



EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Orizaba

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

OPCIÓN I.- TESIS

TRABAJO PROFESIONAL

**“SISTEMA INTELIGENTE ADAPTATIVO PARA
APOYO AL APRENDIZAJE DE EXPRESIONES
ALGEBRAICAS EN PRIMER AÑO DE SECUNDARIA.”**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN SISTEMAS
COMPUTACIONALES**

PRESENTA:

I.T.I. Brandon Azael Muciño Santiesteban

DIRECTOR DE TESIS:

M.C. María Antonieta Abud Figueroa

CODIRECTOR DE TESIS:

Dr. Mario Andrés Paredes Valverde



ORIZABA, VERACRUZ, MÉXICO.

NOVIEMBRE 2023

Autorización de impresión

Revisión de trabajo escrito

Carta de originalidad

Carta de sesión de derechos

Agradecimientos

Índice

Autorización de impresión.....	I
Revisión de trabajo escrito.....	II
Carta de originalidad.....	III
Carta de sesión de derechos.....	IV
Agradecimientos.....	V
Índice de tablas.....	IX
Índice de figura.....	X
Resumen.....	XII
Abstract.....	XIII
Introducción.....	XIV
Capítulo 1 Antecedentes.....	1
1.1 Marco teórico.....	1
1.1.1 Educación asistida por computadora.....	1
1.1.2 Inteligencia Artificial.....	1
1.1.3 Sistemas tutores inteligentes.....	2
1.1.3.1 Modelo de dominio.....	3
1.1.3.2 Modelo de enseñanza.....	3
1.1.3.3 Modelo de estudiante.....	3
1.1.3.4 Interfaces de usuario.....	3
1.1.4 Sistemas de aprendizaje adaptativo.....	3
1.1.5 Aprendizaje adaptativo inteligente.....	4
1.1.6 Aprendizaje.....	4

1.1.6.1 Aprendizaje matemático.....	5
1.1.6.2 Aprendizaje matemático a nivel secundaria en México.....	5
1.1.7 Rastreo de Conocimiento Bayesiana (<i>Bayesian Knowledge Tracing</i>)	6
1.2 Planteamiento del problema	7
1.3 Objetivo general y objetivos específicos.....	8
1.3.1 Objetivo general	8
1.3.2 Objetivos específicos	8
1.4 Justificación	9
Capítulo 2 Estado de la práctica.....	10
2.1 Trabajos relacionados.....	10
2.2 Análisis comparativo.....	15
2.3 Propuesta de solución.....	22
2.3.1 Python	22
2.3.3 HTML5	23
2.3.4 Visual Studio Code.....	23
2.3.5 PostgreSQL.....	24
2.3.6 eXtreme Programming	24
Capítulo 3 Aplicación de la metodología	26
3.1 Metodología de desarrollo	26
3.1.1 Fase de planeación	26
3.1.2 Fase de diseño.....	34
3.1.2.4 Maquetación del módulo	40
Capítulo 4 Resultados	57
4.1 Caso de estudio.....	57

4.1.1 Apartado profesores.....	57
4.1.2 Apartado alumnos.....	63
Capítulo 5 Conclusiones y recomendaciones.....	75
5.1 Conclusiones.....	75
5.2 Recomendaciones.....	76
Anexo.....	77
Productos académicos.....	77
Referencias.....	78

Índice de tablas

Tabla 2.1 Análisis comparativo de los artículos relacionados. ¡Error! Marcador no definido.15	
Tabla 2.2 Combinación de tecnologías	22
Tabla 3.1 Requisitos de autenticación de usuario.....	27
Tabla 3.2 Requisitos gestión de usuarios.....	27
Tabla 3.3 Requisitos gestión temas y subtemas	28
Tabla 3.4 Requisitos gestión de ejemplos.....	28
Tabla 3.5 Requisitos gestión de ejercicios.	29
Tabla 3.6 Requisitos consulta historial alumno.	29
Tabla 3.7 Requisitos visualización de temas y subtemas.	30
Tabla 3.8 Requisitos visualización de ejemplos.	30
Tabla 3.9 Requisitos resolución de problemas.....	31
Tabla 3.10 Requisitos registro de actividades en historial.....	31
Tabla 3.11 Requisitos cálculo de aprendizaje.	32
Tabla 3.12 Requisito no funcional de diseño de la interfaz de temas, subtemas, ejemplos y ejercicios.	33
Tabla 3.13 Ejercicios.	54
Tabla 4.1 Retroalimentación alumnos.....	71
Tabla 4.2 Retroalimentación profesor.	73

Índice de figura

Figura 3.1 Cronograma de actividades propuesto.....	34
Figura 3.2 Diagrama de casos de uso Administrador.	35
Figura 3.3 Diagrama de casos de uso Profesor.....	35
Figura 3.4 Diagrama de casos de uso Alumno.	36
Figura 3.5 Arquitectura del sistema inteligente adaptativo para el apoyo del aprendizaje de expresiones algebraicas.	37
Figura 3.6 Diagrama Base de datos	39
Figura 3.7 Mockup de la ventana de inicio sesión.	40
Figura 3.8 Mockup de la ventana de formulario agregar tema.	41
Figura 3.9 Mockup de la ventana de formulario agregar subtema.....	41
Figura 3.10 Mockup de la ventana de formulario para agregar ejemplo.....	42
Figura 3.11 Mockup de la ventana de formulario para agregar ejercicio.	43
Figura 3.12 Mockup de la ventana de administración de alumnos.	44
Figura 3.13 Mockup de la ventana de historial alumno (Profesor).....	44
Figura 3.14 Mockup de la ventana de temas/subtemas.	45
Figura 3.15 Mockup de la ventana de ejemplo.	46
Figura 3.16 Mockup de la ventana de ejercicios.....	47
Figura 3.17 Mockup de la notificación resultado correcto.....	47
Figura 3.18 Mockup de la notificación resultado incorrecto.....	48
Figura 3.19 Flujo de solución.....	52
Figura 3.20 Ejemplo de evaluación del aprendizaje	54
Figura 4.1 Pagina inicio de sesión.....	58
Figura 4.2 Página principal usuario administrador.....	58
Figura 4.3 Barra menú administrador	59
Figura 4.4 Formulario registro profesor.	60
Figura 4.5 Página principal profesor.	60
Figura 4.6 Formulario registro alumno.....	61
Figura 4.7 Tabla administrativa de alumnos.	61
Figura 4.8 Formulario Temas.....	62

Figura 4.9 Tabla administrativa de subtemas.	63
Figura 4.10 Alumna de primer año probando el sistema.	64
Figura 4.11 Pagina inicio alumno.....	65
Figura 4.12 Sección de temas y subtemas.....	65
Figura 4.13 Apartado de ejercicios.	66
Figura 4.15 Resultado y retroalimentación de respuesta.	68
Figura 4.16 Alumnos probando el sistema.	69

Resumen

En la actualidad el avance de la tecnología trae consigo nuevos métodos de enseñanza que tienen como objetivo mejorar y agilizar los procesos de aprendizaje con la implementación de diversas herramientas tecnológicas. Esta evolución trae consigo el desarrollo de nuevas herramientas didácticas que ayudan a fortalecer la educación, entre éstas se tienen los Sistemas Tutores Inteligentes (STI).

Los sistemas tutores inteligentes son una herramienta que ayuda tanto a profesores y estudiantes como a aquellas personas que necesiten reforzar sus conocimientos. El uso de los STI para la enseñanza de matemáticas ayuda en la optimización del aprendizaje, así como a despertar el interés en los estudiantes.

El presente proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema tutor inteligente adaptativo para el apoyo al aprendizaje de expresiones algebraicas para alumnos de primer año de secundaria.

Abstract

Nowadays, the advance of technology brings with it new teaching methods that aim to improve and speed up learning processes with the implementation of various technological tools. This evolution brings with it the development of new didactic tools that help to strengthen education, among these are the Intelligent Tutoring Systems (ITS).

Intelligent tutoring systems are a tool that helps both teachers and students as well as those who need to reinforce their knowledge. The use of ITS for teaching mathematics helps to optimize learning, as well as to awaken the interest of students.

The present project aims to develop an adaptive intelligent tutor system to support the learning of algebraic expressions for first year high school students.

Introducción

En México el aprendizaje de las matemáticas se ve afectado por varios motivos, como lo son: el bajo rendimiento académico y las aptitudes negativas que presentan los alumnos durante el aprendizaje de éstas, lo que trae consigo dificultades para la comprensión de problemas matemáticos, así como inadecuadas estrategias para su solución.

Debido a los avances en las tecnologías de la información, las nuevas generaciones de estudiantes presentan nuevas necesidades en su educación, por lo que actualmente se requiere del diseño de entornos de aprendizaje centrados en el usuario que garanticen que las aplicaciones respondan a las necesidades y características particulares de cada estudiante y, por tanto, les facilite una experiencia de aprendizaje positiva. En este sentido, los Sistemas de Tutoría Inteligente ITS (del inglés Intelligent Tutoring System) imitan el estilo de enseñanza de un instructor brindando apoyo al estudiante durante la instrucción, evaluando la adquisición de conocimientos a lo largo del proceso educativo. Estos sistemas de aprendizaje digital son importantes para apoyar al estudiante en su proceso de aprendizaje promoviendo su interés y motivación; sin embargo, debido a que cada alumno presenta diferente grado de aprovechamiento y rasgos personales no es adecuado proporcionar los mismos contenidos para todos, ya que esto conlleva a la disminución de la motivación y el rendimiento académico.

El presente proyecto de tesis presenta el desarrollo de una aplicación para el apoyo del aprendizaje de expresiones matemáticas para alumnos de primer año de secundaria. El trabajo se compone de cinco capítulos: en el capítulo 1 se presentan los conceptos de mayor importancia que se encuentran en el marco teórico de la investigación, así como los objetivos y la justificación del proyecto; el capítulo 2 contiene el estado de la práctica en donde se presentan una serie de trabajos relacionados así como una tabla comparativa de estos, propuesta de solución, descripción de la misma y el análisis de las tecnologías de la información; el capítulo 3 contiene la aplicación de la metodología en donde se describen las actividades

realizadas para el desarrollo del proyecto; en el capítulo 4 se presentan los resultados obtenidos del desarrollo del proyecto y por último el capítulo 5 presenta las conclusiones obtenidas al implementar el presente proyecto de tesis.

Capítulo 1 Antecedentes

En el presente capítulo se describen distintos conceptos de relevancia para el desarrollo de este proyecto. Del mismo modo se describe la problemática a resolver, el objetivo general y específicos, así como la justificación del presente trabajo.

1.1 Marco teórico

A continuación, se describen los términos relacionados con el tema de investigación.

1.1.1 Educación asistida por computadora

La educación asistida por computadora (EAC) se comprende como una opción educativa o didáctica en la cual se utilizan recursos informáticos que están determinados para la enseñanza de ciertos contenidos. Se trata de la implementación de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) como lo son los sistemas de ejercitación y práctica, enciclopedias, tutores o libros electrónicos. Estos tienen como principal función el apoyar el aprendizaje de las unidades didácticas con el uso de herramientas interactivas y multimediales.

La EAC empezó al comienzo de los años 60 en los EEUU basada en los estudios del psicólogo norteamericano Burrhus Frederic Skinner quien investigó sobre los fundamentos de la enseñanza y el análisis del comportamiento verbal, del mismo modo desarrolló un mecanismo de condicionamiento operatorio, en el cual se moldea la conducta del humano a través de distintas acciones.

Los EAC tienen como fin la enseñanza de un aprendizaje eficaz, aportando con el uso de la tecnología a la educación que los alumnos tengan atención individual gracias a ésta [1].

1.1.2 Inteligencia Artificial

La Inteligencia Artificial (IA) surge de la combinación de algoritmos los cuales se crearon con el propósito de generar máquinas las cuales presentaran las mismas capacidades que los humanos.

La primera vez que se intentó definir el concepto de IA fue en el año 1950 y esta fue realizada por el matemático Alan Turing, quien se considera el padre de la computación. El argumento en el artículo “*Computing machinery and intelligence*”, menciona que, si una máquina tiene la capacidad de actuar como un humano, entonces se podría considerar como inteligente.

La IA presenta distintas aplicaciones entre las que se encuentran su uso para asistentes de voz como lo es Alexa de Amazon o Siri de Apple, en el caso de Google se utiliza en su buscador el cual es capaz de aprender conforme los usuarios lo utilizan, asimismo se usa para la traducción de información, para luchar contra el *spam* o los correos basura al definir ciertos objetos como tal. La IA también es capaz de ofrecer sugerencias y predicciones relacionadas con asuntos importantes de la vida como lo son: la salud, el bienestar, la educación, el trabajo y las relaciones interpersonales [2].

1.1.3 Sistemas tutores inteligentes

Los Sistemas Tutores Inteligentes (STI) son un software que tiene como objetivo proporcionar instrucción y retroalimentación personalizada a los estudiantes, esto sin la necesidad de que un profesor humano intervenga en todo momento. El objetivo principal de los STI es facilitar el aprendizaje para los alumnos con el uso de distintas tecnologías informáticas.

Los STI se utilizan tanto para la educación oficial, así como para situaciones profesionales en los cuales desempeña un trabajo donde se logra demostrar sus habilidades como herramienta para el aprendizaje, así como las limitaciones que presenta.

Los STI tienen la intención de resolver los problemas de la fuerte dependencia que presentan los alumnos hacia los profesores en la educación.

La constitución de los STI se conforma por cuatro módulos fundamentales los cuales son: modelo de dominio, modelo de enseñanza, modelo de estudiante e interfaces de usuario [9].

1.1.3.1 Modelo de dominio

Se encarga de la configuración del curso, estos contienen una variedad de partes, así como una división y subdivisión de temas. Estas partes se almacenan en el modelo de dominio junto con sus dependencias. Asimismo, todos los materiales y recursos necesarios para impartir la educación al estudiante se almacenan en este módulo.

1.1.3.2 Modelo de enseñanza

El modelo de enseñanza contiene todo el procedimiento de la toma de decisiones sobre la preparación y adaptación del curso. Este módulo se conoce como el motor de control, ya que es el encargado de controlar todo el sistema, administrando la entrada de las otras partes.

1.1.3.3 Modelo de estudiante

El modelo de estudiante proporciona al sistema toda la información requerida para que pueda adaptarse con el estudiante, esto quiere decir que este modelo se encarga de manejar la interacción del alumno con el sistema para que éste realice el proceso de adaptación de la enseñanza.

1.1.3.4 Interfaces de usuario

Las interfaces de usuario presentan dos secciones: una es dirigida al estudiante y otra hacia el profesor. La interfaz del estudiante tiene la función de transmitir todo lo relacionado a la enseñanza, cuya información cambiará con base al nivel de rendimiento que presenten los estudiantes. Por su parte, la interfaz del profesor tiene la función de organizar y ajustar el sistema y sus diferentes partes, con la intención de que se administren las nuevas lecciones, ajustar las establecidas y revisar los métodos de enseñanza [3].

1.1.4 Sistemas de aprendizaje adaptativo

Los sistemas de aprendizaje adaptativo se distinguen de los sistemas de aprendizaje tradicionales al ofrecer dinámicamente experiencias de aprendizaje personalizadas a los estudiantes de acuerdo con sus diferentes estados de conocimiento.

Los sistemas adaptativos recopilan y analizan los datos de comportamiento de los estudiantes, actualizan los perfiles de los alumnos y, en consecuencia, proporcionan retroalimentación oportuna y personalizada a cada estudiante [4].

1.1.5 Aprendizaje adaptativo inteligente

El aprendizaje adaptativo inteligente se define como el aprendizaje digital que sumerge a los estudiantes en entornos de aprendizaje modulares, donde las decisiones que un estudiante toma se registran, considerada en el contexto de la teoría del aprendizaje sólido y posteriormente utilizada para guiar las experiencias de aprendizaje del estudiante, ajustando el camino del estudiante a un ritmo adecuado en las lecciones y enviando datos al maestro del rendimiento del estudiante.

Este tipo de aprendizaje adapta la instrucción a las necesidades únicas, los entendimientos actuales y los intereses de cada estudiante, al mismo tiempo que garantiza que todas las respuestas se suscriban a una pedagogía sólida [5].

1.1.6 Aprendizaje

El aprendizaje es el proceso en donde se origina o cambia una actividad a través del cambio, perfección o control de un comportamiento, esto visto desde el punto de vista del aprendizaje como un proceso, en cambio si es visto como un producto, el aprendizaje se toma como el resultado de una experiencia o cambio que se acompaña de la práctica. Por otro lado, si el aprendizaje es visto como una función este sería el cambio que se origina con la interacción de la información (actividades, materiales y experiencias).

El aprendizaje visto desde el punto de vista didáctico hace referencia a la acción de adquirir información y conocimientos, de igual manera a la modificación de aptitudes, así como al enriquecimiento de las propias expectativas existentes y las capacidades operativas.

Con relación a lo anterior se toma al aprendizaje como el cambio relativamente permanente en la conducta con base a la práctica y experiencia [6].

1.1.6.1 Aprendizaje matemático

Las matemáticas crean un lenguaje simbólico en el que se expresan las situaciones problemas y sus soluciones a través de sistemas de símbolos que representan conceptos, de acuerdo a esto, el aprendizaje matemático se considera como el uso instrumental acertado de tales sistemas simbólicos a través de la racionalidad matemática.

El aprendizaje matemático también se describe como una herramienta que abre el horizonte de dicha racionalidad (matemática) fuera de los ámbitos de la lógica formal, al asumir una función comunicativa, que modifica al propio sujeto que utiliza el conocimiento y al entorno que se afecta de dicho conocimiento [7].

1.1.6.2 Aprendizaje matemático a nivel secundaria en México

La educación secundaria en México se divide en tres grados (1°, 2° y 3°), en los que se dividen los distintos temas que se ven en matemáticas de secundaria. Algunos de los objetivos que se buscan abarcar durante la educación secundaria se describen a continuación [8]:

1. Utilizar de manera flexible la estimación, el cálculo mental y el cálculo escrito en las operaciones con números enteros, fraccionarios y decimales positivos y negativos.
2. Perfeccionar las técnicas para calcular valores faltantes en problemas de proporcionalidad y cálculo de porcentajes.
3. Resolver problemas que impliquen el uso de ecuaciones hasta de segundo grado.
4. Modelar situaciones de variación lineal, cuadrática y de proporcionalidad inversa; y definir patrones mediante expresiones algebraicas.
5. Expresar e interpretar medidas con distintos tipos de unidad, y utilizar herramientas como el teorema de Pitágoras, la semejanza y las razones trigonométricas, para estimar y calcular longitudes.

Los conocimientos en matemáticas de los alumnos de secundaria a diferencia de los adquiridos a nivel primaria no presentan una facilidad instantánea de ver el problema y saber la respuesta, sino más bien en ocasiones se requiere del uso de herramientas externas para obtener el resultado correcto [8].

1.1.7 Rastreo de Conocimiento Bayesiana (*Bayesian Knowledge Tracing*)

El Rastreo de Conocimiento Bayesiano o BKT por sus siglas en inglés, se refiere a un algoritmo de inteligencia artificial el cual permite deducir el nivel que presenta un estudiante en su conocimiento sobre una habilidad gracias a la predicción de éste.

Para el uso del BKT se consideran 4 parámetros los cuales se describen a continuación:

- $P(\text{conocido})$: la probabilidad de que el estudiante ya conozca la habilidad.
- $P(\text{aprenderá})$: la probabilidad de que el estudiante aprenda la habilidad durante la práctica.
- $P(\text{desliz})$: la probabilidad de que el estudiante responda incorrectamente aun teniendo conocimiento de la habilidad.
- $P(\text{adivina})$: la probabilidad de que el estudiante responda correctamente sin conocer la habilidad.

Cada vez que el estudiante responde a una pregunta, el algoritmo BKT calcula $P(\text{aprendido})$, la probabilidad de que el estudiante haya aprendido la habilidad en la que se encuentra trabajando, utilizando los valores de estos parámetros [9], [10].

1.2 Planteamiento del problema

Debido a los avances en las tecnologías de la información, las nuevas generaciones de estudiantes presentan nuevas necesidades en su educación, por lo que actualmente se requiere el diseño de entornos de aprendizaje centrados en el usuario que garanticen que las aplicaciones responden a las necesidades y características particulares de cada estudiante y, por tanto, les facilite una experiencia de aprendizaje positiva.

En este sentido, los sistemas de tutoría inteligente (ITS) imitan el estilo de enseñanza de un instructor brindando apoyo al estudiante durante la instrucción, evaluando la adquisición de conocimientos a lo largo del proceso educativo. Estos sistemas de aprendizaje digital son importantes para apoyar al estudiante en su proceso de aprendizaje promoviendo su interés y motivación; sin embargo, debido a que cada alumno presenta diferente grado de aprovechamiento y rasgos personales no es adecuado proporcionar los mismos contenidos para todos, ya que esto conlleva a la disminución de la motivación y el rendimiento académico.

Los sistemas adaptativos de educación individualizan la instrucción de acuerdo con las necesidades y preferencias de los estudiantes. En general, los Sistemas Tutores Inteligentes Adaptativos (AITS, por sus siglas en inglés) brindan entornos de aprendizaje en los que toda la información relevante sobre los estudiantes se conserva y se usa para guiarlos, adaptándose de acuerdo a las necesidades particulares de cada uno. Las funciones de los AITS incluyen evaluar el conocimiento de los estudiantes, detectar sus errores y guiarlos para corregirlos.

Por otra parte, en México el bajo rendimiento académico y las actitudes negativas hacia las matemáticas son problemas persistentes entre los estudiantes lo que conduce a problemas en la comprensión de problemas y uso inadecuado de estrategias de solución. En atención a esta problemática se propone el desarrollo de un sistema tutor inteligente adaptativo que apoye el aprendizaje de solución de

expresiones algebraicas que ayude a mejorar el rendimiento académico en estudiantes de primero de secundaria.

1.3 Objetivo general y objetivos específicos

En esta sección se presenta el objetivo general y los objetivos específicos del presente proyecto de tesis.

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar una aplicación web para el apoyo al aprendizaje de expresiones algebraicas para alumnos de primer año de secundaria, a través de un sistema inteligente adaptativo.

1.3.2 Objetivos específicos

- 1 Analizar proyectos relacionados con el aprendizaje basados en sistemas inteligentes adaptativos para el estado de la práctica.
- 2 Analizar las características que debe tener un sistema inteligente adaptativo para la correcta definición del sistema.
- 3 Analizar las tecnologías más óptimas para el desarrollo del sistema.
- 4 Diseñar la arquitectura y prototipo del sistema para su desarrollo.
- 5 Desarrollar el sistema con base en las tecnologías y arquitectura seleccionadas.
- 6 Evaluar el sistema desarrollado mediante pruebas aplicadas a estudiantes de primer año de secundaria.

1.4 Justificación

El bajo desempeño que presentan los alumnos en la materia de matemáticas es causa de preocupación, ya que de acuerdo a la evaluación PISA aplicada en el año 2018 el 35% de los alumnos de tercero de secundaria en México no presentan el mínimo de competencia necesario para el estudio de matemáticas, este hecho afecta el correcto desarrollo educativo de los estudiantes.

Los sistemas tutores inteligentes (STI) son una herramienta que ayuda principalmente al profesor y estudiante, del mismo modo a aquellas personas que necesiten reforzar sus conocimientos. El uso de los STI para la enseñanza de matemáticas, ayuda en la optimización del aprendizaje, así como ayuda a despertar el interés en los estudiantes.

En este proyecto se propone que, mediante el uso de una aplicación basada en un sistema inteligente adaptativo, se genere una herramienta que ayude a mejorar el aprendizaje que presentan los alumnos en cuanto al aprendizaje de expresiones algebraicas.

Capítulo 2 Estado de la práctica

En la actualidad se están desarrollando distintas tecnologías de enseñanza los cuales tienen como objetivo mejorar la calidad de aprendizaje que obtienen los estudiantes, así como brindar una mayor facilidad de enseñanza para los profesores que imparten las clases.

A continuación, se presenta el resumen de los trabajos de investigación más importantes que tienen relación directa o indirecta y/o parcial o total con el proyecto propuesto.

2.1 Trabajos relacionados

En [9], se presentó un sistema inteligente de tutoría para comprender la teoría de computación, basado en lo que se logró en otros ITS (*Intelligent Tutoring System*), esto aplicado en una arquitectura la cual se conforma de lo siguiente: "Modelo de estudiante" el cual se encarga de administrar la información del estudiante, "Modelo de interfaz" con el trabajo de mostrar al estudiante los procedimientos para resolver los problemas presentados, "Modelo de dominio" el cual almacena el material de aprendizaje y "Modelo pedagógico" el cual actúa como instructor virtual encargándose de evaluar el desempeño del alumno. Con base en los resultados obtenidos por lección se estableció un porcentaje de aprendizaje que es utilizado para determinar si el alumno tiene que repasar todo lo visto durante la lección a modo de repaso esto en caso de que su porcentaje de aprendizaje sea menor a un 70%. Este ITS obtuvo un buen reconocimiento por su sencillez y su buena obtención de resultados.

Rocha G. et al [12] plantearon las posibilidades de mejora a la problemática del aprendizaje de las matemáticas y las negativas que se presentan a éstas con la ayuda del "Sistema Tutor Adaptativo" (STA) MyMathLab el cual tiene la posibilidad de configurar los temas y ejercicios que serán vistos por los alumnos. Asimismo este sistema permite que los profesores visualicen el rendimiento de los estudiantes los cuales tiene la posibilidad de avanzar a su propio ritmo. Con base en las pruebas realizadas durante la investigación y el uso de la escala AMMEC (aptitudes hacia las

matemáticas y hacia las matemáticas enseñadas por computadora) se logró saber el cambio que tuvieron los alumnos con respecto a su aceptación hacia las matemáticas.

Shamara et al [13] abordaron el problema de la dificultad de detectar la colaboración que presentan los alumnos al momento de trabajar en un entorno tecnológico, enfatizando que esto dificulta la evaluación de la colaboración de los estudiantes. Para esto se propuso la utilización de la causalidad de *Granger* para el análisis de las relaciones causales junto con el uso de un sistema tutor inteligente de fracciones, para el estudio de las relaciones entre los procesos cognitivos individuales y colaborativos que presentaban los estudiantes. Los resultados obtenidos indicaron que la correlación entre las distintas medidas como lo son: mirada, individuales y colaborativas pueden utilizarse en un sistema adaptativo.

En [14], se examinaron los elementos que conformaban a un Sistema de Tutoría Inteligente, esto con el fin de que determinados artículos pudieran ser identificados en distintas bases de datos con la frase clave “sistema de tutoría inteligente adaptativa”. Para esto se utilizaron métodos de meta síntesis. Los resultados obtenidos de esa meta síntesis indicaron que los STI se diseñaron principalmente para campos como la tecnología, matemáticas, entre otras ramas de la educación, así como que estos comparten cuatro módulos básicos los cuales son: conocimiento, estudiante, enseñanza e interfaz de usuario.

Ramírez-Noriega A. et al [15] mencionaron que la principal tarea que realiza un Sistema Inteligente de Tutoría es proporcionar el conocimiento necesario a los estudiantes, para esto el sistema tiene que presentar una correcta evaluación de los conocimientos aprendidos por los estudiantes. Para esto propuso un módulo de evaluación el cual se basó en redes bayesianas, para que con distintas pruebas se determinara el conocimiento del estudiante. Los resultados obtenidos con estas pruebas dieron a conocer que la implementación de redes bayesianas aumentó la precisión de la evaluación de los conocimientos obtenidos.

En [16], se abordó que los Sistemas Inteligentes de Tutoría son una tecnología que va en aumento y junto con eso su efectividad y eficiencia también ha mejorado. Por esto presentaron un STI para que los estudiantes aprendieran los conceptos básicos de matemáticas, principalmente para resaltar la importancia que tiene sumar y restar. Los resultados obtenidos demostraron que los estudiantes presentaron una mayor facilidad al momento de estudiar en el sistema, ya que el material y los ejercicios, así como los niveles de dificultad eran eficientes.

En [17], se estudiaron los resultados que se obtenían de la interacción con un sistema híbrido de tutoría inteligente el cual era la combinación de dos sistemas distintos: uno de estos un sistema tutor convencional y el otro un sistema de evaluación y aprendizaje en espacios de conocimiento ALEKS por sus siglas en inglés. El sistema resultante contó con una arquitectura basada en servicios, además de la utilización de diálogos de tutoría para que los problemas de álgebra mostrados pudieran tener una auto explicación para los alumnos. Los resultados que se lograron obtener con base en los usos de este sistema híbrido dieron como conclusión que el uso de distintos sistemas de tutoría adaptativos, forman en conjunto una mejora potencial para el aprendizaje.

En [5], tomaron la posición de que el aprendizaje adaptativo inteligente es como un aprendizaje digital el cual introduce a los estudiantes a un aprendizaje modular donde cada decisión tomada es registrada y utilizada para dar una mejor experiencia de aprendizaje para el alumno. Para esto se tomaron en cuenta características como: los intereses del alumno y el tiempo que utiliza para resolver un problema. Se llegó a la conclusión de que el Aprendizaje Adaptativo Inteligente es una herramienta de diagnóstico, así como un recurso de aprendizaje muy valioso para los maestros, estudiantes y padres.

El Fouki M. et al [18] abordaron que las plataformas de *e-learning* cada día adquieren más popularidad en las instituciones educativas, como las universidades abiertas y a distancia y los institutos de investigación, a pesar de esto presentan problemas que no se han resuelto, ejemplos de estos son que los profesores a distancia tienen dificultades para identificar de una manera correcta a sus alumnos, así como identificar

los comportamientos de estos. Por lo cual desarrollaron una estrategia de aprendizaje inteligente y adaptada basada en el sistema de recomendación, esto para ayudar a los profesores a tener un trabajo más eficiente.

En [4], se abordó que los sistemas de aprendizaje adaptativo se distinguen de los tradicionales al ofrecer una experiencia de aprendizaje personalizada a los estudiantes de acuerdo con sus diferentes estados de conocimiento. Para esto evaluaron la efectividad de un sistema de aprendizaje adaptativo, "Yixue Squirrel AI" (o Yixue), en el aprendizaje de inglés y matemáticas en la escuela secundaria. Los resultados sugieren que los estudiantes lograron un mejor rendimiento utilizando el sistema de aprendizaje adaptativo Yixue que otra plataforma de aprendizaje adaptativo, así como las clases impartidas por los profesores.

En [19] se abordó el uso de la inteligencia computacional para el desarrollo de lecciones adaptativas para aprendizaje a distancia. Para esto propusieron un método el cual produjo un modelo de decisión que imite la idea del diseñador, para el cual se utilizó un mecanismo inteligente basado en un sistema de enfoque simbólico, así como el uso de redes neuronales artificiales para la generación de lecciones adaptativas. Los resultados que obtuvieron mostraron que el enfoque abordado era prometedor para la generación de un aprendizaje adaptativo dinámico.

Sumak et al [20] abordaron la arquitectura, diseño y desarrollo de los Sistemas Autónomos Inteligentes y Adaptativos de *e-learning* los cuales se desarrollaron con la intención de mejorar la alfabetización en adolescentes, por esto realizaron una investigación en donde notaron la conexión que presentaban distintos campos interdisciplinarios como lo son las ciencias de la computación, inteligencia artificial, ciencias cognitivas y la alfabetización con campos relacionados a la educación. Como resultado mostraron las prácticas de diseño e implementación que presentaban los SAIAE, de igual manera obtuvieron una visión general de la arquitectura de sistema y base de datos, los actores y el flujo de los casos de uso que presentan los Sistemas Autónomos Inteligentes y Adaptativos de *e-learning*.

Beyyoudh et al [21] presentaron su enfoque sobre los STI basados en flujos de trabajo adaptativos. Para esto utilizaron flujos de trabajo para el proceso de aprendizaje y evaluación, esto con el objetivo de desarrollar un sistema en el cual combine un tutor inteligente para el procesado de enseñanza y un tutor humano encargado de llevar el control y seguimiento del aprendizaje del alumno. Asimismo, buscaron que el proceso de evaluación fuera menos estresante y más divertido mediante el uso de juegos pedagógicos durante el proceso de evaluación. Los resultados que obtuvieron de su enfoque propuesto mostraron algunas limitaciones en cuanto a las dependencias intrínsecas de los módulos de STI ya que las herramientas implementadas fueron limitadas y aun requieren de investigación, del mismo modo la implementación automática de un juego educativo en los cuestionarios no fue fácil de implementar, ya que requieren de mecanismos más avanzados de inteligencia artificial.

En [7] se abordó el impacto que presenta el entrenamiento de la atención selectiva en cuanto al aprendizaje de las matemáticas. Para ello se creó un objeto virtual con la intención de medir la atención selectiva, del mismo modo se validó un tutor inteligente el cual entrenó la atención selectiva para su posterior relación con el aprendizaje matemático. Los resultados obtenidos demostraron que un *test* virtual para medir la atención selectiva es igual de fiable que un test impreso, asimismo comprobaron que existía una diferencia significativa en cuanto al aprendizaje que tuvieron los alumnos que utilizaron el tutor inteligente con los que no lo utilizaron demostrando la eficiencia del uso del sistema.

Blanca et al [22] presentaron la propuesta de la implementación de un TC (Tutor cognitivo) semiautomatizado para la ayuda con el aprendizaje del álgebra, esto con el uso de estrategias de gamificación e interfaces tangibles, esto para la realización de una herramienta económica la cual pudiera ser accesible para el alcance de estudiantes como profesores. Los resultados mostrados en la primera fase identificaron las deficiencias que se presentaban en la comprensión de los problemas de álgebra, esto con base en una prueba realizada a 57 alumnos de los cuales la mayoría mostró problemas en el manejo de problemas algebraicos.

2.2 Análisis comparativo

La Tabla 2.1 presenta la comparación de la información de cada uno de los artículos descritos anteriormente con el objetivo de observar las similitudes y diferencias que estos presentan.

Tabla 2.1 Análisis comparativo de los artículos relacionados.

Art.	Problema	Contribución	Tecnología	Resultados
Al-Nakhal M [11]	La necesidad de un sistema de apoyo a la enseñanza de la teoría de la computación.	Desarrollo de un Sistema Inteligente de Tutoría para la enseñanza de la teoría de la computación.	Herramienta de creación ITSb.	Un sistema con un diseño simple, el cual dio como resultado que los estudiantes comprendieran de manera fácil las lecciones.
Rocha G. et al. [12]	El bajo rendimiento y aptitudes negativas en el aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de universidad en México.	Demostró la efectividad que se logra obtener en el aprendizaje gracias al uso de un STIA.	Sistema Tutor Adaptativo MyMathLab	Mayor desarrollo de competencias matemáticas en los alumnos. Mejora en la aptitud hacia el aprendizaje por computadora de las matemáticas.

Tabla 2.1 Análisis comparativo de los artículos relacionados. (continuación)

Art.	Problema	Contribución	Tecnología	Resultados
Shamara et al. [13]	La necesidad de encontrar la relación causal entre los procesos cognitivos individuales y colaborativos.	Implementación de seguimiento ocular para la mejora en la comprensión del aprendizaje colaborativo apoyado por computadora.	Sistema Tutor Inteligente de fracciones.	Se descubrió que los patrones de mirada colaborativa impulsan el enfoque individual.
Erümit A. et al. [14]	Necesidad de definir los elementos de adaptación y los elementos del Sistema de Tutoría Inteligente (STI) utilizados en los Sistemas de Tutoría Inteligente Adaptativa (STIA).	Metasíntesis de los artículos identificados con la frase clave "sistema de tutoría inteligente adaptativa".	Bases de datos " <i>Web of Science</i> ", " <i>Scimedirect</i> ", " <i>ERIC</i> " y " <i>Google Scholar</i> "	Se llegó a la conclusión de que los sistemas evaluados fueron diseñados para el uso efectivo de la tecnología en la provisión de entornos de aprendizaje atractivos y de calidad.

Tabla 2.1 Análisis comparativo de los artículos relacionados. (continuación)

Art.	Problema	Contribución	Tecnología	Resultados
Ramírez-Noriega A. et al. [15]	Necesidad de medir el nivel de conocimiento de un estudiante al usar un STI.	Módulo de evaluación basado en red bayesiana.	Red bayesiana. Sistema inteligente de tutoría.	El uso de red bayesiana proporciona mayor precisión de diagnóstico.
Abueloun N et al. [16]	Necesidad de herramientas que apoyen el aprendizaje de conceptos básicos de matemáticas.	Sistema Inteligente de Tutoría para ayudar a estudiantes en la comprensión de temas básicos de las matemáticas.	Herramienta de creación ITSB.	Mayor facilidad de estudio para alumnos. Mayor eficiencia en material y ejercicios para el aprendizaje
Nye et al. [17]	Conocer el nivel de aprendizaje y las percepciones de los usuarios a partir del uso de un sistema híbrido de tutoría inteligente.	Se encontró que la asignación de condiciones experimentales y de control no muestran diferencias significativas en las ganancias de aprendizaje.	<i>AutoTutor conversational tutoring system. Assessment and Learning in Knowledge Spaces (ALEKS) adaptive learning system for mathematics.</i>	La integración de múltiples sistemas de tutoría adaptativa con estructuras complementarias muestra cierto potencial para mejorar el aprendizaje.

Tabla 2.1 Análisis comparativo de los artículos relacionados. (continuación)

Art.	Problema	Contribución	Tecnología	Resultados
<p>BreamBox Learning I [5]</p>	<p>Desconoci mi-ento del nivel de eficiencia del aprendizaje adaptativo inteligente.</p>	<p>Proporcionó un contexto en donde demostró el rol que desempeña el SAAI en el aumento del rendimiento académico de los estudiantes.</p>	<p>Sistema de Aprendizaje Adaptativo Inteligente (AAI).</p>	<p>Demostró el valor de los sistemas AAI. Confirmó que los sistemas AAI pueden ser utilizados como una herramienta de diagnóstico, un recurso de aprendizaje y una fuente de datos valiosos para el maestro, el estudiante y los padres.</p>
<p>El Fouki M. et al. [18]</p>	<p>La dificultad que presentan los profesores a distancia para identificar las cualidades y aptitudes de sus alumnos al no verlos en persona.</p>	<p>Los resultados obtenidos servirán como medida para realizar correcciones en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.</p>	<p>Base de datos multidimensional. Modelo basado en <i>Deep Neural Network</i> (DNN).</p>	<p>Muestra que el análisis profundo de los componentes principales y el aprendizaje por refuerzo podría aumentar el rendimiento de predicción de un algoritmo de red neuronal profunda.</p>

Tabla 2.1 Análisis comparativo de los artículos relacionados. (continuación)

Art.	Problema	Contribución	Tecnología	Resultados
Wei-Cui et al. [4]	Falta de una herramienta para evaluar la efectividad de un sistema de aprendizaje adaptativo. Evaluar la efectividad del sistema de aprendizaje adaptativo "Yixue Squirrel AI" en el aprendizaje de inglés y matemáticas en secundaria.	Demostraron la efectividad del programa en las materias de matemáticas e inglés.	Yixue Squirrel AI	Mayores ganancias de aprendizaje en las materias de inglés y matemáticas con Yixue en comparación con una clase en aula convencional.
Seridi et al. [19]	La deficiencia de precisión de las estrategias pedagógicas con el uso de técnicas de hipermedia tradicional.	El uso de inteligencia computacional para el desarrollo de lecciones adaptativas para un entorno a distancia.	Algoritmo "BackPropagation"	Los estudios realizados muestran que el enfoque es prometedor para la construcción de un aprendizaje adaptativo dinámico.

Tabla 2.1 Análisis comparativo de los artículos relacionados. (continuación)

Art.	Problema	Contribución	Tecnología	Resultados
Sumak et al. [20]	Arquitectura y diseño de un AIAES para la mejora de la alfabetización informacional de los adolescentes.	Prácticas de diseño e implantación de un Sistema Autónomo inteligente y adaptativo de <i>e-learning</i> (AIAES).	Sistema Autónomo inteligente y adaptativo de <i>e-learning</i> (AIAES)	Implementación del Sistema Autónomo inteligente y adaptativo de <i>e-learning</i> (AIAES) sobre el caso del aprendizaje de alfabetización informacional.
Beyyoudh et al. [21]	Los sistemas de tutoría inteligente basados en flujos de trabajo adaptativos.	Su enfoque presentado abrió varias perspectivas de investigación, relacionadas con los mecanismos de implementación del modelo propuesto.	Sistema de tutoría inteligente.	Su enfoque presenta algunas limitaciones relacionadas con las dependencias entre los módulos de STI. Las herramientas que pueden ser implementadas son limitadas y no cuentan con suficiente investigación.

Tabla 2.1 Análisis comparativo de los artículos relacionados. (continuación)

Art.	Problema	Contribución	Tecnología	Resultados
Gutiérrez Muñoz [7]	El impacto que presenta el entrenamiento de la atención selectiva sobre el aprendizaje matemático.	Se creó un objeto virtual para medir la atención selectiva, así como el desarrollo de un tutor inteligente para entrenar la atención selectiva.	Tutor inteligente.	Se validó que la eficacia de un test virtual es igual de efectivo que uno impreso. Se validó que con el uso de un tutor inteligente se logra una mayor eficacia en la atención selectiva.
Blanca et al. [22]	Los problemas que presentan los estudiantes para el aprendizaje del área de matemáticas.	Identificación de las deficiencias que presentaban los alumnos para el aprendizaje del álgebra.	Tutor cognitivo. Sistema Tutor Inteligente. Matlab versión 2009.	Se lograron detectar algunas de las áreas de la deficiencia de comprensión del álgebra.

Con base a la tabla anterior, al realizar el análisis comparativo de los trabajos citados se identificó la importancia que presentan los sistemas tutores inteligentes/adaptativos al momento de mejorar el aprendizaje que obtienen los alumnos y como su uso es una gran solución para resolver el problema que presentan los estudiantes para el aprendizaje de distintas materias, sin embargo no se encontró un STA enfocado al

área de matemáticas a nivel secundaria, por lo que en este trabajo se propone el desarrollo de un STI específicamente dirigido al aprendizaje del álgebra en primer año de secundaria.

2.3 Propuesta de solución

En esta sección se presenta la descripción de la propuesta seleccionada para la resolución de la problemática planteada la cual consiste en un Sistema Inteligente Adaptativo para apoyo al aprendizaje de expresiones algebraicas en primer año de secundaria.

En la Tabla 2.2 se presenta la combinación de tecnologías de la información necesarias para el desarrollo de la solución propuesta.

Tabla 2.2 Combinación de tecnologías

Lenguaje de programación	IDE	Sistema gestor de base de datos	Marco de trabajo	Metodología
Python + HTML5	Visual Studio Code	PostgreSQL	Flask	<i>eXtreme Programming</i>

A continuación, se describen las tecnologías de la información presentadas en la Tabla 2.2.

2.3.1 Python

Python es un lenguaje de programación el cual es interpretado, con tipado dinámico, multiplataforma y orientado a objetos, el cual se creó por Guido van Rossum a principios de los años 90.

Python es un lenguaje el cual presenta una codificación limpia, esto debido a que depende del uso de sangrías, esto quiere decir que los bloques se ven afectados por los espacios que contiene las líneas, por esto si no se encuentra estructurado de manera correcta el código no será ejecutado.

Python tiene una gran y extensiva biblioteca de funciones estándar, las cuales se encuentran disponibles libremente en código fuente y forma binaria para la mayoría de plataformas desde el sitio oficial de Python, del mismo modo Python es fácilmente extensible con funciones y tipos de datos implementados en C o C++ (u otros lenguajes que se llamen desde C) también es un lenguaje que sirve para extender aplicaciones modificables [23].

2.3.3 HTML5

HTML (Lenguaje de Marcas de Hipertexto, del inglés *HyperText Markup Language*) es el componente más básico de la Web. Define el significado y la estructura del contenido web. Con HTML, generalmente se utilizan otras tecnologías la cuales tiene como función el definir la apariencia/presentación de una página web (CSS) o la funcionalidad/comportamiento (JavaScript).

HTML es un lenguaje de marcación de elementos el cual se utiliza para la creación de documentos de Hipertexto, tiene como característica que es fácil de entender, lo cual hace que pueda ser utilizado por cualquier persona [24].

2.3.4 Visual Studio Code

Visual Studio Code es un editor de código fuente ligero el cual se ejecuta en el escritorio y se encuentra disponible para los sistemas Windows, macOS y Linux. Cuenta con un soporte incorporado para JavaScript, TypeScript y Node.js y cuenta con un ecosistema enriquecido de extensiones para otros lenguajes y tiempos de ejecución (como C++, C#, Java, Python, PHP, Go, .NET).

Visual Studio Code cuenta con soporte para operaciones de desarrollo como la depuración, la ejecución de tareas y el control de versiones. Tiene como objetivo proporcionar sólo las herramientas que un desarrollador necesita para un ciclo rápido de código-construcción-depuración [25].

2.3.5 PostgreSQL

PostgreSQL es un sistema de base de datos relacional de objetos de código abierto el cual utiliza y amplía el lenguaje SQL combinado con muchas características que almacenan y escalan con seguridad las cargas de trabajo de datos más complicadas. PostgreSQL fue creado en 1986 como parte del proyecto POSTGRES de la Universidad de California en Berkeley y cuenta con más de 35 años de desarrollo activo en la plataforma central.

PostgreSQL presenta un gran reconocimiento gracias a su arquitectura, su fiabilidad, la integridad de sus datos, robusto conjunto de características, extensibilidad y dedicación de la comunidad de código abierto detrás del software la cual ofrece constantemente soluciones innovadoras y de alto rendimiento. PostgreSQL se ejecuta en los principales sistemas operativos, es compatible con ACID (atomicidad, consistencia, aislamiento y durabilidad) desde 2001 y cuenta con complementos, como el popular extensor de bases de datos geoespaciales PostGIS [26].

2.3.6 eXtreme Programming

La Programación Extrema (XP) es un marco ágil de desarrollo de software el cual tiene como objetivo producir un software de mayor calidad, y una mayor calidad de vida para el equipo de desarrollo. XP es el marco ágil más específico en cuanto a las prácticas de ingeniería adecuadas para el desarrollo de software.

La programación extrema o eXtreme Programming (XP) nace en el año de 1996, cuando Kent Beck se incorporó al proyecto C3 para ayudar a mejorar el rendimiento del sistema de nómina de la corporación Chrysler. Kent Beck sintió la necesidad de mejorar la forma en que se organizaba el equipo y las prácticas que manejaban en su proceso de desarrollo de software, así que tomó las mejores prácticas que hasta ese

momento se estaban ocupando en la industria del desarrollo de software, y las unió para utilizarlas a un “nivel extremo”.

XP se compone de un ciclo de 4 fases las cuales son descritas a continuación:

Fase 1: planificación

Según la identificación de las historias de usuario, se priorizan y se descomponen en mini versiones. La planificación se revisa cada dos semanas aproximadamente.

Fase 2: diseño

En este paso se busca trabajar con un código sencillo, haciendo lo mínimo imprescindible para que funcione. Se obtendrá el prototipo.

Fase 3: codificación

Para la fase de codificación XP propone los siguientes puntos a considerar:

Disponibilidad del cliente

Uno de los requerimientos de XP es tener al cliente disponible durante todo el proyecto. No solamente como apoyo a los desarrolladores, sino formando parte del grupo de trabajo.

Uso de estándares

XP promueve la programación apoyada en estándares, de manera que sea fácilmente entendible por todo el equipo, y que facilite la recodificación.

Fase 4: pruebas

XP propone que se deben realizar pruebas automáticas continuamente. Al tratarse normalmente de proyectos a corto plazo, estas pruebas automatizadas y constantes son clave. [27].

Capítulo 3 Aplicación de la metodología

El presente capítulo describe el proceso desarrollado para la construcción del módulo de software el cual dará solución al problema planteado el cual sigue el proceso de desarrollo de la metodología de desarrollo XP.

3.1 Metodología de desarrollo

La metodología de desarrollo XP es un enfoque ágil para el desarrollo de software que se centra en la calidad, la comunicación constante y la capacidad de respuesta a los cambios en los requisitos del proyecto. XP se basa en una serie de prácticas y principios que promueven la colaboración efectiva entre los miembros del equipo y la entrega continua de software de alta calidad.

3.1.1 Fase de planeación

La planificación de este proyecto de investigación se realizó siguiendo los lineamientos propuestos por la metodología XP. Durante esta etapa, se recopiló información utilizando diversos instrumentos de investigación, como el análisis de documentos y la observación, con el fin de identificar los requisitos del proyecto.

3.1.1.1 Requisitos

Los requisitos son un punto fundamental en la fase de planeación ya que éstos permiten definir las actividades, servicios y características con los que debe contar el sistema, para que cumpla con las necesidades del usuario.

Requisitos funcionales

En la Tabla 3.1 se describen los requisitos para el apartado de acceso el cual realiza el proceso de autenticación.

Tabla 3.1 Requisitos de autenticación de usuario.

Identificador del R001 requerimiento	
Nombre del requerimiento	Autenticación de usuarios
Prioridad del requerimiento (Alta, Media, Baja)	Alta
Descripción del requerimiento	El módulo de la aplicación deberá contar con los apartados de texto para la inserción de la matrícula y contraseña de usuario, datos los cuales deben ser validados.

La Tabla 3.2 contiene los requisitos del apartado de gestión de usuarios.

Tabla 3.2 Requisitos gestión de usuarios.

Identificador del R002 requerimiento	
Nombre del requerimiento	Gestión de usuarios
Prioridad del requerimiento (Alta, Media, Baja)	Alta
Descripción del requerimiento	La aplicación deberá contar con un formulario para el registro de nuevos usuarios, así como la posibilidad de editar la información y eliminación de éstos.

En la Tabla 3.3 se encuentran los requisitos para el apartado de gestión de temas y subtemas, donde se registrarán, editarán y eliminarán temas y subtemas.

Tabla 3.3 Requisitos gestión temas y subtemas

Identificador del R003 requerimiento	
Nombre del requerimiento	Gestión de temas y subtemas
Prioridad del requerimiento (Alta, Media, Baja)	Alta
Descripción del requerimiento	La aplicación deberá contar con los formularios correspondientes para el registro de temas (el cual debe contener nombre y descripción) y subtemas (que debe contener nombre y descripción), así como la opción de modificar y eliminar éstos.

En la Tabla 3.4 se encuentran los requisitos para el apartado de gestión de ejemplos, los cuales deberán poder ser registrados, modificados y eliminados.

Tabla 3.4 Requisitos gestión de ejemplos

Identificador del R004 requerimiento	
Nombre del requerimiento	Gestión de ejemplos
Prioridad del requerimiento (Alta, Media, Baja)	Alta
Descripción del requerimiento	La aplicación deberá contar con los formularios correspondientes para el registro de ejemplos los cuales se conforman por un enunciado, una explicación, un grado de dificultad y un apartado para material de apoyo (Videos, PDF o imágenes).

En la Tabla 3.5 se encuentran los requisitos para el apartado de gestión de ejercicios, los cuales se deberán registrar, modificar y eliminar.

Tabla 3.5 Requisitos gestión de ejercicios.

Identificador del R005 requerimiento	
Nombre del requerimiento	Gestión de ejercicios
Prioridad del requerimiento (Alta, Media, Baja)	Alta
Descripción del requerimiento	La aplicación deberá contar con los formularios correspondientes para el registro de ejercicios los cuales se conforman por un enunciado, un grado de dificultad, un apartado para material de apoyo (Videos, PDF o imágenes) y una explicación de ayuda.

En la Tabla 3.6 se encuentran los requisitos para el apartado de consulta de historial de alumno, en el cual el profesor visualizara la información de las acciones realizadas por los alumnos.

Tabla 3.6 Requisitos consulta historial alumno.

Identificador del R006 requerimiento	
Nombre del requerimiento	Consulta de historial alumno
Prioridad del requerimiento (Alta, Media, Baja)	Alta
Descripción del requerimiento	La aplicación deberá contar con una tabla en donde se indiquen las actividades realizadas por el alumno tales como: información básica de alumno, actividades realizadas, calificación obtenida, día y hora de inicio de sesión.

En la Tabla 3.7 se encuentran los requisitos para el apartado de visualización de temas y subtemas en donde el usuario encontrara la información correspondiente.

Tabla 3.7 Requisitos visualización de temas y subtemas.

Identificador del R007 requerimiento	
Nombre del requerimiento	Visualización de temas y subtemas
Prioridad del requerimiento (Alta, Media, Baja)	Alta
Descripción del requerimiento	El usuario deberá visualizar los temas con toda su información correspondiente de una manera ordenada.

En la Tabla 3.8 se encuentran los requisitos para el apartado de visualización de ejemplos los cuales se mostraran al usuario en base al tema y subtema.

Tabla 3.8 Requisitos visualización de ejemplos.

Identificador del R008 requerimiento	
Nombre del requerimiento	Visualización de ejemplos
Prioridad del requerimiento (Alta, Media, Baja)	Alta
Descripción del requerimiento	El usuario deberá visualizar los temas con toda su información correspondiente de una manera ordenada para la correcta comprensión del ejemplo mostrado.

En la Tabla 3.9 se encuentran los requisitos para el apartado de resolución de ejercicios los cuales el usuario deberá contestar ya sea seleccionando la respuesta correcta o introduciendo ésta.

Tabla 3.9 Requisitos resolución de problemas.

Identificador del R009 requerimiento	
Nombre del requerimiento	Resolución de ejercicios
Prioridad del requerimiento (Alta, Media, Baja)	Alta
Descripción del requerimiento	El usuario deberá responder al ejercicio planteado de acuerdo al tipo de opción de respuesta requerido (opción múltiple o respuesta abierta), en caso de que la respuesta sea incorrecta se mostrará un mensaje y se dará la opción de mostrar una explicación de ayuda.

En la Tabla 3.10 se encuentran los requisitos para el apartado del registro de actividades en el historial en donde se almacenarán las acciones realizadas por el usuario en su historial.

Tabla 3.10 Requisitos registro de actividades en historial.

Identificador del R010 requerimiento	
Nombre del requerimiento	Registro de actividades en historial
Prioridad del requerimiento (Alta, Media, Baja)	Alta
Descripción del requerimiento	Después de que el usuario realice alguna acción en la plataforma ésta deberá almacenarse en el

historial para mantener el registro el cual podrá ser consultado posteriormente.

En la Tabla 3.11 se encuentran los requisitos para el apartado de cálculo de aprendizaje donde después de que el usuario realice los ejercicios correspondientes se podrá calcular su calificación.

Tabla 3.11 Requisitos cálculo de aprendizaje.

Identificador del R011 requerimiento	
Nombre del requerimiento	Cálculo del aprendizaje
Prioridad del requerimiento (Alta, Media, Baja)	Alta
Descripción del requerimiento	El sistema deberá de realizar un cálculo de calificación al momento en que el alumno realice los ejercicios correspondientes.

Requisitos no funcionales

La siguiente sección presenta los requisitos no funcionales que se tendrán en cuenta en el desarrollo del módulo de software.

La Tabla 3.12, enumera los requisitos no funcionales que el diseño de la interfaz de la página de temas, subtemas, ejemplos y ejercicios debe cumplir.

Tabla 3.12 Requisito no funcional de diseño de la interfaz de temas, subtemas, ejemplos y ejercicios.

Identificador del RN01 requerimiento	
Nombre del requerimiento	Diseño de interfaz autenticación de temas, subtemas, ejemplos y ejercicios.
Prioridad del requerimiento (Alta, Media, Baja)	Media
Descripción del requerimiento	<ul style="list-style-type: none"> • La información se mostrará de manera clara, precisa y accesible. • Los iconos se muestran de un tamaño y color adecuado para que sean reconocibles y legibles.

3.1.1.2 Cronograma de actividades

Para la planificación de las actividades, se utilizó el gráfico de Gantt, el cual permite programar y organizar tareas en un período de tiempo específico. Esto facilita el seguimiento y control detallado del progreso de las actividades mencionadas.

La Figura 3.1 exhibe la planificación detallada creada para llevar a cabo este proyecto, con el propósito de gestionar y distribuir adecuadamente el tiempo asignado para su ejecución.



Figura 3.1 Cronograma de actividades propuesto

3.1.2 Fase de diseño

La etapa de diseño ocupa un papel crucial en el modelo de XP, ya que es durante este período donde se lleva a cabo la identificación de las funciones y el rendimiento del software, así como la definición de la comunicación que mantendrá con otros elementos del proyecto. Además, en esta fase se concreta la planificación del proyecto, que engloba diversos subprocesos como la creación de diagramas UML (Lenguaje de Modelado Unificado), la definición de la arquitectura del software y la elaboración de prototipos de la interfaz de usuario para la maquetación del software.

3.1.2.1 Diagramas UML

Los diagramas de casos de uso describen de forma gráfica la interacción que tendrán los diferentes usuarios con la aplicación, así como los proceso que realizará la aplicación.

En la Figura 3.2 se muestran las funciones correspondientes al usuario “Admin” las cuales son: ingresar al sistema, administrar a los alumnos, profesores, grupos y realizar consultas.

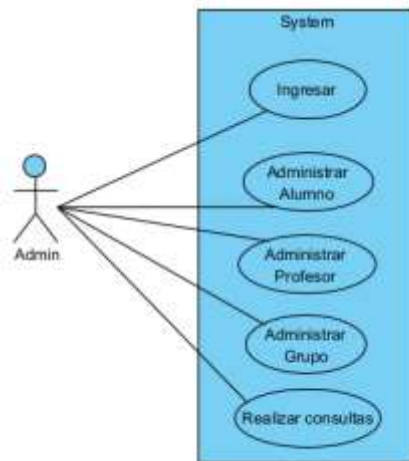


Figura 3.2 Diagrama de casos de uso Administrador.

En la Figura 3.3 se muestran las funciones correspondientes al usuario “Profesor” las cuales son: ingresar al sistema, generar reportes referentes a alumnos, es el encargado de administrar los temas y subtemas y consultar el historial de los alumnos a su cargo.

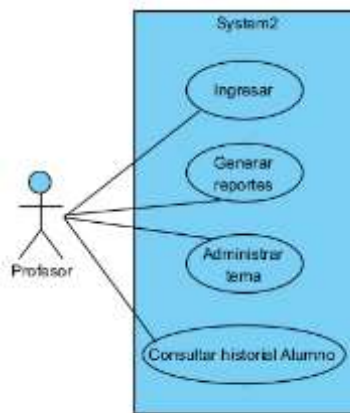


Figura 3.3 Diagrama de casos de uso Profesor.

En la Figura 3.4 se muestran las funciones correspondientes al usuario “Alumno” las cuales son: ingresar al sistema, visualizar lo temas y subtemas, visualizar ejemplos, resolver ejercicios y consultar su historial.

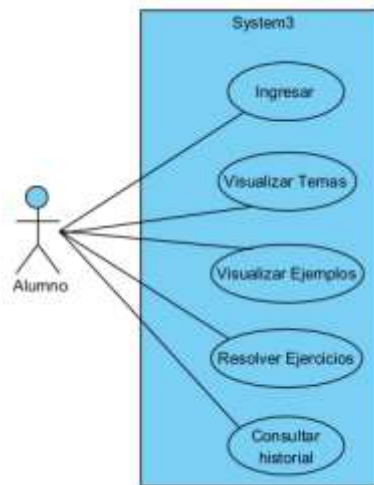


Figura 3.4 Diagrama de casos de uso Alumno.

3.1.2.2 Arquitectura del módulo

En esta sección se presenta la arquitectura para el desarrollo de un sistema inteligente adaptativo para el apoyo del aprendizaje de expresiones algebraicas. Es una arquitectura en capas, las cuales contienen módulos que interactúan entre sí para el correcto funcionamiento del sistema. La Figura 3.5 muestra un diagrama general de la arquitectura propuesta cuyos componentes son descritos a continuación.

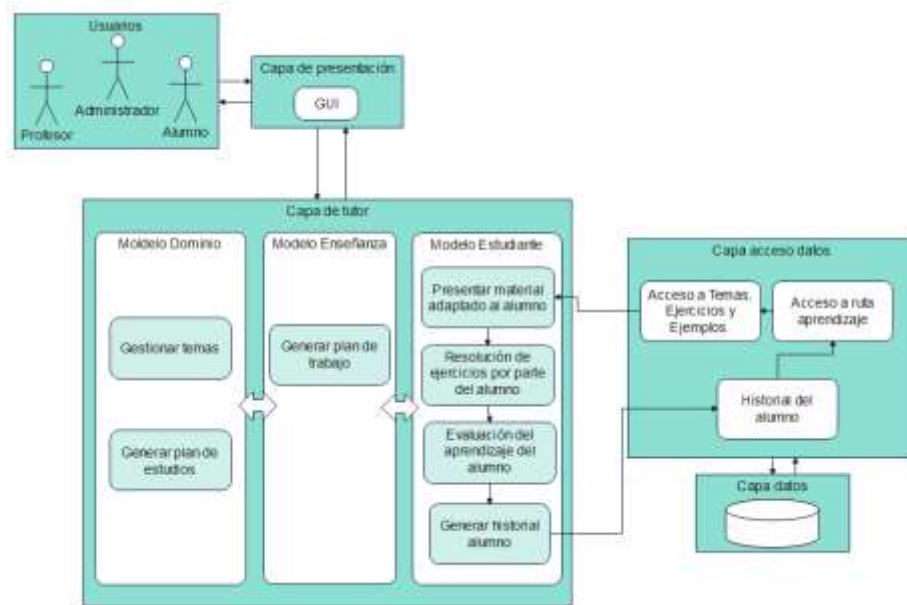


Figura 3.5 Arquitectura del sistema inteligente adaptativo para el apoyo del aprendizaje de expresiones algebraicas.

Capa de presentación: la capa de presentación es la encargada de la interfaz gráfica de usuario donde se llevará a cabo la interacción con los diferentes tipos de usuario.

- El Administrador, que tiene la función de gestionar a profesores, alumnos y grupos.
- El Profesor, encargado de gestionar los temas, el plan de estudios y el plan de trabajo, así como la administración del historial de los alumnos.
- El Alumno, quien podrá visualizar los temas, los ejemplos y realizar los ejercicios para su posterior evaluación.

Capa de tutor: en esta capa se encuentran los modelos que conforman el sistema tutor adaptativo, los cuales controlan las distintas funciones de los usuarios. Estos modelos son:

- *Modelo dominio:* en este módulo se gestiona toda la información de los temas, en el cual el profesor ingresa el material didáctico que es presentado a los

alumnos, y con este material genera el plan de trabajo programado para el aprendizaje de cada tema.

- Los temas considerados en aprendizaje de expresiones algebraicas de primer año de secundaria son: traducción de lenguaje común a lenguaje algebraico, identificación y representación de expresiones algebraicas, resolución de ecuaciones de la forma $ax + b = c$ y resolución de ecuaciones de la forma $ax + b = cx + d$.
- *Modelo enseñanza*: este modelo contempla los ejemplos y ejercicios que de una manera secuencial se presentarán al estudiante para apoyarle con el aprendizaje de los temas. El profesor es el encargado de la selección y definición del plan de trabajo, con el cual establecerá el cómo y cuándo se mostrará el material seleccionado a los alumnos. Se consideraron ejercicios con los cuales se pueden identificar los principales errores que se presentan en el manejo de expresiones algebraicas como son: términos erróneos para referirse a una variable o acción algebraica, identificación errónea de coeficientes y literales, aplicación incorrecta de las propiedades opuestas a suma, resta, multiplicación y división.
- *Modelo estudiante*: en este modelo se lleva el control del avance del alumno a través de su historial, el cual servirá para controlar los temas que ya estudió y aprobó, así como los que faltan por lograr. Basado en este modelo el sistema presenta al estudiante los temas, ejemplos y ejercicios adaptados a la necesidad de acuerdo al historial de ejercicios realizados, tomando en cuenta el proceso de evaluación del aprendizaje.

Capa acceso datos: Esta capa da acceso a la información de las distintas fuentes de datos (Ruta de aprendizaje, temas, ejercicios y ejemplos).

Capa de datos: Representa los datos que dan servicio a las capas superiores.

3.1.2.3 Diseño base de datos

En la Figura 3.6 se muestra el diagrama en el que se encuentra representada la estructura de la base de datos en donde se muestra las tablas que la componen, así como la relación entre éstas.

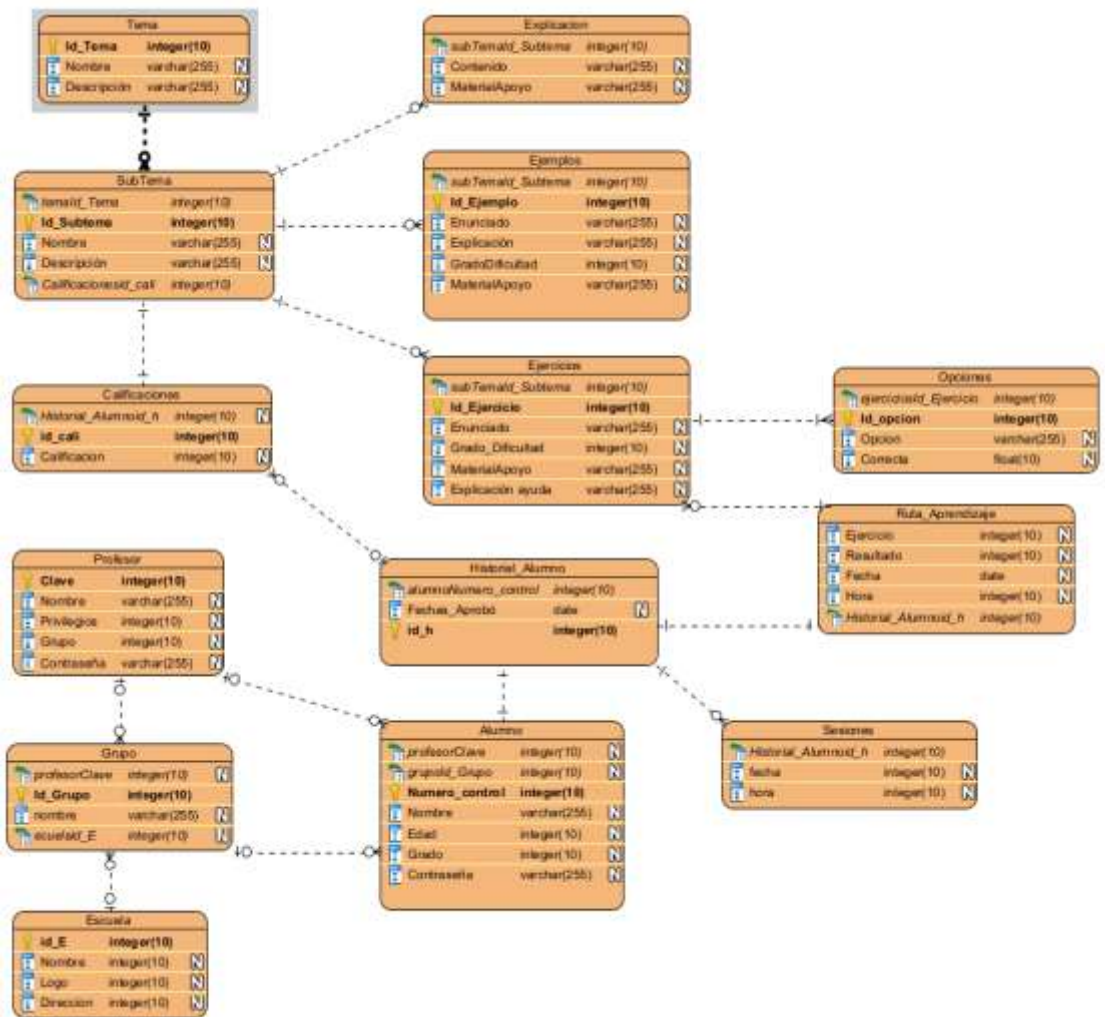


Figura 3.6 Diagrama Base de datos

3.1.2.4 Maquetación del módulo

La maquetación del módulo se llevó a cabo utilizando *mockups*, que son representaciones visuales que muestran al cliente cómo se verá el diseño de la aplicación. Un *mockup* permite visualizar tanto la estructura de la aplicación como su apariencia.

Autenticación

La Figura 3.7 muestra la estructura de cómo se presenta el apartado de inicio de sesión el cual cuenta con dos apartados uno para el usuario y otro para la contraseña.

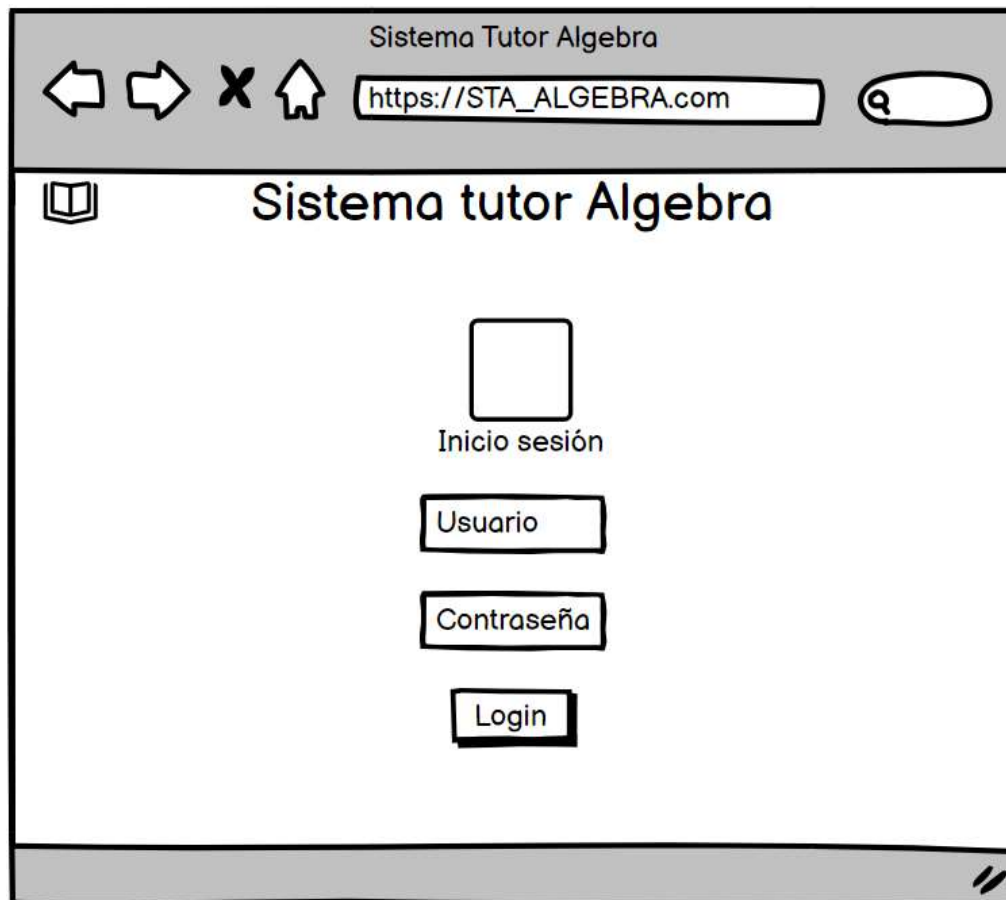
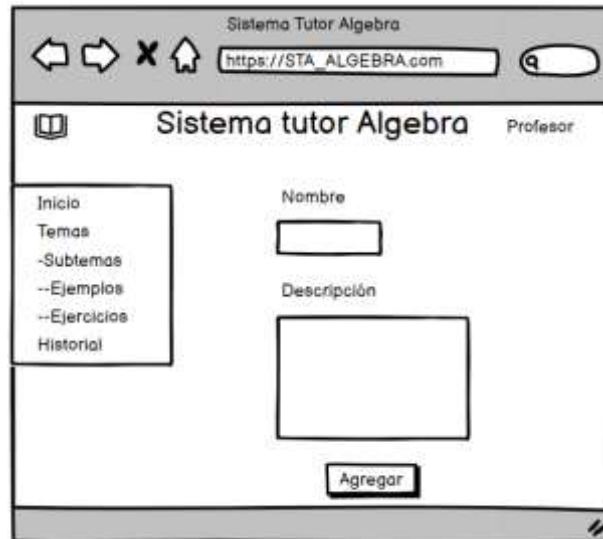


Figura 3.7 Mockup de la ventana de inicio sesión.

Gestión de material

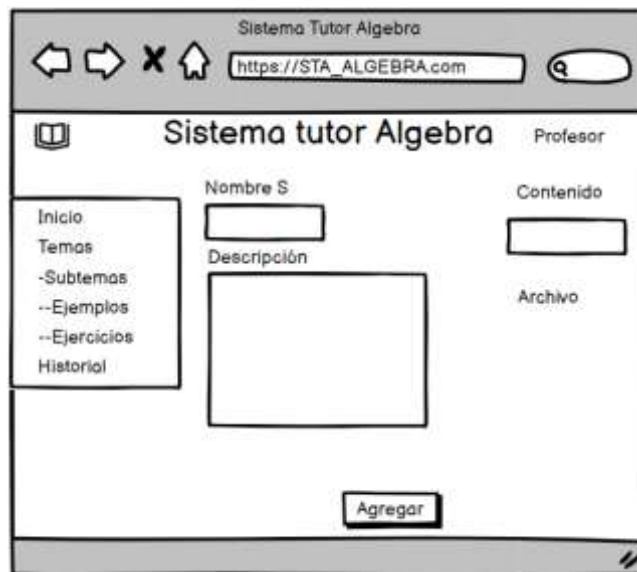
En la Figura 3.8 se presenta el formulario para agregar un tema en el cual se ingresara la información solicitada para agregar el tema.



The mockup shows a web browser window titled 'Sistema Tutor Algebra' with the URL 'https://STA_ALGEBRA.com'. The page header includes a book icon, the title 'Sistema tutor Algebra', and the role 'Profesor'. A sidebar on the left contains a menu with the following items: Inicio, Temas, -Subtemas, --Ejemplos, --Ejercicios, and Historial. The main content area features a form with the following fields: 'Nombre' (a single-line text input), 'Descripción' (a multi-line text area), and an 'Agregar' button at the bottom center.

Figura 3.8 *Mockup* de la ventana de formulario agregar tema.

En la Figura 3.9 se presenta el formulario para agregar un subtema en el cual se ingresara la información solicitada para que el subtema se agregue.



The mockup shows a web browser window titled 'Sistema Tutor Algebra' with the URL 'https://STA_ALGEBRA.com'. The page header includes a book icon, the title 'Sistema tutor Algebra', and the role 'Profesor'. A sidebar on the left contains a menu with the following items: Inicio, Temas, -Subtemas, --Ejemplos, --Ejercicios, and Historial. The main content area features a form with the following fields: 'Nombre S' (a single-line text input), 'Descripción' (a multi-line text area), 'Contenido' (a single-line text input), and 'Archivo' (a label). An 'Agregar' button is located at the bottom center.

Figura 3.9 *Mockup* de la ventana de formulario agregar subtema.

Gestión ejemplos

En la Figura 3.10 se presenta el formulario para agregar un ejemplo en este se deberán llenar los apartados con su información correspondiente, así como una explicación de ayuda en caso de que el ejemplo lo requiera.

El mockup muestra una interfaz de usuario para el 'Sistema Tutor Algebra'. En la parte superior, hay una barra de navegación con botones de retroceso, avance, cerrar y inicio, y una barra de direcciones que muestra 'https://STA_ALGEBRA.com'. El título principal es 'Sistema tutor Algebra' con el rol 'Profesor' a la derecha. A la izquierda hay un menú con opciones: Inicio, Temas, -Subtemas, --Ejemplos, --Ejercicios y Historial. El formulario principal está dividido en tres secciones: 'Enunciado' con un campo de texto; 'Grado Dificultad' con un campo de texto; 'Tipo Archivo' con un campo de texto; 'Explicación' con un campo de texto grande; y 'Explicación Ayuda' con un campo de texto grande. Un botón 'Agregar' está ubicado al final del formulario.

Figura 3.10 *Mockup* de la ventana de formulario para agregar ejemplo.

Ejercicios

En la Figura 3.11 se presenta el formulario para agregar un ejercicio en el que se presentarán los apartados correspondientes para agregarlo, así como el apartado donde se agregará la respuesta correcta en la cual se podrá agregar una o más opciones dependiendo de la respuesta que se quiera obtener de dicho ejercicio.

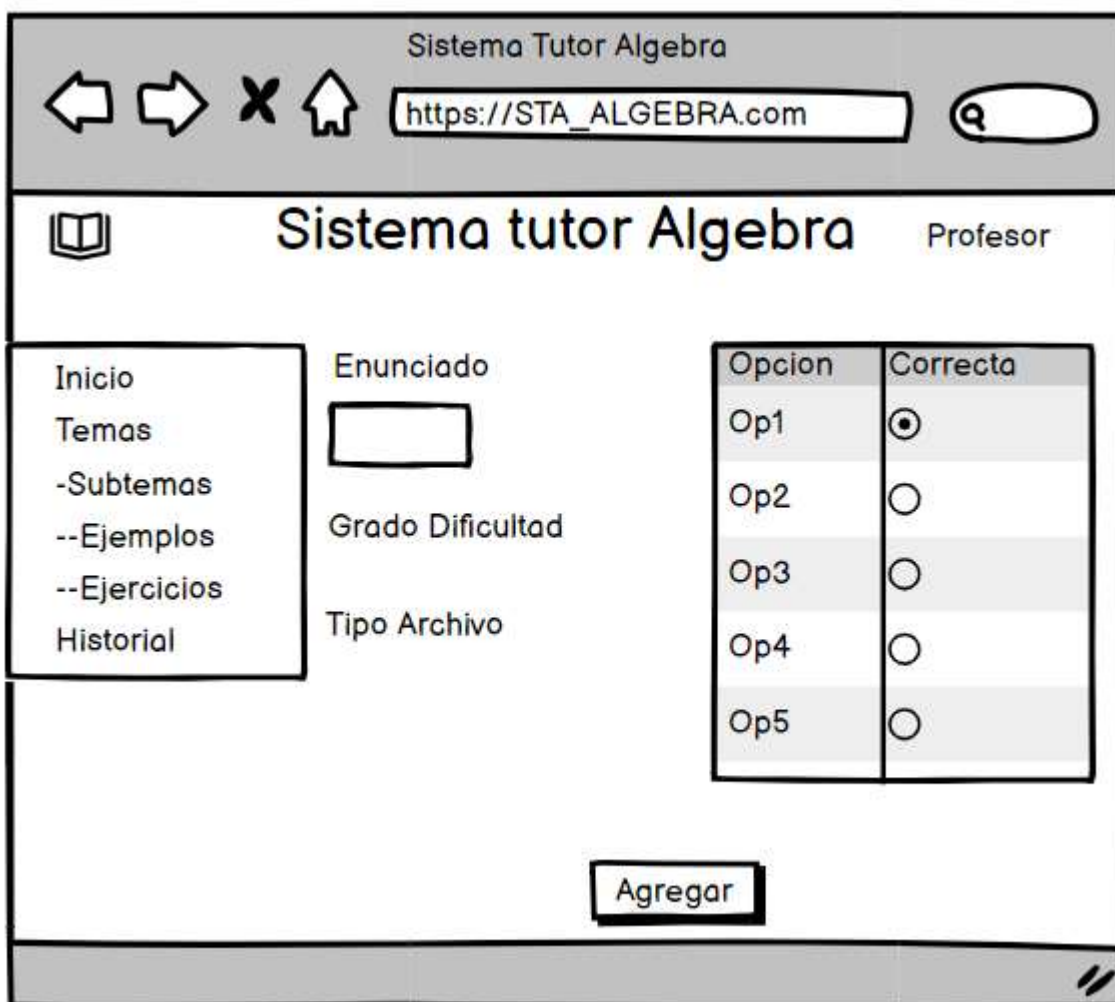


Figura 3.11 Mockup de la ventana de formulario para agregar ejercicio.

Historial

En la Figura 3.12 se presenta la tabla que contendrá la información correspondiente a la administración de alumnos en donde el usuario profesor visualizará la información de todos sus alumnos asignados, en donde también encontrará un apartado llamado “Detalle alumno” el cual al seleccionarlo lo enviará a la ventana mostrada en la Figura 3.16.

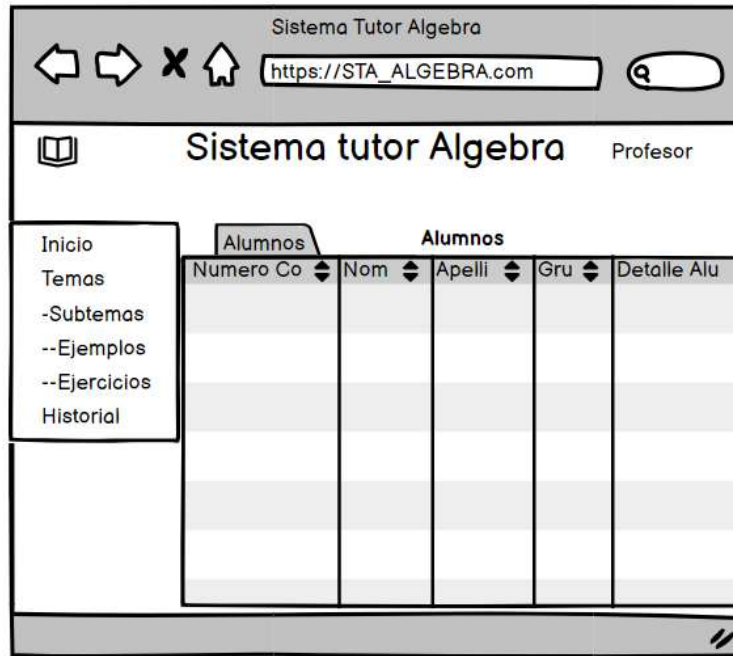


Figura 3.12 *Mockup* de la ventana de administración de alumnos.

La Figura 3.13 presenta la tabla con la información correspondiente al detalle del alumno donde se visualizará la información individual del historial del alumno.

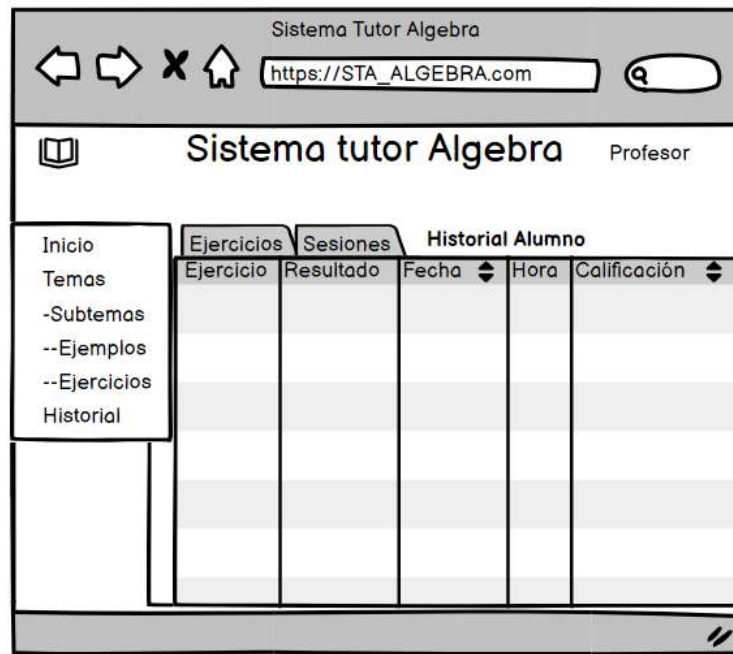


Figura 3.13 *Mockup* de la ventana de historial alumno (Profesor).

Visualización temas, subtemas, ejemplos y ejercicios

La Figura 3.14 muestra la estructura de cómo se presenta la información a los alumnos, de la cual destaca el título del tema y una explicación de éste.

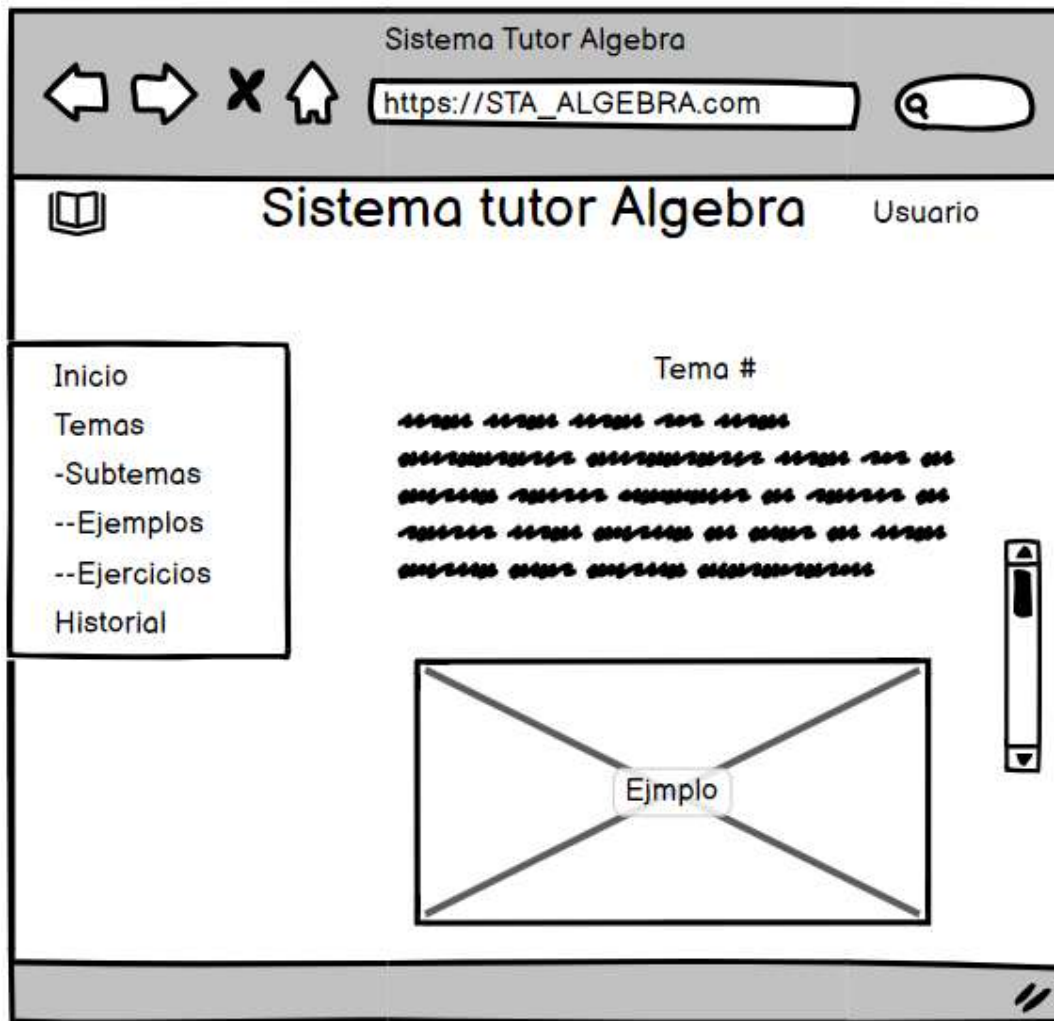


Figura 3.14 *Mockup* de la ventana de temas/subtemas.

En la Figura 3.15 se muestra la estructura que abarca la sección de ejemplos donde el estudiante visualizará un texto de explicación y una serie de pasos explicando cómo se resuelve.

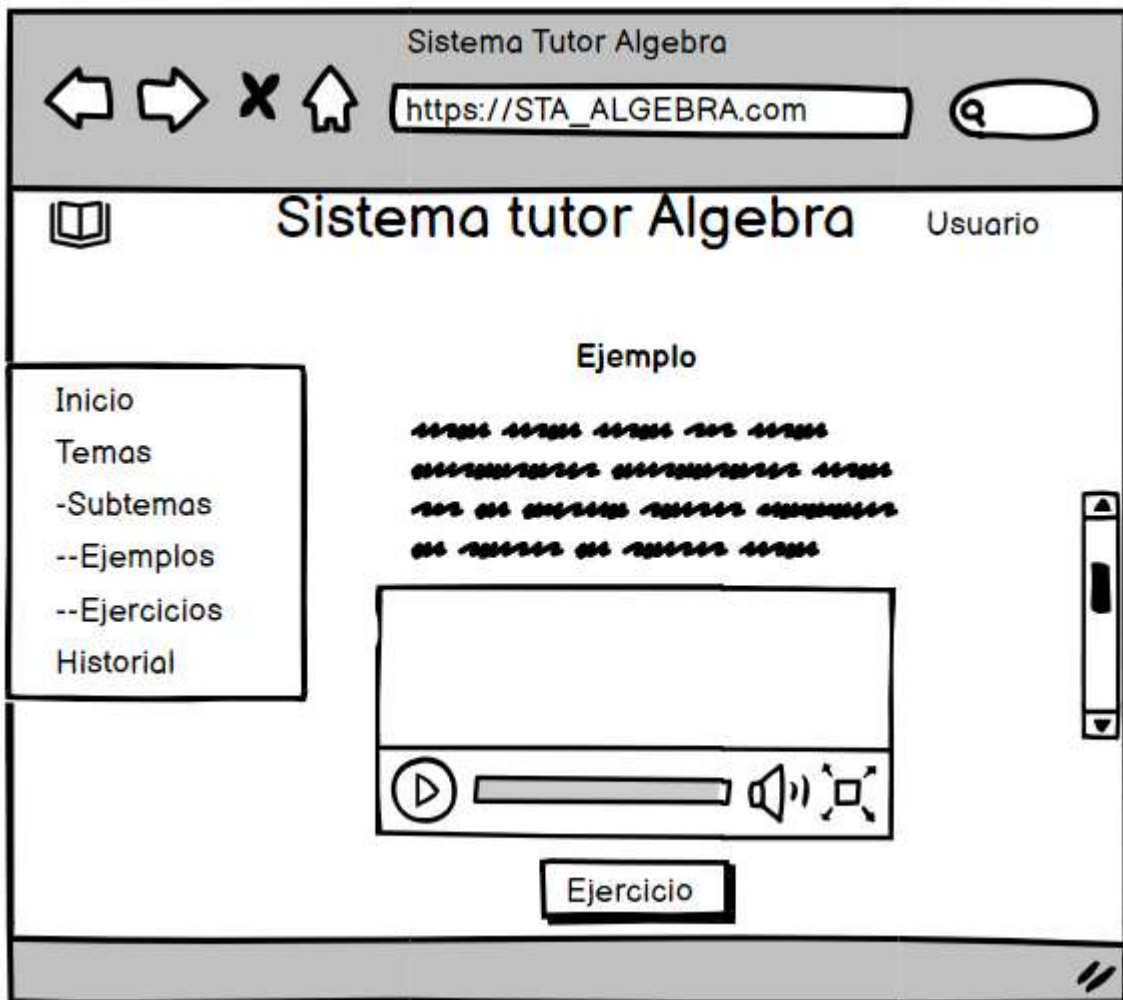


Figura 3.15 *Mockup* de la ventana de ejemplo.

Resultado ejercicios

En la Figura 3.16 se presenta la sección de ejercicios, la cual está conformada por el enunciado del ejercicio que realizará el estudiante, las opciones de respuesta del ejercicio (considerandos reactivos de opción múltiple, falso-verdadero y respuesta directa) y un enlace a la ayuda en caso de que la necesite.

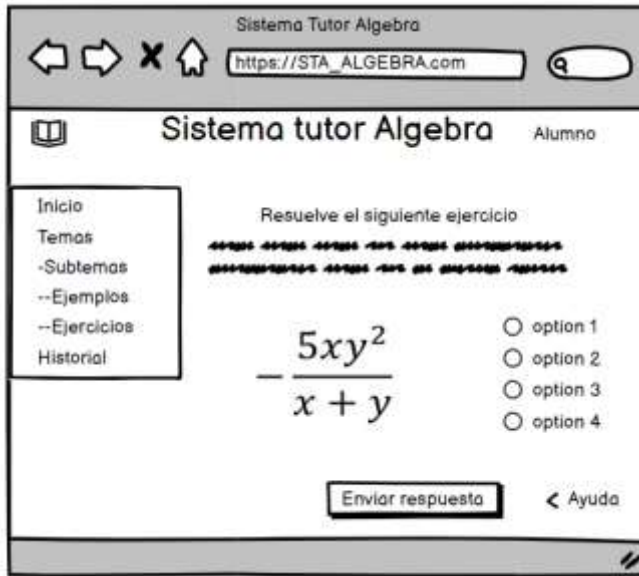


Figura 3.16 Mockup de la ventana de ejercicios.

En la Figura 3.17 se presenta la notificación correspondiente a respuestas correctas donde se mostrará un mensaje de felicitación y la opción de continuar.

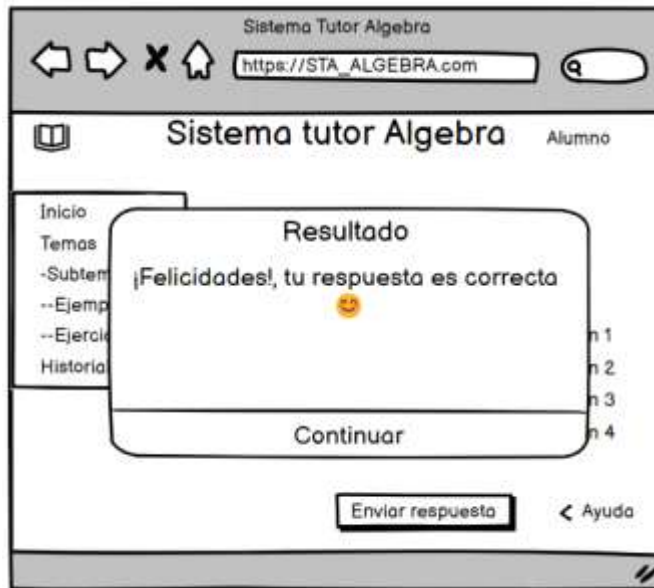


Figura 3.17 Mockup de la notificación resultado correcto.

Por su parte la Figura 3.18 presenta una notificación para una respuesta incorrecta en la cual se presenta la opción de visualizar un ejemplo del ejercicio realizado.

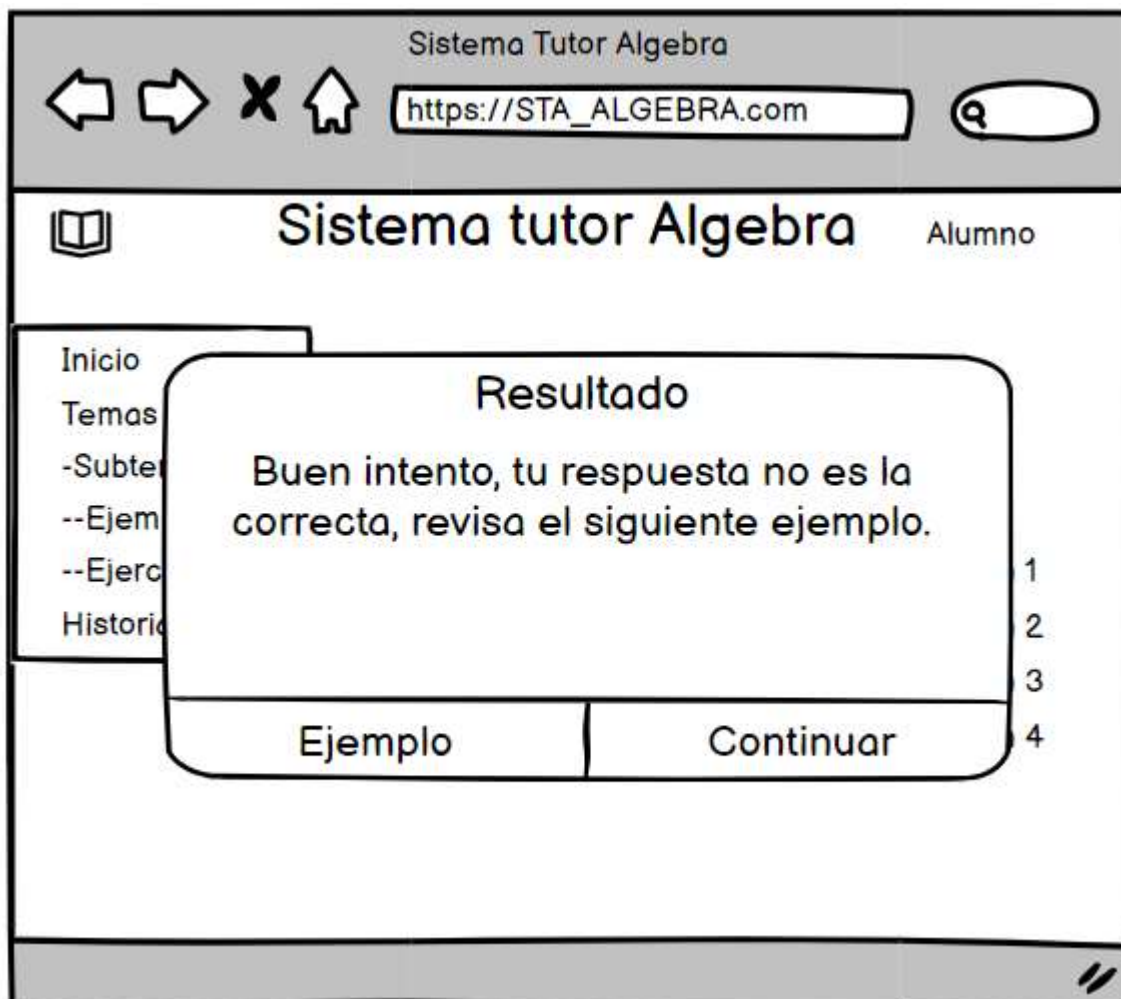


Figura 3.18 Mockup de la notificación resultado incorrecto.

3.1.3 Fase de codificación

Durante la fase de codificación, se llevó a cabo el desarrollo del sistema web utilizando como base todos los entregables generados en las etapas previas. En esta etapa, se analizaron los requisitos y se tradujeron los diagramas a código fuente, empleando las tecnologías mencionadas en el capítulo dos. A continuación, se detalla el proceso de desarrollo de cada una de las páginas del módulo y se proporciona una descripción de su funcionamiento.

3.1.3.1 Codificación del módulo

De acuerdo al diseño de la arquitectura, el desarrollo de la aplicación se realiza en capas con el objetivo de separar la lógica del negocio y facilitar su mantenimiento futuro.

A continuación, se muestra la estructura con la que desarrollo el proyecto, el cual se desarrolló utilizando el marco de trabajo Flask en su versión 3.0.0. El proyecto está organizado a partir de una carpeta principal llamada: “app” la cual se describe brevemente a continuación.

- **app**: Esta carpeta contiene el núcleo central de la aplicación, encargado de integrar las dependencias esenciales y configuraciones necesarias para garantizar el correcto funcionamiento del programa.
 - **src**: En esta carpeta se encuentra el código principal de la aplicación, el cual se encuentran agrupado en distintas funciones a base de scripts.
 - **static**: En esta carpeta se encuentran los archivos JS que requiere el sistema.
 - **templates**: En esta carpeta se encuentran los archivos HTML de las respectivas interfaces del sistema.

A continuación, se muestran fragmentos de código correspondientes a procesos importantes que realiza el proyecto.

Para el entrenamiento del modelo se utilizó la biblioteca pyBKT propuesta en [28] la cual ofrece las funciones necesarias para el entrenamiento del modelo y su aplicación en el cálculo de aprendizaje.

En el Listado 3.1 se muestra un fragmento del proceso de entrenamiento del modelo para que se realice una correcta predicción del aprendizaje de los estudiantes, esto con la ayuda de un conjunto de datos, al término del entrenamiento se guarda el modelo entrenado para su uso.

```
if __name__ == "__main__":

    import pandas as pd
    # Se crea el modelo backend de pyBKT y se ajusta con los datos almacenados
    # en el archivo ctAlgebra.csv
    # Se inicializa el modelo con una semilla opcional
    model = Model(seed = 42, num_fits = 1)
    print ("se estableció la semilla")

    # Se cargan los datos del archivo CT (Cognitive Tutor)
    ct_df = pd.read_csv('ctAlgebra.csv', encoding = 'latin')

    # Se entrena el modelo BKT sobre todas las habilidades que contiene
    # el archivo de datos CT
    model.fit(data_path = 'ctAlgebra.csv')
    # Se almacena el modelo generado
    model.save('modeloAS.pkl')

    print ("se grabó el modelo")
```

Listado 3.1 Entrenamiento de modelo de predicción de aprendizaje.

En el Listado 3.2 se muestra un fragmento del proceso de predicción de aprendizaje, para el ejemplo presentado se muestra como es ingresada la información para realizar la predicción del aprendizaje del alumno, y con esto definir el estado del conocimiento con el que cuenta el estudiante. Para esto se requiere de la creación de un *Roster* (Tipo de colección utilizada para almacenar y gestionar un grupo de elementos) con la información que se describe a continuación: El nombre del alumno, la habilidad la cual será evaluada en este caso “Traducir el lenguaje algebraico” y el modelo que fue entrenado y almacenado. Después se actualiza el estado del estudiante agregando la secuencia de las respuestas obtenidas gracias a los cuestionarios resueltos, logrando con esto obtener el porcentaje de aprendizaje con el que cuenta el alumno.

```
if __name__ == "__main__":

    from pyBKT.models.Model import Model
    from pyBKT.models.Roster import Roster

    import numpy as np

    # Se crea un modelo backend para trabajar
    model = Model()
    # Se cargan los datos del modelo previamente entrenado
    model.load('modeloA5.pkl')
    # Se crea un Roster para evaluar las habilidades de los alumnos María y Pedro
    # utilizando el modelo del punto anterior.
    # Y se establece cuál habilidad será evaluada.
    roster = Roster(students = ['María', 'Pedro'], skills = 'Traducir lenguaje
algebraico', model = model)
    # Se pueden agregar estudiantes al Roster
    # En este caso se agrega a Sarah.
    roster.add_student('Traducir lenguaje algebraico', 'Sarah')

    # Se actualiza el estado de la estudiante Sarah con las secuencias de sus respuestas
    # correctas e incorrectas, y se imprime su evaluación
    sarah_new_state = roster.update_state('Traducir lenguaje algebraico', 'Sarah',
np.array([0, 0, 0, 0, 0]))
    print("Probabilidad de aprendizaje de Sarah, secuencia [0,0,0,0,0]:",
sarah_new_state.get_mastery_prob())
```

Listado 3.2 Prueba del modelo.

3.1.3.2 Proceso de evaluación del aprendizaje

Una de las funciones del sistema es la adaptación del material que se presenta a los alumnos de acuerdo a los resultados obtenidos en su evaluación, por lo que en la Figura 3.19 se muestra el proceso para la evaluación del alumno y la adaptación de los materiales.

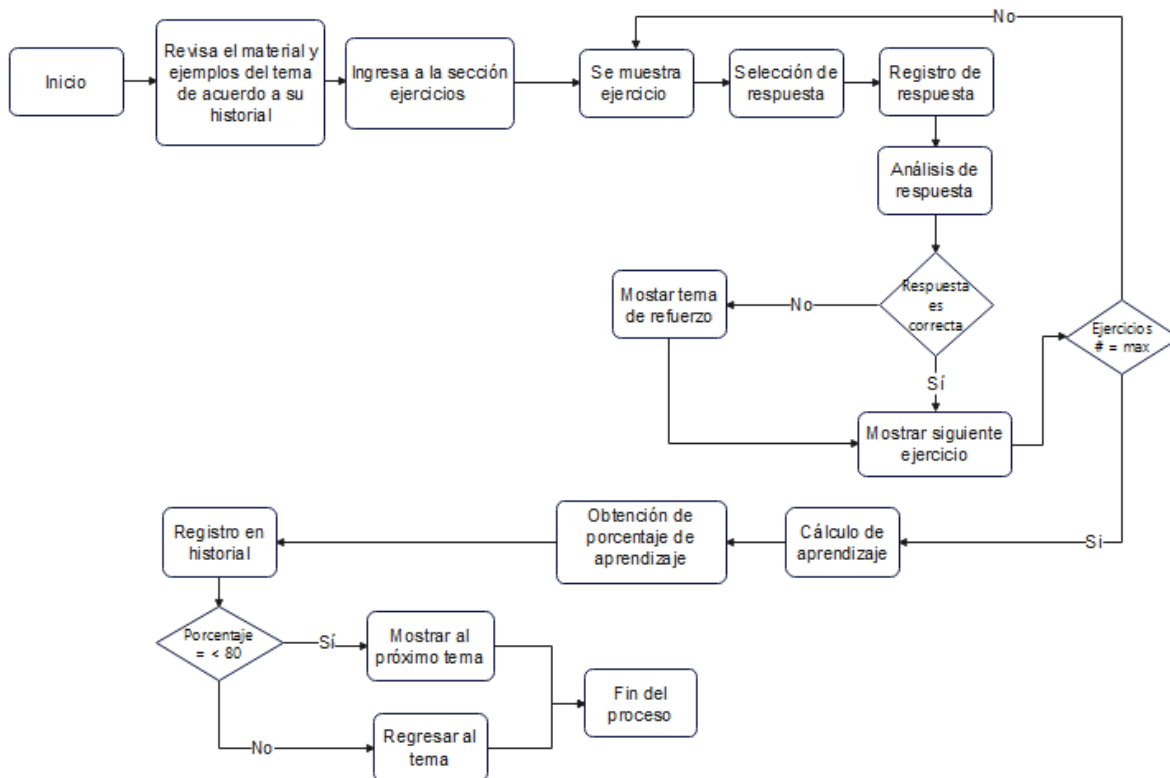


Figura 3.19 Flujo de solución

A continuación, se describe este proceso:

De acuerdo al nivel presentado en su historial del modelo del estudiante y al plan de trabajo del modelo de enseñanza, se muestra al alumno el contenido del tema correspondiente y sus ejemplos.

Cuando el alumno considera que ya comprendió el tema, ingresa a la sección de ejercicios donde puede realizar la actividad correspondiente a su avance de acuerdo a su historial.

El sistema selecciona el ejercicio adecuado a su nivel de avance, descartando aquellos mostrados anteriormente.

De acuerdo a su respuesta el sistema verifica si ésta fue correcta o incorrecta.

Si la respuesta fue correcta pasa a seleccionar la siguiente pregunta (regresa al paso 3). Si fue incorrecta se muestra material de refuerzo del tema y se presenta un nuevo ejercicio (regresa al paso 3).

Una vez alcanzado el número máximo de preguntas determinadas para el plan de trabajo del tema, se realiza el cálculo de aprendizaje utilizando el modelo de probabilidades empíricas basado en el seguimiento del conocimiento bayesiano (*BKT*, *Bayesian Knowledge Tracing*) propuesto en [29] el cual, de acuerdo a la secuencia de respuestas correctas e incorrectas, determina el nivel de conocimiento de un tema considerando que una respuesta correcta nunca puede ser seguida de una incorrecta (no se permite el olvido). En este modelo se considera que para un determinado tema $t \in T$, hay cuatro parámetros que representan probabilidades:

- La probabilidad de que un estudiante domine el tema antes de intentar el primer problema asociado con t ;
- La probabilidad de que un estudiante, que actualmente no domina el tema, lo domine después de la próxima oportunidad de práctica;
- La probabilidad de que un estudiante adivine la respuesta correcta a una pregunta a pesar de no conocer el tema (la adivina); y
- La probabilidad de que un estudiante responda incorrectamente a una pregunta a pesar de conocerlo (deslizamiento).

Por ejemplo, suponiendo que, de una secuencia de 5 preguntas, y tomando 1 como respuesta correcta y 0 como incorrecta, el estudiante tiene el siguiente resultado [1, 0, 1, 1, 1]. Considerando la heurística se tiene que los patrones que se ajustan son dos como se muestra en la Figura 3.20.

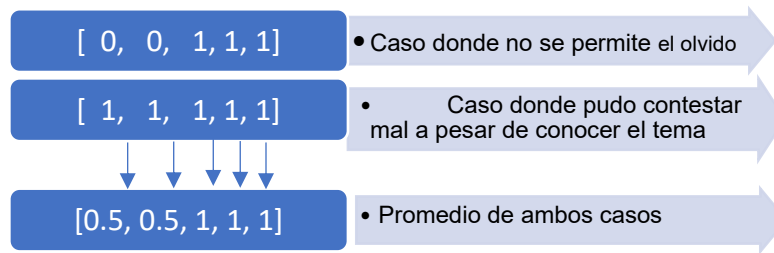


Figura 3.20 Ejemplo de evaluación del aprendizaje

Tomando el promedio de ambos casos se tendrá un promedio de 80% de que el alumno tiene el conocimiento del tema.

La descripción completa de la heurística se encuentra en [29].

Dependiendo del resultado, si el conocimiento resulta ser mayor o igual a 80 se considera que el alumno aprendió el tema y puede continuar con el siguiente, en caso contrario se le redirige al inicio del tema actual para que revise nuevamente el material y ejemplos del mismo (regresa al paso 1).

3.1.3.1 Ejercicios de prueba

A continuación, en la Tabla 3.13 se muestran algunos de los ejercicios que se utilizaron para realizar las pruebas a los estudiantes y obtener su nivel de dominio del tema.

Tabla 3.13 Ejercicios.

Numero	Pregunta	Respuesta	Grado de dificultad
1	Expresa algebraicamente: "El doble de un número menos 5".	$2x - 5$	Baja
2	Simplifica la expresión: $3y + 2y - 6$.	$5y - 6$	Baja
3	Realiza la multiplicación: $(a + 2)(a - 3)$.	$a^2 - a - 6$	Baja

Tabla 3.14 Ejercicios.

Numero	Pregunta	Respuesta	Grado de dificultad
4	Divide: $\frac{4x^2 - 16}{2x}$	$2x - 8$	Baja
5	Factoriza completamente: $y^2 - 25$.	$(y + 5)(y - 5)$	Baja
6	Expande y simplifica la expresión $(a - 2)^2$.	$a^2 - 4a + 4$	Media
7	Realiza la suma de las fracciones: $\frac{3}{x+2} + \frac{2}{x-1}$	$\frac{5x - 1}{x^2 + x - 2}$	Media
8	Resuelve la ecuación $4y + 3 = 2y - 5$.	$y = -4$	Media
9	Encuentra la solución para $2x + 7 < 3x - 2$.	$x > 9$	Media
10	Resuelve la ecuación con valor absoluto $ 3z - 8 = 5$.	$\frac{13}{3}$	Media

Los ejercicios son mostrados al alumno una vez este ingresa al apartado de “Ejercicios” que se encuentra dentro de la información de cada subtema ingresado por el profesor al sistema.

3.1.4 Fase de pruebas

La etapa de pruebas juega un papel esencial al detectar y corregir posibles errores en el *software*. En la mayoría de los proyectos, la ausencia de errores es vital, ya que las pruebas son necesarias para garantizar que el producto final sea de alta calidad y cumpla con su propósito.

A continuación, se describen los criterios que se utilizaron al realizar las pruebas.

- Caso de uso.
- Páginas involucradas.
- Datos de entrada.
- Acción a probar.
- Resultados obtenidos.
- Resultados esperados.

Estos criterios se evaluaron durante el transcurso de la realización de las pruebas unitarias de las distintas unidades de código utilizadas para el desarrollo de este proyecto.

Capítulo 4 Resultados

En el presente capítulo, se detalla el sistema y los resultados logrados tras llevar a cabo la ejecución de este proyecto. En este sentido, se exhibe un estudio de caso centrado en la enseñanza de las expresiones algebraicas a nivel secundaria. Las funciones clave del módulo creado son: mejorar el nivel de aprendizaje de los alumnos, mediante el uso del sistema, realizar una serie de cuestionarios y obtener los resultados con base en el análisis de las respuestas obtenidas para definir su nivel de aprendizaje.

4.1 Caso de estudio

A continuación, se presentan los detalles correspondientes al caso de estudio aplicado en el presente proyecto de tesis.

Para el desarrollo de este caso de estudio se realizó la búsqueda de una institución para realizar las pruebas y con esto validar el sistema, la institución que permitió la realización de las pruebas fue la secundaria “General Francisco Javier Clavijero” ubicada en Nogales, Veracruz.

Como resultado del proyecto se desarrolló un sistema de *software* en el lenguaje Python, de una manera que para el usuario fuera fácil de entender y utilizar, con esto logrando que profesores y alumnos no presentaran problemas al momento de utilizarlo.

4.1.1 Apartado profesores

En el apartado para profesores se buscó que pudieran administrar de una manera fácil los temas, subtemas, ejemplos y ejercicios que serían mostrados a sus estudiantes, del mismo modo se contempló que pudieran llevar un registro de alumnos y las actividades que estos realizarán.

Como primer paso el usuario administrador deberá ingresar al sistema, este usuario tiene la posibilidad de registrar a otros administradores, así como a los profesores, para esto tendrá que ingresar su usuario y su contraseña para posteriormente

seleccionar el botón de iniciar sesión, en la Figura 4.1 se muestra la página de inicio de sesión.



Figura 4.1 Pagina inicio de sesión.

Una vez ingresado al sistema puede visualizar la página principal en donde se visualizan los profesores, administradores, estudiantes y temas registrados asimismo se encuentra un menú en donde se le dan las opciones de registrar usuarios, como se pueden visualizar en la Figura 4.2 y 4.3

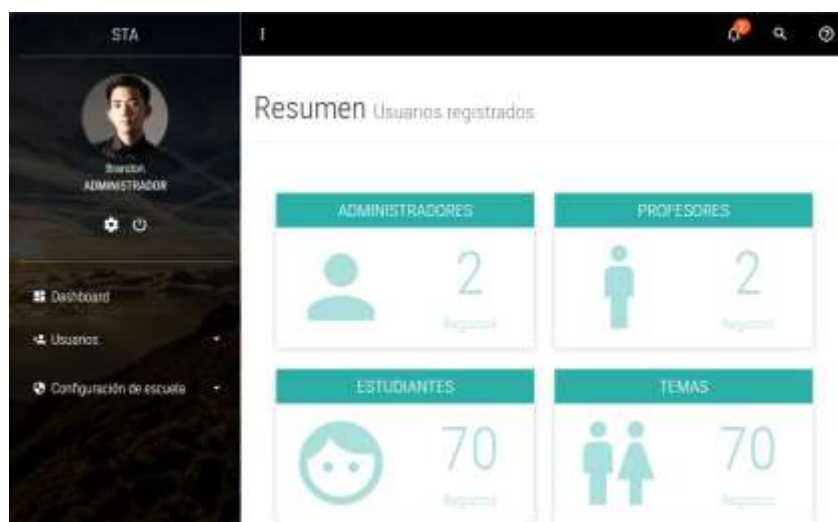


Figura 4.2 Página principal usuario administrador.

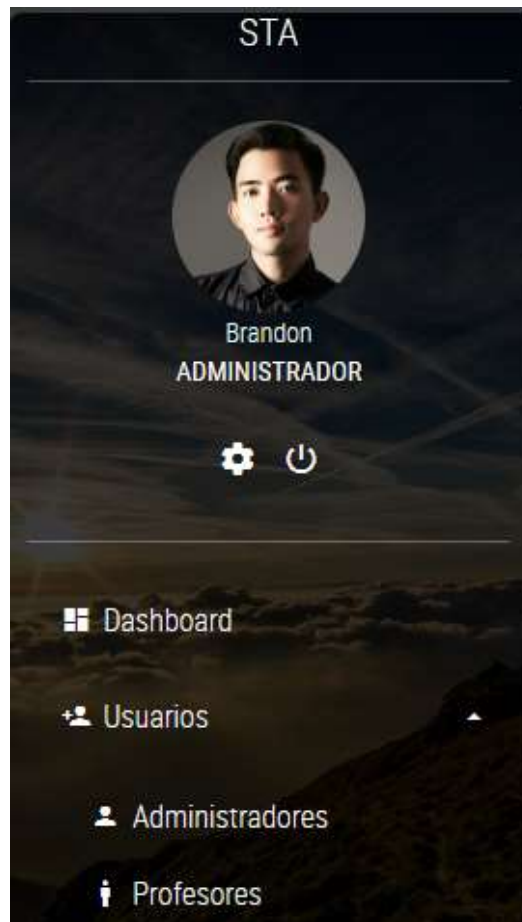


Figura 4.3 Barra menú administrador.

Para el registro del profesor el administrador debe de ingresar la información correspondiente al profesor, así como asignar una clave y contraseña para el ingreso de este, en la Figura 4.4 se muestra el formulario de registro del profesor.

Figura 4.4 Formulario registro profesor.

Una vez un profesor se encuentra registrado puede ingresar al sistema utilizando su contraseña y clave asignada. Una vez ingrese al sistema se muestra una página principal en donde visualiza a los estudiantes y los temas que se encuentran registrados, del mismo modo cuenta con un menú para administrar los temas cómo se muestra en la Figura 4.5.

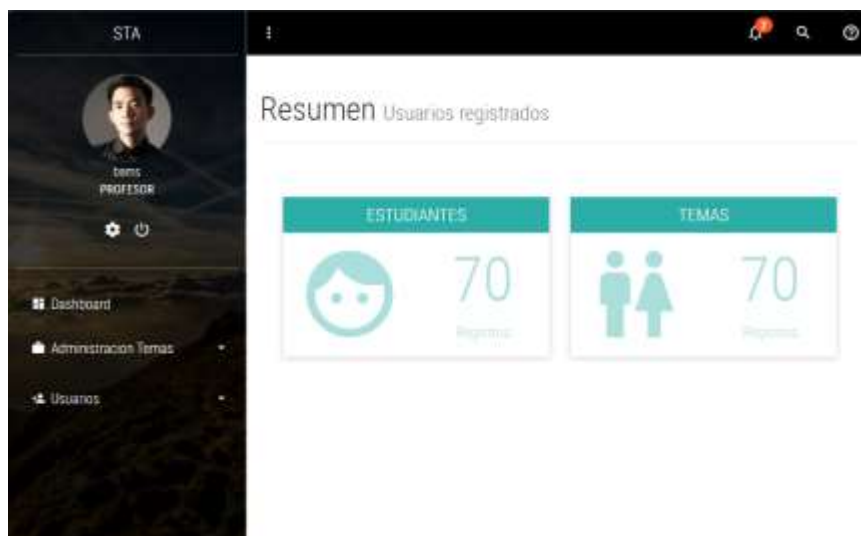


Figura 4.5 Página principal profesor.

El profesor es el encargado de administrar a los alumnos para esto tiene que registrarlos, ingresar la información correspondiente como lo es su número de control, su nombre, la edad, el grado y el grupo al que pertenecen y una contraseña de ingreso, cómo se muestra en la Figura 4.6. y 4.7.

STA

Brandon Azel
PROFESOR

Dashboard
Administración Temas
Usuarios

Por favor, registra los datos de los alumnos. Recuerda que solo los usuarios profesores pueden manipular la información de los alumnos, así que hazlo con cuidado.

Nuevos alumnos | Alumnos registrados

Datos del estudiante

Número de control

Nombre(s)

Edad

Grado

Contraseña

Repetir

Grupo

Figura 4.6 Formulario registro alumno.

STA

Brandon Azel
PROFESOR

Dashboard
Administración Temas
Usuarios

Alumnos

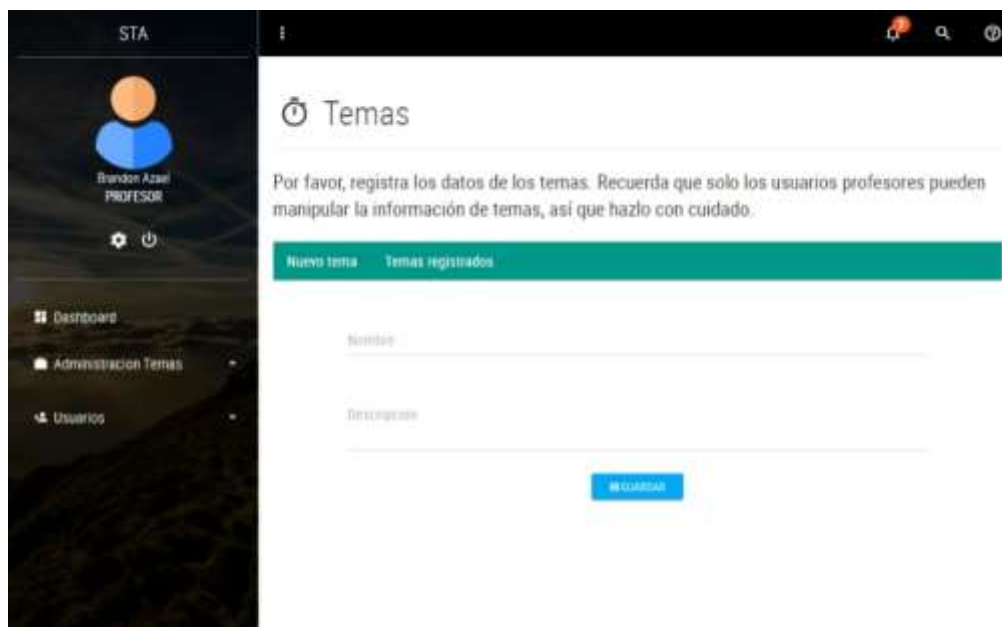
Por favor, registra los datos de los alumnos. Recuerda que solo los usuarios profesores pueden manipular la información de los alumnos, así que hazlo con cuidado.

Nuevos alumnos | Alumnos registrados

Número de control	Nombre	Edad	Grado	Grupo	Editar	Eliminar
C23112023	Oscar David Beristain Sánchez	13	2	A		
C24112023	Victor Rosas González	14	2	A		
C25112023	Miguel Bustos Sánchez	13	2	A		
C26112023	Jorge Alberso Reyes Sánchez	14	2	A		
C27112023	Jose Luis Paulino Garcia	14	2	A		

Figura 4.7 Tabla administrativa de alumnos.

Para la información que se muestra a los alumnos, el profesor será el encargado de ingresar los temas y sus temas correspondientes los cuales se mostraran a los alumnos en este caso se encarga de llenar primero el formulario de temas como se muestra en la Figura 4.8 para posteriormente registrar los subtemas que pertenezcan a este tema los cuales estarán asociados a ese tema cómo se muestra en la Figura 4.9, posteriormente agregando su tema se procederá a agregar los ejemplos y ejercicios correspondientes a este.



The image shows a web application interface for managing topics. On the left is a dark sidebar with the user's name 'Brandon Azari PROFESOR' and a menu with 'Dashboard', 'Administración Temas', and 'Usuarios'. The main area is titled 'Temas' and features a warning message: 'Por favor, registra los datos de los temas. Recuerda que solo los usuarios profesores pueden manipular la información de temas, así que hazlo con cuidado.' Below this are two tabs: 'Nuevo tema' (active) and 'Temas registrados'. The form includes two text input fields labeled 'Nombre' and 'Descripción', and a blue 'GUARDAR' button at the bottom.

Figura 4.8 Formulario Temas.

#	Tema	Subtema	Descripción	Temario	Eliminar
13	Desarrollo Avanzado de Expresiones Algebraicas	Ecuaciones y Desigualdades	- Resolución de ecuaciones algebraicas. - Manipulación de desigualdades algebraicas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Desarrollo Avanzado de Expresiones Algebraicas	Fracciones Algebraicas	Operaciones con fracciones algebraicas. Simplificación y resolución de ecuaciones con fracciones.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Desarrollo Avanzado de Expresiones Algebraicas	Productos Notables	Utilización de productos notables en simplificación y factorización. Identificación y aplicación de productos notables como $a^2 - b^2$ y $(x + b)^2$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Principios de Ecuaciones	Términos semejantes	Identificación de términos semejantes en una ecuación algebraica. Productos Notables	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 4.9 Tabla administrativa de subtemas.

4.1.2 Apartado alumnos

Para el apartado de los estudiantes se enfocó en el contenido que estos visualizarían, con el objetivo de que se muestre de manera amigable, de esta forma los estudiantes podrán observar los temas y subtemas de una manera la cual fuera fácil de identificar cada sección en la que trabajarán, en el apartado de los ejercicios se optó por el que al momento de resolver uno de estos y la respuesta no fuera correcta el mostrar una retroalimentación a modo de muestra de cómo se debería resolver el ejercicio recién realizado y con esto el estudiante pueda visualizar su posible error cometido.

Para este apartado se contó con el apoyo de los estudiantes de primer año grupo A de la escuela secundaria “General Francisco Javier Clavijero” del turno vespertino los cuales realizaron ejercicios y pruebas del sistema. En la Figura 4.10 se muestra una alumna realizando las pruebas del sistema.



Figura 4.10 Alumna de primer año probando el sistema.

Una vez que el alumno ingresa al sistema con su usuario y contraseña visualiza de primera manera un apartado donde se encontrarán la opción de revisar los temas que estén disponibles para él, en este se muestra la cantidad de los temas que se tienen asignados hasta el momento como se muestra en la Figura 4.11.

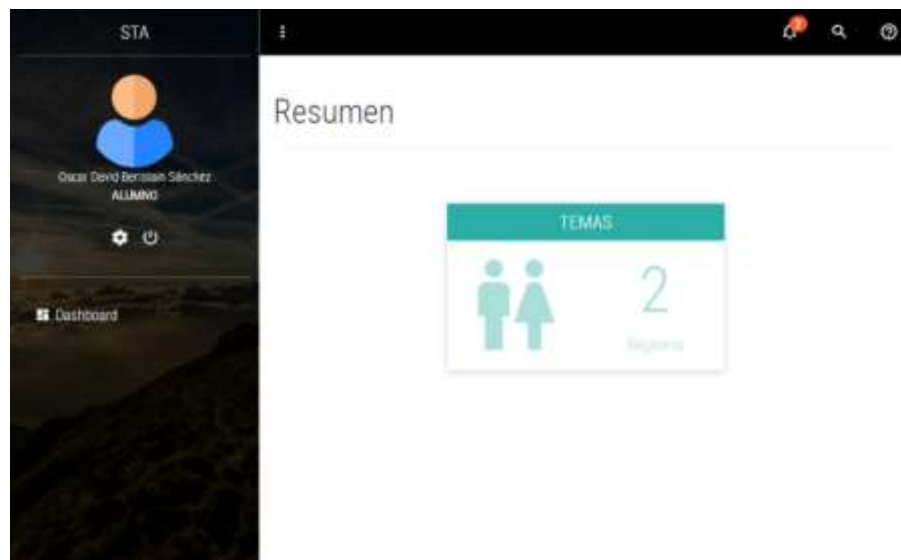


Figura 4.11 Pagina inicio alumno.

Al momento de ingresar al apartado de temas se muestra el nombre de los temas disponibles, así como un submenú de estos en dónde podrán visualizar los subtemas y en estos los ejercicios y ejemplos disponibles, Figura 4.12.

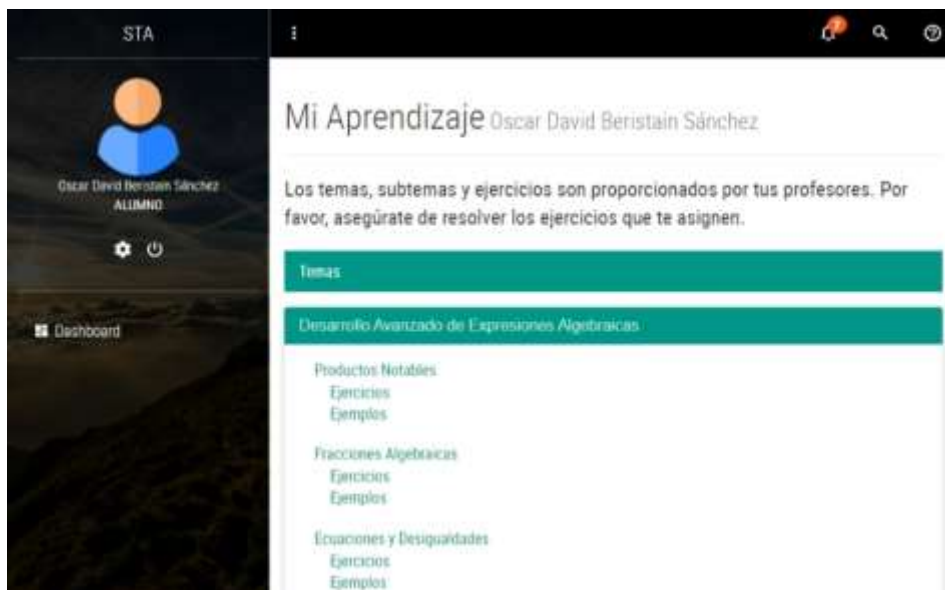


Figura 4.12 Sección de temas y subtemas.

Una vez el alumno revisé el temario y haya visualizado los ejemplos, podrá dirigirse el apartado de ejercicios en donde se mostrará una serie de problemas a forma de cuestionario, así como distintas posibles respuestas a esta, donde se le solicitará dar la respuesta correcta de las opciones mostradas como se puede visualizar en la Figura 4.13.

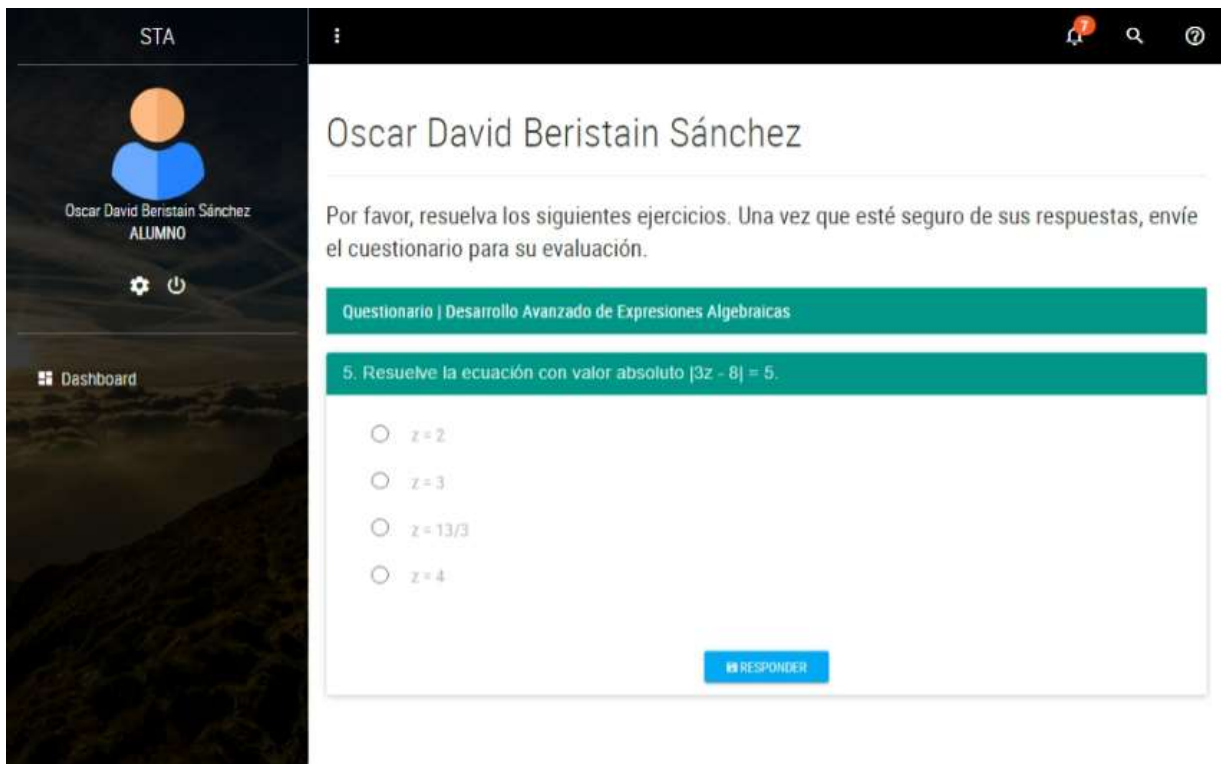


Figura 4.13 Apartado de ejercicios.

Una vez el alumno envié la respuesta se procederá a mostrar al alumno su resultado en caso de ser correcto simplemente se indicará que su respuesta es correcta (Figura 4.14) en caso contrario se le mostrará una retroalimentación en donde se indicará la respuesta que seleccionó no es la correcta por lo cual se le recomienda revisar un ejemplo para reforzar su conocimiento (Figura 4.15), las respuestas serán almacenadas para su posterior evaluación con el modelo BKT el cual después de analizar las contestaciones del alumno mostrara el nivel de porcentaje de aprendizaje que presente este como se muestra en la Figura 4.16.

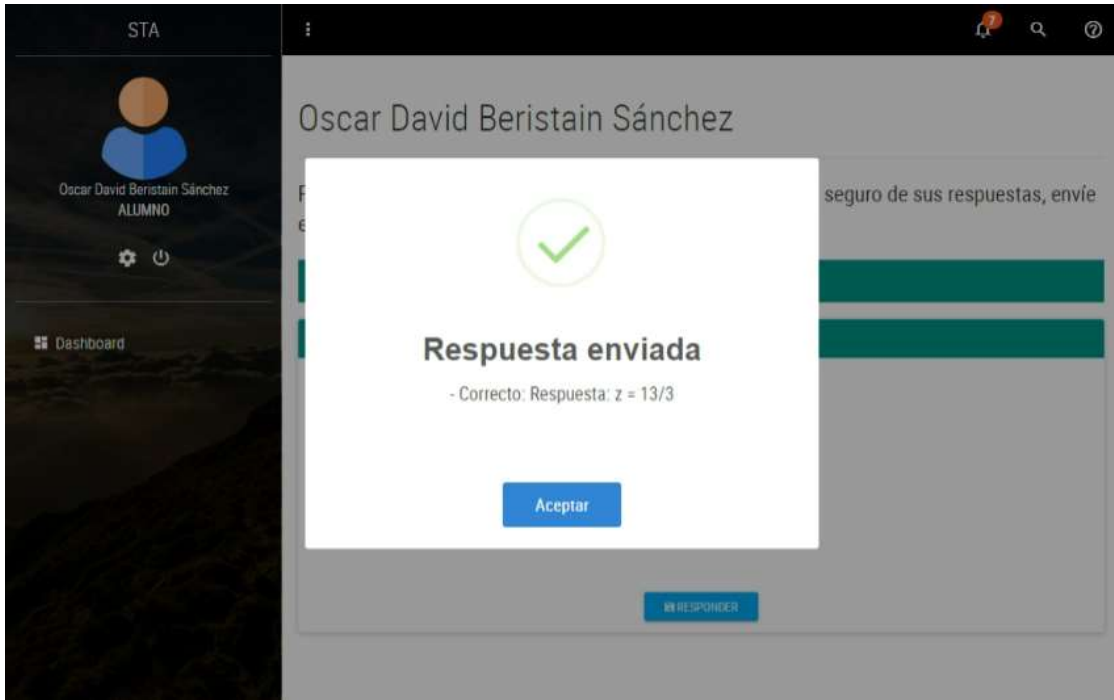


Figura 4.14 Resultado correcto.

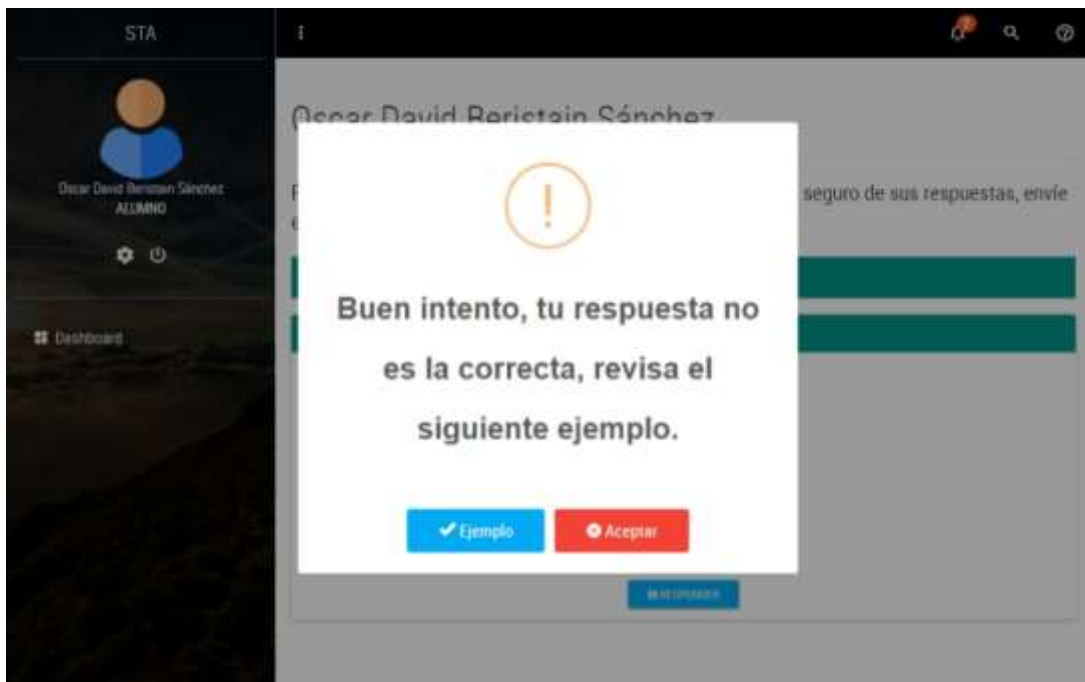


Figura 4.15 Resultado incorrecto.

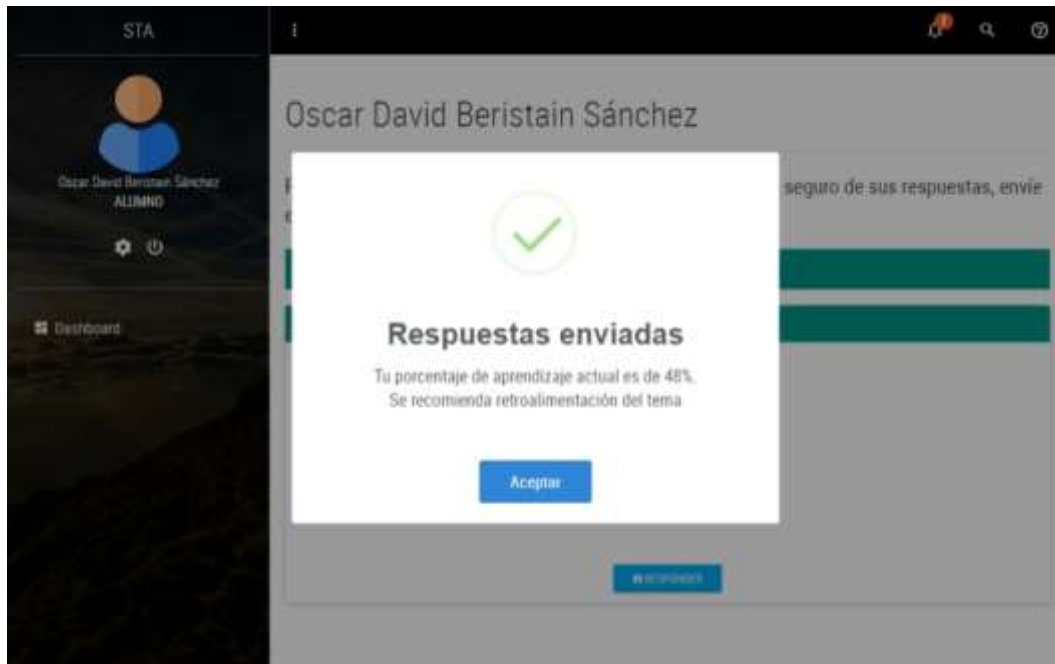


Figura 4.16 Resultado y retroalimentación de respuestas.

A los alumnos que participaron en la prueba del sistema se le solicitó que contestarán ocho preguntas para conocer un poco sobre su experiencia con el uso del mismo; las preguntas fueron las siguientes:

- ¿Qué te pareció el sistema?
- ¿La información se presenta en forma clara, precisa y accesible?
- ¿Los iconos son de tamaño y color adecuados, reconocibles y legibles?
- ¿se adapta al nivel de conocimientos del estudiante?
- ¿La retroalimentación es positiva, oportuna y pertinente?
- ¿Las explicaciones son claras?
- ¿Se te hizo complicado utilizar el sistema?
- ¿Tienes alguna sugerencia para que se implemente en el sistema?



Figura 4.17 Alumnos probando el sistema.

De acuerdo a la respuesta de los alumnos, se recopiló la siguiente información la cual se muestra en la tabla 4.1 en donde se visualiza la aceptación que tuvieron los alumnos con el sistema.

Tabla 4.1 Retroalimentación alumnos.

Alumno	¿Qué te pareció el sistema?	¿La información se presenta en forma clara, precisa y accesible?	¿Los iconos son de tamaño y color adecuados, reconocibles y legibles?	¿se adapta al nivel de conocimientos del estudiante?	¿La retroalimentación es positiva, oportuna y pertinente?	¿Las explicaciones son claras?	¿Se te hizo complicado o utilizar el sistema?	¿Tienes alguna sugerencia para que se implemente en el sistema?
Alumno 1	Me gustaría probarlo más	sí	sí	sí	sí	sí	No	Le podrian agregar mas temas
Alumno 2	Interesante	sí	sí	sí	sí	sí	No	No
Alumno 3	¿Se pueden hacer mas cosas?	sí	sí	sí	sí	sí	No	Le podrian agregar mas materias
Alumno 4	Interesante	sí	sí	sí	sí	sí	No	No
Alumno 5	Interesante	sí	sí	sí	sí	sí	No	No
Alumno 6	Interesante	sí	sí	sí	sí	sí	No	No
Alumno 7	Interesante	sí	sí	sí	sí	sí	No	No

Tabla 4.1 Retroalimentación alumnos.

Alumno	¿Qué te pareció el sistema?	¿La información se presenta en forma clara, precisa y accesible?	¿Los iconos son de tamaño y color adecuados, reconocibles y legibles?	¿se adapta al nivel de conocimientos del estudiante?	¿La retroalimentación es positiva, oportuna y pertinente?	¿Las explicaciones son claras?	¿Se te hizo complicado utilizar el sistema?	¿Tienes alguna sugerencia para que se implemente en el sistema?
Alumno 8	Interesante	sí	sí	sí	sí	sí	No	No
Alumno 9	Interesante	si	si	si	si	si	No	No
Alumno 10	Me gustó	si	si	si	si	si	No	No
Alumno 11	Me llama la atención	si	si	si	si	si	No	No
Alumno 12	Es interesante	si	si	Un poco	si	si	Un poco	Podrian mostrar mas imágenes o videos
Alumno 13	Interesante	si	si	si	si	si	No	No
Alumno 14	Me gustó	si	si	si	si	si	No	No
Alumno 15	Me gustó	si	si	si	si	si	No	No

Así mismo se realizó un cuestionario a la profesora para conocer su opinión sobre el sistema como se muestra en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Retroalimentación profesor.

¿El docente puede cambiar o añadir contenido con facilidad?	¿El profesor puede ajustar los elementos de cada estudiante?	¿La interfaz es sencilla y fácil de usar?	¿El estudiante controla el ritmo de su aprendizaje?
<p>Sí, la manera en que se administra los temas es sencilla lo cual hace que sea fácil si administración.</p>	<p>Sí, porque estos avanzan según el conocimiento que ya adquirieron, el cual yo me encargo de comprobar.</p>	<p>Sí, lo cual hace que su uso sea sencillo.</p>	<p>Se puede decir que sí, pero siempre se tiene que considerar que el ritmo en que estos aprenden es distinto, por lo cual el ritmo no puede ser medido por igual en todos los estudiantes.</p>

Capítulo 5 Conclusiones y recomendaciones

En este capítulo se exponen las conclusiones y recomendaciones derivadas de la implementación de la solución propuesta para el proyecto denominado “Sistema Inteligente Adaptativo para apoyo al aprendizaje de expresiones algebraicas en primer año de secundaria”.

5.1 Conclusiones

La falta de acceso a recursos educativos, como tecnología o materiales didácticos, puede limitar la capacidad de los estudiantes para aprender y practicar matemáticas. Asimismo, cada estudiante tiene un estilo de aprendizaje único y lo que funciona para algunos puede no ser efectivo para otros. Por ende, el desarrollo del sistema para el apoyo de aprendizaje de expresiones algebraicas permitió abordar la problemática del bajo rendimiento que presentan los alumnos con respecto a las matemáticas.

Con la implementación del proyecto se pudo analizar el nivel de aprendizaje que presenta cada estudiante, concluyendo que no todos los alumnos presentan un mismo nivel de aprendizaje, del mismo modo la forma y el tiempo en que aprenden es diferente, por lo cual algunos requieren explicaciones más extensas para ciertos temas lo que provoca que se retrasen en comparación con otros compañeros, generando ansiedad hacia las matemáticas y afectando significativamente el rendimiento de los estudiantes, sintiéndose abrumados por el temor al error o la dificultad percibida a las expresiones algebraicas.

Con el uso del sistema se llegó a la conclusión que la comprensión de los temas que visualizan los alumnos no solo se trata del cómo se muestra la información o la retroalimentación que se le llegue a mostrar a estos, ya que el nivel de aprendizaje varía dependiendo de cada individuo; haciendo hincapié en la importancia de visualizar qué temas se dificultan a cada estudiante, proporcionar refuerzo adicional y ejercicios de práctica para fortalecer las habilidades básicas, con la finalidad de analizar y

comprender que áreas abordar en mayor medida, para que el alumno mejore su proceso de aprendizaje. Por otra parte, para los estudiantes que presenten una mayor facilidad en el dominio de los temas, es necesario que se les brinden ejemplos con un nivel mayor de dificultad, para que su nivel de aprendizaje siga en crecimiento, ya que es útil abordar el álgebra de manera gradual, construyendo una comprensión sólida de los conceptos fundamentales y utilizar ejemplos concretos; además, la práctica regular y la resolución de problemas son esenciales para fortalecer las habilidades algebraicas.

5.2 Recomendaciones

Como producto de las pruebas realizadas sobre el desarrollo del sistema inteligente adaptativo para el apoyo en expresiones algebraicas en el caso de estudio realizado, se consideran las siguientes recomendaciones, las cuales tiene como objetivo mejorar la eficiencia del sistema y expandir su funcionalidad.

- Se propone mejorar el método para la adaptación del material mostrado al estudiante para que tenga un mayor impacto de acuerdo al nivel de aprendizaje que esté presente.
- Se propone el implementar el sistema en los grados de 2do y 3ro.
- Se propone la posible implementación de más materias al sistema.

Anexo

Productos académicos



La Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial (SMIA) y el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) unidad Guadalajara

OTORGAN EL PRESENTE CERTIFICADO A:

Brandon A Muciño, María MC Abud , Ulises Juárez Martínez , Lisbeth Rodríguez-Mazahua, Mario A Paredes Valverde

por la presentación del artículo:

Propuesta de Arquitectura de un Sistema Inteligente Adaptativo para apoyo al Aprendizaje de Expresiones Algebraicas

**durante el XV Congreso Mexicano de Inteligencia Artificial - COMIA 2023
Guadalajara, Jalisco, México, del 30 de mayo al 3 de junio de 2023**




Dr. Hiram Calvo
Presidente SMIA


Dr. Gilberto Achoa Ruiz
Presidente Comité de Programa


Dra. Iris L. Méndez Gurrula
Presidente Comité de Programa


Dr. Nestor Velasco Bermeo
Presidente Comité de Programa


Dr. Andrés Méndez Vázquez
Comité Local COMIA

Referencias

- [1] A. Vaquero, “Los comienzos de la Enseñanza Asistida por Computadora. Papel de España,” *Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, 2010.
- [2] A. García Serrano, “INTELIGENCIA ARTIFICIAL. Fundamentos, práctica y aplicaciones.” Accessed: Oct. 29, 2022. [Online]. Available: <https://books.google.com.mx/books?id=WDuqqurP70UC&lpg=PP1&pg=PP6#v=onepage&q&f=false>
- [3] S. S. Abu Naser, “ITSB: An Intelligent Tutoring System Authoring Tool,” *Available online www.jsaer.com Journal of Scientific and Engineering Research*, vol. 63, no. 5, pp. 63–71, 2016, [Online]. Available: www.jsaer.com
- [4] Z.-X. Wei-Cui and T. Khanh-Phuong, *Performance comparison of an AI-based Adaptive Learning System in China*. IEEE, 2018.
- [5] Inc. BreamBox Learning, “Intelligent Adaptive Learning: An Essential Element of 21st Century Teaching and Learning,” 2014.
- [6] D. J. Gallego and C. M. Alonso, “Los Estilos de Aprendizaje: Procedimientos de diagnóstico y mejora,” 2007. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/311452891>
- [7] F. Gutiérrez Muñoz, “Impacto de un tutor inteligente de entrenamiento de atención selectiva sobre el aprendizaje matemático,” 2016. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es>
- [8] “Aprender matemáticas de secundaria México.” Accessed: Oct. 29, 2022. [Online]. Available: <https://www.superprof.mx/blog/matematicas-secundaria-mexico/>
- [9] R. S. J. D. Baker, A. T. Corbett, and V. Aleven, “More Accurate Student Modeling Through Contextual Estimation of Slip and Guess Probabilities in Bayesian Knowledge Tracing.”

- [10] M. V Yudelson, K. R. Koedinger, and G. J. Gordon, "Individualized Bayesian Knowledge Tracing Models."
- [11] M. A. M. Al-Nakhal and M. A. M. Al, "Adaptive ITS for Learning Computer Theory," vol. IV, 2017, [Online]. Available: www.euacademic.org
- [12] G. Rocha, J. A. Juárez, O. L. Fuchs, and G. Rebolledo Méndez, "El rendimiento académico y las actitudes hacia las matemáticas con un sistema tutor adaptativo," 2020, doi: 10.30827.
- [13] K. Sharma, J. K. Olsen, V. Alevan, and N. Rummel, "Measuring causality between collaborative and individual gaze metrics for collaborative problem-solving with intelligent tutoring systems," *J Comput Assist Learn*, vol. 37, no. 1, pp. 51–68, Feb. 2021, doi: 10.1111/jcal.12467.
- [14] A. K. Erümit and İ. Çetin, "Design framework of adaptive intelligent tutoring systems," *Educ Inf Technol (Dordr)*, Sep. 2020, doi: 10.1007/s10639-020-10182-8.
- [15] A. Ramírez-Noriega, R. Juárez-Ramírez, and Y. Martínez-Ramírez, "Evaluation module based on Bayesian networks to Intelligent Tutoring Systems," *Int J Inf Manage*, vol. 37, no. 1, pp. 1488–1498, Feb. 2017, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2016.05.007.
- [16] N. N. Abueloun and A. Naser, "Mathematics intelligent tutoring system," 2017. [Online]. Available: www.allscientificjournal.com
- [17] B. D. Nye, P. I. Pavlik, A. Windsor, A. M. Olney, M. Hajeer, and X. Hu, "SKOPE-IT (Shareable Knowledge Objects as Portable Intelligent Tutors): overlaying natural language tutoring on an adaptive learning system for mathematics," *Int J STEM Educ*, vol. 5, no. 1, Dec. 2018, doi: 10.1186/s40594-018-0109-4.
- [18] M. El Fouki, N. Aknin, and K. E. El Kadiri, "Intelligent adapted e-learning system based on deep reinforcement learning," in *ACM International Conference*

Proceeding Series, Association for Computing Machinery, Nov. 2017. doi: 10.1145/3167486.3167574.

- [19] H. Seridi, T. Sari, T. Khadir, and M. Sellami, “Adaptive Instructional Planning in Intelligent Learning Systems,” 2006.
- [20] B. Šumak, V. Podgorelec, S. Karakatič, K. Dolenc, and A. Šorgo, “Development of an Autonomous, Intelligent and Adaptive E-learning System,” 2019.
- [21] Boğaziçi Üniversitesi and Institute of Electrical and Electronics Engineers, *A new approach of designing an intelligent tutoring system based on adaptive workflows and pedagogical games*.
- [22] blanca E. Pedroza Méndez, J. M. gonzález Calleros, J. guerrero garcía, C. A. Collazos ordóñez, and A. A. Lecona Lara, “Propuesta de un Tutor Cognitivo semi automatizado con gamificación e interfaces tangibles para álgebra,” 2018. [Online]. Available: www.revistacampusvirtuales.es
- [23] “¿Qué es Python?” Accessed: Oct. 30, 2022. [Online]. Available: <https://developer.oracle.com/es/learn/technical-articles/what-is-python>
- [24] “HTML: HyperText Markup Language | MDN.” Accessed: Nov. 30, 2023. [Online]. Available: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML>
- [25] “Visual Studio Code - Code Editing. Redefined.” Accessed: Oct. 30, 2022. [Online]. Available: <https://code.visualstudio.com/>
- [26] “PostgreSQL: About.” Accessed: Oct. 30, 2022. [Online]. Available: <https://www.postgresql.org/about/>
- [27] “Agile Alliance.” Accessed: Oct. 30, 2022. [Online]. Available: <https://www.agilealliance.org/>
- [28] A. Badrinath, F. Wang, and Z. Pardos, “pyBKT: An Accessible Python Library of Bayesian Knowledge Tracing Models,” 2021. [Online]. Available: <https://github.com/CAHLR/pyBKT>

- [29] W. J. Hawkins, N. T. Heffernan, and R. S. J. D. Baker, "Learning Bayesian Knowledge Tracing Parameters with a Knowledge Heuristic and Empirical Probabilities," 2011.