos en el párrafo anterior.

APRENDIZAJE INTEGRAL

Esta categoría incluye aspectos clave del aprendizaje empleando un recurso educativo digital mediante las distintas herramientas interactivas que se implementaron en su diseño. En esta categoría se toman en cuenta las siguientes dimensiones:

Dimensión 11: Conexión con conocimientos previos

En esta dimensión se valora el recurso pues proporcionó la conexión con conocimientos previos de las estudiantes, proveyendo un marco contextual y conceptual en el que las estudiantes enlazaron lo aprendido previamente. Los saberes previos logrados por las estudiantes previamente al uso del REA fueron de ayuda para proponer soluciones a algunas de las actividades propuestas en el recurso digital. Lo anterior coincide con Uyar et al., (2018), quienes señalan que el aprendizaje significativo se puede facilitar al tener que relacionar nueva información con conocimientos almacenados en la memoria y que los conocimientos previos son útiles pues permiten interpretar información, reconocer patrones y explicar algún conocimiento con palabras propias (Satrústegui y Mateo, 2023).

Frecuentemente las estudiantes señalaron que los conocimientos previos *fueron de gran ayuda para resolver la actividad (E1)*, lo que sugiere que la creación y diseño de REA sea necesario que exista un marco teórico conceptual de referencia que auxilie a vincular conocimientos previos con los adquiridos y con ello, se conceda sentido a lo que se aprende en el proceso formativo. Ejemplo de esto, lo señala una estudiante al decir que *logré entender y lo relacioné con una actividad que ya habíamos trabajado con anterioridad (E12)*.

Cuando las estudiantes relacionan conocimientos previamente adquiridos con nuevos conceptos pueden ser capaces de concebir cómo lo asimilado puede ser útil para otros escenarios ya que *puse en práctica algunos conceptos y cosas que he aprendido en clase (E16)* así como *pude observar y utilizar lo ya aprendido en temas anteriores vistos en clase, además de conceptos estudiados anteriormente (E5)*. Bajo esta consideración, la integración de conocimientos previos en el diseño de un REA es importante por lo descrito anteriormente pues es una fortaleza identificar las relaciones que existen entre diferentes piezas de información para poder organizarla de manera que sea útil y formar argumentos bien estructurados y válidos (Reynders et al., 2020).

Dimensión 12: Desarrollo de habilidades y competencias ¿en qué me ayudó el REA?

La dirección que tomó esta dimensión fue reflexionar en las maneras en cómo el recurso propuesto favoreció la aplicación y desarrollo de habilidades concretas, tal es el caso del

razonamiento matemático, la explicación de gráficas, la solución de problemas, entre otras habilidades importantes. La dimensión reúne habilidades que las estudiantes suponen desarrollaron, orientadas primordialmente a la explicación matemática, así como algunos procesos de reflexión durante la solución de las tareas contenidas en el REA.

Ejemplo de ello, es cuando una estudiante menciona que *la tarea ayudó a fortalecer mi pensamiento crítico (E22)* pues el recurso brindó ejercicios y simulaciones interactivas que ayudó a las estudiantes a entender concepciones matemáticas tal como lo menciona una estudiante al decir que *esta actividad me ayudo a comprender mejor las variables, y las gráficas (E3)* y a emplearlas en contextos prácticos que les *da apertura a formar nuestro propio pensamiento matemático (E13)*.

Las estudiantes consiguieron interactuar con el contenido de una forma efectiva y dinámica, perfeccionando sus habilidades en espacios clave como la aplicación de conceptos matemáticos y la interpretación de gráficas, tal como lo marcan las estudiantes. Bajo esta mirada, la propuesta de REA debe mantener en su diseño objetivos de aprendizaje definidos que conlleven al desarrollo de otras habilidades que fortalezcan conocimientos matemáticos en el estudiantado, tal como se señala en otra investigación que relaciona los objetivos de aprendizaje, las tareas que supone la realización de la actividad y el tipo de producto resultante de la misma (Maina y Guàrdia, 2012).

Dimensión 13: En zapatos de...

Esta dimensión coincide con los resultados de investigación de Lara Sáenz (2025) quien exploró cómo un REA ayudó a un grupo de estudiantes a comprender un concepto o tema a través de distintas miradas, incluyendo aplicaciones prácticas o casos de estudio que situaron a las participantes en el lugar de un profesional.

Por tanto, esta dimensión es significativa en los resultados de esta investigación ya que en el diseño de recursos digitales el contexto de las actividades propuestas necesita estar orientado en colocar a las estudiantes como "expertas" de un área de conocimiento para resolver alguna problemática. Por tanto, mediante las actividades planteadas en el recurso se provocó la empatía y la comprensión desde diferentes disposiciones desde las áreas de trabajo como la

ingeniería y la medicina colocándolas en la posición de un profesional en el campo relacionado. De ahí que esto dispuso a las estudiantes a preguntarse *qué haríamos si fuéramos unas ingenieras profesionales (E13)*, por ejemplo.

Dimensión 14: Progreso y adaptación

Esta dimensión aprecia el trabajo de progreso y adaptación de las estudiantes al uso del recurso. Si bien las actividades diseñadas implicaban la puesta en marcha de distintas habilidades y competencias, las estudiantes comentaron que en algunas situaciones se enfrentaron a dificultades, sin embargo, *me pareció algo nuevo y relevante del cual voy aprendiendo poco a poco (E25)*, lo que implica una valoración positiva por el trabajo de algo diferente y que implicaba conocer desde cero. Un reporte (Honey et al., 2020) señala que a educación STEM no se limita simplemente a dominar una base de conocimientos estable sino que debe enfocarse en que el estudiantado desarrolle habilidades para el aprendizaje permanente, donde sean capaces de poder adaptarse con facilidad al mundo cambiante, que tengan un pensamiento convergente, dinámico y computacional sobre complejos problemas, de modo que puedan adaptarse a los desafíos del mañana, y contribuir al éxito de la sociedad del futuro.

De esta manera se infiere que el uso del recurso propuesto hizo que las estudiantes desarrollaran destrezas sólidas respecto al pensamiento crítico y la solución de problemas, fortaleciendo estas habilidades con la práctica cotidiana, tal como lo señala una estudiante cuando dice que *cada día mejoro y exploro sus herramientas y manipulo correctamente (E21)*.

Conclusiones

El objetivo principal de este trabajo de investigación consistió en articular la modelación matemática y los recursos educativos abiertos para desarrollar competencias STEAM en estudiantes mujeres que cursan el nivel medio superior. El trabajo desarrollado implicó transitar por diferentes momentos que incluyeron: (1) reflexionar sobre la importancia del diagnóstico para reconocer las voces de las estudiantes y bajo esta mirada diseñar y construir un recurso que permitiera incluir sus intereses y motivaciones; (2) diseñar un recurso que articulará dichos intereses pero que a su vez su contenido estuviera motivado y orientado en tareas de modelación matemática, lo que implicó reconocer diferentes elementos como la contextualización de las tareas a modelar y la relevancia de estas actividades para los intereses del grupo de mujeres que formaron parte del estudio; (3) integrar en el diseño del recurso las maneras en cómo las competencias STEAM podían ser desarrolladas a través de la utilización de recursos digitales abiertos.

Si bien, el trabajo desarrollado implicó un trabajo arduo, las siguientes conclusiones muestran cómo se logró articular el trabajo para dar respuesta a las preguntas de investigación que se plantearon al inicio de esta intervención es decir, ¿de qué maneras puede influir el uso de la modelación en el aprendizaje de las matemáticas en el nivel medio superior? y ¿de qué maneras puede articularse la modelación matemática en un REA para promover el desarrollo de competencias STEAM en estudiantes de educación media superior?

Para exponer estas conclusiones se retomarán los elementos más importantes del proceso hasta llegar a las respuestas de las preguntas de investigación.

Del diagnóstico de intervención

Cuando se reconoce y valora la diversidad de voces y experiencias de las estudiantes, el proceso educativo se vuelve más rico. En este sentido, el diagnóstico se convierte en una herramienta importante para captar estas voces y comprender sus necesidades, intereses y motivaciones, permitiendo con ello la creación del REA que por un lado trata de ser inclusivo a estas necesidades y por otro se lograron identificar aspectos cruciales para el diseño del mismo, como la selección del tipo de herramientas digitales, las formas de

evaluación y los tiempos destinados a cada actividad que se logró incorporar en el recurso. Esta mirada, que en un inicio puede resultar un tanto técnica, es crucial para el diseño de REA ya que permite gestionar en el diseño, aquellos recursos digitales que pueden resultar valiosos para la propuesta de actividades que llamen la atención de las estudiantes y que pueden permitir generar dinámicas dentro del recurso que ayuden a fortalecer o desarrollar habilidades, tal como se hizo en este trabajo de investigación.

Por otro lado, la evaluación de los aprendizajes es un factor crucial por el que las estudiantes deben transitar, de modo que ellas mismas logren identificar aquellas áreas de oportunidad que necesitan trabajar con el fin de mejorar y también que este proceso les permita reconocer aquellas habilidades en las que sobresalen. En ese sentido, este proceso de autoevaluación debe ir más allá de un proceso en el que solo se refleje una calificación, sino que debe permitirles reflexionar sobre su proceso de aprendizaje, es decir, desarrollar un proceso de autorregulación que les ayude a apreciar todo su proceso de formación. Por tanto, el diseño de los REA debe fomentar estos procesos reflexivos y a partir de los instrumentos de autoevaluación profundizar en ellos.

Este reconocimiento inicial de voces fue esencial para garantizar que las estudiantes fueran participantes activas en su proceso de aprendizaje ya que a través de los instrumentos propuestos (historia de vida temática y cuestionario) se les permitió expresar sus intereses y, al mismo tiempo, este trabajo ayudó a diseñar un recurso relevante y atractivo.

Del diseño del REA y el desarrollo de competencias

El trabajo de diseñar el REA resultó ser un reto, por un lado, desarrollar este recurso implicó involucrar temáticas relacionadas con el currículum que se oferta en la EB-UAQ particularmente en la asignatura de cálculo y, por otro, contemplar la importancia de la contextualización y relevancia de los contenidos matemáticos especialmente cuando se trabaja y consideran las voces del estudiantado, voces que muchas veces no son escuchadas por parte del profesorado cuando este se encarga del diseño de materiales educativos.

Dentro de la propuesta de intervención se consideró la contextualización de las tareas de modelación propuestas en el REA como algo que va más allá de una simple adaptación de contenidos, sino que fue utilizada como una estrategia que permitió a las estudiantes ver

a las matemáticas como una herramienta relevante para comprender y actuar sobre el mundo debido a las problemáticas propuestas y a los escenarios digitales donde se desarrollaron las actividades. Sin embargo, este proceso de contextualización de las tareas enfrentó desafíos puesto que, dentro del análisis y reflexión del diseño, se llegó a cuestionar que las temáticas propuestas pueden no ser de interés para todas las estudiantes.

En este sentido, diseñar REA implica creatividad y flexibilidad por parte de los educadores para encontrar intersecciones entre los intereses del estudiantado y los objetivos de aprendizaje matemáticos, además de una reflexión constante sobre la idoneidad de las actividades, la claridad de los problemas a modelar y el grado de autonomía que permita a las estudiantes explorar soluciones con el fin de que la experiencia de trabajo con REA logre generar una experiencia de aprendizaje más enriquecedora y significativa.

Por otro lado, el impulso de habilidades STEAM mediante la creación de recursos digitales abiertos representa una táctica promisorio para enaltecer el conocimiento a través de herramientas basadas en la tecnología que son interesantes para las estudiantes. Esta integración promueve no solo el desarrollo de habilidades técnicas y cognitivas, sino también promueve una educación más inclusiva, accesible y centrada en la estudiante, lo que se encuentra alineado con el enfoque STEAM el cual hace énfasis en el aprendizaje interdisciplinario, la resolución creativa de problemas y la aplicación práctica del conocimiento en lugar de la simple memorización de conceptos (Lara Sáenz, 2025).

En este escenario, el uso de REA se cristianizó en una instrumento que se adecuó a las necesidades concretas de las estudiantes, suscitando un aprendizaje activo e impulsando el avance de habilidades como el pensamiento crítico, la colaboración, la creatividad y la resolución de problemas. Sin embargo, es preciso garantizar que el contenido empleado se alinee con los objetivos de aprendizaje STEAM y que principalmente se circunscriban las experiencias de las estudiantes y sus intereses.

Aunque los REA proporcionan materiales de acceso abierto, no todos se desarrollan utilizando métodos de enseñanza eficaces o centrados en el estudiantado. En este sentido, esta investigación promueve que el uso de la modelación matemática es una herramienta

didáctica que bien puede solventar esta área de oportunidad, pues los resultados demuestran el desarrollo de competencias STEAM y se promueve el aprendizaje de las matemáticas.

Para esta investigación, se considera que el desarrollo de competencias STEAM y aprendizajes ligados a las matemáticas, así como otras habilidades se dan cuando las estudiantes tienen acceso al REA y llevan a cabo diferentes acciones e interacciones que les permite resolver problemas en el contexto de la asignatura de Cálculo Diferencial e Integral.

De acuerdo con el éxito mostrado por las estudiantes en la solución de las actividades propuestas en el REA, se rescata que ellas debían tener experiencias previas con los contenidos matemáticos para lograr aprendizajes significativos. Lo anterior se justifica debido a que, en la teoría del aprendizaje constructivista, el conocimiento se da cuando el estudiantado entra en conflicto con lo que ya sabe y con lo que debería saber y que, en el contexto de la intervención, se puso de manifiesto a la hora de trabajar en el recurso. Por otro lado, es necesario destacar que el contexto de las actividades propuestas influyó en el aprendizaje, pues el REA ofreció la posibilidad de presentar escenarios que le permitió a las estudiantes aplicar lo que ya sabía y con ello generar nuevo aprendizaje.

La enseñanza desde este enfoque no centra su esfuerzo en los contenidos sino en el estudiante, en su cambio conceptual. Específicamente en lo que se refiere a lo escolar, ese cambio conceptual se construye a través de un proceso de interacción entre estudiantes, el docente, el contenido y el contexto, todos interrelacionados entre sí. Es importante destacar que todo conocimiento se construye en estrecha relación con los contextos en los que se usa y, por ello, no es posible separar los aspectos cognitivos, emocionales y sociohistóricos presentes en el contexto en que se actúa. En la modelación matemática, esto implica que los problemas y situaciones deben estar diseñados para que el estudiantado pueda manipular y explorar activamente.

En el caso de la investigación, la enseñanza se desarrolló a través del uso de simuladores y representaciones gráficas en diferentes formatos. El simulador permitió generar una interacción entre la estudiante, las situaciones problema que se presentaron en el simulador y el propio contexto que el simulador generó. En la articulación de estos elementos es cuando se lleva a cabo el proceso de enseñanza, pues se genera una asimilación de contenidos y por

tanto de aprendizaje. Tanto la estudiante como los factores ambientales son imprescindibles, así como también lo es la interacción específica entre estas dos variables que crean el conocimiento. Los ambientes reales y que las actividades de aprendizaje seleccionadas estén vinculadas con las experiencias vividas por el estudiantado, representan otro factor importante para desarrollar el aprendizaje (Ertmer y Newby, 1993). En la investigación, la simulación a través del REA brindó ese ambiente real donde las estudiantes aprendieron cumpliendo varios objetivos de aprendizaje como recordar, comprender y aplicar. Además, el contexto de las actividades que se presentaron en el simulador permitió generar un ambiente que se relacionó con situaciones “reales” por lo que la estudiante pudo contextualizar sus conocimientos en situaciones problemáticas con un grado mayor de complejidad.

Las preguntas de investigación

La modelación matemática y los REA representan un medio eficaz para conectar el conocimiento teórico con aplicaciones prácticas que son esenciales para que las estudiantes comprendan la importancia de las matemáticas cuando se encuentran contextualizadas. Esta conexión aumenta su motivación y promueve un aprendizaje profundo. El proceso de modelación desarrolla habilidades como el pensamiento crítico, la autorreflexión y la autonomía, habilidades que son esenciales para resolver problemas complejos y dinámicos en escenarios educativos y profesionales.

La modelación matemática articulada con los REA proporcionan un entorno interactivo y práctico donde las estudiantes pudieron aplicar conocimientos previos, desarrollar nuevas habilidades y colaborar para ayudar de manera efectiva a desarrollar habilidades STEAM. Sin embargo, es importante no olvidar que la modelación matemática debe considerar contextos relevantes y desafiantes, para que las estudiantes aprenden y fortalezca habilidades matemáticas, así como habilidades técnicas y de comunicación, con el fin de prepararlas para los desafíos de un mundo cada vez más conectado y tecnológico, todo ello a través de un entorno digital.

Se concluye que la modelación matemática combinada con el uso de REA puede promover un aprendizaje más profundo, integral y accesible y se hace hincapié en cómo la tecnología

y la innovación pedagógica pueden transformar el aprendizaje de las matemáticas, promoviendo no solo el desarrollo de competencias matemáticas o del enfoque STEAM, sino también habilidades como la colaboración, la creatividad y la autonomía en las estudiantes.

Finalmente, la contribución de los resultados de este trabajo de investigación hace énfasis en la necesidad pedagógica sólida para el diseño de REA, donde la colaboración entre estudiantes y docentes es esencial para el diseño exitoso de este tipo de recursos. Así mismo, se contribuye al debate acerca del futuro de la educación, en el entendido de que ésta es dinámica por los diferentes escenarios en los que puede ofrecerse (presencial, a distancia, virtual, etc.) y que el uso de la tecnología es cada vez más común en los escenarios educativos.

Referencias

- Abal, F. J. P., Auné, S. E., & Attorresi, H. F. (2018). Construcción y validación de una Escala de actitud hacia la matemática para estudiantes de psicología. *Universitas Psychologica*, 17(4), 1–15. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy17-4.cvea>
- Aldana Yarlequé, C. (2012). Trabajo colaborativo en el área de Matemáticas. *En Blanco y Negro*, 3(1), 26–35.
- Andreu-Andrés, M. Á., & García-Casas, M. (2014). Evaluación del pensamiento crítico en el trabajo en grupo. *Revista de Investigación Educativa*, 32(1), 203–222. <https://doi.org/10.6018/rie.32.1.157631>
- Angamarca Andrade, I. E., Flores Urgilés, C. H., & Pinos Castillo, L. F. (2023). Metodología STEAM como herramienta para mejorar el pensamiento lógico y matemático en estudiantes del séptimo año EGB de la UECIB “Suscal.” *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 7(49), 46–61. <https://doi.org/10.29018/issn.2588>
- Aravena Díaz, M. D., Díaz Levicoy, D., Rodríguez Alveal, F., & Cárcamo Mansilla, N. (2022). Estudio de caso y modelado matemático en la formación de ingenieros. Caracterización de habilidades STEM. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 30(1), 37–56.
- Atkins, D. E., Brown, J. S., & Hammond, A. L. (2007). *A Review of the Open Educational Resources (OER) Movement: Achievements, Challenges, and New Opportunities*.
- Avalos, B. (2002). *Profesores para Chile, Historia de un proyecto*. Ministerio de Educación.
- Blum, W., & Leiß, D. (2007). How do students and teachers deal with modelling problems? In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum, & S. Khan (Eds.), *Mathematical Modelling* (pp. 222–231). Woodhead Publishing.
- Bocco, M. (2010). *Funciones elementales para construir modelos matemáticos*. Ministerio de Educación de la Nación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica.
- Bracho-López, R. (2013). Menos reglas y más sentido: alternativas metodológicas a los algoritmos de cálculo tradicionales para el desarrollo del sentido numérico en la educación primaria. *Actas Del VII CIBEM*, 70–77.
- Cabra Páez, M. L., & Ramírez Gamboa, S. A. (2022). Desarrollo del pensamiento computacional y las competencias matemáticas en análisis y solución de problemas: una

- experiencia de aprendizaje con Scratch en la plataforma Moodle. *Revista Educación*, 46(1), 171–187. <https://doi.org/10.15517/revedu.v46i1.44970>
- Caratozzolo Martelliti, P. O., & Álvarez Delgado, Á. (2019). Desarrollo de pensamiento creativo en ingeniería usando el enfoque STEAM. *Congreso Internacional de Innovación Educativa*, 348–354.
- Carrillo Olivier, M. (2018). *Planificación Educativa: dimensiones y componentes*. Limbhart.
- Casado Fernández, R., & Checa-Romero, M. (2023). Creatividad, pensamiento crítico y trabajo en equipo en educación primaria: un enfoque interdisciplinar a través de proyectos STEAM. *Revista Complutense de Educación*, 34(3), 629–640. <https://doi.org/10.5209/rced.79861>
- Castillo, S. (2008). Propuesta pedagógica basada en el constructivismo para el uso óptimo de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. *Revista Latinoamericana de Investigación En Matemática Educativa*, 11(2), 171–194.
- Castillo-Sánchez, M., Gamboa-Araya, R., & Hidalgo-Mora, R. (2020). Factores que influyen en la deserción y reprobación de estudiantes de un curso universitario de matemáticas. *Uniciencia*, 34(1), 219–245. <https://doi.org/10.15359/ru.34-1.13>
- Castro-Campos, P. A. (2022). Reflexiones sobre la educación STEAM, alternativa para el siglo XXI. *Praxis*, 18(1), 158–175. <https://doi.org/10.21676/23897856.3762>
- Cázares Balderas, M. de J., Páez, D. A., & Pérez Martínez, M. G. (2020). Discusión teórica sobre las prácticas docentes como mediadoras para potencializar estrategias metacognitivas en la solución de tareas matemáticas. *Educación Matemática*, 32(1), 221–240. <https://doi.org/10.24844/EM3201.10>
- Cerda Etchepare, G., & Vera Sagredo, A. (2019). Rendimiento en matemáticas: Rol de distintas variables cognitivas y emocionales, su efecto diferencial en función del sexo de los estudiantes en contextos vulnerables. *Revista Complutense de Educación*, 30(2), 331–346. <https://doi.org/10.5209/RCED.57389>
- Chavarría-Arroyo, G., & Albanese, V. (2021). Problemas matemáticos en el caso de un currículo: Análisis con base en el contexto y en la contextualización. *Avances de Investigación En Educación Matemática*, 19, 39–54. <https://doi.org/10.35763/aiem.v0i19.359>

- Chaves Esquivel, E., Castillo Sánchez, M., & Gamboa Araya, R. (2008). Creencias de los estudiantes en los procesos de aprendizaje de las matemáticas. *Cuadernos de Investigación y Formación En Educación Matemática*, 3(4), 29–44.
- Chen, J. A., Metcalf, S. J., & Tutwiler, M. S. (2014). Motivation and beliefs about the nature of scientific knowledge within an immersive virtual ecosystems environment. *Contemporary Educational Psychology*, 39(2), 112–123. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2014.02.004>
- Diario Oficial de La Unión Europea (2018). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AC%3A2018%3A189%3ATOC>
- Díaz Mujica, A., Pérez Villalobos, M. V., González-Pienda, J. A., & Núñez Pérez, J. C. (2017). Impacto de un entrenamiento en aprendizaje autorregulado en estudiantes universitarios. *Perfiles Educativos*, 39(157), 87–104. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2017.157.58442>
- Echeverría Gálvez, G. (2005). *Análisis cualitativo por categorías*. Santiago, Chile: Universidad Academia de Humanismo Cristiano.
- Ertmer, P. A., & Newby, T. J. (1993). Conductismo, cognitivismo y constructivismo: una comparación de los aspectos críticos desde la perspectiva del diseño de instrucción. *Performance Improvement Quarterly*, 6(4), 50–72. <http://www.aprendiendoenlinea.com>
- Espinosa Guía, C. G. (2010). Diferencias entre hombres y mujeres en educación matemática: ¿Qué pasa en México? *Investigación y Ciencia*, 46, 28–35. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67413508005>
- Fantova Azcoaga, F. (2005). *Manual para la gestión de la intervención social. Políticas, organizaciones y sistemas para la acción*. Editorial CCS.
- Farias, D., & Pérez, J. (2010). Motivación en la Enseñanza de las Matemáticas y la Administración. *Formación Universitaria*, 3(6), 33–40. <https://doi.org/10.4067/s0718-50062010000600005>
- Gabalán-Coello, J., & Vásquez-Rizo, F. E. (2021). Una propuesta metodológica didáctico-constructivista para fomentar el aprendizaje de la modelación estadística a nivel universitario. *Actualidades Pedagógicas*, 76, 61–79. <https://doi.org/10.19052/ap.vol1.iss76.3>

- Gabbianelli, G. (2019). *IOI Mapa de competencias*. www.steamh.eu
- Galatro, J. (2016). La epistemofobia organizacional: un obstáculo para el aprendizaje, el desempeño y el bienestar de las personas. *Revista Digital de Estudios Humanísticos de La Universidad FASTA*, 6(1), 78–85.
- Gamboa Araya, R., & Moreira Mora, T. E. (2017). Actitudes y creencias hacia las matemáticas: un estudio comparativo entre estudiantes y profesores. *Actualidades Investigativas En Educación*, 17(1), 1–45. <https://doi.org/10.15517/aie.v17i1.27473>
- García Esteban, I. (2019). El trabajo cooperativo en Matemáticas. *NÚMEROS Revista de Didáctica de Las Matemáticas*, 102, 83–96. <http://www.sinewton.org/numeros>
- García González, M. del S., Cortés Ortega, J., & Rodríguez Vásquez, F. M. (2020). “Aprender matemáticas es resolver problemas”: creencias de estudiantes de bachillerato acerca de las matemáticas. *IE Revista de Investigación Educativa de La REDIECH*, 11, e726. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v11i0.726
- Gee, J. P. (2011). *An Introduction to Discourse Analysis. Theory and method*. Routledge.
- George Reyes, C. E. (2020). Reducción de obstáculos de aprendizaje en matemáticas con el uso de las TIC. *IE Revista de Investigación Educativa de La REDIECH*, 11, e697. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v11i0.697
- Gil Ignacio, N., Guerrero Barona, E., & Blanco Nieto, L. (2006). El dominio afectivo en el aprendizaje de las Matemáticas. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 4(1), 47–72. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=293123488003>
- Gómez Vargas, M., Galeano Higueta, C., & Jaramillo Muñoz, D. A. (2015). El estado del arte: Una metodología de investigación. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, 6(2), 423–442.
- González Fernández, M. O., Flores González, Y. A., & Muñoz López, C. (2021). Panorama de la robótica educativa a favor del aprendizaje STEAM. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 18(2). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2301
- González Hernández, W. (2021). La modelación como línea directriz en la formación informática. *Revista Conrado*, 17(83), 205–213.

- González, M., Hernández, A. I., & Hernández, A. I. (2007). El constructivismo en la evaluación de los aprendizajes del álgebra lineal. *Educere*, 11(36), 123–135. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/20144>
- Grisales Aguirre, A. M. (2018). Uso de recursos TIC en la enseñanza de las matemáticas: retos y perspectivas. *Entramado*, 14(2), 198–214. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.4751>
- Guyotte, K. W., Sochacka, N. W., Costantino, T. E., Kellam, N. N., & Walther, J. (2015). Collaborative creativity in STEAM: Narratives of art education students' Experiences in Transdisciplinary Spaces. *International Journal of Education & the Arts*, 16(15). <http://www.ijea.org/v16n15/>.
- Hafeez, M. (2021). Systematic Review on Modern Learning Approaches, Critical Thinking Skills and Students Learning Outcomes. *Indonesian Journal of Educational Research and Review*, 4(1), 167–178. <https://doi.org/10.23887/ijerr.v4i1>
- Hallström, J., & Schönborn, K. J. (2019). Models and modelling for authentic STEM education: reinforcing the argument. *International Journal of STEM Education*, 6(22), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0178-z>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGRAW-HILL.
- Honey, M., Alberts, B., Bass, H., Castillo, C., Lee, O., Strutchens, M. M., Vermillion, L., & Rodriguez, F. (2020). *STEM Education for the Future. A visioning report*.
- Instituto Mexicano para la Competitividad. (2022). *La selección de carrera profesional profundiza las desigualdades entre hombres y mujeres en el mercado laboral*. <https://imco.org.mx/la-seleccion-de-carrera-profesional>
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Holubec, E. J. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Paidós.
- Kaiser, G. (2017). *Teaching and Learning Mathematical Modelling*. Compendium for Research in Mathematics Education . <http://www.springer.com/series/14352>
- Kaiser, G., & Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *Analyses ZDM*, 38(3), 302–310.
- Kanobel, M. C., & Arce, A. S. (2019). Aula invertida en cursos de carreras STEM: motivación y desempeño académico de los estudiantes. In *Educación STEM/STEAM*:

- Apuestas hacia la formación, impacto y proyección de seres críticos* (pp. 40–55). Fondo Editorial Universitario Servando Garcés de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero. Santa Ana de Coro, Falcón, Venezuela.
- Lara Sáenz, N. G., & Rojas Reséndiz, A. L. (2019). Articulación de la Matemática y Estadística. Una experiencia de modelación en contexto. *Investigación e Innovación En Matemática Educativa*, 4, 31–42.
- Lara Sáenz Noemí Gabriela. (2025). Desarrollo de competencias STEAM a través del uso de Recursos Educativos Abiertos aplicados en la asignatura de matemáticas. *Revista Electrónica Desafíos Educativos*, 8(16), 11–28.
- Larios Osorio, V., Font Moll, V., Giménez Rodríguez, J., & Díaz Barriga Casales, A. (2012). Teaching practices research as a source to develop training programs for mathematics teachers. *Quaderni Di Ricerca in Didattica (Mathematics)*, 22(1), 284–287.
- León-Pereira, C. C., & Heredia-Escoza, Y. (2020). Uso de los Recursos Educativos Abiertos en matemáticas para la formación integral de estudiantes de grado séptimo de educación básica secundaria. *Panorama*, 14(26). <https://doi.org/10.15765/pnrm.v14i26.1481>
- Loachamín Iza, H. D., Vargas Chavarrea, Á. P., Andrade Villarreal, J. V., & Puente Ponce, P. F. (2023). Enseñanza, aprendizaje y enfoque de la matemática en la ingeniería. *AlfaPublicaciones*, 5(3.2), 6–20. <https://doi.org/10.33262/ap.v5i3.2.400>
- Londoño Rivera, A. M., Gallón Giraldo, L., & Quintero-Quintero, P. A. (2021). Paradigms, Stereotypes and Gender Gaps in STEM: Children's Universities as Enhancers of Scientific Vocations in Women. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2021-July*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.457>
- López Simó, V., Couso Lagarón, D., & Simarro Rodríguez, C. (2020). Educación STEM en y para un mundo digital: el papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *Revista de Educación a Distancia*, 20(62). <https://doi.org/10.6018/RED.410011>
- López-Gamboa, M. V. (2021). Curso virtual: educación STEM/STEAM, concepción e implementación. Experiencias de su ejecución con docentes costarricenses. *Innovaciones Educativas*, 23(Especial), 163–177. <https://doi.org/10.22458/ie.v23iespecial.3620>

- Maina, M., & Guàrdia, L. (2012). Diseño de Recursos Educativos Abiertos para el aprendizaje social. In “*Colearning*”-*Collaborative Open Learning through OER and Social Media* (pp. 142–149). <http://oer.kmi.open.ac.uk/?wpdmact=process&did=MS5ob3RsaW5r>
- Martínez Soto, A. F., & Emynick Cervantes, C. (2023). El contenido matemático como factor de elección de fase de especialización de bachillerato y carrera universitaria en los alumnos de la Preparatoria Antonio Rosales de la Universidad Autónoma de Sinaloa. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(1), 4460–4489. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.583>
- Martínez-Maldonado, P., Armengol Asparó, C., & Muñoz Moreno, J. L. (2019). Interacciones en el aula desde prácticas pedagógicas efectivas. *Revista de Estudios y Experiencias En Educación*, 18(36), 55–74. <https://doi.org/10.21703/rexe.20191836martinez13>
- Mascarell Palau, D. (2022). Una experiencia educativa basada en la acción participativa mediante dispositivos móviles para la enseñanza creativa. *Revista Interuniversitaria de Investigación En Tecnología Educativa*, 12, 141–157. <https://doi.org/10.6018/riite.494061>
- Mendoza Vega, A. J., Guadamud Muñoz, J. D., Mendoza Zamora, E. J., Díaz Estacio, F. J., & Vera Arias, M. J. (2023). Transferencia del Conocimiento con un Enfoque Educativo STEAM. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 10591–10605. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.8681
- Mercado Sánchez, G. A. (2020). Las matemáticas en los tiempos del Coronavirus. *Educación Matemática*, 32(1), 7–10. <https://doi.org/10.24844/EM3201.01>
- Mercurí Silva, E. C. (2023). La educación STEAM en la Licenciatura de Ciencias Físicas. *Delectus*, 6(2), 35–45.
- Miao, F., Mishra, S., Orr, D., & Janssen, B. (2019). *Directrices para la elaboración de políticas de recursos educativos abiertos*. UNESCO.
- Michelsen, C. (2006). Functions: a modelling tool in mathematics and science. *ZDM*, 38(3), 269. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF02652810>
- Monereo Font, C., & Badia Garganté, A. (2013). Aprendizaje estratégico y tecnologías de la información y la comunicación: una revisión crítica. *Teoría de Teoría de La Educación*.

- Educación y Cultura En La Sociedad de La Información*, 14(2), 15–41.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=201028055002>
- Moreano, G., Asmad, U., Cruz, G., & Cuglievan, G. (2008). Concepciones sobre la enseñanza de matemática en docentes de primaria de escuelas estatales. *Revista de Psicología*, 26(2). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337829507005>
- Moreno García, E., García Santillán, A., & Delon Bacre, K. Y. (2019). Ansiedad hacia las matemáticas en alumnos de telebachillerato en Veracruz. *Innovación Educativa*, 19(81), 155–176. www.ipn.mx
- Moriña, A. (2016). *Investigar con historias de vida. Metodología biográfico-narrativa*. Narcea (versión digital Kindle-Amazon).
- Mortera-Gutiérrez, F. J., Salazar-Rodríguez, A. L., & Rodríguez-Gómez, J. (2012). *Movimiento educativo abierto: acceso, colaboración y movilización de recursos educativos abiertos*. Tecnológico de Monterrey. Escuela de Graduados en Educación.
- Ocampo Romero, Z. M., Hernández Ruíz, J. L., Ulloa Ibarra, J. T., & Uribe Olivares, N. D. (2021). La Modelación como recurso para la transversalidad con base en simuladores virtuales. *Revista MICA*, 4(8), 93–104. <https://revista-mica.com/index.php/mica/article/view/56>
- OCDE. (2015). *Estudios económicos de la OCDE: México*. OECD Publishing. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1787/9789264218734-es>
- Ochoa Duque, L. A., Valenzuela Cabrales, A., Estela Gallego, D., & Marquez, F. (2018). *La indagación como estrategia para la educación STEAM*.
- Parra-Bernal, L. R., Menjura-Escobar, M. I., Pulgarín-Puerta, L. E., & Gutiérrez, M. M. (2021). Las prácticas pedagógicas. Una oportunidad para innovar en la educación. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 17(1), 70–94. <https://doi.org/10.17151/rlee.2021.17.1.5>
- Parra-Zapata, M. M., & Villa-Ochoa, J. A. (2016). Interacciones y contribuciones. Forma de participación de estudiantes de quinto grado en ambientes de modelación matemática. *Actualidades Investigativas En Educación*, 16(3). <https://doi.org/10.15517/aie.v16i3.26084>
- PLANEA. (2017). *Planea Resultados nacionales 2017 Educación Media Superior Lenguaje y Comunicación Matemáticas*.

- Prada-Nuñez, R., Gamboa-Suarez, A. A., & Avendaño-Castro, W. R. (2020). Caracterización del dominio afectivo hacia las matemáticas en estudiantes que ingresan a la educación superior. *Revista Espacios*, 41(23), 360–372. <https://www.revistaespacios.com>
- Ramírez Valdez, L. A., & Soberanes Martín, A. (2015). Modelo instruccional para la producción de un Recurso Educativo Abierto (REA). *Programación Matemática y Software*, 7(1), 34–44.
- Recio Mayorga, J., Gutiérrez-Esteban, P., & Suárez-Guerrero, C. (2021). Recursos educativos abiertos en comunidades virtuales docentes. *Apertura*, 13(1), 101–117. <https://doi.org/10.32870/Ap.v13n1.1921>
- Rendón-Mesa, P. A., Esteban Duarte, P. V., & Villa-Ochoa, J. A. (2016). Articulación entre la matemática y el campo de acción de un futuro ingeniero de diseño de producto. Componentes de un proceso de modelación matemática. *Revista de La Facultad de Ingeniería U.C.V.*, 31(2), 21–36.
- Reynders, G., Lantz, J., Ruder, S. M., Stanford, C. L., & Cole, R. S. (2020). Rubrics to assess critical thinking and information processing in undergraduate STEM courses. *International Journal of STEM Education*, 7, 1–15. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00208-5>
- Rodríguez Ebrard, L. A. (2008). Vínculo entre la investigación-acción, el constructivismo y la didáctica crítica. *Odiseo Revista Electrónica de Pedagogía*, 5(10).
- Rodríguez F, J. L., Martínez, N., & Lozada, J. M. (2009). Las TIC como recursos para un aprendizaje constructivista. *Revista de Artes y Humanidades UNICA*, 10(2), 118–132.
- Rodríguez Gaona, B. (2022). Recursos Educativos Abiertos (REA) y el aprendizaje de la matemática. *Tesla Revista Científica*, 2(1), 72–89. <https://doi.org/10.55204/trc.v2i1.19>
- Rubio-Pizzorno, S., León Salinas, C., García-Cuéllar, D., & Prieto G., J. L. (2019). Matemática educativa en la era digital: Recursos Educativos Abiertos integrando prácticas y tecnologías digitales. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 32(2), 693–700.
- Sampieri Cabrera, R. (2023). *Glosario de términos y conceptos de Investigación Cualitativa*.
- Sánchez Ludeña, E. (2019). La educación STEAM y la cultura «maker». *Padres y Maestros / Journal of Parents and Teachers*, 379, 45–51. <https://doi.org/10.14422/pym.i379.y2019.008>

- Sandín Esteban, M. P. (2003). La enseñanza de la investigación cualitativa. *Revista de Enseñanza Universitaria*, 21, 37–52.
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=865636&info=resumen&idioma=EN>
 G
- Santa Maria Santamaria, K. G., Povis Gamero, M. E., Colca Cchuana, G. J., & Urcia Melendez, V. M. (2021). Metodología STEAM en el desarrollo de competencias científicas en la educación básica. *Sinergias Educativas*, E.
<https://doi.org/https://doi.org/10.37954/se.vi.206>
- Santrock, J. W. (2010). *Psicología de la educación* (McGraw-Hill).
- Satrústegui Moreno, A., & Mateo González, E. (2023). Mejora del pensamiento crítico en alumnos de ESO a través del Aprendizaje Basado en Problemas en un entorno STEAM. *Revista de Estilos de Aprendizaje*, 16(32), 19–32. www.revistaestilosdeaprendizaje.com
- Silva Monsalve, A. M. (2022). Las competencias STEAM para el desarrollo de la ciencia y la tecnología. *Revista Aquin@s Scriptum Scientiam*, 1(1), 47–54.
- Silva-Díaz, F., Carrillo-Rosúa, J., & Fernández-Plaza, J. A. (2021). Uso de tecnologías inmersivas y su impacto en las actitudes científico-matemáticas del estudiantado de Educación Secundaria Obligatoria en un contexto en riesgo de exclusión social. *Educación*, 57(1), 119–138. <https://doi.org/10.5565/REV/EDUCAR.1136>
- Solar Bezmalinovic, H., Goizueta, M., & Howard Montaner, S. (2022). Emergencia de patrones de interacción al promover la argumentación en el aula de matemáticas. *Educación Matemática*, 34(3), 132–162. <https://doi.org/10.24844/EM3403.05>
- Solar, H., Aravena, M., Ortiz, A., & Goizueta, M. (2021). Caracterización de la argumentación y metacognición en tareas de modelación en el aula de matemáticas. In Á. Figueroa, G. Meza, M. Moya, S. Navarrete, M. Silva, & A. Quiroz (Eds.), *Actas XXIV JNEM* (pp. 76–80). SOCHIEM, EEMIE- UCSH.
- Stufflebeam, D. L. (2003). The CIPP Model for Evaluation. In T. Kellaghan & D. L. Stufflebeam (Eds.), *International Handbook of Educational Evaluation*, (pp. 31–62). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Swetz, F., & Hartzler, J. S. (1991). *Mathematical modeling in the secondary school curriculum*. The National Council of Teachers of Mathematics: Reston.

- Tlili, A., Zhang, J., Papamitsiou, Z., Manske, S., Huang, R., Kinshuk, & Hoppe, H. U. (2021). Towards utilising emerging technologies to address the challenges of using Open Educational Resources: a vision of the future. *Educational Technology Research and Development*, 69(2), 515–532. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-09993-4>
- Trigueros Gaisman, M. (2009). El uso de la modelación en la enseñanza de las matemáticas. *Innovación Educativa*, 9(46), 75–87. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179414894008>
- UNESCO. (2017). *Cracking the code: Girls' and women's education in science, technology, engineering and mathematics (STEM)*. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/QYHK2407>
- Uriostegui Adán, Y. M., & Gamboa Graus, M. E. (2024). Aprendizaje basado en proyectos para el desarrollo de competencias matemáticas en la Educación Primaria. *Revista Didáctica y Educación*, 15(1), 256–284.
- Urrutia, A., Seckel, M. J., & Aravena Díaz, M. (2021). Revisión sistemática de investigación para la identificación de habilidades STEM utilizando análisis de categorías cruzadas. *REMAT: Revista Electrónica Da Matemática*, 7(1), e2010. <https://doi.org/10.35819/remat2021v7i1id4332>
- Uyar Ozen, R., Yilmaz Genc, M. M., & Yasar, M. (2018). The relationship between resilience and constant hope in students studying sports science. *European Journal of Educational Research*, 7(3), 601–613. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.7.3.601>
- Valenzuela González, J. R., Farías Martínez, G. M., Flores Fahara, M., Gallardo Córdova, K. E., Gómez Zermeño, M. G., Heredia Escorza, Y., Mortera Gutiérrez, F. J., Olivares Olivares, S. L., Ramírez Montoya, M. S., & Lozano Rodríguez, A. (2016). *Competencias transversales para una sociedad basada en conocimiento* (A. Vega Orozco, Ed.).
- Van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher-student interaction: A decade of research. *Educational Psychology Review*, 22, 271–296. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9127-6>
- Vargas Leyva, M. R. (2008). *Diseño curricular por competencias*. Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería.

- Villa-Ochoa, J. A. (2016). Aspectos de la modelación matemática en el aula de clase. El análisis de modelos como ejemplo. In *Investigaciones latinoamericanas de modelación de la matemática educativa* (Gedisa, pp. 109–138).
- Villa-Ochoa, J. A., Sánchez-Cardona, J., & Parra-Zapata, M. M. (2022). 3. Modelación matemática en la perspectiva de la educación matemática. In *Educación Matemática. Aportes a la formación docente desde distintos enfoques teóricos* (Vol. 2, pp. 67–89). Universidad Nacional de General Sarmiento.
- Wagenaar, R., & González, J. (Eds.). (2006). *La contribución de las universidades al proceso de Bolonia*. Publicaciones de la Universidad de Deusto.
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89–100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>
- Yakman, G. (2012). Recognizing the in STEM Education. *Middle Ground*, 16(1). <https://www.proquest.com/scholarly-journals/recognizing-stem-education/docview/1282862756/se-2>
- Zhu, M. (2020). Effective Pedagogical Strategies for STEM Education from Instructors' Perspective: OER for Educators. *Open Praxis*, 12(2), 257–270. <https://doi.org/10.5944/openpraxis.12.2.1074>