



DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

“DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE UNA APLICACIÓN MÓVIL, BASADA EN EL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL Y EL APRENDIZAJE ADAPTATIVO, QUE MEJORE EL APRENDIZAJE DE FRACCIONES EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN PRIMARIA DE TERCER Y CUARTO GRADO”

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACION

I.S.C. MANUEL FRANCISCO MONTIJO MENDOZA

Director:

Dr. Abelardo Mancinas González

Hermosillo, Sonora, México

06 junio de 2021





EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Hermosillo
División de Estudios de Posgrado e Investigación

SECCIÓN: DIV. EST. POS. E INV.
No. OFICIO: DEPI/157/21
ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN
DE TESIS.

21 de junio de 2021

**C. MANUEL FRANCISCO MONTIJO MENDOZA,
PRESENTE.**

Por este conducto, y en virtud de haber concluido la revisión del trabajo de tesis que lleva por nombre "Diseño, implementación y evaluación de una aplicación móvil, basada en el pensamiento computacional y el aprendizaje adaptativo, que mejore el aprendizaje de fracciones en estudiantes de educación primaria de tercer y cuarto grado"; que presenta para el examen de grado de la MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN, y habiéndola encontrado satisfactoria, nos permitamos comunicarle que se autoriza la impresión del mismo a efecto de que proceda el trámite de obtención de grado.

Deseándole éxito en su vida profesional, quedo de usted.

ATENTAMENTE

A. Mancinas

DR. ABELARDO MANCINAS GONZALEZ
DIRECTOR

M.C. Ana Luisa Millán Castro

M.C. ANA LUISA MILLÁN CASTRO
SECRETARIA

Dr. Oscar Mario Rodríguez

DR. OSCAR MARIO RODRIGUEZ
VOCAL

M.C. Rosa Irene Sánchez Fermín

M.C. ROSA IRENE SÁNCHEZ FERMÍN
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

RISF/eme*



S.E.P.

INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE HERMOSILLO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO



Av. Tecnológico S/N Col. El Sahuaro C.P. 83170 Hermosillo, Sonora
Tel. 51 (662) 260 65 00, ext. 135, e-mail: dopi_hermosillo@conam.mx
secretaria@itih.mx

ISO 9001:2015





EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Hermosillo
División de Estudios de Posgrado e Investigación

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la ciudad de Hermosillo Sonora a el día 13 de junio del año 2021 el que suscribe C. Manuel Francisco Montijo Mendoza, alumno de la maestría en ciencias de la computación adscrito a la División de Estudios de Posgrado e Investigación, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis titulado "diseño, implementación y evaluación de una aplicación móvil, basada en el pensamiento computacional y el aprendizaje adaptativo, que mejore el aprendizaje de fracciones en estudiantes de educación primaria de tercer y cuarto grado" bajo la dirección de Abelardo Mancinas Gonzales y ceden los derechos del mismo al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Hermosillo, para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben de reproducir el contenido textual, graficas, tablas o datos contenidos sin el permiso expreso del autor y del director del trabajo. Este puede ser obtenido a la dirección de correo electrónico siguiente: manuelmontijo21@gmail.com, amancinasg@gmail.com . Una vez otorgado el permiso se deberá expresar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

A T E N T A M E N T E

Manuel Francisco Montijo Mendoza



Av. Tecnológico S/N Col. El Sahuaro C.P. 83170 Hermosillo,
Sonora
Tel. 01 (662) 260 63 00, ext. 136, e-mail:
depi_hermosillo@tecnm.mx



Agradecimientos

A mi director de tesis

Dr. Abelardo Mancinas González por el incontable apoyo, soporte, disponibilidad y enseñanzas a lo largo de esta travesía. Gracias por las correcciones y llamadas de atención necesarias cuando el trabajo no iba según lo planeado. Mi gratitud hacia el Dr. Mancinas ya que demostró un pensamiento innovador para adaptarse a los cambios inesperados que nos surgieron en el camino, por el conocimiento adquirido y el que aprendimos juntos.

A los sinodales

M.C. Ana Luisa Millán Castro y Dr. Oscar Mario Rodríguez Elías por haber aceptado ser revisores del trabajo presentado, por el tiempo dedicado en hacer las correcciones y observaciones necesarias para mejorar.

A mis compañeros y amigos

Por todos los momentos que compartimos durante los estudios, las horas de desvelo trabajando sobre una meta en común, por las cosas que aprendimos los unos de los otros.

A CONACYT

Por la beca número 476464, otorgada durante 2 años para la realización de los estudios de maestría. Incluir número de beca

Dedicatoria

A mi esposa

Por su amor incondicional. Por las incontables horas de ayuda, soporte y paciencia. Por siempre apoyarme y alentarme a tratar de ser el mejor, por estar a mi lado en los momentos más difíciles y en los más felices brindándome su amor, cariño y comprensión. Por la ayuda brindada con algunos proyectos que, aunque no fueron fáciles siempre estuvo allí dando la mejor cara, por las incontables horas que pasamos tratando de mejorar algún detalle y por el tiempo de descanso que tuvimos después de un arduo trabajo. Por la paciencia brindada ya que ahora reconozco que no fue una etapa sencilla. Gracias por siempre estar allí con un consejo o un aperitivo que aliviaba ese estrés. Gracias por las horas de alegría y las tazas de café a deshoras para mantenerme despierto, hoy que culmina podemos decir que valió toda la pena.

Si yo, tu. Si tú, yo.

A mis padres

Por qué sin ellos no sería la persona que soy hoy en día, formaron a una persona honesta, honrada y trabajadora que se gana a pulso lo que tiene. Por los sacrificios realizados para darme estudios y salir adelante, sé que no fue fácil y la situación muchas veces fue precaria pero cada uno de sus hijos se lo agradeceremos eternamente.

Todo el esfuerzo y dedicación que están plasmados en este trabajo es dedicado a ustedes mi familia, las personas que más amo.

RESUMEN

En este artículo se presentan los resultados sobre el objetivo general de la investigación el cual indaga sobre el diseño, implementación y evaluación de una aplicación móvil, basada en el pensamiento computacional y el aprendizaje adaptativo, que mejore el aprendizaje de fracciones en estudiantes de educación primaria de tercer y cuarto grado.

Para realizar el estudio se diseñó e implemento una aplicación móvil con un modelo basado en módulos usando tres categorías de pensamiento computacional y se hizo uso de un árbol de decisiones para implementar el aprendizaje adaptativo.

Para la evaluación del aprendizaje de fracciones con estudiantes de educación básica se llevaron a cabo pruebas con niños de cuarto año

Los resultados muestran que, gracias a la detección, por el sistema, del número de intentos de los usuarios estos recibieron apoyo con ejemplos basados en videos que les ayudaron a completar los ejercicios de un nivel y pasar al siguiente.

Palabras Claves:

Diseño, Implementación, Evaluación, Aplicación móvil, Pensamiento Computacional, Aprendizaje Adaptativo, Aprendizaje de fracciones, Educación básica

ABSTRACT

This article presents the results about the general objective of the research which investigates the design, implementation and evaluation of a mobile application, based on computational thinking and adaptive learning, that improves the learning of fractions in elementary school students from third and fourth grade.

To carry out the study, a mobile application with a module-based model was designed and implemented using three categories of computational thinking and a decision tree was used to implement adaptive learning.

For the evaluation of the learning of fractions with basic education students, tests were carried out with fourth-year children

The results show that, thanks to the detection, by the system, of the number of attempts by users, they received support with video-based examples that helped them complete the exercises from one level and move on to the next.

Keywords:

Design, Implementation, Evaluation, Mobile Application, Computational Thinking, Adaptive Learning, Fraction Learning, Basic Education

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	xi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Definición del problema	7
1.3. Justificación del problema	7
1.4 Objetivos	8
1.4.1 Objetivo general	8
1.4.2 Objetivos específicos.....	8
1.5 Alcances y delimitaciones	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	10
2.1 Pensamiento computacional	10
2.1.1 Hacia una definición del pensamiento computacional	10
2.1.1.1. Ensayo y error	12
2.1.1.2. Iteración.....	12
2.1.1.3. Recursividad.....	13
2.1.2 Problemática y soluciones.....	14
2.1.3. Pensamiento computacional y educación	16
2.2 Aprendizaje adaptativo	16
2.2.1 Hacia una definición del aprendizaje adaptativo	16
2.2.2 Problemática y soluciones.....	18
2.2.3 Aprendizaje adaptativo y educación	19
2.3 Aprendizaje de fracciones	20
2.3.1. Hacia una definición de aprendizaje.....	20
2.3.2 Hacia una definición de las fracciones	21
2.3.3 problemática y soluciones	24
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	28
3.1. Enfoque, alcance y diseño	28
3.2 Muestra	29
3.3 Diseño de instrumentos.....	30
CAPÍTULO IV: DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA	35

4.1 Diseño	35
4.1.1 Módulo de inicio	35
4.1.2 Módulo de razonamiento	36
4.1.3 Modulo de recomendaciones	39
4.2 Desarrollo	41
4.2.1 Diagrama general	41
4.2.2 Árbol de decisiones	43
4.2.3 Herramientas	45
CAPÍTULO V: RESULTADOS	53
5.1. Test de usabilidad	53
5.2. Prueba de ejercicios con fracciones en aplicación móvil	54
CAPITULO VI. CONCLUSIONES	64
6.1 Conclusiones	64
6.2 Trabajo a futuro	66
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	68
ANEXOS	73
Anexo A: árbol de decisión con ruta de opciones completa	73
Anexo B: muestra con usuario de entrevista semiestructurada	74
Anexo C: muestra con usuario de prueba de medición	76
Anexo D: muestra con usuario test de fracciones	80
Anexo E: muestra con usuario de resultados obtenidos por la aplicación móvil	82

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. EJEMPLO DE FRACCIÓN	5
FIGURA 2.1. SUMA DE FRACCIONES	22
FIGURA 2.2. SUMA DE FRACCIONES CON DENOMINADOR DISTINTO	22
FIGURA 2.3. MULTIPLICACIÓN Y DIVISIÓN DE FRACCIONES	23
FIGURA 2.4. DIVISIÓN DE FRACCIONES.....	23
FIGURA 2.5. LA DIFICULTAD DE DIVIDIR UN POLÍGONO IRREGULAR	24
FIGURA 2.6. LA DIVISIÓN DE UNA FIGURA REGULAR	25
FIGURA 2.7. LA RELACIÓN ENTRE FRACCIONES.....	26
FIGURA 2.8. UNIDAD Y PARTES DE LA UNIDAD	26
FIGURA 3.1. MUESTRA DE EJERCICIOS CONTENIDOS EN EL TEST DE DIAGNÓSTICO.....	30
FIGURA 3.2. ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA.	31
FIGURA 3.3. TEST DE MEDICIÓN DE USABILIDAD.....	33
FIGURA 4.1. DATOS DE ACCESO	35
FIGURA 4.2. TIPOS DE PENSAMIENTO COMPUTACIONAL	36
FIGURA 4.3. TIPOS DE PENSAMIENTO COMPUTACIONAL UTILIZADOS EN EJERCICIOS CON FRACCIONES	37
FIGURA 4.4. NIVELES DE DIFICULTAD DE LOS EJERCICIOS CON FRACCIONES.....	37
FIGURA 4.5. ANIMACIÓN DE UN PROBLEMA DE FRACCIONES	38
FIGURA 4.6. MÓDULO DE RAZONAMIENTO	39
FIGURA 4.7. MÓDULO DE RECOMENDACIONES	41
FIGURA 4.8. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN MÓVIL	41
FIGURA 4.9. ALERTA PARA SOLICITAR LA AYUDA DEL DOCENTE.	43
FIGURA 4.10. ÁRBOL DE DECISIONES.....	44
FIGURA 4.11. VARIABLE DE ENTORNO Y DIRECTORIO.....	46
FIGURA 4.12. INCORPORACIÓN DE ANDROID EN EL ENTORNO DE IONIC..	47
FIGURA 4.13. COMANDO PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO EN UN SMARTPHONE	47
FIGURA 4.14. MUESTRA DE CÓDIGO.....	48

FIGURA 4.15. EJEMPLO DE EJERCICIOS CON BARRA DE PROGRESIÓN	49
FIGURA 4.16. MUESTRA DE CÓDIGO UTILIZADO PARA LOS EJERCICIOS CON BARRA DE PROGRESIÓN.....	49
FIGURA 4.17. EJEMPLO DE EJERCICIOS CON RETROALIMENTACIÓN.....	50
FIGURA 4.18. MUESTRA DE CÓDIGO UTILIZADO PARA EJERCICIOS CON RETROALIMENTACIÓN.....	50
FIGURA 4.19. EJEMPLO DE RETROALIMENTACIÓN DEL MÓDULO RECOMENDADOR.....	51
FIGURA 4.20. MUESTRA DE CÓDIGO UTILIZADO PARA RETROALIMENTACIÓN DEL MÓDULO RECOMENDADOR.....	51
FIGURA 5.1. INTENTOS REALIZADOS EN LA RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS	56
FIGURA 5.2. TIEMPO UTILIZADO EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMA POR CADA UNO DE LOS USUARIOS.	57
FIGURA 5.3. INTENTOS REALIZADOS POR LOS ESTUDIANTES	58
FIGURA 5.4. PORCENTAJE DE ESTUDIANTES QUE NECESITARON AYUDA PERSONALIZADA DEL DOCENTE.....	59
FIGURA 5.5. TIPO DE PENSAMIENTO COMPUTACIONAL UTILIZADO EN LA REALIZACIÓN DE EJERCICIOS.....	60
FIGURA 5.6. NIVEL DE COMPROMISO E INTERÉS MOSTRADO POR LOS USUARIOS	61
FIGURA 5.7. TIEMPO UTILIZADO POR LOS USUARIOS EN LA RESOLUCIÓN DE CADA UNO DE LOS PROBLEMAS.....	62
FIGURA 5.8. NÚMERO DE ACTIVIDADES RECOMENDADAS REALIZADAS POR LOS USUARIOS.....	63

INDICE DE TABLAS

TABLA 5.1. RESULTADOS DEL TEST DE USABILIDAD.....	54
TABLA 5.2. CORRELACIÓN ENTRE EJERCICIOS CON FRACCIONES, TIPO DE PENSAMIENTO COMPUTACIONAL.....	55
TABLA 5. 3 RELACIÓN ENTRE EL NIVEL DE DIFICULTAD DE LOS EJERCICIOS Y EL TIPO DE PENSAMIENTO.....	61

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje de las fracciones por estudiantes de educación básica constituye en la actualidad uno de los problemas, entre otros, que aqueja a la educación primaria en México. Se sabe, por los resultados de pruebas como PLANEA o las realizadas en años anteriores por el Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEE), que las matemáticas, junto con el aprendizaje de la lengua, constituyen dos de los grandes desafíos actuales de la escuela.

Resultados similares arrojan las diferentes investigaciones llevadas a cabo para diagnosticar las causas de esta problemática y encontrar posibles soluciones a la misma. Con el correr de los años, los libros de texto gratuitos publicados por la Secretaría de Educación Pública con ejercicios de matemáticas, se han ido adaptando de tal manera que sus contenidos sean acordes con la experiencia cotidiana del niño. Lo anterior, debido al esfuerzo que implica el inicio del alumno al pensamiento abstracto, en esa etapa de su desarrollo cognitivo, a través de la representación numérica y geométrica de los objetos y fenómenos de su entorno.

Llama la atención, de manera particular, el aprendizaje de las fracciones que se introduce en tercer grado de primaria, ya que este constituye una piedra angular en el proceso de razonamiento abstracto de los estudiantes y el éxito o fracaso de estos últimos en grados escolares ulteriores, incluida la educación secundaria, media superior y superior. A pesar de las innovaciones pedagógicas introducidas en los libros de textos basadas en el estudio de la didáctica de las matemáticas, el aprendizaje de las fracciones continúa siendo una asignatura pendiente en México.

Por otra parte, con la introducción de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la escuela y la rápida evolución de estas últimas, han ido surgiendo nuevas herramientas que pueden resultar de ayuda para el docente de educación básica que atiende en el aula un promedio de 35 alumnos. Destacan, por una parte, el pensamiento computacional como estrategia cognitiva en la resolución de problemas relacionados con operaciones básicas con fracciones como es el caso

del ensayo-error, la iteración y la recursividad, que constituyen estrategias de razonamiento aptas para abordar problemas relacionados con la abstracción matemática. Por la otra, el aprendizaje adaptativo que brinda la oportunidad a los infantes de avanzar a su propio ritmo, en función de sus capacidades y aptitudes. A la vez, que ofrece al profesor en el salón de clase un apoyo para detectar de forma temprana los problemas de aprendizaje de sus alumnos.

Es sobre la problemática antes descrita y las herramientas mencionadas que trata el presente estudio, el cual tiene como objetivo principal diseñar, implementar y evaluar una aplicación móvil basada en el pensamiento computacional y el aprendizaje adaptativo, que mejore el aprendizaje de las fracciones en estudiantes de educación primaria de tercer y cuarto grado.

En el capítulo primero se describen los antecedentes de la problemática del aprendizaje con fracciones en México y se enuncia el planteamiento del problema, las preguntas de investigación y la justificación de este. También, se describen el objetivo general y los específicos, al igual que los alcances y delimitaciones del estudio.

En el segundo capítulo se presenta los principales conceptos y teorías que constituyen el marco teórico de la investigación, a saber, el pensamiento computacional, el aprendizaje adaptativo y el aprendizaje de las fracciones.

En el tercer capítulo se expone la metodología utilizada para realizar la investigación. Se incluye el enfoque, alcance y diseño de esta, al igual que la muestra utilizada y el diseño de instrumentos de recolección de datos.

En el cuarto capítulo se describe la manera en que se realizó el diseño y desarrollo de la aplicación móvil para el aprendizaje de fracciones. En la parte de diseño se presentan los diferentes componentes que integran el sistema, como es el caso de los módulos de inicio, razonamiento y de recomendaciones o recomendador. De la misma manera, se expone el proceso de desarrollo seguido para su construcción, al igual que las herramientas utilizadas para tal fin.

En el quinto capítulo se hace una exposición de los resultados obtenidos y, finalmente, en el sexto se presentan las conclusiones y el trabajo a futuro.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

En este capítulo se presentan los principales antecedentes relacionados con el problema del aprendizaje de las fracciones por estudiantes de educación básica en México. Así mismo, se plantea el problema y la pregunta de investigación, así como el objetivo general y los objetivos específicos. También, se hace una justificación del problema en cuestión y se exponen los alcances y limitaciones del presente estudio.

En el ámbito nacional los estudiantes del primer ciclo de educación básica que tienen dificultades con el aprendizaje de fracciones está en aumento (PLANEA, 2020).

Los alumnos de sexto grado experimentan dificultades para poder ejemplificar claramente las diferentes partes de una fracción, representar gráficamente una fracción, a la vez que enfrentan problemas al intentar ejecutar operaciones básicas con ellas. De la misma forma, les resulta difícil “identificar una fracción en un modelo discreto, comparar fracciones y multiplicarlas por un número natural; usar las fracciones para expresar una división, identificar el dividendo o divisor”, entre otras tantas dificultades, como lo señalan los resultados de la evaluación (PLANEA, 2020).

El problema de aprendizaje de las fracciones es una situación por la que algunos niños de educación básica pasan a través de un proceso lleno de frustración, ya que al ver que sus compañeros sí pueden resolver los ejercicios propuestos en el aula de manera satisfactoria, estos tienden a pensar que hay algo mal en ellos al no poder resolverlos. Además, se requiere de cierto nivel de pensamiento abstracto que muchas veces aún no está desarrollado a temprana edad (Reséndiz Balderas, 2018).

En una minoría de casos se presentan situaciones en los alumnos que no les permiten un aprendizaje adecuado de las fracciones, relacionados con alteraciones del sistema nervioso central, para ser más específico en el hemisferio derecho y sus lóbulos (Balladares Burgos et al., 2016). En estos casos existe un antecedente de origen biológico que impide el aprendizaje, por lo tanto, por más que el alumno lo intente no podrá llevar a cabo el aprendizaje de las matemáticas.

Otros problemas relacionados son los de discapacidad física, problemas sociales u otro tipo de adversidades presentes en esa etapa del individuo. Además, se da el caso de que el maestro que imparte la clase no sepa enseñar sus conocimientos de una manera adecuada, lo cual conlleva a que los estudiantes no logren aprender. Es por esto por lo que resulta crucial detectar a tiempo la problemática real de cada alumno, para así poder ayudarlo de manera correcta (Balladares Burgos et al., 2016)

También, cabe destacar que no todos los problemas de aprendizaje son causa de enfermedades o del entorno social, si no que muchas veces están relacionados con diversas situaciones que no son fáciles de detectar, como lo señala Estrada (2007):

Un niño o niña con problemas de aprendizaje suele tener un nivel normal de inteligencia, de agudeza visual y auditiva. Es un niño(a) que se esfuerza en seguir las instrucciones, en concentrarse, y portarse bien en su casa y en la escuela. Su dificultad está en captar, procesar y dominar las tareas e informaciones, y luego a desarrollarlas posteriormente. El niño con ese problema simplemente no puede hacer los que otros con el mismo nivel de inteligencia pueden lograr (Ospina, 2007, p. 16).

Así, tenemos que los principales factores que generan dificultades en el aprendizaje de las matemáticas en niños y niñas son, según Ospina (2007)

:

1.- Constitucionales: Estos se presentan por alguna situación de tipo familiar en las cuales se encuentra el niño:

- Influencias hereditarias y anomalías genéticas
- Complicaciones prenatales y durante el nacimiento
- Enfermedades y daños sufridos después del nacimiento
- Alimentación y cuidados médicos inadecuados

2.- Familiares: se puede convertir en generadora de dificultades en el aprendizaje al no contar con los recursos suficientes para generar un ambiente de sano esparcimiento

- Pobreza
- Malos tratos
- Conflictos y desorganización, psicopatología y estrés
- Familia números

3.- Emocionales e interpersonales

- Patrones psicológicos tales como baja autoestima, inmadurez emocional, temperamento infantil
- Incompetencia social
- Rechazo por parte de los iguales

4.- Intelectuales y académicos: inteligencia por debajo de la media ocasiona un rezago respecto a lo demás alumnos

- Fracaso escolar

5.- Ecológicos: vecindario desorganizado y con delincuencia, pandillas, drogas

- Injusticias raciales, étnicas y de género

6.- Acontecimientos de la vida no normativos que generan estrés

- Muerte prematura de los padres
- Estallido de una guerra en el entorno inmediato (Ospina, 2007, p. 13)

A finales del siglo XX, en México, se comenzó a evaluar el aprendizaje con motivo de diagnóstico y poder así contar con datos estadísticos fiables. Programas de evaluación como PLANEA, PISA y otros concuerdan en que el sistema de educación nacional está lejos de alcanzar los resultados planteados por ellos mismos (INEE, 2017). Según estos programas, el 60% de los niños evaluados no cuenta con los niveles mínimos suficientes en el dominio de las matemáticas.

En relación con el aprendizaje específico de las fracciones Butto Zarzar (2013) señala:

El concepto de fracción está presente en los más diversos contextos de uso. En el contexto escolar, fracción hace parte del currículo de educación básica. Se observa, que a pesar de que la mayoría de los estudiantes pasan un tiempo razonable de instrucción escolar, continúan enfrentando problemas con ese concepto matemático (Butto, 2013, p. 2).

Las fracciones son mostradas a los estudiantes de primaria a través de conceptos y ejercicios sencillos de relacionar con sus experiencias de la vida cotidiana las figuras geométricas básicas, pues esto supone un mayor entendimiento para ellos. Se tiene como ejemplo el colorear $\frac{3}{4}$ de una pizza, fraccionar un cuadrado en 8 partes o repartir 12 manzanas a 3 personas.

Fraccionar un entero supone la idea de que cuando algo es dividido, se hace en porciones menores que el todo inicial, así cada una de las partes deberá ser igual y a la vez una fracción del todo original. Aquí es cuando los estudiantes comienzan a experimentar dificultades, pues algunos no logran visualizar el todo por no ser lo suficientemente claro, esto puede apreciarse en el ejemplo de la Figura 1.1. (Butto, 2013).

$$\frac{8}{5}$$

Figura 1.1. Ejemplo de fracción
Fuente: Butto, (2013)

En este ejemplo el numerador es mayor que el denominador. Casos como este hacen que los estudiantes entren en conflicto si no se tienen unas buenas bases en el aprendizaje de fracciones (Butto Zarzar, 2013).

Durante años, el método para enseñar las fracciones ha sido bajo la premisa de que ellas forman parte de un entero, así tenemos que $\frac{1}{4}$ es una parte de un entero que fue dividido en 4 partes. Los infantes que no logran comprender este enfoque de enseñanza tienen problemas o cometen errores como el decir que $\frac{6}{5}$ no es un número, ya que una persona no podría recibir 6 partes de un objeto que fue dividido en 5 partes (Fazio y Siegler, 2013).

Otro de los errores más comunes al querer sumar o restar fracciones es tratar de hacerlo primero con los numeradores y después con los denominadores. Esto se debe, en gran parte, a que algunos de los estudiantes de educación básica no comprenden que las fracciones son números con magnitudes. Otro error común, según lo afirman Fazio y Siegler (2013), consiste en realizar cálculos con fracciones negativas, ya que este concepto aún no está del todo desarrollado en esas etapas de la vida del infante.

De entre los conceptos erróneos más comunes, también señalados por Fazio y Siegler (2013), se pueden enunciar los siguientes:

Tratar numeradores y denominadores como números separados. Como ejemplo está la siguiente equivalencia: $\frac{5}{8} - \frac{1}{4} = \frac{4}{4}$. Como es sabido esto es erróneo, ya que los estudiantes fallan al abordar el problema como si las fracciones fueran un número unificado.

Dejar al denominador sin cambios en problemas de multiplicación. Ejemplo $4/5 \times 1/5 = 4/5$. En este último caso, dado que en la escuela se suele privilegiar la resolución de problemas que implican la suma de fracciones, los alumnos se quedan con la idea de que tienen que sumar denominadores iguales en lugar de multiplicar.

Malinterpretar números mixtos. Como ejemplo se tiene $4 \frac{2}{3} - 1 \frac{2}{5} = 3$. Este planteamiento, señalan los autores antes citados, es erróneo ya que el alumno solo se enfoca en los números enteros y olvida la parte fraccionaria.

Otro tipo de errores al trabajar con fracciones pueden ser por descuido o distracción. Estos son causados por falta de concentración al momento realizar operaciones (Balladares Burgos et al., 2016).

También, se presentan errores por desconocimiento de la respuesta o por simplificación incompleta: no se termina la simplificación por no saber cómo proceder en adelante. En el caso de las operaciones con enteros, las equivocaciones no son por falta de conocimiento, sino más bien por prisas al momento de resolver el problema. Además, habría que agregar el error en la jerarquía de las operaciones: un ejemplo claro es cuando un alumno realiza la suma antes que la multiplicación.

Otro tipo de errores en el aprendizaje de las fracciones son los cometidos por defectos en la comprensión del concepto, como lo indica González (2014). Esto último sucede con la conmutatividad de las operaciones: los estudiantes no saben cuándo aplicar la propiedad conmutativa, ejemplo $5-3=3-5$ para el caso de la resta o $5/2 = 2/5$ para el caso de la división.

En el caso de la ordenación de fracciones, ejemplo, $\frac{1}{2} < \frac{1}{3}$, los alumnos consideran que 2 es menor que 3. Algo similar sucede con la comparación cualitativa incorrecta. Aquí el alumno suele llegar a conclusiones equivocadas, como puede ser el pensar que la mitad de $1/6$ es $1/3$ argumentando que la mitad de 6 es 3.

1.2 Definición del problema

La dificultad que experimentan los niños de educación primaria en el aprendizaje de las fracciones constituye un obstáculo mayor que les impide desarrollar el pensamiento lógico-matemático, considerado como fundamental en las etapas ulteriores de su educación, por lo que se requiere de la búsqueda de nuevos enfoques orientados a indagar soluciones alternativas a la problemática antes descrita. Esto conduce a formular las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuáles son las formas de pensamiento computacional implicadas en la resolución de ejercicios con fracciones, por estudiantes de tercer y cuarto grados de educación primaria?

¿Cuál es el rol del aprendizaje adaptativo en la resolución de ejercicios con fracciones en estudiantes de educación básica?

1.3. Justificación del problema

Dada la situación antes expuesta en relación con la problemática del aprendizaje de las fracciones, se considera que es necesario abordar esta situación desde nuevos enfoques más acordes con el contexto de los niños hoy en día, como es el uso de medios digitales que les permiten aprender de forma más dinámica y lúdica, a la vez que experimentan con los objetos de aprendizaje, en este caso los ejercicios con fracciones. A la vez que se incursiona en formas de pensamiento alternativas como es el caso del pensamiento computacional, así como al hecho de poner un mayor énfasis en las capacidades individualizadas y ritmo de aprendizaje de cada infante a través del recurso al aprendizaje adaptativo.

Por lo tanto, el recurso a otras formas de razonamiento como es el pensamiento computacional ofrece alternativas para abordar el problema del aprendizaje de las fracciones, a la vez que se recurre a nuevas formas más adaptativas de abordar el aprendizaje de los niños apoyándose en la tecnología digital.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar, implementar y evaluar una aplicación móvil, basada en el pensamiento computacional y el aprendizaje adaptativo, que mejore el aprendizaje de las fracciones en estudiantes de educación primaria de tercer y cuarto grado.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar el uso del pensamiento computacional como herramienta para el aprendizaje de las fracciones en alumnos de tercer y cuarto grado de educación básica.
- Explorar las posibilidades del aprendizaje adaptativo como tecnología de apoyo en procesos de aprendizaje de las fracciones.
- Diseñar e implementar una aplicación móvil que apoye a los estudiantes de educación básica en el aprendizaje de las fracciones.

1.5 Alcances y delimitaciones

El estudio está orientado a estudiantes de tercero y cuarto grado de educación primaria, que es el período en el cual inician el aprendizaje de esta rama de las matemáticas. Con la finalidad de evaluar la viabilidad del uso del pensamiento computacional como forma de aprendizaje, se eligieron tres formas a través de las cuales este se expresa: ensayo y error, iteración y recursividad. Se eligieron estas tres formas debido a que, en pruebas previamente realizadas a partir de ejercicios con fracciones de tercer y cuarto grado de primaria, se encontró que estas tres eran las más comúnmente utilizadas dadas las condiciones iniciales de los niños como aprendices.

Así, para el caso de la suma y la resta con fracciones, se determinó que estas dos operaciones están ligadas a la iteración, dado que son procedimientos repetitivos del aprendizaje básico en las primeras etapas de desarrollo del infante.

La multiplicación está relacionada con el ensayo-error, ya que para resolver este tipo de ejercicios la pedagogía recurre a los sentidos, la experimentación y la representación de las ideas obtenidas de las experiencias, para aceptar o rechazar el conocimiento que la realidad ofrece.

En el caso de la división, esta se relaciona con la recursividad ya que estos problemas por lo general no pueden ser resueltos por sí mismos, pero pueden ser remitidos a otros problemas más sencillos y con las mismas características.

Así mismo, partiendo de la constatación según la cual cada alumno tiene necesidades y ritmos diferentes de aprendizaje, se decidió recurrir al aprendizaje adaptativo, en su forma más básica, con la finalidad de ofrecer a los destinatarios del estudio la posibilidad de avanzar a su propio ritmo, con el apoyo de los ejercicios propuestos en la aplicación móvil y la supervisión del docente del grupo.

Tanto las tres formas de pensamiento computacional antes descritas, como el aprendizaje adaptativo como estrategia pedagógica, sirvieron de base para el diseño de la aplicación móvil que contiene un total de 51 ejercicios de fracciones agrupados en 12 problemas, organizados en tres niveles: bajo, medio y alto.

La aplicación móvil se desarrolló para sistema operativo Android y constituye el medio o instrumento a través del cual se pretende evaluar el nivel de impacto del pensamiento computacional en el aprendizaje de las fracciones. Aunado, esto último, al uso del aprendizaje adaptativo como forma de explorar estrategias didácticas alternativas de apoyo a los estudiantes en el aprendizaje de las fracciones.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se hace una presentación de las bases teóricas que sirvieron para elaborar esta investigación. En primer lugar, se describe al pensamiento computacional en términos de su definición, campo de estudio, así como la problemática que este aborda. De igual forma se procede con el aprendizaje adaptativo y el aprendizaje de fracciones, que constituyen la temática principal de nuestra investigación.

2.1 Pensamiento computacional

2.1.1 Hacia una definición del pensamiento computacional

Durante nuestro crecimiento como seres racionales desarrollamos diversos tipos de pensamiento, los cuales nos ayudan a resolver problemas o situaciones específicas. Tal es el caso del pensamiento deductivo que forma parte de las afirmaciones basadas en ideas abstractas y universales, el pensamiento creativo el cual provee soluciones originales y únicas, al igual que el pensamiento suave que nos ayuda a utilizar conceptos a menudo difusos y poco claros (Torres, 2018).

Por otra parte, en la actualidad se conoce una forma de pensar y organizar las ideas y representaciones, asociada al desarrollo de la computación, que es prácticamente terreno abandonado. Esta forma de pensar favorece las competencias informáticas y/o computacionales, y se caracteriza por una manera de razonar que propicia el análisis y las relaciones de ideas para la organización y representación lógica. Estas habilidades tienen una ventaja en relación con ciertos entornos de aprendizaje desde edades muy tempranas. Como lo señala Zapata-Ros (2015), tratamos así con un pensamiento muy específico llamado pensamiento computacional.

Una vez identificado el pensamiento computacional podemos adentrarnos un poco más en su definición, A este respecto Cuny (2010) lo define en los siguientes términos: “los procesos de pensamiento involucrados en la formulación de

problemas y representación de sus soluciones, de manera que dichas soluciones puedan ser ejecutadas efectivamente por un agente de procesamiento de información (humano, computadora o combinaciones de humanos y computadoras)” (Cuny et al., 2010).

Este término fue utilizado por primera vez en la revista de comunicaciones de la ACM en marzo del 2006, en donde Jannette M. Wing usó el término para referirse a una visión que ella deseaba compartir con cualquier persona, no sólo aquellos con carreras en campos de las ciencias de la computación. De esta manera, el público en general podría beneficiarse de la manera de pensar de los científicos y especialista de la computación. Así fue como de un intercambio de correos electrónicos entre Jan Cuny, Larry Snider y Jannette Wing, nació el termino de pensamiento computacional (Wing, 2010).

El objetivo principal del pensamiento computacional, como lo indica Zapotecatl López es:

“Desarrollar sistemáticamente las habilidades del pensamiento de orden superior, como el razonamiento abstracto, el pensamiento crítico y la resolución de problemas, con base en los conceptos de la computación. Además, potenciar el aprovechamiento del poder de cálculo que tienen las computadoras actualmente para innovar y volverlo una herramienta científica.” (Zapotecatl López, 2018, p. 5).

Por su parte Zapata-Ros (Zapata, 2014 b) indica que en relación con las teorías del aprendizaje ha identificado los siguientes componentes del pensamiento computacional: pensamiento ascendente, pensamiento descendente, heurística, pensamiento divergente, creatividad, resolución de problemas y pensamiento abstracto.

El pensamiento computacional fomenta también el pensamiento crítico, según Zapotecatl López (2018), a través de conceptos claves de la computación, como abstracción, algoritmos, programación y simulación. Y al seno de dichos conceptos y procedimientos destacan conceptos y procesos como el de ensayo y

error iteración, así como el de recursividad que han sido seleccionados para nuestra investigación como ya se describió en el artículo precedente.

2.1.1.1. Ensayo y error

El ensayo y error, también conocido como método heurístico, es una de las estrategias de aprendizaje más utilizadas por los humanos desde la infancia. Se trata de un método de resolución de problemas por aproximaciones sucesivas, en dónde se experimenta con los modelos mentales que creamos acerca de un hecho o fenómeno confrontándolo con este último. Así, los infantes utilizan “los sentidos, la experimentación y la representación de las ideas obtenidas de las experiencias, para aceptar o rechazar el conocimiento que la realidad les ofrece y para inducirlo” (Zapata, 2014 b).

Esta forma de pensamiento resulta clave para los estudiantes que se inician en la resolución de problemas con fracciones, ya que ponen a prueba los modelos cognitivos creados a partir de la experiencia cotidiana, confrontándolos con representaciones abstractas en el caso de que las fracciones se expresen con números, o analógicas en el caso de que estas se ilustren a través de figuras geométricas o animaciones.

2.1.1.2. Iteración

En programación, la iteración remite a procedimientos repetitivos utilizados en los lenguajes de programación. No obstante, esta forma de pensamiento se inicia desde una edad temprana en el aprendizaje de las fracciones, los números racionales y otros tantos conceptos y procedimientos de tipo iterativo propios de las matemáticas.

Al respecto, Zapata-Ros (Zapata, 2014 b) cita a una serie de investigaciones sobre la división de operaciones, fundamental en el aprendizaje de las fracciones, como es la construcción del esquema de fracción iterativo. La iteración juega un rol fundamental en relación con la medida y la manera en que los niños representan magnitudes y valores. Lo antes expresado queda de manifiesto en el tipo de

ejercicios sobre fracciones, que deben resolver los alumnos de tercer y cuarto grado de primaria. En estos últimos, los niños ponen a prueba a través de gráficos y animaciones su capacidad para calcular las magnitudes de una figura geométrica, por ejemplo, así como sus valores en términos de fracciones

2.1.1.3. Recursividad

En ocasiones un problema debido a su dimensión o complejidad no puede ser resuelto como tal, describe (Zapata, 2014b), pero si es posible remitirlo a otro problema menor con las mismas características pudiendo ser resuelto. De esta manera, el procedimiento nos puede dar acceso a una regla de recurrencia muy útil para automatizar la solución de problemas.

La recursividad, apunta Zapata Ros (2014) “es algo que va más allá de las matemáticas o de la computación, es propiamente una forma de pensar: Pensar sobre el pensamiento, también tiene un ámbito de conocimiento o de modelado en la psicología: la metacognición” (Zapata-Ros, 2014 b). Se trata de pensar sobre la manera en que pensamos (metacognición) y acceder de esta manera a la regla que guía el procedimiento para resolver un ejercicio, en este caso de matemáticas.

Otros de los elementos del pensamiento computacional son:

- Análisis de los efectos de la computación: definir alcances y limitaciones de lo que se puede o no hacer con una computadora
- Producir artefactos computacionales: tratar de que se pase de ser consumidores a creadores de productos tecnológicos
- Uso de abstracción y modelos: abstracción de las propiedades más básicas de un problema para construir modelos y resolverlos de manera fácil
- Algoritmización: habilidad de organizar procesos secuenciales
- Trabajo efectivo en equipo: mejores resultados al compartir el conocimiento e ideas (Balladares Burgos et al., 2016).

En las sociedades actuales el pensamiento computacional se ha convertido en una competencia de alto nivel, que se relaciona con un modelo de conceptualización

muy arraigada en los seres humanos. Desarrollamos ideas y las vinculamos con el pensamiento lógico-abstracto-matemático y, a su vez, con el pragmático los cuales tienen un gran impacto en nuestra vida cotidiana. Se podrá pensar, como lo señalan Valverde-Berrocoso, Fernández-Sánchez y Garrido-Arroyo (2015), que este procedimiento, de carácter intelectual, es sinónimo de la capacidad de una persona para poder realizar programación en algún tipo de lenguaje. Sin embargo, no es así ya que esta forma de pensamiento requiere de diferentes niveles de abstracción y es totalmente independiente de los dispositivos que se utilicen.

2.1.2 Problemática y soluciones

Uno de los problemas en los que varios autores del término estuvieron de acuerdo fue que el pensamiento computacional tiene su complejidad en sí, dado que se puede relacionar con una competencia compleja de un grado de dificultad alta que, a su vez, está vinculada con niveles de pensamiento abstracto y matemático (Valverde-Berrocoso et al., 2015). También, se estableció que el uso mecánico de las computadoras poco a poco se está convirtiendo en una limitación, por lo que es necesario desarrollar habilidades informacionales para el pensamiento.

Uno de los principales problemas que afronta el pensamiento computacional no es su implementación señala Zapata-Ros (2015a), sino su aceptación/conocimiento, dado que se le considera como un término relativamente nuevo si se le compara con los otros tipos de pensamiento. Además, de que no es desarrollado desde temprana edad como otras habilidades clave tales como la lectura, escritura y las habilidades matemáticas.

Desde hace años y con el boom de las tecnologías de la información, puestos laborales que no existían se han venido creando, tales como ingeniero de software, arquitecto de programación, asegurador de calidad de software, etc. Las instituciones y agencias que contratan a estos profesionistas en áreas de la informática han llegado a la conclusión de que la sociedad, los sistemas de

producción y servicios de consumo cada vez demandan a personal que esté altamente calificado en la industria de la informática.

Como ejemplo tenemos el caso de países con industrias dedicadas a esta área, que hacen paros en ciertas partes del proyecto/trabajo requerido por falta de personal y se ven en el apuro de buscar a alguien competente. Sin embargo, esto conlleva tiempo de producción lo cual es costoso para las empresas. Esto sucede por falta de egresados de las escuelas técnicas con los suficientes conocimientos para llenar estos puestos. Ante esta situación, los países más desarrollados en la actualidad han puesto en marcha un plan en las instituciones educativas de nivel básico. Dicho plan constituye una reorganización del currículo estudiantil para, con esto, poder introducir el entendimiento y desarrollo de nuevas destrezas básicas tales como el pensamiento computacional(Zapata-Ros, 2015a).

Es así como algunos investigadores han introducido modelos que contemplan el uso del pensamiento computacional en el aula, como es el caso de Weintrop, et al. (2016) falta, quienes proponen una taxonomía que consta de cuatro categorías: prácticas de datos, prácticas de modelado y simulación, prácticas de resolución de problemas y prácticas de pensamiento sistémico. De estas cuatro categorías y a efectos del presente estudio, sólo se considera las categorías de prácticas de simulación y prácticas de resolución de problemas.

En especial cabe señalar el rol de la simulación como estrategia pedagógica en el aprendizaje de las matemáticas en los niños(Berlin, D. y White, 1986), ya que les permite pasar de situaciones concretas, en este caso los objetos simulados pudiendo ser manipulados, a conceptos abstractos propios del dominio de las matemáticas, que facilitan al estudiante incorporar los procesos de abstracción implícitos en la resolución de ejercicios.

Por otra parte, junto con el desarrollo reciente del pensamiento computacional, han surgido nuevas tecnologías que brindan al usuario la oportunidad de poner en práctica esta forma de pensamiento lógico a través de aplicaciones móviles de carácter lúdico, cuyo objetivo es fomentar el aprendizaje en

dominios como el aprendizaje de las matemáticas entre los niños (Crompton y Burke, 2017; Suprianto, Ahmadi y Suminar, 2019).

2.1.3. Pensamiento computacional y educación

En la actualidad existen esfuerzos por incorporar el pensamiento computacional en ámbitos educativos. Una de las propuestas con mayor impacto por el número de personas involucradas es code.org (Partovi, 2020). A partir de un estudio realizado por esta organización, se llegó a la conclusión de que en el 90% de los colegios de América del norte no se estaba enseñando informática o las bases de la programación. Entre sus objetivos se encuentra incluir a la informática como asignatura obligatoria en la currícula de educación básica en Estados Unidos (Code.org, 2020). A este proyecto se unieron 100 empresas entre las que destacan Amazon, Apple, Facebook, Google, Microsoft entre otras.

En el Reino Unido se cuenta con una red de voluntarios que comparten sus conocimientos en programación con estudiantes de 9 a 11 años. Esta iniciativa se llama code club, los profesionistas consideran importante desarrollar la creatividad y pensamiento lógico de los niños. En América Latina, Colombia destaca con el proyecto Coderise cuya intención es posibilitar y adquirir habilidades de pensamiento computacional para posteriormente mejorar las condiciones económicas de los jóvenes, a través de la generación de proyectos de emprendimiento.

2.2 Aprendizaje adaptativo

2.2.1 Hacia una definición del aprendizaje adaptativo

El aprendizaje adaptativo (AA) tiene como premisa la adaptación del proceso educativo a las fortalezas y debilidades de cada estudiante. Se trata de una nueva modalidad de implementar el proceso de aprendizaje utilizando las TIC, que busca adaptar el proceso de aprendizaje a las necesidades, dificultades, capacidades y estrategias cognitivas de cada estudiante, en función de los datos aportados por este último en su interacción con los componentes de un curso y datos adicionales

en proveniencia de test psicométricos, estilos de aprendizaje, etc. (Kinshuk, 2016; Morillo Lozano, 2016).

El AA se basa en tecnologías como la minería de datos, agentes, redes neuronales, procesamiento del lenguaje natural, la analítica del aprendizaje y el aprendizaje automatizado, entre otros, en proveniencia del desarrollo de la inteligencia artificial. Su uso se ha aplicado, principalmente, en universidades para el aprendizaje de disciplinas altamente estructuradas como la matemáticas, la física o la química.

Esta forma de aprendizaje se basa en la personalización educativa de técnicas de aprendizaje, después de un proceso que diferencie e identifique las necesidades únicas y específicas de cada estudiante, así mismo debe de ofrecer diferentes posibilidades en los materiales de enseñanza (Fernández Quiroz y Huerta Hernandez, 2016).

A su vez, el AA constituye un modelo innovador en los métodos de modernos, ya que se orienta a responder a diferentes capacidades y necesidades académicas de los estudiantes. También, destaca por su utilidad como una alternativa más hacia la innovación educativa y la necesidad de atender específicamente a las diferentes habilidades pedagógicas de los alumnos (Suárez et al., 2006).

Actualmente este tipo de aprendizaje tiende a desarrollarse con la introducción de campos de la inteligencia artificial como el aprendizaje automatizado (Marzano, G. y Lubkina, 2020), así como el recurso a las analíticas de aprendizaje (Mavroudi, Anna y Giannakos, Michail y Krogstie, 2017). Esta modalidad educativa se entiende como un reto, ya que su uso es aún precario y pocas instituciones ponen énfasis en su desarrollo.

Sin embargo, hoy en día se acepta que adaptar la enseñanza a las capacidades individuales del alumno es una necesidad latente. A diferencia de los métodos de enseñanza tradicionales de carácter uniforme, se sabe que cada alumno debe de ser considerado como únicos dados sus procesos cognitivos particulares, al igual que desempeño académico, su situación socioeconómica,

problemas familiares, etc. Los factores antes descritos apuntan hacia la necesidad de una educación personalizada (Leal y La, 2019).

2.2.2 Problemática y soluciones

La mayoría de las tecnologías innovadoras afrontan una serie de dificultades en su inicio, el aprendizaje adaptativo no escapa de dichos problemas. Así lo señala González (2018):

“La adaptación del aprendizaje (aprendizaje adaptativo) está relacionada con las funcionalidades adaptativas disponibles en los sistemas de gestión de aprendizaje (LMS, por sus siglas en inglés). Estos sistemas brindan al estudiante acciones predefinidas, para que seleccione aquellas que guíen su proceso de aprendizaje, Asimismo, ofrecen al docente la oportunidad de planificar la configuración de contenidos, la interfaz y los mecanismos de la retroalimentación y/o evaluación aplicando su experticia, y de este modo, mejorar la performance general del ambiente de aprendizaje” (Hernandez, 2018, p. 1).

De entre los problemas más comunes a los que se enfrenta este tipo de aprendizaje tenemos:

1. Hay que saber leer la información obtenida en las evaluaciones, estas evaluaciones arrojan datos importantes ya que miden los conocimientos que dominan los estudiantes dado que de esto depende que se puedan hacer los ajustes necesarios para fortalecer que se puedan lograr los aprendizajes esperados.
2. Hay que crear rutas de aprendizaje en función de las necesidades e intereses de los alumnos
3. Diseñar materiales didácticos atractivos, llamativos y que capten la atención de los estudiantes.
4. Trabajar correctamente con las herramientas de LSM para la retroalimentación adecuada de los alumnos
5. Guiar, orientar y dar asesoría personalizada a los alumnos

6. Que los docentes participen de manera activa en los diversos ciclos de implementación de mejora continua en los materiales de los cursos impartidos.
7. Desarrollar competencias en el ámbito digital (Hernandez, 2018)

El aprendizaje adaptativo, al igual que el pensamiento computacional, son conceptos y tecnologías en pleno desarrollo que, debido a su novedad relativa, no han sido aún incorporados a los programas de estudio. Estos dos conceptos nos dan acceso a tecnologías innovadoras y con un gran potencial en diferentes ramos. Precisamente es en el dominio de la enseñanza de las matemáticas, en donde ambas tecnologías de aprendizaje han dado sus mejores resultados (Sjaastad, Jørgen & Tømte, 2018).

2.2.3 Aprendizaje adaptativo y educación

Los trabajos relacionados entre el aprendizaje adaptativo y el ámbito educativo son pocos, pero con una gran importancia para quienes los aprovechan, a continuación, veremos algunos de ellos.

Khan Academy: Salman Amin Khan (2016), profesor informático, buscaba ayudar a sus primos con los estudios de matemáticas. La idea surgió cuando él realizó unos videos sobre matemáticas para ayudarles, ya que estos preferían la versión virtual porque no tenían la presión de alguien preguntándoles si lo habían entendido y al mismo tiempo eran capaces de parar y repetir el video hasta que lo entendieran.

Estos videos fueron publicados en YouTube de manera que eran accesibles a todos los usuarios. Así fue como encontró que eran de utilidad para más personas que solo sus primos. Por lo tanto, decidió crear algo más profesional y fundó la Khan Academy, con la idea de que no todas las personas aprenden de la misma manera, sino que hay personas que aprenden a diferente ritmo (Morillo Lozano, 2016).

LearnSmart: la editorial McGraw-Hill, por su parte, responde a la falta de personalización educativa añadiendo a los libros de texto una tecnología de

aprendizaje adaptativo propietaria y desarrollada por ellos, esto con el fin de crear experiencias únicas y adaptadas a las necesidades individuales de cada estudiante (McGraw-Hill, 2019).

Matic: es una plataforma de aprendizaje adaptativo usada en países como Reino Unido, Alemania, Inglaterra y Holanda y actualmente en México, entre otros, que puede ofrecer a los centros educativos y profesores la posibilidad de potenciar el aprendizaje de las matemáticas adaptándolas a las necesidades de cada alumno. Es una solución moderna y eficaz para que no haya rezago educativo y así todos los alumnos logren su máximo potencial (Matic, 2018).

Smart Sparrow: la plataforma está especialmente dirigida a los docentes ya que les ofrece la autoría de las clases, con un software que les permite crear trayectos o caminos adaptativos. Así mismo, tiene un enfoque centrado en aprender realizando más ejercicios que en la memorización (Sparrow, 2017).

Cerego: Es una plataforma tecnológica de aprendizaje adaptativo basada en principios de neurociencia y ciencia cognitiva, así mismo utiliza la dimensión espacial como base de la memoria a largo plazo. Los alumnos inscritos en esta plataforma logran hacer diversos trayectos de aprendizaje basados en la memorización (Cerego, 2018).

2.3 Aprendizaje de fracciones

2.3.1. Hacia una definición de aprendizaje

Es el proceso mediante el cual se modifican y adquieren habilidades, destrezas, conocimientos, conductas o valores a causa del estudio, razonamiento y observación. Existen varias maneras de abordarlo para lo cual tomaremos en cuenta ciertos aspectos importantes de este proceso. (Zapata-Ros, 2015a)

- La adquisición de regularidades: Esto nos dicta que este proceso está dirigido a extraer regularidades del entorno, puesto en otras palabras es el hecho de establecer secuencias repetitivas de sucesos o conductas que nos permitan predecir cierto tipo de eventos. Pongamos como ejemplo que después del

atardecer viene la noche, es un hecho que es repetitivo y del cual adquirimos conocimiento a muy temprana edad.

- La condensación de la información nos dicta que es un mecanismo mediante el cual se funden o condensan ciertos elementos de información que tienden a reproducirse juntos o que sea información que se recupera como una sola pieza
- La automatización del conocimiento es el proceso de aprendizaje que se ve reflejado como consecuencia de la práctica reiterada de una secuencia de acciones o conocimientos, esto quiere decir que con la práctica repetida se va ejecutando con un consumo cada vez menor de recursos de la atención. Se puede afirmar, por lo tanto, que ciertos aprendizajes se consolidan hasta el punto de ser actividades controladas en la memoria de trabajo sin apenas ser consciente de ello (Pozo, 2008).

2.3.2 Hacia una definición de las fracciones

Fracción es el nombre como se le conoce al resultado de un número “a” dividido por algún número “b” y se representa o se escribe “a/b”. Al número “a” que se encuentra en la parte superior se le llama numerador y al número “b” que se encuentra en la parte inferior le llamaremos denominador de la fracción. En cuanto al uso de las fracciones es apropiado considerarlas como respuestas a problemas de división. Como ejemplo pondremos que alguien tiene seis (“a”) pasteles, estos seis pasteles son divididos entre tres (“b”) personas, por lo tanto, cada persona recibe dos pasteles. Usando la representación mostrada anteriormente tenemos que “a/b” es lo mismo que “6/3” y el resultado de esta división será igual a dos. (Tanton, 2005).

La tarea de fraccionar algo proviene del hecho de que cuando se trata de dividir ese algo, este último es necesariamente dividido en porciones menores que el todo inicial. Cada una de esas porciones menores es igual y es una fracción de lo que alguna vez fue el todo en su forma original (Butto Zarzar, 2013).

Las fracciones son números que se obtienen de dividir un entero en partes iguales, estas se representan por números que están escritos uno sobre el otro y que se encuentran separados por una línea ($\frac{3}{5}$), en donde el número superior es llamado numerador y al número de la parte inferior se le llama denominador. Los numeradores se leen tal cual como se muestra el número, pero los denominadores tienen términos diferentes. Así, 2 es medios, 3 tercios, 4 cuartos, 5 quintos, 6 sextos, 7 séptimos, 8 octavos, 9 novenos y así sucesivamente (Educativo, 2011).

Ahora que sabemos lo que es una fracción podemos definir las operaciones aritméticas básicas que se usan en primaria. Se asume que el número denominador “b” sea diferente de cero, ya que esto ocasiona una paradoja matemática conocida como diferentes infinitos.

En la suma y resta de fracciones aparecen dos casos. Si se tiene el mismo denominador, entonces se suman o restan los numeradores y se deja el denominador común, como se puede apreciar en la Figura 2.1. (Ruesgas, 2018)

$$\frac{2}{7} + \frac{3}{7} = \frac{5}{7}$$

*Figura 2.1. Suma de fracciones
Fuente: Ruesgas, 2018*

Si tienen un denominador distinto, hay que obtener fracciones equivalentes a las fracciones dadas para que estas tengan un denominador común y luego sumar o restar (Ruesgas, 2018), tal y como se ilustra en la Figura 2.2.(Ruesgas, 2018)

$$\frac{2}{7} + \frac{1}{3} = \frac{2 * 3}{7 * 3} + \frac{1 * 7}{3 * 7} = \frac{6}{21} + \frac{7}{21} = \frac{13}{21}$$

*Figura 2.2. Suma de fracciones con denominador distinto
Fuente: Ruesgas, 2018*

Multiplicación y división: para multiplicar dos fracciones, como se muestra en la Figura 2.3., basta con multiplicar los numeradores por una parte y denominadores por otra.

$$\frac{3}{4} * \frac{5}{2} = \frac{3 * 5}{4 * 2} = \frac{15}{8}$$

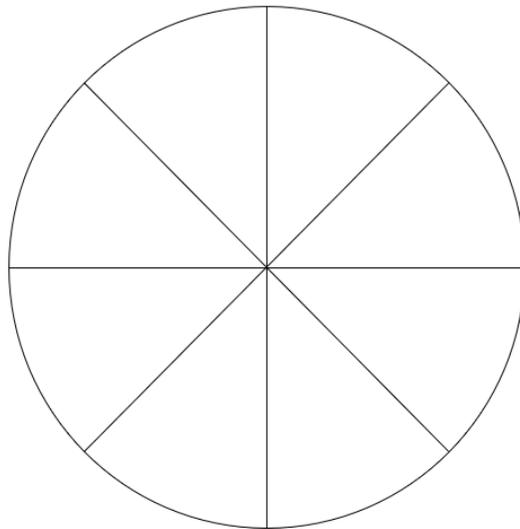
*Figura 2.3. Multiplicación y división de fracciones
Fuente: Elaboración propia*

En relación con la división de fracciones, ilustrada en la figura 2.4, Márquez García (2013) señala:

“Dentro de las fracciones y sus operaciones, probablemente el algoritmo de la división sea uno de los más sencillos de aplicar y recordar por los estudiantes. Sin embargo, su aplicación a la resolución de problemas o a otras situaciones esencialmente distintas a las de aprendizaje no es tan simple, ya que se trata de un aprendizaje mecánico que resulta insuficiente cuando se aplica en contextos diferentes. Considerando que uno de los ejes vertebrales del Currículo es la resolución de problemas, es evidente que este contenido debe ser enseñado con significado, de forma que permita a los estudiantes enfrentarse a diversas situaciones y poder solucionarlas.” (2013, p. 6).

$$\frac{\frac{a}{b}}{\frac{c}{d}} = \frac{a}{b} \div \frac{c}{d} = \frac{a * d}{b * c}$$

*Figura 2.4. División de fracciones
Fuente: García, 2013*



*Figura 2.6. La división de una figura regular
Fuente: Elaboración propia*

Otro factor para tomar en consideración es el docente, dado que todo aprendizaje depende del método de enseñanza utilizado. Hay ocasiones en que los profesores que imparten las clases no tienen la experiencia necesaria para enseñar de manera adecuada. Si a esto le sumamos la inquietud de los niños y su constante falta de concentración en ambientes cerrados, tenemos como consecuencia un déficit en el traspaso de conocimiento hacia los infantes. Otro factor es la falta de planeación de los temas a impartir en el aula por parte de los maestros, ya que muchos de ellos utilizan la espontaneidad y creen que no planear sus clases no tendrá un mayor impacto en los alumnos (Valdemoros, 2010). resalta la importancia que tiene el hacer una planeación con material de calidad y no con lo primero que se le venga a la mente al docente, como lo expresa este autor a continuación en relación con la planeación y la enseñanza de las fracciones:

“Delia avanzó gradualmente hacia la siguiente fase de planeación, en la que logró plasmar un diseño original para la enseñanza de la fracción como medida, en quinto grado de educación primaria. Tales logros fueron posibles a partir de un cuidadoso seguimiento de la literatura especializada en fracciones y de una

continúa reflexión crítica en torno a su práctica docente, lo que se alcanzó en el desarrollo de un seminario de la maestría al que esta profesora estuvo integrada y donde intervino en la producción académica colectiva” (Valdemoros, 2010, p. 16).

Para ejemplificar un poco más la problemática, abordaremos el tema de las relaciones entre las fracciones. Partiremos del supuesto que se tiene una barra de chocolate, dividida en 8 barras iguales, de las cuales 3 son consumidas.

En la Figura 2.7 (Pruzzo de Di Piego, 2012) podemos se aprecia que tenemos $\frac{3}{8}$ menos del entero, pero también observamos que cada trozo de chocolate esté formada por $\frac{2}{8}$. El error en este ejercicio es más común de lo que se cree, ya que no se pensó en un todo único dividido en ocho partes del cual se extraen tres de ellas. Para este ejercicio, se observó que muchos de los niños al preguntarseles cuánto era lo que quedaba de la barra de chocolate, respondían que quedaban $\frac{5}{2}$ lo cual es erróneo.



*Figura 2.7. La relación entre fracciones
Fuente: Pruzzo de Di Piego, (2012)*

En el siguiente ejemplo de la Figura 2.8 (Pruzzo de Di Piego, 2012) podemos ver cómo de un chocolate, dividido en 8 partes, se regala $\frac{1}{4}$ a una persona y $\frac{2}{4}$ a otra.



*Figura 2.8. Unidad y partes de la unidad
Fuente: Pruzzo de Di Piego, (2012)*

En este ejemplo, probablemente muchos estudiantes entiendan que aunque la unidad se represente mediante 2 partes, la realidad es que se trata de un solo chocolate. Pero este grafico es un impedimento hacia la comprensión de que la unidad se mantiene aunque se dividan sus partes (Pruzzo de Di Pego, 2012).

Se han hecho recomendaciones cita a los diversos sistemas educativos para evitar esta esquematización, por lo menos en los primeros años de enseñanza de las fracciones. Tal vez el factor más decisivo en el aprendizaje de fracciones son los profesores, los cuales deben de estar preparados para poder explicar como resolver los diferentes tipos de problemas. Así mismo, deben estar preparardos para argumentar el por qué el procecimiento aplicado es apropiado y el por qué los enfoque erróneos son inapropiados. Para llegar a esto se requiere un profundo conocimiento de las fracciones. Al mismo tiempo es imporante que los docentes no sólo conozcan los diversos conceptos que ellos imparten en su grado, sino también los diferentes conceptos que vienen antes y después.

Si lo anterior no es posible o no es llevado a cabo en su totalidad, se verá reflejado en la deficiencia del docente al momento de impartir el tema de las fracciones, dado que al carecer del entendimiento necesario y ante las preguntas del por qué de los niños, estos obtendran una respuesta que, por falta de preparacion, será incorrecta o pacialmente correta en su defecto (Fazio & Siegler, 2013).

Como se puede observar en este capítulo, tanto el pensamiento computacional como forma alternativa de razonamiento para la resolución de problemas, en este caso de fracciones; como el aprendizaje adaptativo que ofrece la oportunidad de ofrecer actividades de aprendizaje acordes a las capacidades cognitivas y ritmo de aprendizaje de cada alumno; constituyen dos herramientas que pueden ser de utilidad para abordar el aprendizaje de las fracciones desde un enfoque novedoso. Por lo tanto, una vez descritos los fundamentos teóricos del presente estudio, a continuación, se pasa a abordar la metodología utilizada en el mismo.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

En este capítulo se presenta la metodología que se siguió en el diseño e implementación del Sistema Adaptativo de Aprendizaje de Fracciones (SAAF). Tal es el caso del enfoque de investigación utilizado, el alcance de este, así como el diseño del estudio. También, se describe la muestra de estudio, los instrumentos utilizados para la recolección de datos y validación del sistema, así como las técnicas de análisis de datos.

3.1. Enfoque, alcance y diseño.

Enfoque

El enfoque de la investigación es una de las formas en que los investigadores se aproximan al objeto de estudio. Es la perspectiva desde la cual se abordan los temas que variarán, dependiendo del tipo de resultados que se espere encontrar.

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, un alcance exploratorio y un diseño de estudio de caso. Por lo tanto, el proceso a seguir para llevar a cabo la metodología se compone de las etapas mostradas a continuación:

- Tipo de estudio: cuantitativo
- Alcance: Exploratorio
- Diseño: estudio de caso
- Muestra: predefinida (casos tipo)

Alcance

Es necesario tener presente hasta donde se llegará con la investigación, para el caso de este trabajo, de tipo exploratorio dada la relativa novedad del uso del pensamiento computacional y el aprendizaje adaptativo en el aprendizaje de las fracciones a través de una aplicación móvil, se dejará un antecedente para futuras investigaciones ya que se tiene como finalidad examinar un tema poco estudiado.

El alcance se describe a continuación:

- Estuvo dirigido a alumnos de primaria de tercero y cuarto grado de educación primaria.
- Se utilizaron tres componentes del pensamiento computacional: ensayo y error, iteración y recursividad, para solución de problemas de fracciones.
- Se recurrió a los fundamentos del aprendizaje adaptativo para la asignación de problemas, en función de la respuesta de los alumnos.
- La aplicación móvil se desarrolló para ofrecer contenidos didácticos de ayuda para la asignatura de matemáticas.

Diseño

Para la presente investigación se utilizó un diseño tipo estudio de caso, en lugar del diseño cuasi experimental previsto originalmente, debido a la imposibilidad de acceder a un grupo experimental y a un grupo de control de la escuela primaria Adolfo López Miranda, en la ciudad de Hermosillo, como estaba previsto. El diseño original, también, preveía la aplicación de pruebas de pretest previas al uso de la aplicación móvil y de pruebas de postest a posteriori. Este cambio se justifica por la situación debida a la pandemia de COVID-19.

3.2 Muestra

La muestra real, conocida como de casos tipo, estuvo compuesta por un total de 10 niños de cuarto grado de educación básica, en proveniencia de diferentes escuelas de la ciudad de Hermosillo, Sonora. Debido a la situación de pandemia antes mencionada, se procedió a hablar con padres de familia conocidos, con el fin de que accedieran a que sus hijos evaluaran la aplicación móvil objeto del presente estudio.

Fue sí que se colocó una mesa y sillas fuera de un domicilio particular y los estudiantes fueron realizando los ejercicios desplegados en la aplicación, así mismo se realizaron visitas a casas para llevar a cabo las pruebas.

Cabe señalar que originalmente estaba prevista una muestra de casos tipo integrada por 35 alumnos para el grupo experimental y 35 para el de control, respectivamente.

3.3 Diseño de instrumentos

Los instrumentos para la recolección de datos consistieron en una prueba diagnóstica sobre resolución de problemas con fracciones, con el fin de ubicar el nivel de conocimiento de los usuarios. Este test fue aplicado al grupo de diez niños, con el fin de ubicar su nivel de conocimiento en el tema. La prueba constó de un total de 17 ejercicios, como se puede apreciar en la Figura 3.1. en dónde se muestran 3 ejercicios incluidos en el test.

V. En cuantas partes de dividio la pizza?



- a) Sextos
- b) Quintos
- c) Cuartos
- d) Octavos

VI. $\frac{2}{3}$ se lee

- a) Dos tres
- b) Dos tercios
- c) Medios y tercios
- d) Dos y tres

VII. En la clase de arte Karen doblo un cuadrado en cuatro partes iguales. Después, sombro 3 de las partes. ¿qué fracción representa lo realizado por Karen?

$$\frac{1}{3}$$

$$\frac{3}{1}$$

$$\frac{3}{4}$$

$$\frac{1}{4}$$

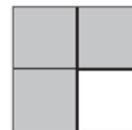


Figura 3.1. Muestra de ejercicios contenidos en el test de diagnóstico.
Fuente: Elaboración propia

Además, se incluyó una entrevista semiestructurada que tuvo como objetivo identificar las dificultades experimentadas por los alumnos en el uso del sistema, su opinión sobre el mismo, así como si les ayudó en la resolución de problemas con fracciones. En la Figura 3.2, se muestran tres de las quince preguntas incluidas en la entrevista.

1. ¿Consideras que la aplicación es sencilla o difícil de utilizar? ¿Por qué?

2. ¿Qué dificultades tuviste al usar la aplicación?

3. ¿El tamaño de la pantalla te dificulta el uso de la app? ¿Por qué?

*Figura 3.2. Entrevista semiestructurada.
Fuente: Elaboración propia*

Finalmente, se incluyó un test de usabilidad que tuvo como objetivo evaluar aspectos como la facilidad o dificultad para ejecutar las tareas asignadas desde la perspectiva de la interfaz de usuario, el esfuerzo realizado, así como el grado de satisfacción del usuario con el uso de la aplicación móvil, siguiendo las directivas definidas por la NOM ISO 9241:210 para usabilidad y experiencia de usuario (ISO, 2010). También, se incluyeron métricas como aprendizaje y uso de pantalla, como se aprecia en la Figura 3.3.

1. Ejecución de la tarea

a. Resultados del test de inicio

1	2	3
Bajo	Medio	Alto

b. Resultados de la resolución del problema

1	2	3
Bajo	Medio	Alto

2. Esfuerzo

a. Tiempo general de resolución de problemas

indicador	Minutos	Segundos	Observaciones
Tiempo invertido en la resolución de los problemas			

b. Tiempo promedio de resolución de problema

indicador	Minutos	Segundos	Observaciones
Tiempo invertido en la resolución del problema			

c. Nivel de dificultad

Indicador	Concluso	Inconcluso	Observaciones
¿El estudiante logra finalizar los ejercicios indicados?			

3. Satisfacción

a. Nivel de interés

1	2	3	4	5
Ninguno	Bajo	Medio	Alto	Muy alto

b. Motivación

1	2	3	4	5
Ninguno	Bajo	Medio	Alto	Muy alto

c. Frustración

1	2	3	4	5
Ninguno	Bajo	Medio	Alto	Muy alto

4. Aprendizaje

a. Resolución del problema

1	2	3
Bajo	Medio	Alto

b. Comprensión del problema

1	2	3
Bajo	Medio	Alto

c. Tipo de pensamiento computacional

1	2	3
Ensayo-Error	Iteración	Recursividad

5. Uso de la pantalla

a. Visualización

1	2	3
Mala	Regular	Buena

b. Tipografía

1	2	3
Mala	Regular	Buena

*Figura 3.3. Test de medición de usabilidad
Fuente: Elaboración propia*

Finalmente, los datos recabados de los tests fueron procesados a través la elaboración de matrices en Excel y mediante el uso de estadística descriptiva, como se muestra en el Capítulo 5 de resultados.

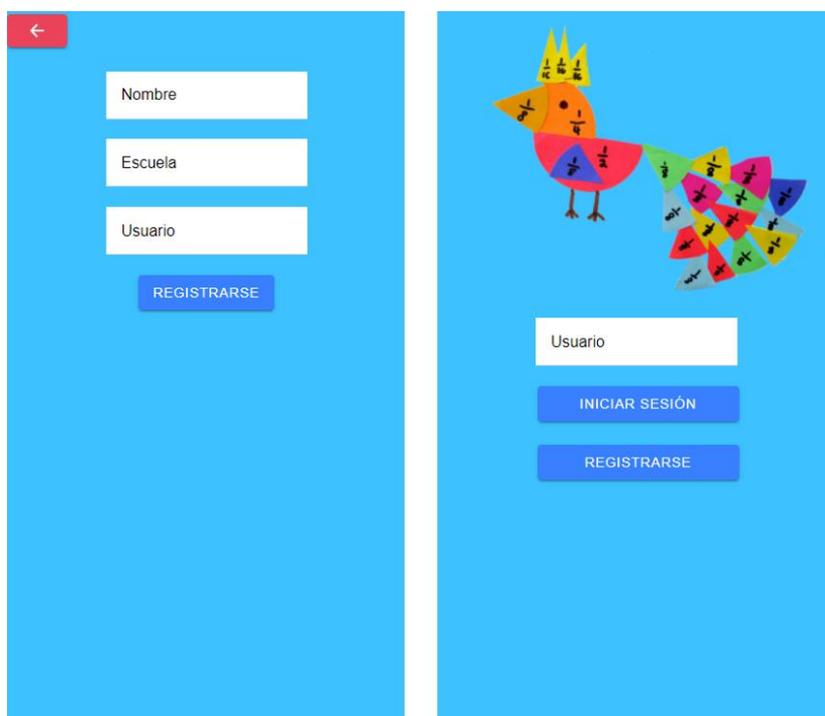
CAPÍTULO IV: DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA

4.1 Diseño

Para la elaboración del prototipo de la aplicación se siguió un desarrollo basado en módulos, cada uno de ellos tiene una función específica en la implementación.

4.1.1 Módulo de inicio

Este módulo tiene la función de captar los datos básicos del alumno en un apartado donde se registrarán. En base a la literatura revisada, se observó que el aprendizaje adaptativo debe ser personalizado, contrario al modelo grupal que se utiliza en la actualidad. Es por esto por lo que se requiere de un registro con los datos básicos del estudiante tales como el nombre, apellido y un nombre de usuario, con la finalidad de identificar a cada alumno, como se muestra en la Figura 4.1.



The figure displays two vertical panels on a light blue background. The left panel features a red back arrow in the top-left corner, followed by three white input fields labeled 'Nombre', 'Escuela', and 'Usuario'. Below these fields is a blue button with the text 'REGISTRARSE'. The right panel features a colorful, stylized bird illustration at the top, composed of various geometric shapes. Below the illustration is a white input field labeled 'Usuario', followed by two blue buttons: 'INICIAR SESIÓN' and 'REGISTRARSE'.

*Figura 4.1. Datos de acceso
Fuente: Elaboración propia*

4.1.2 Módulo de razonamiento

El módulo de razonamiento se divide en dos submódulos, el de problemas con pensamiento computacional y el de resolución de problemas.

Como se mencionó en el capítulo 2, los seres humanos tenemos varios tipos de pensamiento que funcionan mejor para ciertas actividades y nos ayudan a resolver problemas o situaciones específicas (Torres, 2018). En base a esta constatación, se decidió seleccionar 3 de los 14 tipos de pensamiento computacional (Zapata-Ros, 2016), como se presenta en la Figura 4.2, los cuales se consideran lo más aptos para este proyecto dada su especificidad para el trabajo con los estudiantes de cuarto de primaria, así como en función de la pruebas realizadas con ejercicios de fracciones y los tipos de pensamiento computacional mayormente utilizados para su resolución, a saber, ensayo y error, iteración y recursividad como aparecen en la Figura 4.3.

Tipos de pensamiento computacional	Análisis ascendente
	Análisis descendente
	Creatividad
	Heurística
	Iteración
	Metacognición
	Métodos colaborativos
	Métodos por aproximaciones sucesivas. Ensayo-Error
	Patrones
	Pensamiento divergente
	Pensamiento abstracto
	Recursividad
	Resolución de problemas
	Sinéctica

*Figura 4.2. Tipos de pensamiento computacional
Fuente: Zapata-Ros, (2016).*

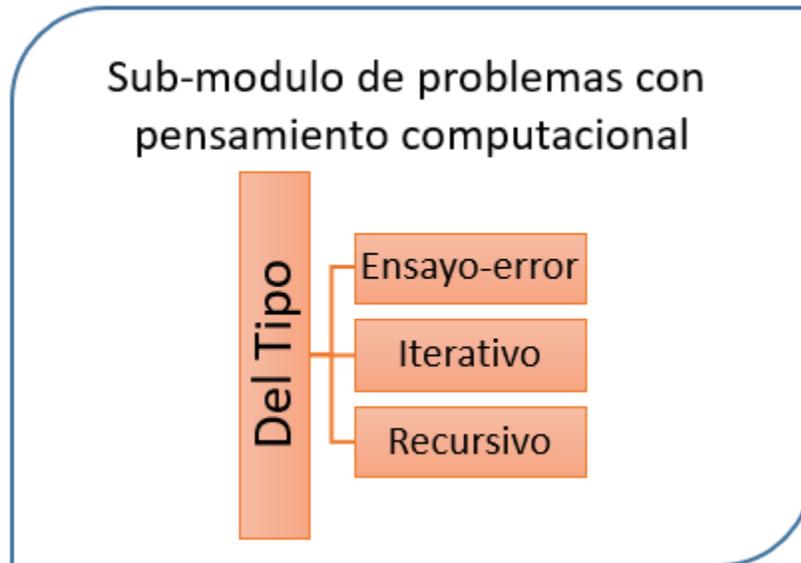


Figura 4.3. Tipos de pensamiento computacional utilizados en ejercicios con fracciones
Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, los ejercicios con fracciones fueron agrupados en tres bloques o niveles de dificultad, de menor a mayor: problemas de nivel 1, problemas de nivel 2 y problemas de nivel 3 (Figura 4.4).

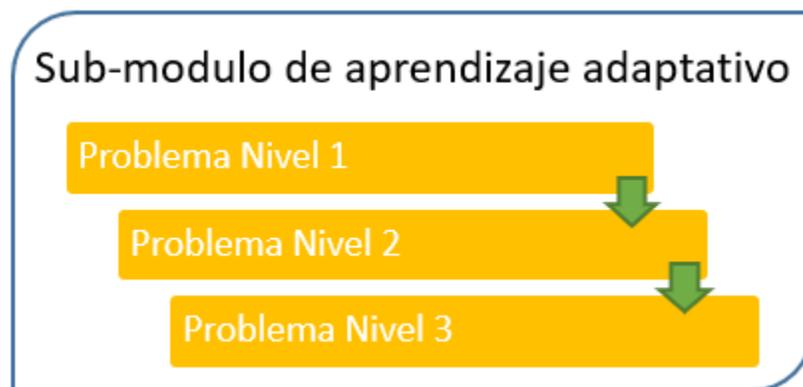
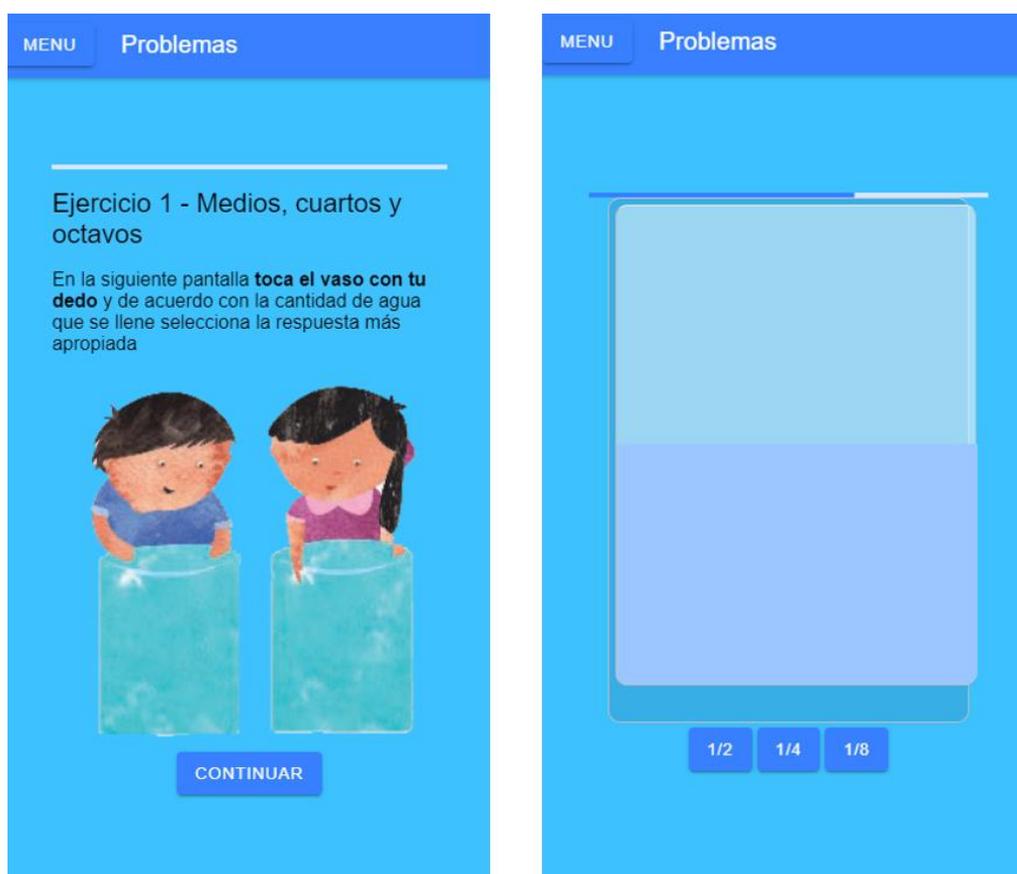


Figura 4.4. Niveles de dificultad de los ejercicios con fracciones.
Fuente: Elaboración propia

Una vez seleccionado el nivel del problema y el tipo de pensamiento computacional correspondiente, se procedió a definir el submódulo para la resolución de problemas. Estos últimos fueron elaborados a partir de ejemplos del

libro oficial de matemáticas de tercer grado de primaria, con la finalidad de apegarse al programa oficial de la Secretaría de Educación Pública.

Por otra parte, y con la finalidad de hacer mayormente atractivo para los alumnos la presentación de los problemas y facilitar su resolución, se procedió a dotar una muestra con animación tal y como se ilustra en la Figura 4.5.



*Figura 4.5. Animación de un problema de fracciones
Fuente: Desafíos matemáticos, tercer grado*

A su vez, los módulos mencionados anteriormente se unen para conformar el submódulo de razonamiento, como se aprecia en la Figura 4.6.

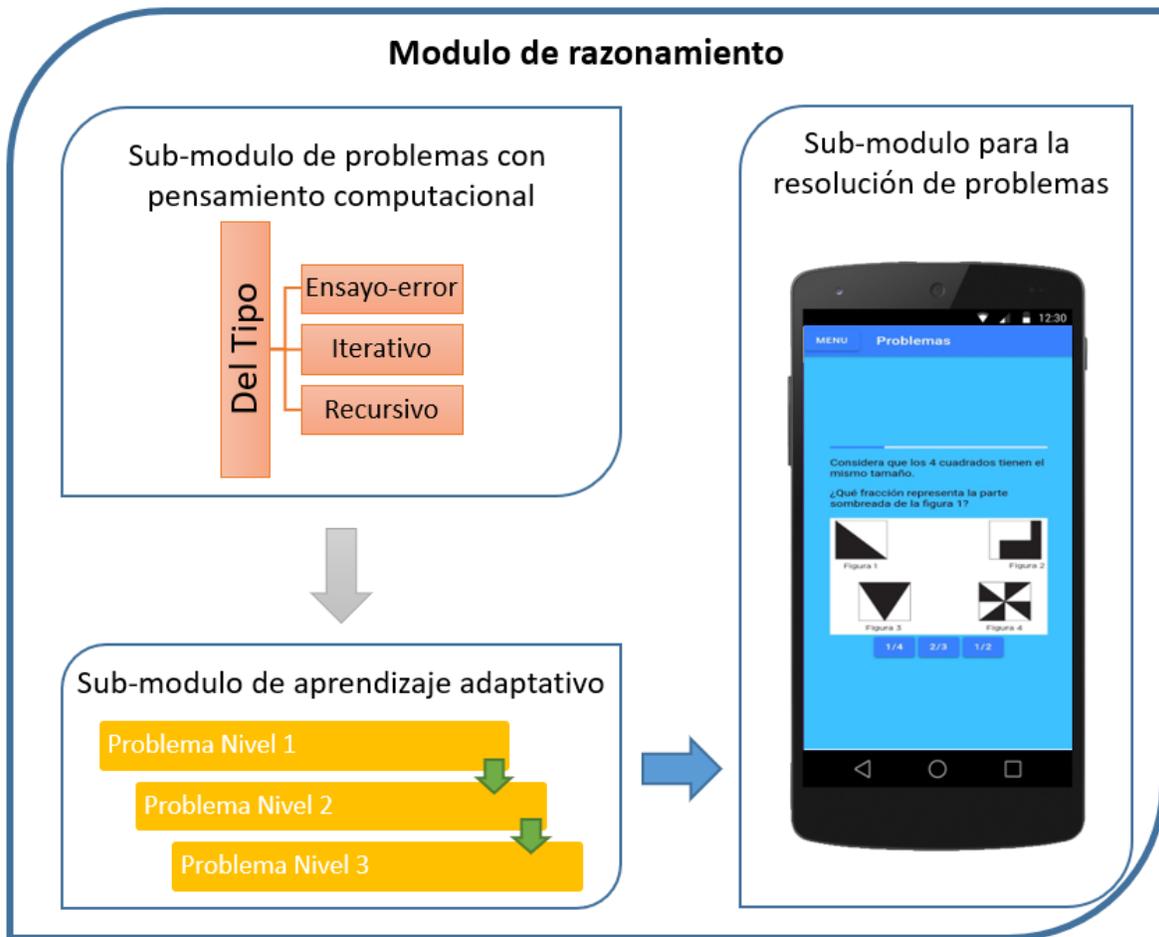


Figura 4.6. Módulo de razonamiento
Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Módulo de recomendaciones

Como se describe en la investigación de la literatura sobre el aprendizaje adaptativo, parte de este es la retroalimentación que los sistemas le pueden dar a los alumnos mediante diversos materiales. En el aprendizaje adaptativo se identifican las necesidades de retroalimentación de cada alumno (Fernández, 2016). Así, en vez de enviar los mismos materiales para repasar sumas y restas a los estudiantes, en el entendido de que existe un porcentaje que ya las domina, se

les presenta el material de repaso solo a aquellos alumnos en los que se han detectado dificultades para resolver este tipo de problemas con fracciones.

El módulo se ejemplifica en la Figura 4.7 en donde:

- Si el promedio de las respuestas es mayor a 50%, el alumno logra avanzar al siguiente bloque. Se tomó el 50% como criterio para avanzar al siguiente ejercicio, ya que se trata de dar la oportunidad a los niños con dificultades en realizar operaciones básicas con fracciones, que son una mayoría como se mencionó en el capítulo 1, de poder ejercitarse y no generar frustración en ellos.

Si se ponían límites mayores, los niños con capacidades limitadas para realizar los ejercicios no podrían practicar por sí solos sin recurrir a la asistencia del docente.

Además, una de las funciones del recomendador es apoyar a los alumnos en su práctica, enviándoles los ejercicios y apoyos didácticos necesarios con el fin de ayudarlos a superarse. Incluso, después de la intervención del docente, luego de tres intentos, los alumnos pueden retomar los ejercicios en donde tuvieron dificultades y superarlos. Esta es la explicación del por qué se puso un porcentaje más bajo del normalmente aceptado que suele ser de 60% en la escuela primaria.

- Si el promedio de las respuestas es menor de 50%, el estudiante tiene la oportunidad de ver actividades de retroalimentación en forma audiovisual. Si la retroalimentación fue positiva, el alumno podrá avanzar al siguiente bloque de problemas.
- Si el estudiante después de tener retroalimentación falla el bloque, se requiere de una atención personalizada por parte del profesor a cargo del grupo.

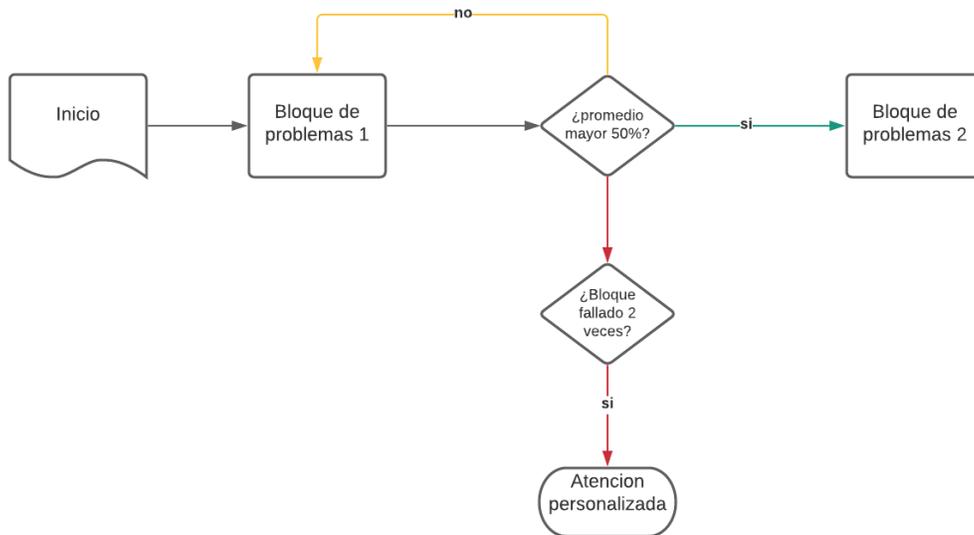


Figura 4.7. Módulo de recomendaciones
Fuente: Elaboración propia

4.2 Desarrollo

4.2.1 Diagrama general

En la Figura 4.8 se muestra el diagrama el funcionamiento de la aplicación, con los módulos integrados e interconectadas.

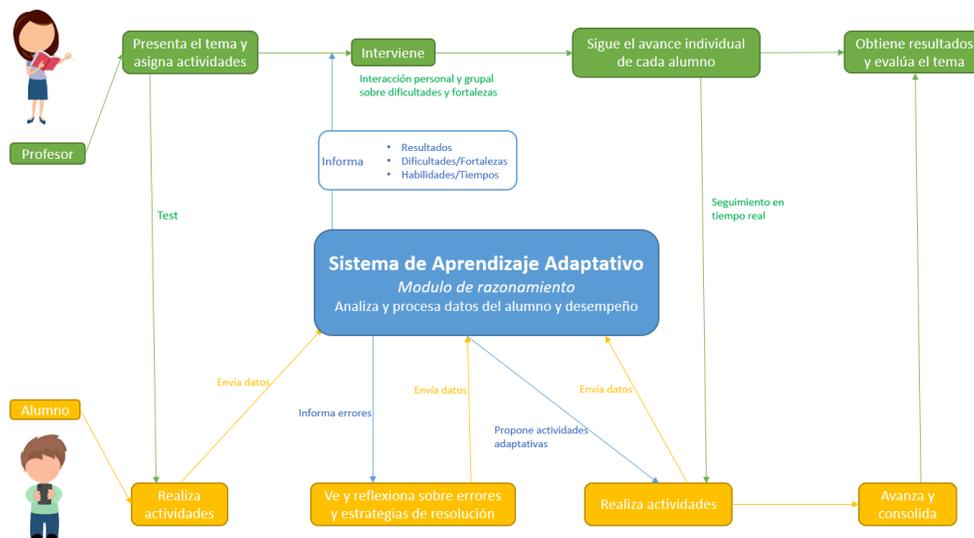


Figura 4.8. Diagrama de funcionamiento de la aplicación móvil
Fuente: Elaboración propia

1. El docente asigna una actividad en forma de una prueba de fracciones, con la cual se obtiene una clasificación inicial del alumno. Por su parte, el estudiante realizará el test y se ingresan los datos al módulo de razonamiento.
2. A su vez, el módulo de razonamiento informa de los errores resultantes durante la realización de la prueba, con el fin de que el alumno reflexione sobre ellos. Así mismo, se informa al profesor sobre los resultados, dificultades y fortalezas del usuario para que este realice una interacción personal o grupal, en función de los resultados obtenidos.
3. El sistema propondrá una serie de ejercicios adaptativos acorde a cada alumno. A partir de este momento y dependiendo del avance, aciertos y destrezas mostradas, el estudiante podrá avanzar al siguiente ejercicio con un nivel de dificultad mayor, o en caso contrario el sistema dará una alerta de que se requiere de la ayuda del profesor. Las alertas se muestran de manera instantánea en el dispositivo móvil del alumno, después de cierto número de intentos, lo cual conlleva solicitar la ayuda del docente (Ver Figura 4.9). Las alertas también pueden ser visualizadas en el reporte diario que es enviado por correo al profesor.



*Figura 4.9. Alerta para solicitar la ayuda del docente.
Fuente: Elaboración propia*

Por su parte, el docente tomará la decisión de apoyar a los estudiantes que él considere necesario en base a los resultados. De esta manera, los alumnos que muestren un avance satisfactorio se les puede dejar sin supervisión del uso de la aplicación, mientras que los que muestren rezago o dificultades pueden ser asesorados por el maestro con mayor atención.

4. Como parte final del funcionamiento del sistema se espera que los alumnos, una vez hayan realizado la mayoría de las actividades, logren una mayor comprensión de las fracciones consolidando de esta manera el aprendizaje de estas. Así mismo, el profesor podrá acceder a los resultados y evaluará los temas y ejercicios vistos dentro de la aplicación.

4.2.2 Árbol de decisiones

Para la toma de decisiones del avance de los alumnos se usará una estructura de árbol, como se representa en la Figura 4.10, la cual en función de las

entradas al módulo de razonamiento tomará una de las tres posibles decisiones, a saber, avanzar al siguiente problema, regresar al ejercicio o solicitar la intervención personalizada del profesor a cargo del grupo.

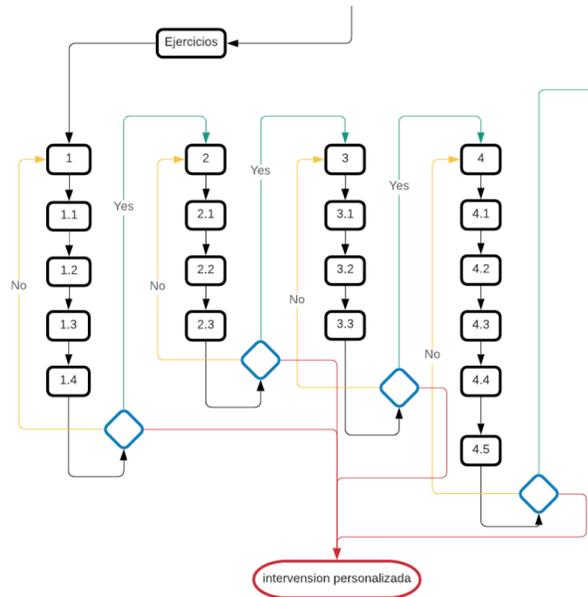


Figura 4.10. Árbol de decisiones
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta una descripción del recorrido por el árbol.

1. La primera parte consiste en la aplicación del test de inicio (Figura 3.1.), con el cual se obtiene una agrupación de tres niveles de dificultad en el tipo de ejercicios a realizar.
2. Teniendo la respuesta de la prueba de inicio, se direccionará al alumno a uno de los 3 bloques: 1) bloque I con problemas de nivel 1, 1) bloque II con problemas de nivel 2 y 3) 1) bloque III con problemas de nivel 3.
3. Dentro del bloque asignado, el primer acercamiento con los ejercicios es una descripción de los problemas a realizar. La descripción es señalada en el árbol con un número entero (1, 2, 3, etc.). Cada ejercicio consta de una serie de problemas, cada problema a su vez es señalado dentro del árbol de decisiones con un número decimal (1.1, 2.2, 3.3, etc.).

4. Toda vez finalizado la serie de ejercicios, se procede a una entrada al módulo de razonamiento señalado con un rombo azul en la Figura 4.10, antes presentada.
5. Dentro del módulo se pueden tomar tres decisiones:
 - 5.1. Que el alumno avance, señalado con una flecha verde. Si el alumno avanza el ejercicio fue resuelto correctamente
 - 5.2. Que el alumno retorne al mismo ejercicio y lo intente una segunda vez. Si el alumno retorna el ejercicio no fue resuelto con los requisitos mínimos.
 - 5.3. Que el alumno proceda a una intervención personalizada con el profesor asignado al grupo. Esto supone que el estudiante erró en más de una ocasión el mismo problema y que las sugerencias dadas por el sistema no muestran resultados satisfactorios

De esta manera el estudiante tiene asignado un recorrido personalizado, sin prisas y que puede repetir cuantas veces quiera. El árbol completo se puede ver en el anexo A.

4.2.3 Herramientas

Lo descrito anteriormente acerca de los árboles, diagramas, módulos y submódulos pasa de la teoría a la práctica mediante el desarrollo de una aplicación móvil para el sistema operativo Android. Para la creación de la aplicación en cuestión se utilizaron las siguientes herramientas de desarrollo de software.

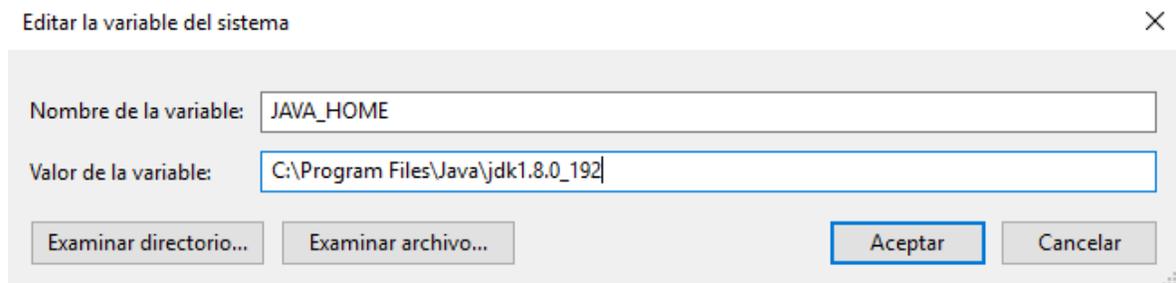
Se hizo uso del framework de Ionic 5, el cual es ideal para desarrollar aplicaciones híbridas, ya que el mismo código base es utilizable para los sistemas operativos de Android, IOS y Windows Phone. Es suficiente con modificar una docena de líneas de código, para adaptar la aplicación a diferentes plataformas. En nuestro caso se trabajó con Android, por ser este el sistema operativo móvil de mayor uso mundial con un 72.2 % de aceptación (Statcounter, 2021).

Para usar correctamente el entorno de Ionic se requieren varios elementos, los cuales se describen a continuación.

Línea de comandos de GIT ya que desde esta terminal se llevan a cabo la mayoría de las órdenes utilizadas vía MPM. También, se instaló Node.js para usar NPM como manejador de paquetes, además de que era necesario para la ejecución de Typescript en conjunto con Ionic. En la consola GIT se instaló Apache Cordova, el cual es un entorno de desarrollo de aplicaciones móviles que tiene como núcleo CSS3 y HTML5.

La aplicación se ejecuta sobre Android, por lo que se instalaron diferentes herramientas para la ejecución de la plataforma, como se describe a continuación. Java SE Development Kit 8 (JDK). Android usa la máquina virtual de Java para correr rutinas de trasfondo que son necesarias para el sistema operativo.

Se creó una variable de entorno llamada JAVA_HOME que apunta a la raíz donde se instaló el JDK. En este caso se usó el directorio mostrado en la Figura 4.11: C:\Program Files\Java\jdk1.8.0_192\bin. Así mismo, se procedió a usar JAVA_HOME como su path predeterminado.



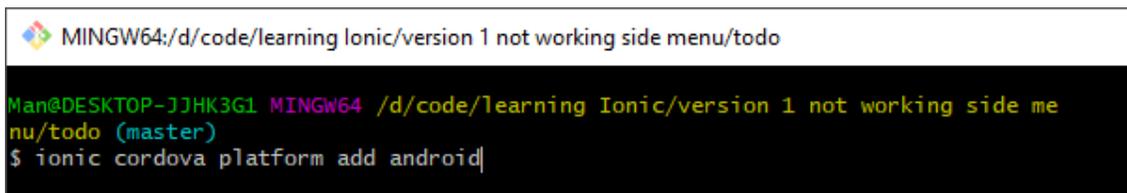
*Figura 4.11. Variable de entorno y directorio
Fuente: Elaboración propia*

A continuación, se añadió el folder bin del JDK al path global y se procedió a agregar Apache Ant mediante su inclusión en el path del directorio descargado. Así mismo, se instaló el entorno de desarrollo (SDK) de Android de tal forma que la API pudiera comunicarse con las herramientas necesarias, a la vez que se creó la

variable local ANDROID_HOME. También, se añadieron las variables de Android al path para la comunicación de las herramientas.

Enseguida, se instaló el entorno de Ionic mediante la consola de GIT. Posteriormente, se procedió a crear un nuevo proyecto con el entorno de Ionic.

A partir de esta etapa del proceso, se procedió a habilitar Android en Ionic, con la finalidad de que este sistema operativo funcione en el entorno de desarrollo. Como se mencionó anteriormente, Ionic es un entorno para aplicaciones híbridas con capacidad para desarrollar en los sistemas operativos Android, IOS y Windows Phone. Por defecto, Ionic no tiene habilitado ninguna plataforma por lo que fue necesario añadir Android con el comando que se muestra en la Figura 4.12.

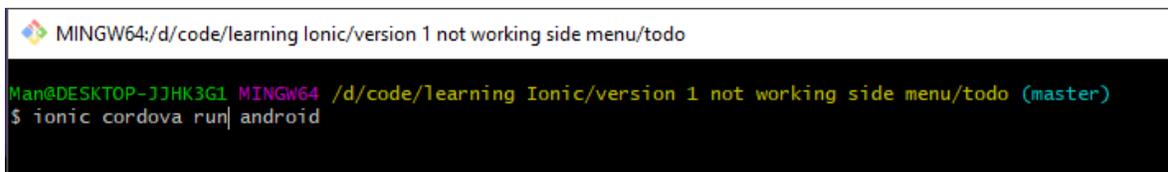


```
MINGW64:/d/code/learning ionic/version 1 not working side menu/todo
Man@DESKTOP-JJHK3G1 MINGW64 /d/code/learning Ionic/version 1 not working side me
nu/todo (master)
$ ionic cordova platform add android|
```

*Figura 4.12. Incorporación de Android en el entorno de Ionic.
Fuente: Elaboración propia*

Si se mostraban errores al momento de añadir el sistema operativo móvil con el que se va a trabajar, había que revisar las variables de entorno mencionadas anteriormente.

Por otra parte, para asegurarse de que la aplicación trabajara adecuadamente, se procedió a construir y correr el proyecto. Para ejecutar el proyecto en un smartphone con sistema operativo Android, conectado mediante cable a la computadora, se ejecutó el comando que se describe en la Figura 4.13.



```
MINGW64:/d/code/learning ionic/version 1 not working side menu/todo
Man@DESKTOP-JJHK3G1 MINGW64 /d/code/learning Ionic/version 1 not working side menu/todo (master)
$ ionic cordova run| android
```

*Figura 4.13. Comando para la ejecución del proyecto en un smartphone
Fuente: Elaboración propia*

Posteriormente, se elaboraron las páginas con HTML, Typescript y CSS. Estas últimas fueron alojadas en una carpeta nueva que fue denominada como “problemas” y colocada dentro del directorio “app”. A continuación, se proporcionan un ejemplo de código utilizado para desarrollar los ejercicios de problemas con fracciones (Ver Figura 4.14).

```
1  import { TestBed } from '@angular/core/testing';
2
3  import { ConexionDbService } from './conexion-db.service';
4
5  describe('ConexionDbService', () => {
6    let service: ConexionDbService;
7
8    beforeEach(() => {
9      TestBed.configureTestingModule({});
10     service = TestBed.inject(ConexionDbService);
11   });
12
13   it('should be created', () => {
14     expect(service).toBeTruthy();
15   });
16 });
```

*Figura 4.14. Muestra de código
Fuente: Elaboración propia*

Finalmente, se procedió a exportar el proyecto a Android Studio y se generó el archivo APK. De esta manera, la aplicación quedó lista para su distribución y evaluación.

4.2.4. Aplicación móvil

Se elaboraron un total de 51 ejercicios con fracciones agrupados en 12 problemas, siguiendo tres niveles de dificultad, que integran el sistema. A continuación, se proporciona un ejemplo de resolución de un problema, a través de las pantallas de la aplicación y se agrega una muestra del código utilizado (Ver figuras 4.15 y 4.16).

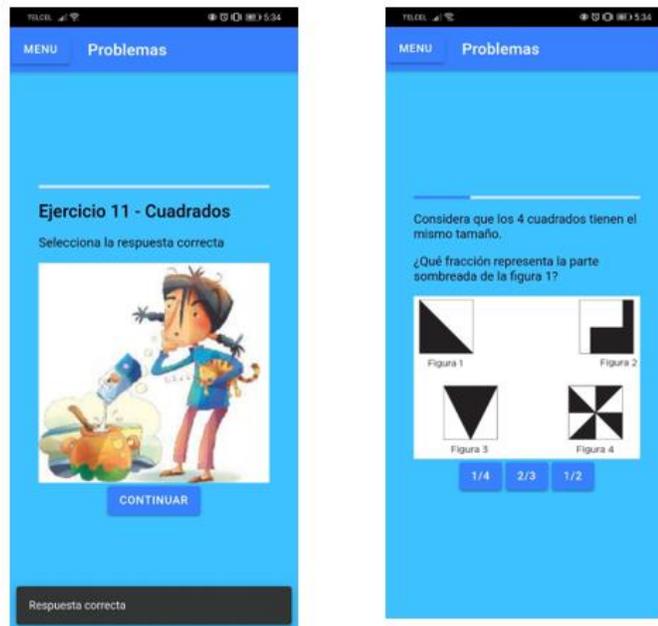


Figura 4.15. Ejemplo de ejercicios con barra de progresión
Fuente: Desafíos matemáticos, tercer grado

```
Go to component
1 <div *ngIf="problema === 0">
2   <h3 style="color: #000000;">Ejercicio 11 - Cuadrados</h3>
3   <div>
4     <p style="color: #000000;">Selecciona la respuesta correcta</p>
5   </div>
6   <div>
7     
10 </div>
```

Figura 4.16. Muestra de código utilizado para los ejercicios con barra de progresión.
Fuente: Elaboración propia

En las pantallas siguientes (Ver Figuras 4.17 y 4.18) se muestra la manera en que se dio retroalimentación a los usuarios en la medida en que intentaban realizar los ejercicios con fracciones.

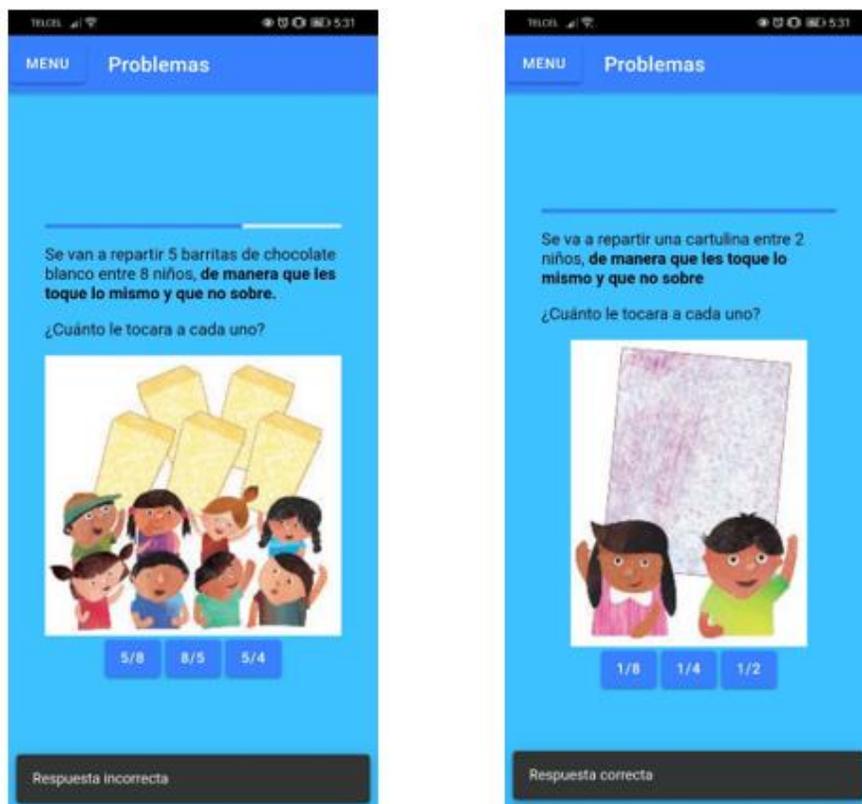


Figura 4.17. Ejemplo de ejercicios con retroalimentación
Fuente: Desafíos matemáticos, tercer grado

```

Go to component
1 <!--Explicacion-->
2 <div *ngIf="problema === 0">
3   <h3 style="color:□#000000;">Ejercicio 3 - En partes iguales</h3>
4   <div>
5     <p style="color:□#000000;">En la siguiente pantalla selecciona la respuesta correcta para los repartos equivalentes.</p>
6   </div>
7   <div>
8     
10    </div>
11 </div>

```

Figura 4.18. Muestra de código utilizado para ejercicios con retroalimentación.
Fuente: Elaboración propia

Por último, se presenta una muestra de pantallas (Ver Figuras 4.19 y 4.20) en dónde el módulo recomendador sugiere a los usuarios, cuando estos experimentan dificultad para realizar un ejercicio, la visualización de videos didácticos con ejemplos de apoyo.

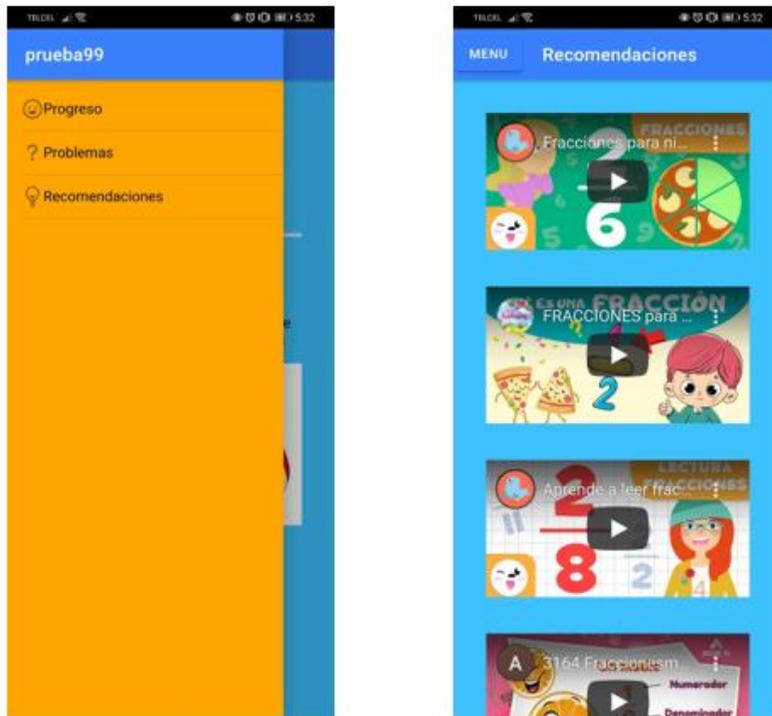


Figura 4.19. Ejemplo de retroalimentación del módulo recomendador
Fuente: Elaboración propia

```

1  import { Component, OnInit } from '@angular/core';
2  import { recomendaciones } from '../recomendaciones';
3  import { ConexionDbService } from '../conexion-db.service';
4  import { SafeResourceUrl, DomSanitizer } from '@angular/platform-browser';
5  import { MenuController } from '@ionic/angular';
6
7  @Component({
8    selector: 'app-recomendaciones',
9    templateUrl: './recomendaciones.component.html',
10   styleUrls: ['./recomendaciones.component.scss'],
11 })

```

Figura 4.20. Muestra de código utilizado para retroalimentación del módulo recomendador.
Fuente: Elaboración propia

Para el envío de reportes mediante correo electrónico con los resultados de los ejercicios de la aplicación, se hizo uso de Google Cloud Platform y sus herramientas. También, se utilizó Firebase para la base de datos.

Se creó una máquina virtual con el sistema operativo Linux bajo la distribución Debian 10. La máquina virtual contiene un script que recolecta la información de la base de datos y da formato en un archivo Excel. El script, también, tuvo la función de enviar diariamente los archivos de Excel mediante correo electrónico a una dirección de correo electrónico previamente seleccionada.

Una vez terminado el desarrollo de la aplicación móvil, se procedió a su validación con un grupo de usuarios como se describe en el siguiente capítulo de resultados.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos tanto en el test de usabilidad aplicado al final de la fase de diseño, así como de la validación de la aplicación móvil una vez finalizado su desarrollo. En el primer caso el test se aplicó con una muestra de diez niños de la colonia Sahuaro Indeco de Hermosillo, Sonora; mientras que en el segundo se utilizó una muestra de diez estudiantes, distinta de la primera, seleccionados de manera aleatoria y por invitación personal, con el consentimiento de sus padres, debido a la contingencia sanitaria. Se trata de alumnos que cursan actualmente el cuarto grado de educación básica y que asisten a diferentes escuelas públicas y privadas de la ciudad de Hermosillo. Los resultados obtenidos se describen a continuación.

5.1. Test de usabilidad

Las métricas se definieron acorde a los estándares de la norma ISO 9241:2010 (ISO, 2010), para lo cual se consideró la ejecución de la tarea, el esfuerzo realizado en términos del tiempo empleado, así como el grado de satisfacción de usuario.

Como ya se comentó, el test se aplicó en los alrededores de la colonia el Sahuaro Indeco, ya que por ser temporada vacacional no se pudo hacer uso de un ambiente de pruebas más controlado, como lo sería un salón con estudiantes de cuarto grado de primaria.

La actitud de los niños fue de temor, en la mayoría de los casos, ya que no es usual que un adulto se acerque con un Smartphone para solicitarles realizar ejercicios con fracciones. Después de algunos rechazos, se procedió a explicar a las madres de los estudiantes el objetivo de la prueba, con lo cual se logró finalmente su realización.

En los resultados se puede apreciar que la totalidad de los usuarios logró terminar la tarea asignada consistente en la resolución de cuatro ejercicios con fracciones, en un tiempo promedio de 101 segundos, lo que indica un grado de

esfuerzo mayor del esperado y un nivel de satisfacción que puede ser considerado como bajo, como se muestra en la Tabla 5.1.

*Tabla 5.1. Resultados del test de usabilidad
Fuente: Elaboración propia*

Usuario	Ejercicios realizados	Tiempo empleado en segundos	Nivel de satisfacción
1	4	80	Medio
2	4	140	Bajo
3	4	120	Bajo
4	4	120	Bajo
5	4	80	Bajo
6	4	100	Medio
7	4	100	Bajo
8	4	132	Bajo
9	4	60	Bajo
10	4	80	Bajo
Promedio	4	101	Bajo

Los resultados obtenidos se explican en parte debido a la poca disposición mostrada por los infantes para realizar la prueba, así como el contexto en el que esta se realizó. Sin embargo, a partir de estos resultados se pudieron detectar una serie de ajustes necesarios al diseño de la interfaz de usuario de la aplicación móvil como fue el caso de la tipografía utilizada que, al resultar poco legible, retardó el tiempo de lectura y comprensión de los ejercicios propuestos. También, se puso en evidencia el uso de colores poco atractivos en las pantallas.

5.2. Prueba de ejercicios con fracciones en aplicación móvil

Se obtuvo un buen nivel de compromiso, por parte de los usuarios, en la resolución de problemas mediante la aplicación. Los estudiantes mostraron interés en realizar la prueba y comentaron que los problemas tenían el nivel adecuado para su edad.

En la tabla 5.2. se muestra la correlación existente entre ejercicios con fracciones, tipo de pensamiento computacional (PC) y actividades recomendadas a través de la visualización de videos didácticos relacionados con el ejercicio en el que el estudiante tuvo dificultades. Como se puede observar, el tipo de PC usado mantuvo un equilibrio, ya que se utilizaron cuatro veces cada una de las tres modalidades.

Tabla 5.2. Correlación entre ejercicios con fracciones, tipo de pensamiento computacional (PC) y actividades recomendadas a través de videos didácticos.

Fuente: Elaboración propia

Nombre del ejercicio	Tipo de PC	Grupo de videos
Ejercicio 1: Medios, cuartos y octavos	Ensayo - Error	10 videos
Ejercicio 2: Que parte es?	Iteración	
Ejercicio 3: En partes iguales	Recursividad	
Ejercicio 4: La recta numérica	Recursividad	16 videos
Ejercicio 5: Reparto de manzanas	Iteración	10 videos
Ejercicio 6: Saltos	Ensayo - Error	12 videos
Ejercicio 7: Dosis de medicamento	Iteración	
Ejercicio 8: Moños	Ensayo - Error	
Ejercicio 9: Que parte es?	Recursividad	13 videos
Ejercicio 10: Que parte es?	Iteración	
Ejercicio 11: Cuadrados	Recursividad	
Ejercicio 12: Sombras	Ensayo - Error	

En cuanto al funcionamiento del módulo de recomendación este se considera como satisfactorio, ya que en un 90% de los casos después de tener retroalimentación en un bloque fallido, los usuarios lograron avanzar a los siguientes niveles como se muestra en la Figura 5.1.

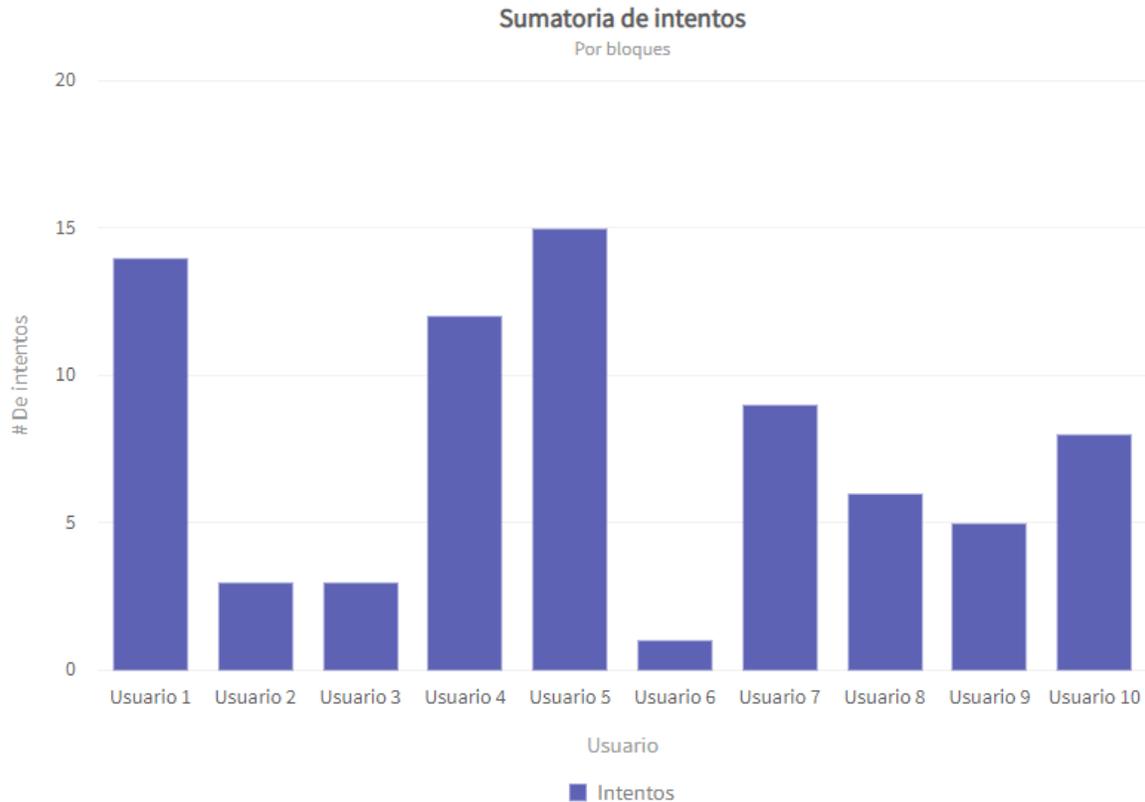


Figura 5.1. Intentos realizados en la resolución de ejercicios
Fuente: Elaboración propia

El tiempo total de resolución de los problemas contenidos en la aplicación dio como resultado una variación muy grande, si se consideran los tiempos de realización de los ejercicios, como se ilustra en la Figura 5.2. Esta variación pone en evidencia que cada alumno, independientemente del nivel de aprovechamiento que obtenga, tiene tiempos de respuesta diferentes ante los ejercicios.

En lo que respecta al tiempo promedio, por niveles de dificultad, para resolver los ejercicios se tiene que aquellos clasificados como de nivel bajo los 10 usuarios tardaron un promedio de 3 minutos y 11 segundos, mientras que los cinco que llegaron al nivel medio ocuparon 4 minutos con 33 segundos. Finalmente, al nivel de dificultad alto llegaron únicamente 3 estudiantes con tiempos 26 y 36 segundos, hasta 8 minutos en el caso del tercero.

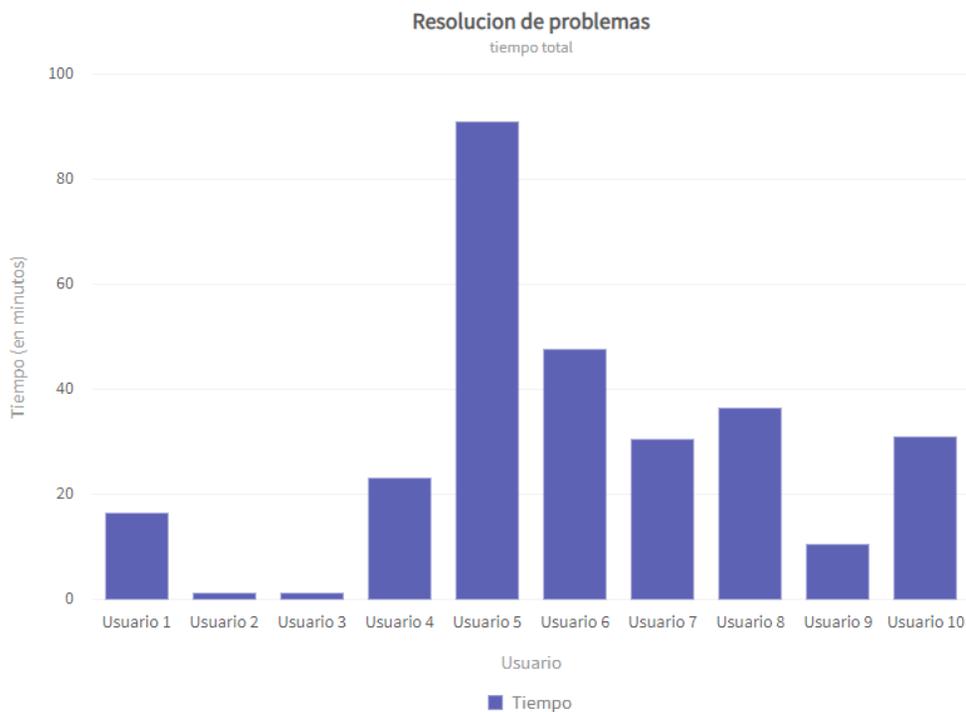


Figura 5.2. Tiempo utilizado en la resolución de problema por cada uno de los usuarios.

En relación con el número de intentos realizados por los distintos usuarios para resolver los problemas presentados en la aplicación, con la ayuda de las actividades sugeridas por el módulo recomendador de la aplicación, un 30 % realizó de 1 a 3 tentativas, mientras que un 40 % se ubicó en un rango de 5 a 9 y un 30 % entre 12 y 15 ensayos (Ver Figura 5.3). Por otra parte, en el caso de los niños que después de tres intentos no pudieron resolver los ejercicios, a través de la aplicación procedió a solicitar el apoyo personalizado del docente.

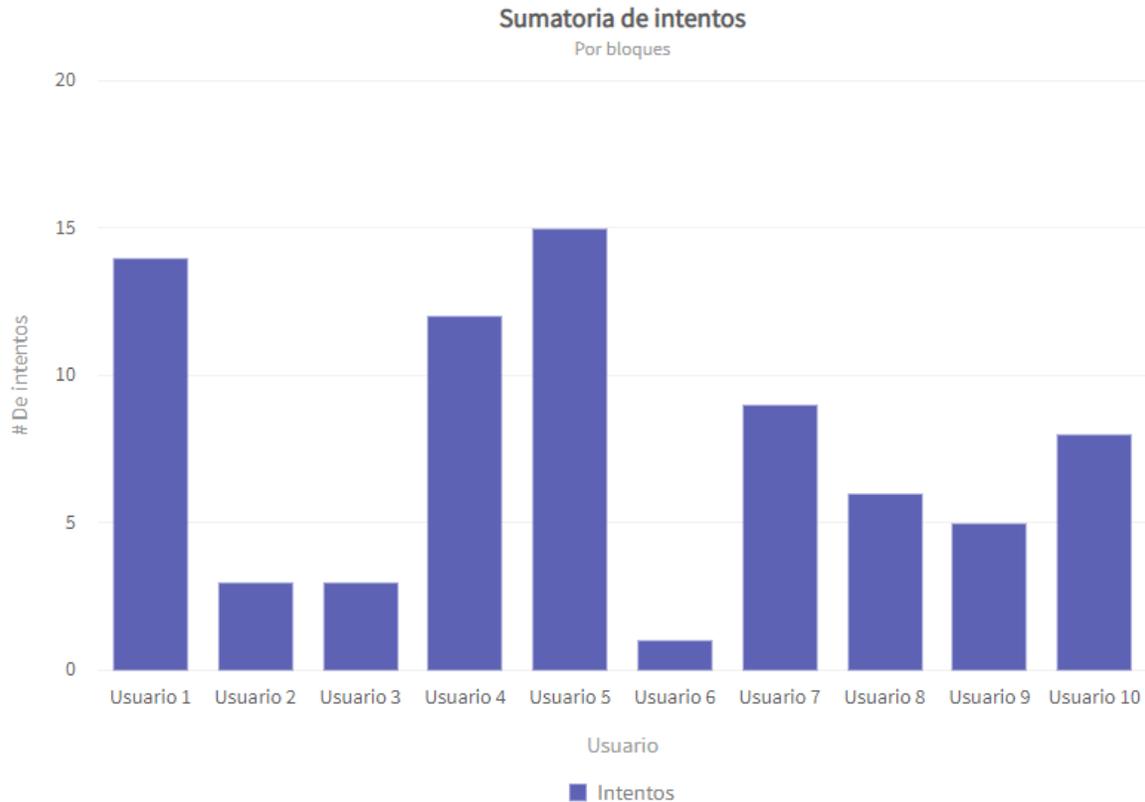


Figura 5.3. Intentos realizados por los estudiantes
Fuente: Elaboración propia

Una de las características más importantes de la aplicación es la detección de usuarios que necesitan ayuda personalizada, en el caso de que no puedan resolver los problemas por ellos mismos aún con el apoyo del módulo recomendador. El número de estudiantes que necesitó ayuda personalizada fue del 50% como se describe en la Figura 5.4. Es en este punto que el profesor encargado de la clase podrá reforzar directamente el aprendizaje de cada estudiante, en función las necesidades de aprendizaje detectadas por la aplicación.

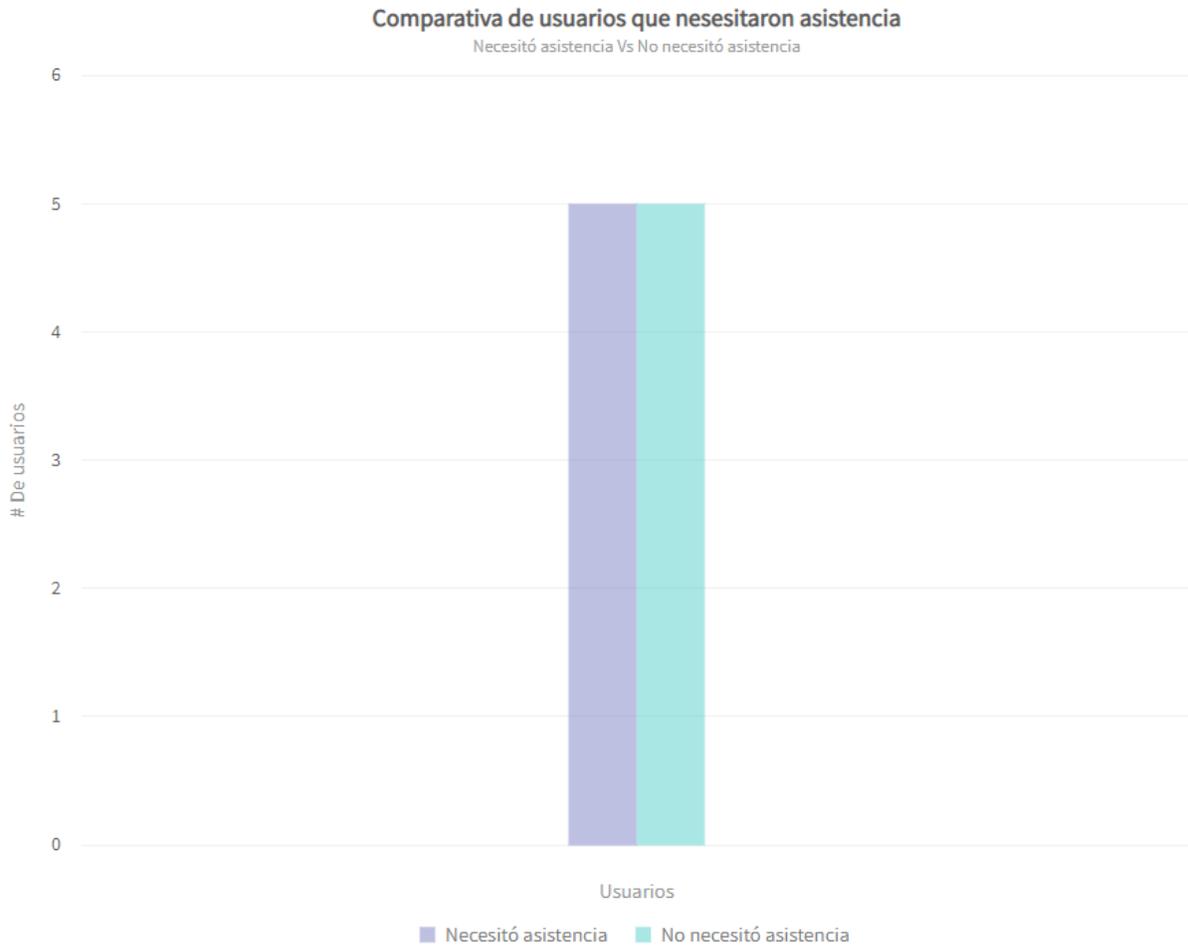


Figura 5.4. Porcentaje de estudiantes que necesitaron ayuda personalizada del docente
Fuente: Elaboración propia

En lo que concierne a los tres tipos de pensamiento computacional y el porcentaje en que estos fueron utilizados, se obtuvieron los siguientes resultados: recursividad con un 39.39%, iteración un 30.30% y ensayo-error 30.30% (Ver Figura. 5.5). En relación con el número de intentos realizados por los niños, en este caso más de uno, y el tipo de pensamiento computacional utilizado, se tiene que la iteración fue el más socorrido, seguido por la recursividad y finalmente el ensayo-error.

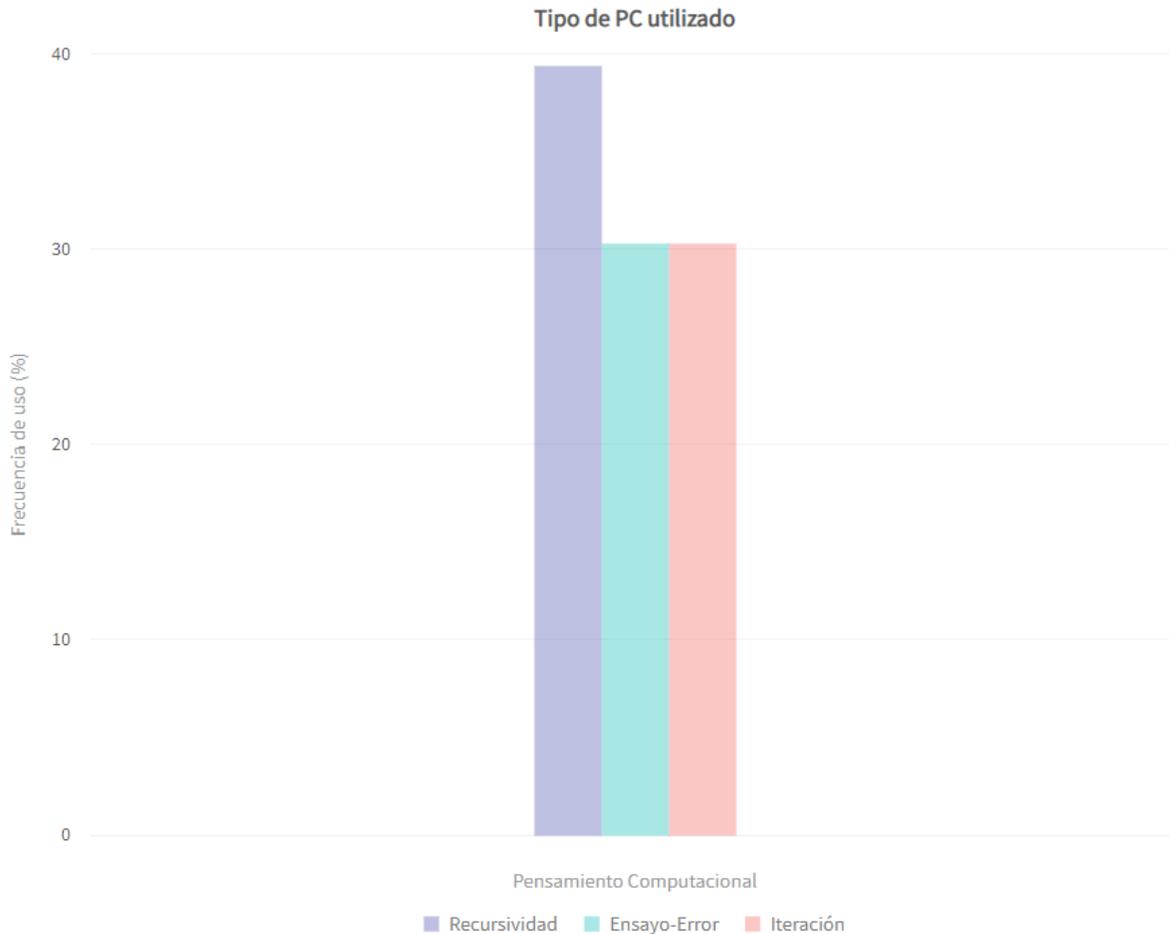


Figura 5.5. Tipo de pensamiento computacional utilizado en la realización de ejercicios.
Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la relación entre los niveles de dificultad de los ejercicios y el tipo de pensamiento computacional utilizado, se puede observar que no existe una correlación directa entre ambos factores (Ver Tabla 5.3). En los tres niveles se recurrió a los tres tipos de PC a excepción de la recursividad en el segundo, sin embargo, se puede apreciar una mayor presencia de la recursividad en el primer y último nivel. Tampoco, se puede considerar que el tipo de PC esté asociado con el éxito de los estudiantes, ya que en el bloque de mayor dificultad están presentes las tres modalidades con predominio de la recursividad.

Tabla 5. 3 Relación entre el nivel de dificultad de los ejercicios y el tipo de pensamiento
 Fuente: Elaboración propia

Nivel de dificultad	Pensamiento computacional	No. de ejercicios	No. de usuarios que los resolvieron
Bajo	Ensayo - error	3	10
	Iteración	2	
	Recursividad	8	
Medio	Ensayo - error	8	5
	Iteración	8	
	Recursividad	0	
Alto	Ensayo - error	4	3
	Iteración	2	
	Recursividad	12	

El nivel de compromiso e interés mostrado por los usuarios al momento de usar la aplicación fue de un 70%, como aparece en la Figura 5.6. Los estudiantes comentaron que la retroalimentación mediante actividades sugeridas por el módulo recomendador fue de beneficio para aclarar sus dudas. El 30% restante cerró la aplicación por diversos motivos, entre los que se puede mencionar: “los problemas están muy difíciles”, “la aplicación está fea” y “tengo hambre”.

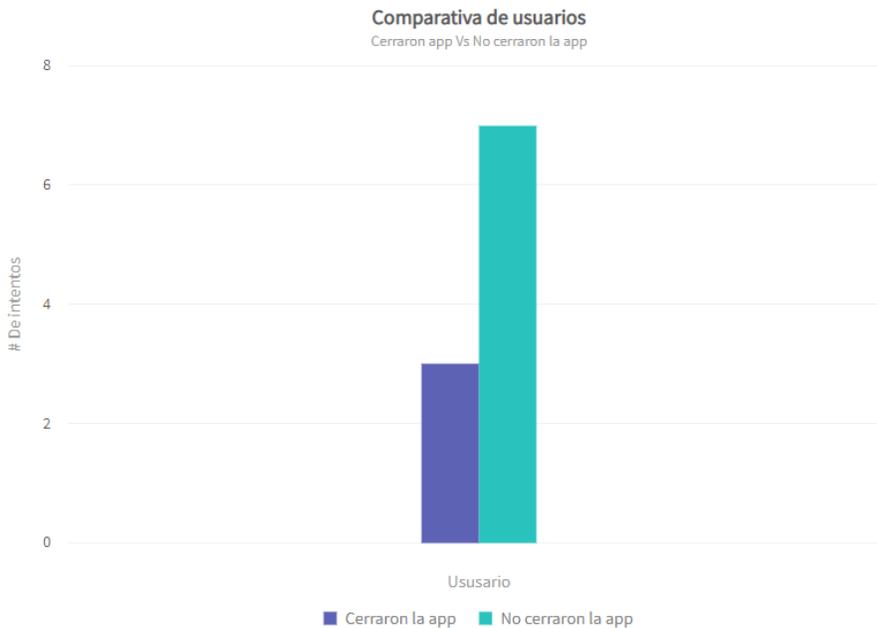


Figura 5.6. Nivel de compromiso e interés mostrado por los usuarios
 Fuente: Elaboración propia

En relación con el tiempo empleado por los niños en la comprensión y resolución de cada problema planteado por la aplicación, este fue menor a 60 segundos según se presenta en la Figura 5.7. El período señalado incluye la lectura, comprensión y resolución del ejercicio desplegado.

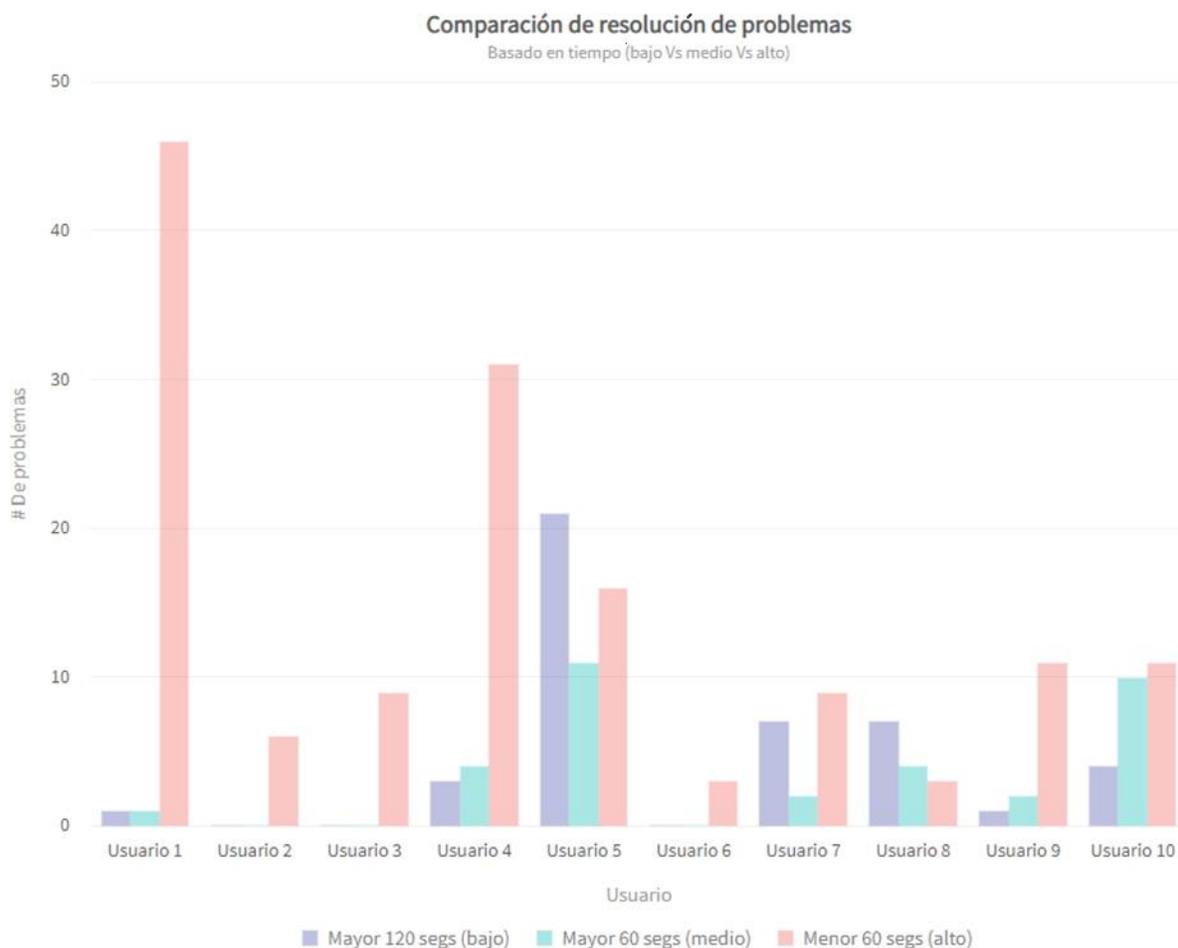


Figura 5.7. Tiempo utilizado por los usuarios en la resolución de cada uno de los problemas
Fuente: Elaboración propia

Otro punto crítico de la aplicación es la retroalimentación mediante actividades recomendadas. Así, un 30% de los estudiantes requirió entre 38 y 48 recomendaciones, un 10% de 25, un 30% de 14, mientras que otro 30% oscila entre

3 y 9 (Ver Figura 5.8). Gracias a este apoyo, los estudiantes pudieron reforzar y continuar a los siguientes bloques de ejercicios.

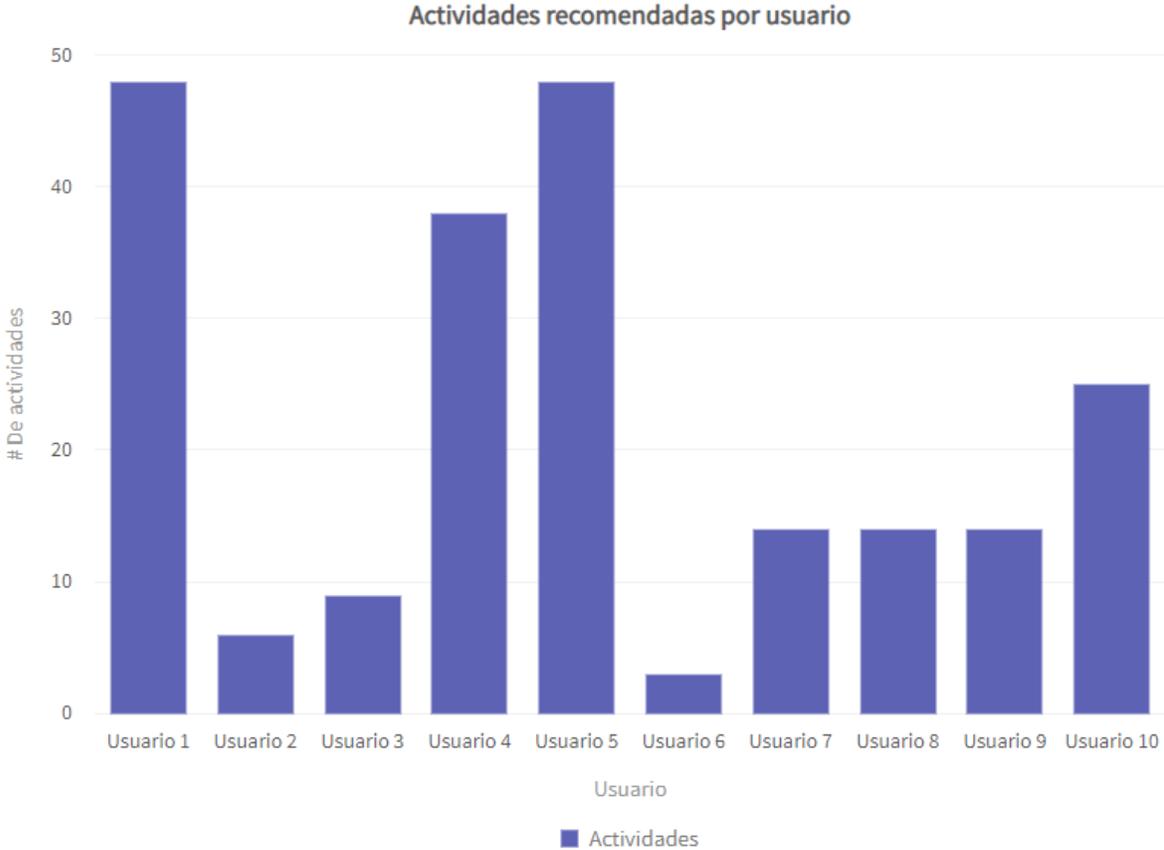


Figura 5.8. Número de actividades recomendadas realizadas por los usuarios
Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

6.1 Conclusiones

El objetivo del presente estudio ha sido el de diseñar, implementar y evaluar una aplicación móvil, basada en el pensamiento computacional y el aprendizaje adaptativo, que mejore el aprendizaje de las fracciones en estudiantes de educación primaria de tercer y cuarto grado.

En ese sentido, tal y como se mostró en el Capítulo IV la aplicación fue diseñada e implementada utilizando tres tipos de pensamiento computacional y los fundamentos del aprendizaje adaptativo.

En lo que respecta al pensamiento computacional, se eligieron tres tipos, de un total de 14 disponibles: ensayo-error, iteración y recursividad. Como ya se señaló, estas modalidades se seleccionaron a partir de pruebas realizadas previamente en la realización de ejercicios con fracciones. De los resultados obtenidos, se concluye que los tres tipos de pensamiento computacional fueron utilizados de manera equilibrada, destacando la recursividad con un 39.39%, mientras que la iteración y ensayo-error obtuvieron un 30.30% cada una.

En lo que concierne al aprendizaje adaptativo, el sistema pudo detectar en función de un modelo de usuario basado en tres niveles de capacidad para resolver ejercicios con fracciones: bajo, medio y alto, a los alumnos a partir de los intentos realizados para ejecutar un ejercicio y emitirles recomendaciones a través de la visualización de videos didácticos que les sirvieran de apoyo para completar la tarea a realizar.

Ahora bien, en lo relacionado con la mejora en el aprendizaje de las fracciones, este punto nos conduce de forma directa a las dos preguntas de investigación de nuestro estudio, a saber, ¿Cuáles son las formas de pensamiento computacional implicadas en la resolución de ejercicios con fracciones, por estudiantes de tercer y cuarto grados de educación primaria? Y ¿Cuál es el rol del

aprendizaje adaptativo en la resolución de ejercicios con fracciones en estudiantes de educación básica?

A la primera pregunta, se puede responder que las tres formas de pensamiento computacional predefinidas para la resolución de ejercicios con fracciones, en efecto, están presentes en el proceso de realización de ejercicios con fracciones en los diferentes grados de dificultad de los mismos con predominancia de la recursividad, por lo que se pudo observar durante las pruebas realizadas con la aplicación móvil.

En cuanto a la segunda pregunta sobre el rol del aprendizaje adaptativo, se puede responder con la evidencia aportada por el hecho de que, gracias a la detección, por el sistema, del número de intentos de los usuarios estos recibieron apoyo con ejemplos basados en videos que les ayudaron a completar los ejercicios de un nivel y pasar al siguiente. Los que no lo lograron en las tres primeras tentativas fueron canalizados por la aplicación con el docente. De hecho, el 100 % logró finalizar con éxito el primer nivel gracias a que el módulo recomendador del sistema les apoyó en función de las dificultades detectadas en cada niño. Lo mismo sucedió con el 50% y 30% restante, que logró pasar al segundo y tercer nivel de dificultad respectivamente.

Por su parte, los objetivos específicos se plantearon en los siguientes términos:

Evaluar el uso del pensamiento computacional como herramienta para el aprendizaje de las fracciones en alumnos de cuarto grado de educación básica.

Explorar las posibilidades del aprendizaje adaptativo como tecnología de apoyo en procesos de aprendizaje de las fracciones.

Diseñar e implementar una aplicación móvil que apoye a los estudiantes de educación básica en el aprendizaje de las fracciones.

Con respecto al primero, se puede afirmar que sólo se logró determinar que las tres formas de pensamiento computacional antes mencionadas si están presentes en la resolución de este tipo de ejercicios matemáticos. Sin embargo, se requiere de un mayor número de pruebas con una cantidad más grande de usuarios, que ayude a definir de manera objetiva la presencia de estas formas de pensamiento.

El aprendizaje adaptativo como tecnología de apoyo en el aprendizaje de las matemáticas, por su parte, ya está siendo probada en varios países como Australia, Inglaterra o Estados Unidos, entre otros, en los grados de educación media y media superior, con resultados favorables (Marzano, G. y Lubkina, 2020). En ese sentido, esta tecnología educativa puede aportar mejoras en el apoyo al docente para detectar problemas de aprendizaje en los primeros grados escolares, como es el caso de la educación primaria. Como ya se afirmó con anterioridad, se sabe que cada individuo tiene capacidades, aptitudes y ritmos diferentes de aprendizaje y que, si se le apoya con tecnología para desarrollar sus capacidades acordes con sus limitaciones, el niño puede superar barreras que en la educación en masa parecen infranqueables.

Finalmente, se ha logrado concluir con el diseño e implementación de una aplicación móvil que sea de ayuda para los estudiantes de educación básica en el aprendizaje de las fracciones. Al respecto, se es consciente de que se requiere de más pruebas para mejorar desde la cantidad y tipo de ejercicios, pasando por la interfaz de usuario, hasta las funciones del módulo recomendador para mejorar así la funcionalidad de aprendizaje adaptativo del sistema.

6.2 Trabajo a futuro

Fomentar el uso del pensamiento computacional como apoyo al aprendizaje de las fracciones en niños de tercero y cuarto grado de escuela primaria parece una opción viable, dadas las modalidades de este tipo de pensamiento implicadas en el mismo. A este respecto se requiere de recurrir a herramientas de programación

como Scratch, ampliamente utilizada por niños en otros países para aprender diferentes disciplinas. De esta manera, se podría poner el acento específicamente en el ensayo-error, la iteración y la recursividad, con el fin de observar y medir los resultados.

Este tipo de herramientas, acopladas a sistemas de aprendizaje adaptativo que incluyan analíticas de aprendizaje y módulos recomendadores, pueden resultar de gran ayuda a los docentes de educación en básica en la medida en que estos sistemas pueden resultar de gran apoyo a su labor de enseñanza de las matemáticas con grupos numerosos, en donde cada alumno tiene necesidades y capacidades particulares de aprendizaje.

El aprendizaje de las fracciones continúa siendo un problema para la educación de los niños en México y tiene un impacto enorme en el dominio de las matemáticas en los siguientes niveles educativos, como lo señalan los resultados de las pruebas de medición realizadas por las autoridades educativas. Sin embargo, el recurso a formas alternativas de razonamiento para aprender a resolver problemas con fracciones, como es el caso del pensamiento computacional, y de tecnologías con fuerte orientación a la inteligencia artificial como las analíticas de aprendizaje y el aprendizaje adaptativo, podrán tal vez dar una respuesta a la situación aquí planteada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balladares Burgos, J. A., Avilés Salvador, M. R., & Pérez Narváez, H. O. (2016). Del pensamiento complejo al pensamiento computacional: retos para la educación contemporánea. *Sophía*, 2(21), 143.
<https://doi.org/10.17163/soph.n21.2016.06>
- Berlin, D. & White, A. (1986). Computer Simulations and the Transition from Concrete Manipulation of Objects to Abstract Thinking in Elementary School Mathematics. *School Science and Mathematics*.
<https://www.learntechlib.org/p/137994/>
- Candia., I. A. M. (2015). *Aprendices y Maestros*.
- Cerego. (2018). learning possible for anyone. <https://www.cerego.com/blog/this-is-how-we-learn>
- Code.org. (2020). Acerca de nosotros. <https://code.org/international/about>
- Cristianne, D., & Zarzar, B. (2013). the Fraction Learning in Primary Education: a Teaching Proposal in Two Environments. *Horizontes Pedagógicos*, ISSN-e 0123-8264, Vol. 15, No. 1, 2013, 15(1).
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4892957>
- Cuny, J., Snyder, L., & Wing, J. M. (2010). Demystifying computational thinking for non-computer scientists. Unpublished Manuscript in Progress, Referenced in <Http://Www.Cs.Cmu.Edu/~CompThink/Resources/TheLinkWing.Pdf>.
- David Weintrop, Elham Beheshti, Michael Horn, Kai Orton, Kemi Jona, Laura Trouille, U. W. (2016). *Defining Computational Thinking for Mathematics and ScienceClassrooms*.
- Educativo, P. (2011). ¿Qué es una fracción? Agosto.
<https://www.portaleducativo.net/quinto-basico/531/Que-es-una-fraccion>
- Fazio, L., & Siegler, R. (2013). Enseñanza de las fracciones. *Series Prácticas Educativas de la Academia Internacional de la Educación (IAE)*. 22, 1–28.

<http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002127/212781S.pdf>

Fernández, S. (2016). Estrategia de aprendizaje adaptativo para la autoformación de aspirantes de nivel medio superior con el apoyo de Recursos Educativos Abiertos. 1–17.

García, A. I. M. (2013). CONOCIMIENTO PROFESIONAL DE UN GRUPO DE PROFESORES SOBRE LA DIVISIÓN DE FRACCIONES.

Gonzalez, D. (2014). Errores comunes en el aprendizaje de las fracciones: Un estudio con alumnos de 12/13 años en Cantabria. 54.
<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/6903/GonzalezdeOImoDario.pdf?sequence=1>

Hernandez, Y. (2018). El aprendizaje adaptativo: una buena opción para lograr el aprendizaje personalizado.
<https://ineverycrea.mx/comunidad/ineverycreamexico/recurso/el-aprendizaje-adaptativo-una-buena-opcion-para/eb82fba2-48f6-ee5d-8981-326d57f18e0c>

INEE. (2017). LA EDUCACIÓN OBLIGATORIA EN MÉXICO Informe 2017. 200+.

ISO. (2010). ISO 9241-210:2019. In Human-centred design for interactive systems.
<https://www.iso.org/standard/77520.html>

Kinshuk. (2016). Design adaptative and personalized learning environments.

Leal, C. O., & La. (2019). Entornos virtuales, Aprendizaje Adaptativo y Autoevaluación en educación virtual.

Maia L, Camara M, C. P. (1991). Repensando el aprendizaje de fracciones.

Marzano, G. y Lubkina, V. (2020). An adaptive learning model based on a machine learning approach. Information and Communication Technologies in Education- Conference on Mechatronics and Robotics.

Matic. (2018). Mejorar el aprendizaje de las matemáticas.
<https://matic.aulaplaneta.com/>

- Mavroudi, Anna & Giannakos, Michail & Krogstie, J. (2017). Supporting adaptive learning pathways through the use of learning analytics: developments, challenges and future opportunities. *Interactive Learning Environments*.
- McGraw-Hill. (2019). LearnSmart. <https://www.mheducation.com.mx/smartbook#>
- Morillo Lozano, M. C. (2016). Aprendizaje adaptativo. Universidad de Valladolid, España.
- Morillo Lozano, M. del C. (2016). Aprendizaje Adaptativo (tesis de maestría). Universidad de Valladolid TRABAJO.
<https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/21000/1/TFM-G648.pdf>
<http://uvadoc.uva.es/handle/10324/21000>
<http://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/21000/1/TFM-G648.pdf>
- Ospina, L. A. E. (2007). Principales Dificultades Cognitivas Para El Aprendizaje De Matemáticas En Primaria.
<https://es.scribd.com/document/209018133/dificultades-cognitivas>
- Partovi, H. (2020). Las escuelas deben enseñar el currículo del futuro, no el del pasado. <https://telos.fundaciontelefonica.com/wp-content/uploads/2020/10/telos-114-cuaderno-yo-alumno-educacion-hadi-partovi.pdf>
- PLANEA. (2020). Evaluación interna 6° grado de educación primaria. Descriptores de niveles de logro. Lenguaje y comunicación.
http://planea.sep.gob.mx/content/ba_ei/docs/2019/DESCRIPTORES_NIVEL_LOGRO.pdf
- Pruzzo de Di Pego, V. (2012). Las fracciones: ¿problema de aprendizaje o problemas de la enseñanza? *Pilquen - Sección Psicopedagogía*, ISSN-e 1851-3115, No. 8, 2012, 8, 6.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4059230>
- Pública, S. de E. (2014). Desafíos matemáticos. In Comisión Nacional de Libros de texto gratuitos.

- Reséndiz Balderas, G. S. (2018). Enseñanza de fracciones en tercer grado de primaria: análisis del discurso y prácticas pedagógicas. *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades, SOCIOTAM*, Vol. XXVIII, Núm. 1, Pp. 109-138.
- Ruesgas, S. S. (2018). Cómo resolver una suma de fracciones. Mayo.
<https://www.smartick.es/blog/matematicas/fracciones/como-resolver-una-suma-de-fracciones/>
- Sjaastad, Jørgen & Tømte, C. (2018). Adaptive Learning Systems in Mathematics Classrooms. *Education Research Highlights in Mathematics, Science and Technology*, 30–46.
- Sparrow, S. (2017). Inspiring the next wave in digital learning.
<https://www.smartsparrow.com/>
- Statcounter. (2021). Mobile Operating System Market Share Worldwide.
<https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide>
- Suárez, J. R., Dolci, G. F., Eduardo, M., & Solís, R. (2006). Sistema de aprendizaje adaptativo para la educación médica. *7(1)*, 36–41.
- Tanton, J. (2005). *Encyclopedia of Mathematics*.
- Torres, A. (2018). Los 9 tipos de pensamiento y sus características.
<https://psicologiyamente.net/inteligencia/tipos-pensamiento>
- Valdemoros, M. (2010). Dificultades experimentadas por el maestro de primaria
Dificultades experimentadas por el maestro de primaria en la enseñanza de fracciones. *13(4)*.
- Valverde-Berrocoso, J., Fernández-Sánchez, M. R., & Garrido-Arroyo, M. C. (2015). El pensamiento computacional y las nuevas ecologías del aprendizaje. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 46(46).
<https://doi.org/10.6018/red/46/3>
- Wing, J. M. (2010). Computational Thinking: What and Why? In *The Link*

Magazine.

Zapata-Ros, M. (2014). Pensamiento computacional y alfabetización digital.

<https://red.hypotheses.org/tag/ensayo-error>

Zapata-Ros, M. (2015a). Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 46, 47.

Zapata-Ros, M. (2015b). Teorías y modelos sobre el aprendizaje en entornos conectados y ubicuos: Bases para un nuevo modelo teórico a partir de una visión crítica del “conectivismo.” *Teoría de La Educación*, 16(1), 69–102.

<https://doi.org/10.14201/eks201516169102>

Zapata-Ros, M. (2016). Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 46(46).

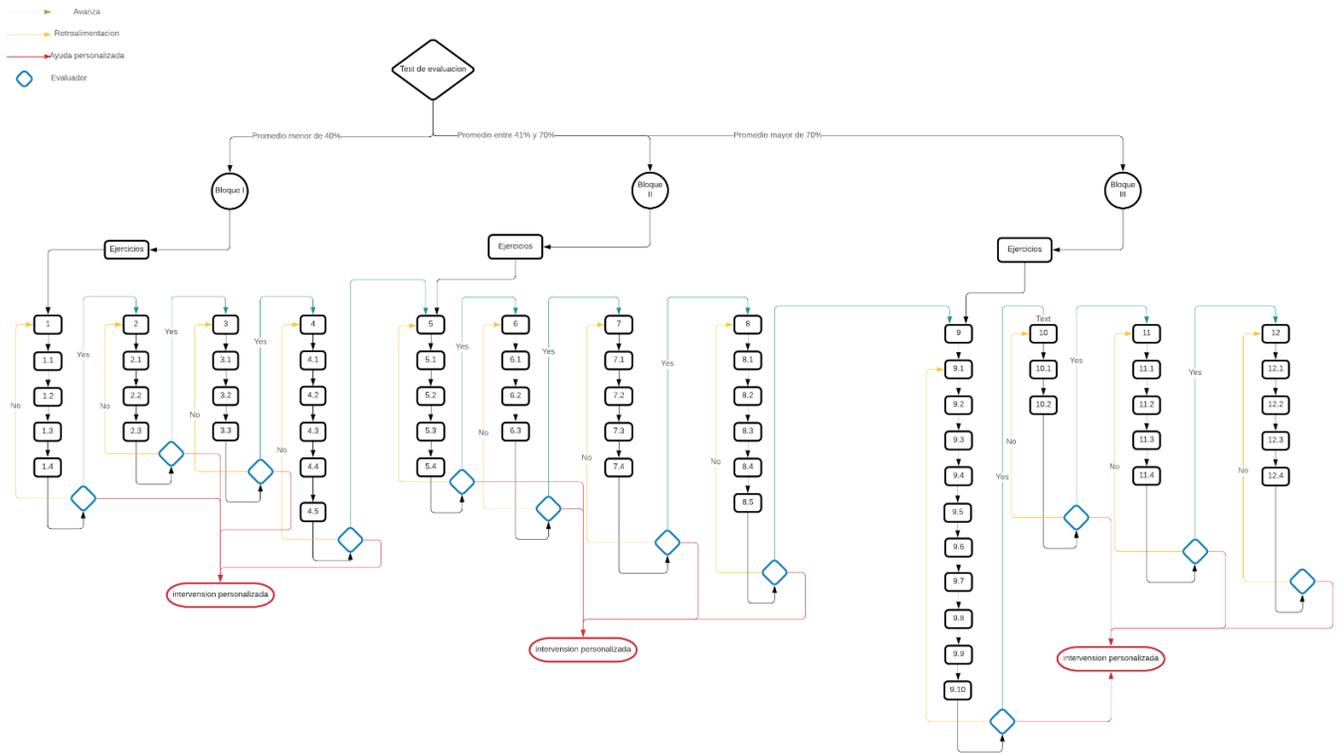
<https://doi.org/10.6018/red/45/4>

Zapata, M. (2014). Enseñanza Universitaria en línea: MOOC, aprendizaje divergente y creatividad (II). <https://red.hypotheses.org/416>

Zapotecatl López, J. L. (2018). Introducción al pensamiento computacional: conceptos básicos para todos. Academia Mexicana de Computación.

ANEXOS

Anexo A: árbol de decisión con ruta de opciones completa



Anexo B: muestra con usuario de entrevista semiestructurada

Fecha de entrevista 31 enero 2021

Grupo _____

Nombre del entrevistado Oscarito 1

Objetivo de la entrevista: identificar las dificultades experimentadas por los alumnos en el uso del sistema, su opinión sobre el mismo, así como si les ayudó en la resolución de problemas con fracciones

1. ¿Consideras que la aplicación es sencilla o difícil de utilizar? ¿Por qué?

Si, fácil.
Tiene colores llamativos

2. ¿Qué dificultades tuviste al usar la aplicación?

los botones a veces no funcionaban

3. ¿El tamaño de la pantalla te dificulta el uso de la app? ¿Por qué?

no, el teléfono está muy grande

4. ¿Los ejercicios presentados son claros y entendibles? ¿Por qué?

algunos bastante, como el de las manzanas
ese estaba muy rucoso

5. ¿Qué es lo que más y menos te gusta de la aplicación?

me gusta el carrito de compras
no me gusta el problema de las manzanas

3. Satisfacción

a. Nivel de interés

1	2	3	4	5
Ninguno	Bajo	Medio	Alto	Muy alto

b. Motivación

1	2	3	4	5
Ninguno	Bajo	Medio	Alto	Muy alto

c. Frustración

1	2	3	4	5
Ninguno	Bajo	Medio	Alto	Muy alto

4. Aprendizaje

a. Resolución del problema

1	2	3
Bajo	Medio	Alto

b. Comprensión del problema

1	2	3
Bajo	Medio	Alto

c. Tipo de pensamiento computacional

1	2	3
Ensayo-Error	Iteración	Recursividad

5. Uso de la pantalla

a. Visualización

1	2	3
Mala	Regular	Buena

b. Tipografía

1	2	3
Mala	Regular	Buena

Anexo C: muestra con usuario de prueba de medición

Test de medición

Nombre: USUARIO 1

1. Ejecución de la tarea

a. Resultados del test de inicio

1	2	3
Bajo	Medio	Alto

b. Resultados de la resolución del problema

1	2	3
Bajo	Medio	Alto

2. Esfuerzo

a. Tiempo general de resolución de problemas

indicador	Minutos	Segundos	Observaciones
Tiempo invertido en la resolución de los problemas	16	56	mejor buena lectura

b. Tiempo promedio de resolución de problema

indicador	Minutos	Segundos	Observaciones
Tiempo invertido en la resolución del problema		14	comprensión buena

c. Nivel de dificultad

Indicador	Concluso	Inconcluso	Observaciones
El estudiante logra finalizar los ejercicios indicados?	✓		

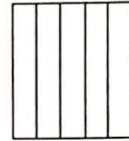
IX. La maestra Claudia tiene 10 caramelos y quiere repartirlos entre diez alumnos por partes iguales; entonces a cada alumno le corresponde:

- a) Tres décimas partes
- b) Una décima parte
- c) Dos décimas partes
- d) Cuatro décimas partes

X. ¿Cuántas partes forman el entero?

1 parte
4 partes

3 partes
5 partes



V. En cuantas partes de dividio la pizza?



- a) Sextos
- b) Quintos
- c) Cuartos
- d) Octavos

VI. $\frac{2}{3}$ se lee

- a) Dos tres
- b) Dos tercios
- c) Medios y tercios
- d) Dos y tres

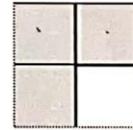
VII. En la clase de arte Karen doblo un cuadrado en cuatro partes iguales. Después, sombro 3 de las partes. ¿qué fracción representa lo realizado por Karen?

× $\frac{1}{3}$

$\frac{3}{1}$

$\frac{3}{4}$

$\frac{1}{4}$



VIII. Ayer estude 1 hora para la prueba de español. ¿Cuantos cuartos de hora estude en total?

$\frac{3}{4}$

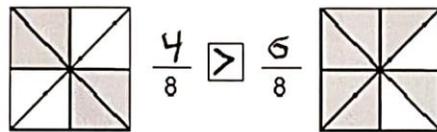
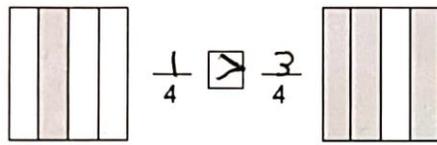
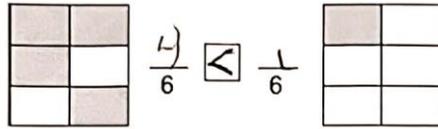
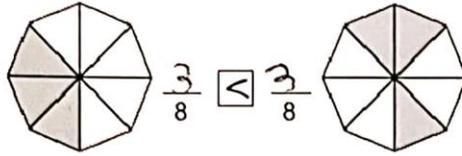
$\frac{4}{4}$

$\frac{7}{4}$

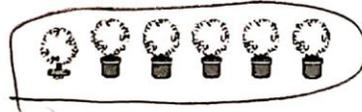
$\frac{9}{4}$



III. Completa las fracciones y compáralas utilizando el signo < o >



IV. Daniel estaba plantando arbustos en una maceta. Al mediodía ya había plantado $\frac{4}{6}$ de los arbustos. ¿Cuál grupo de arbustos muestra la fracción de los arbustos que Daniel plantó antes del mediodía?



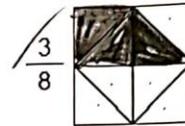
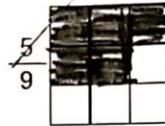
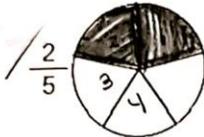
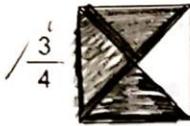
Anexo D: muestra con usuario test de fracciones

$$\frac{6}{17} = 35.29\%$$

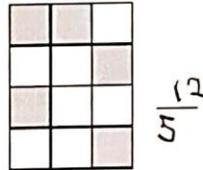
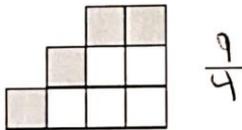
Test de fracciones

Nombre Usuario 1

I. Colorea en cada figura, la fracción que se indica



II. Escribe la fracción que corresponde



6. ¿Qué te parecen los colores de la aplicación? ¿Por qué?

bien, son colores bonitos

7. ¿Qué te parecen las ilustraciones?

~~¿Qué te parecen las animaciones de los ejercicios?~~ ¿Por qué?

Estan bien, son caricaturas

8. ¿Te agrada el tipo de letra utilizada? ¿Por qué?

Si, si podra leerla bien

9. ¿Consideras que la aplicación aumentó tu aprendizaje en las fracciones? ¿Por qué?

Si, los videos me ayudaron mucho

10. ¿Qué sugerencia darías?

Poner mas carritos de carreras

