

<https://doi.org/10.23913/ride.v13i25.1235>

*Artículos científicos*

**Aplicación móvil como apoyo en la práctica de la destreza  
operatoria aritmética de estudiantes de secundaria**

***Mobile Application to Support the Practice of Arithmetic Operative Skills  
with High School Students***

***Aplicativo móvel como suporte na prática da habilidade operatória  
aritmética de estudantes do ensino médio***

**Elena Fabiola Ruiz Ledesma**

Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Cómputo, México

[eruizl@ipn.mx](mailto:eruizl@ipn.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-1513-8243>

**Lorena Chavarría Báez**

Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Cómputo, México

[lchavarria@ipn.mx](mailto:lchavarria@ipn.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-8746-6342>

**Karina Viveros Veña**

Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Cómputo, México

[kviveros@ipn.mx](mailto:kviveros@ipn.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-1499-2250>

## Resumen

En el presente artículo se propone una aplicación gamificada móvil que promueva la resolución de ejercicios aritméticos empleando solo el conjunto de los números naturales. Para el desarrollo de la investigación, se empleó una metodología descriptiva mixta. Y para validar la aplicación, se realizaron pruebas de funcionamiento y de usabilidad. Estas últimas con una muestra aleatoria de 50 estudiantes que cursaban los tres años de la educación básica (secundaria), a quienes se les explicó vía remota el uso de la aplicación, y durante una semana la emplearon para practicar su destreza operatoria. Los estudiantes respondieron el cuestionario “Escala de usabilidad de sistemas” (SUS), también vía remota. Entre los resultados destaca que la aplicación tuvo un buen nivel de aceptación, de acuerdo con la escala de evaluación propuesta por la literatura (68-80.3). Además, al revisar la satisfacción del usuario, la eficiencia, efectividad, tasa de errores y memorabilidad, se encontró que los estudiantes de la muestra consideraron a la aplicación con una alta eficiencia: no encontraron errores al usar la aplicación, les resultó muy intuitiva y comentaron que ir desbloqueando los niveles contribuyó a que estuvieran motivados y concentrados, debido a que buscan estar en los primeros niveles de la tabla de liderato. Se concluye que las mecánicas y dinámicas empleadas de la gamificación permitieron al estudiante practicar su destreza operatoria.

**Palabras clave:** aplicación móvil, Aritmética, destreza operatoria, gamificación, educación secundaria.

## Abstract

In this article, a mobile gamified application is proposed that promotes the resolution of arithmetic exercises using only the set of natural numbers. For the development of the research, a mixed descriptive methodology was used. A random sample of 50 students who were in the last three years of basic (secondary) education was considered. To validate the application, performance and usability tests were carried out, the latter with a sample of the target population (high school students), to whom the use of the application was explained remotely, and for a week they used it to practice their operative dexterity. The students answered the System Usability Scale (SUS), also remotely. Among the results, it stands out that the application had a good level of acceptance, according to the evaluation scale proposed by the literature (68-80.3). In addition, when reviewing user satisfaction, efficiency, effectiveness, error rate and memorability, it was found that the students in the sample

considered the application to be highly efficient: they did not encounter errors when using the application, they found it very intuitive and they commented that unlocking the levels helped them to be motivated and focused, because they seek to be in the first levels of the leadership table. It is concluded that the mechanics and dynamics used in gamification allowed the student to practice their operative skills.

**Keywords:** mobile application, arithmetic, operative dexterity, gamification, secondary education.

## Resumo

Neste artigo, é proposto um aplicativo gamificado para celular que promove a resolução de exercícios aritméticos utilizando apenas o conjunto dos números naturais. Para o desenvolvimento da pesquisa, foi utilizada uma metodologia descritiva mista. E para validar a aplicação, foram realizados testes de performance e usabilidade. Este último com uma amostra aleatória de 50 alunos que se encontravam nos três anos do ensino básico (secundário), a quem foi explicado o uso da aplicação remotamente, e durante uma semana utilizaram-no para praticarem as suas competências operacionais. Os alunos responderam ao questionário “Escala de Usabilidade de Sistemas” (SUS), também remotamente. Dentre os resultados, destaca-se que o aplicativo teve um bom nível de aceitação, de acordo com a escala de avaliação proposta pela literatura (68-80,3). Além disso, ao analisar a satisfação do usuário, eficiência, eficácia, taxa de erro e memorização, verificou-se que os alunos da amostra consideraram o aplicativo altamente eficiente: não encontraram erros ao usar o aplicativo, acharam-no muito intuitivo e Eles comentaram que desbloquear os níveis os ajudou a ficar motivados e focados, pois buscam estar nos primeiros níveis da tabela de liderança. Conclui-se que as mecânicas e dinâmicas utilizadas na gamificação permitiram ao aluno praticar suas habilidades operacionais.

**Palavras-chave:** aplicativo móvel, Aritmética, destreza operativa, gamificação, ensino médio.

**Fecha Recepción:** Enero 2022

**Fecha Aceptación:** Julio 2022

## Introducción

La aritmética y la geometría son de las disciplinas matemáticas más antiguas y necesarias para el género humano (Coronado, 2014). Su utilización funcional es requerida para las personas que participamos de esta sociedad como medio de comunicación y comprensión de multitud de fenómenos que nos rodean. Es por ello por lo que el desarrollo de la destreza operatoria aritmética es una de las habilidades más necesitadas en la alfabetización socioinstrumental (Coronado, 2017).

Los resultados obtenidos en el área de matemáticas en evaluaciones internacionales como el Programa Internacional para la Evaluación de Alumnos (PISA) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE] (2016, 2018) se encuentran por debajo de la media, y gran parte de ese fracaso tiene su origen en el cálculo aritmético, ya que este es fundamental en el proceso de resolución de problemas. En definitiva, es uno de los contenidos clave de las matemáticas (Mullis, Martin, Foy y Hooper, 2016). Orrantia (2006, 2017) señala que muchas de las dificultades que se dan en el aprendizaje de las matemáticas recaen en aspectos aritméticos.

Los resultados del Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes (Planea) (Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación [INEE], 2018) de sexto grado de primaria son desalentadores. El INEE aplica la prueba Planea a una muestra de estudiantes que permite trazar un panorama a nivel nacional, regional, entidad federativa y tipo de escuela (generales públicas, indígenas, comunitarias y privadas). Para el 2018 la muestra estuvo conformada por 104 973, correspondiente a 3573 escuelas. En matemáticas, el examen estuvo conformado por 147 reactivos correspondientes a los ejes de “Sentido numérico y pensamiento algebraico”, “Forma espacio y medida” y “Tratamiento de la información”. La puntuación que obtuviera el estudiante lo ubicaría en uno de los siguientes escalafones: 1) dominio insuficiente, 2) dominio básico, 3) dominio satisfactorio y 4) dominio sobresaliente. Del total de la muestra, 59 % se encontró en el nivel de dominio insuficiente. Cabe señalar que esta prueba aborda los temas de operaciones básicas con números naturales, calcular perímetros de figuras regulares e interpretar gráficas de barras.

Para Carpenter y Mosser (2022), las habilidades operatorias aritméticas de estudiantes de nivel secundaria y preparatoria están en declive. El estudiante confía en que podrá contar con la calculadora de su celular en todo momento, pero, cuando esto no es posible, como en los exámenes de admisión, la falta del entrenamiento del cálculo mental entorpece la solución

correcta de los reactivos de dichos exámenes. Por otra parte, el no fortalecer la destreza operatoria afecta diferentes procesos cognitivos al llegar a la edad adulta (Martin *et al.*, 2003). El presentar al estudiante los ejercicios de una forma rutinaria muchas veces provoca aburrimiento y desmotivación (Zepeda, Abascal y López, 2016). También es fundamental la motivación y el estado emocional de los estudiantes, ya que representan un factor clave en su desempeño académico (Larrazolo, Backhoff y Tirado, 2013). Si deseamos que los jóvenes mexicanos tengan un mejor desempeño en el área de las matemáticas, se requiere presentarles distintas formas de aprender y practicar sus conocimientos. Para ello, una estrategia de apoyo es la gamificación (Hsin-Yuan y Soman, 2013), la cual se emplea para incentivar a los estudiantes de educación secundaria a desarrollar su destreza operatoria mediante el uso de la tecnología.

La problemática que se aborda en este artículo es la necesidad de fortalecer la destreza operatoria aritmética de los estudiantes de secundaria a través del empleo de una aplicación móvil que incorpore técnicas de gamificación, lo cual es importante para el desarrollo del pensamiento matemático de los estudiantes. En el presente artículo se describe cómo se construyó esta aplicación.

La pregunta que guió la presente investigación fue: ¿cómo desarrollar una aplicación móvil que le permita al estudiante de secundaria practicar operaciones con números naturales, y que se sienta motivado y comprometido con esa práctica?

El documento se organizó de la siguiente forma: en el estado del arte se comentan estudios sobre la relevancia de practicar la destreza operatoria aritmética, aplicaciones móviles empleadas en el trabajo académico, en particular en el área de las matemáticas, y aspectos de la gamificación; en la tercera sección se aborda lo referente al método y materiales empleados en la investigación; en la cuarta sección se presentan los resultados cuantitativos y su análisis cualitativo, y en la quinta sección se muestran las conclusiones.

A continuación, se presentan algunos estudios relacionados con el objetivo de la investigación que se han clasificado en tres rubros. Los primeros hacen referencia a la importancia del desarrollo de la destreza operatoria aritmética y las estrategias que emplean los estudiantes en la resolución de ejercicios con las operaciones básicas. En la segunda parte se muestran estudios que abordan la importancia del trabajo matemático con el uso de aplicaciones móviles. Y la tercera parte se refiere a la importancia que ha alcanzado la gamificación en el trabajo académico, los elementos de esta y las mecánicas, que muchas

aplicaciones móviles ya incluyen. Algunos aspectos tanto de aritmética como de aplicaciones móviles y gamificación son empleados en la aplicación que se desarrolló y que se describe en este artículo.

## Estado del arte

Sobre la adquisición y desarrollo que siguen los contenidos aritméticos básicos, algunos surgen desde la experiencia informal, como algunos aspectos del desarrollo del número, considerando dos elementos clave: el conteo y los esquemas protocuantitativos (Resnick, 1989, 2020), los cuales no requieren de una enseñanza explícita; mientras que otros se adquieren a través de la enseñanza.

En relación con el conteo, desde el punto de vista cognitivo, pese a que se considere como una actividad sencilla para el adulto, realmente es un proceso largo para el niño, que posiblemente culmine hasta los siete u ocho años, y el cual requiere del uso de principios y estrategias (Geary, Brown y Samaranayake, 1991).

Los principios referidos al conocimiento conceptual del conteo son: de correspondencia biunívoca (uno a uno), de orden estable, de cardinalidad, de abstracción y de irrelevancia, los cuales fueron desarrollados por Gelman y Gallistel (1978) y trabajados en sus investigaciones, primero por LeFevre *et al.* (2006), y más adelante en el tiempo por McGuire, Kienkie y Berch (2012).

De forma paralela a la habilidad de contar, los niños van desarrollando algo de experiencia en el terreno de las relaciones numéricas, las cuales son definidas por Resnick (1989, 2020) como esquemas protocuantitativos y que se refieren a expresiones referidas a cantidades, pero sin precisión numérica, que permiten hacer comparaciones de tamaño mediante la asignación de etiquetas lingüísticas *como, mayor, menor, más, menos*.

Algunas de las estrategias que usa el niño y que va descubriendo de forma intuitiva o empírica son: modelado directo, que consiste en emplear objetos físicos, los dedos o dibujando elementos para representar la situación que debe resolver (Geary, Hoard y Nugent, 2012); contar a partir del mayor, la cual consiste en que, dada una situación de adición, el niño parte del número mayor y le suma el menor (Siegler y Jenkins, 2014). Es importante tener en cuenta que para utilizar esta estrategia es necesario contar con varios requisitos; el primero es poder comenzar el conteo a partir de cualquier punto arbitrario de la serie

numérica. Otros requisitos tienen que ver con el significado de las relaciones entre conteo y cardinalidad.

Por lo que se refiere a la operación de sustracción, hay dos estrategias que son muy empleadas por los niños, a una se le ha llamado *el retroconteo* y a la otra *la cuenta progresiva* (Fuson, Carroll y Landis, 1996). El retroconteo consiste en contar de forma contraria al conteo habitual, es decir, de forma inversa. La cuenta progresiva consiste en partir del conjunto de elementos más pequeño y contar hasta alcanzar el valor del conjunto mayor.

Dentro de otras estrategias empleadas para realizar operaciones aritméticas está la que se denomina *recuperación de hechos o soluciones directas*, que consiste en recordar el resultado de operaciones sencillas. Otra estrategia se llama *hechos derivados o soluciones indirectas* (Fuson *et al.*, 1996), la cual consiste en que, dadas dos cantidades que deben sumarse o restarse, una de ellas se descompone en dos y se agrupan, es decir, los números de una operación se organizan de forma en que se presenten sumas o sustracciones bien conocidas. Un caso particular de la estrategia de hechos derivados consiste en utilizar la redistribución basada en el 10, la cual se emplea mucho en las combinaciones en las que uno de los sumandos sea nueve.

Esta estrategia de hechos derivados se puede también emplear con combinaciones de números en la multiplicación y división. Se tiene como ejemplo la regla del cero y la regla de multiplicar por uno (Orrantía, 2017).

Estas reglas y procedimientos representan un camino que permite recuperar desde la memoria hechos numéricos y la práctica en este campo permite el uso de dichas reglas de forma más automática (Orrantía, 2017).

En la escuela primaria, muchos profesores realizan ejercicios de cálculo mental para que los niños transiten del conteo a la recuperación de hechos aritméticos. Es por ello por lo que en este artículo se trabaja dicha práctica mediante la utilización de algunos aspectos de la gamificación. En particular, en la aplicación se emplean las operaciones de adición, sustracción, multiplicación y división con el conjunto de los números naturales.

Una vez que se ha realizado un análisis del proceso cognitivo que se da en los niños sobre las operaciones básicas en el terreno de la aritmética, enseguida se mencionarán algunas de las dificultades que se pueden dar durante el proceso en cuestión. Una primera dificultad que se presenta es la desconexión que se da entre la aritmética formal que se enseña en la escuela y la informal que los niños desarrollan empíricamente.

En ocasiones, los niños no logran conectar reglas que memorizan en la escuela con la aritmética informal desarrollada (Fyfe, McNeil y Borjas, 2015), por lo que consideran que los conocimientos de las matemáticas que aprenden en las aulas no son útiles para resolver problemas de la vida real. Situación que representa uno de los factores que detonan diversas dificultades que presentan algunos estudiantes en el abordaje de las matemáticas.

De forma general, las dificultades en el tratamiento de la aritmética se pueden clasificar en dos: un tipo de dificultades corresponde a las que se presentan en el dominio de las combinaciones numéricas y el otro tipo tiene que ver con la resolución de problemas, aunque las primeras influyen en las segundas (Alibali, Phillips y Fischer, 2009).

Las dificultades asociadas con el cálculo aritmético se presentan tanto en la parte procedimental como en la recuperación de hechos a través de la memoria. Por lo que respecta a las de tipo procedimental, guardan relación con un conocimiento no maduro del conteo. En cambio, las dificultades que se refieren a la recuperación de hechos se relacionan con errores que se tienen durante la ejecución de alguna estrategia de cálculo vista en párrafos anteriores.

Dadas las dificultades señaladas, el propósito que se persigue con la aplicación que se desarrolló es precisamente que el estudiante pueda practicar usando las estrategias tanto de recuperación de hechos como de hechos derivados, las reglas de multiplicar por cero y por uno, para lo cual se hace uso de dinámicas del juego.

Se hizo una revisión de estudios que refieren la importancia que han llegado a tener las aplicaciones móviles en el proceso de enseñanza-aprendizaje, en específico en la aritmética. Y en esa línea, Moral, Sánchez y Sánchez (2021) desarrollaron un estudio con 200 estudiantes de nivel de educación primaria con el fin de determinar si el uso de aplicaciones móviles con materiales digitales en la asignatura de Aritmética suple el papel que tenían los materiales manipulativos físicos y la incidencia en la motivación y en el grado de aprendizaje en el alumnado con dichos materiales. Los resultados obtenidos arrojan que no solo son válidos para practicar los contenidos tratados, sino que además el uso de metodologías activas en las que están embebidas estas herramientas digitales aumenta la motivación y el grado de satisfacción con el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura.

El éxito en los resultados de aprendizaje tras el uso de aplicaciones educativas se debe a factores diversos. En el caso centrado en el aprendizaje de las matemáticas, Gersten y Chard (2009) comentan que la utilidad proviene de que en ellas se incluyen numerosas repeticiones, acumulación de conceptos matemáticos, desafíos y recompensas tempranas, además de que

los estudiantes marcan su propio ritmo de aprendizaje, pues, en la mayoría de los casos, las actividades están niveladas. De acuerdo con la investigación de Segal (2011), los niños obtienen un mayor rendimiento en matemáticas cuando usan las tabletas a través del toque directo en pantalla, ya que se produce una manipulación física de objetos, lo que beneficia la cognición y el aprendizaje, frente a los dispositivos táctiles indirectos como el ratón del ordenador.

La investigación de Gunnar y Folkesson (2012), por su parte, concluye con que la manipulación directa de objetos virtuales, etiquetas verbales y representaciones numéricas produce un aprendizaje activo en el estudiante debido a que la presentación simultánea de entradas auditivas y visuales genera un aprendizaje multisensorial, situación que facilita la comprensión (Outhwaite, Faulder, Gulliford y Pitchford, 2019).

Respecto al contenido de las aplicaciones y la conexión del estudiante con estas, autores como Barab, Gresalfi e Ingram-Goble (2010) y Sommerfeld (2009) indican que las aplicaciones que posicionan al usuario como solucionador de problemas hacen que el conocimiento disciplinario sea una herramienta que se use para resolver estos problemas y de esta forma se consigan mayores tasas de aprendizaje y de motivación. Frecuentemente, cuando se les presenta a los estudiantes nuevos contenidos, se hace de forma desconectada y externa a estos, quienes se posicionan como meros espectadores cuyo papel es recordar conocimiento estático. Además, en este contexto la responsabilidad de adquirir ese conocimiento es externa (Gresalfi, Martin, Hand y Greeno, 2008). Por el contrario, las aplicaciones pueden proporcionar un marco que legitime la participación de los estudiantes, pues crean la necesidad de dominar el contenido si se quiere resolver una situación problemática, y la de aplicar conocimiento disciplinario. Estos contextos proporcionan a los usuarios la oportunidad de determinar cuándo utilizar un determinado contenido (Barab *et al.*, 2010).

Se consideró trabajar con algunos aspectos de la gamificación debido a que el estudiante muestra un buen nivel de compromiso cuando se siente motivado (Fernández, Olmos y Alegre, 2016).

En el *NMC Horizon Report* (Johnson, 2020) se señala que el aprendizaje basado en juegos y la gamificación como estrategia didáctica, incluyendo dinámicas y elementos del juego en el ámbito de la educación, permite aumentar la motivación de los estudiantes y que esta tendencia está vigente.

Ahora bien, la gamificación es comúnmente definida como:



El uso de técnicas, elementos y dinámicas propias de los juegos en contextos que no son de juego, con el fin de potenciar la motivación, así como de reforzar la conducta para solucionar un problema, mejorar la productividad, obtener un objetivo, activar el aprendizaje (Robson, 2015, p. 412).

En esa línea, un juego es:

Un sistema formal basado en reglas con un resultado variable y cuantificable, donde a los diferentes resultados se les asignan valores diferentes, el jugador se esfuerza para influir en el resultado, el jugador se siente apegado al resultado y las consecuencias de la actividad son opcionales y negociables (Zichermann y Cunningham, 2011, p. 12).

Además, los tres elementos que intervienen en la gamificación, de acuerdo con Hunter y Werbach (2012), son los siguientes: las dinámicas, las mecánicas y los componentes. Las dinámicas son los aspectos globales relacionados con los efectos motivacionales y deseos que se pretenden generar en el participante. Algunas dinámicas son: la narrativa, restricciones del juego, posibilidad de resolver un problema en un entorno limitado, emociones como la curiosidad o competitividad. Las mecánicas son las reglas que generan un cierto compromiso para los usuarios; destacan retos, competición, colaboración. Los componentes son elementos concretos o instancias específicas, pueden variar de tipo y cantidad, todo depende de la creatividad en la que se desarrolla el juego; algunos son: los avatares, insignias, logros.

La gamificación emplea distintos tipos de recompensas para fomentar los comportamientos deseados (Prasad y Rao, 2020). Estas recompensas son generalmente conceptualizadas con el acrónimo *SAPS*, conformado por las iniciales de los siguientes términos (en su versión en inglés):

- *Estatus*, reconocimiento. Las tablas de puntuación (*leaderboards*) son un ejemplo.
- *Acceso*, ofrecen la posibilidad de acceder a un punto o a algo a lo que los otros individuos no pueden.
- *Poder*, por ejemplo, en foros donde aquellos con más puntos no tienen que pasar por la revisión.
- *Cosas (stuff)*, recompensas tangibles.

Los elementos de gamificación que se emplearon en la construcción de la aplicación móvil que se presenta en este artículo son:

- Tablas de liderato.
- Sistema de puntuación.
- Logros.

Dichos elementos son algunos de los más comunes y que han demostrado que impactan en la motivación de los estudiantes en los estudios revisados (Wiggins, 2016)

## Métodos y materiales

El estudio desarrollado es de carácter cualitativo-descriptivo, de acuerdo con lo señalado por Hernández, Fernández y Baptista (2008), debido a que se emplearon como instrumentos metodológicos el cuestionario y la entrevista para describir la utilidad de la aplicación. La entrevista permitió profundizar en algunas respuestas dadas por los estudiantes. Para la recolección de la información dada por los cuestionarios, se empleó estadística básica, lo que permitió describir los aspectos de satisfacción con el empleo de la aplicación, así como su facilidad de uso por parte de una muestra de 30 estudiantes de primer año del nivel secundaria, quienes trabajaron con la aplicación durante dos semanas a distancia y hubo una primera sesión mediante la plataforma Zoom, en donde se les explicó la forma de navegar por la aplicación. Esta muestra corresponde a un grupo ya definido de una escuela secundaria de la Ciudad de México. Se empleó el cuestionario de la “Escala de usabilidad de sistemas” (SUS, por sus siglas en inglés) para validar a la aplicación y ubicarla en un nivel de acuerdo con la experiencia presentada por el usuario. El cuestionario empleado y su descripción se ubica en la última fase, denominada *Pruebas* y que corresponde a las fases del ciclo de vida del *software* (Sánchez, Sicilia y Rodríguez, 2012). Las primeras fases son: Análisis, Diseño e Implementación. A continuación se describe lo realizado en cada una de ellas.

### Fase 1: Análisis de la aplicación

En esta sección se presenta la primera etapa, que corresponde al análisis y que incluye la recolección de requerimientos y los casos de uso de la aplicación.

Con base en lo presentado en la introducción del presente artículo sobre la aritmética y la gamificación, se establecieron los requisitos de la aplicación. Se pensó en las estrategias de conteo que emplea un estudiante, así como las propiedades conmutativa y asociativa de la

adición y multiplicación de los números naturales. También se consideró la propiedad distributiva que se emplea en operaciones combinadas de adición y multiplicación.

En relación con los elementos de la gamificación descritos en el primer apartado de este artículo, de las dinámicas se consideró el tiempo como una de las restricciones. Como mecánicas se empleó la competición, y de componentes se incluyeron logros y *leaderboards*. En resumen, las características que se contemplaron para la aplicación son las siguientes:

- Sistema de puntuación.
- Ejercicios de aritmética.
  - Adición.
  - Sustracción.
  - Multiplicación.
  - División.
- Evaluador de expresiones.
- Niveles de dificultades.
- *Leaderboards*.
- Estadísticas del jugador.

Para los niveles de dificultad, se tomó en cuenta la cantidad de dígitos que aparecen en las operaciones. Se decidió que se incluirían dos dígitos para un nivel fácil, tres dígitos para un nivel medio y cuatro dígitos para un nivel avanzado, esto para las operaciones de adición y sustracción. Para la multiplicación y división se redujo un dígito.

Esto fue con base en lo establecido en el plan de *Aprendizajes clave para la educación integral* de educación primaria de la Secretaría de Educación Pública [SEP] (2018), ya que de forma gradual se van introduciendo las operaciones básicas tomando en consideración el número de dígitos que tienen las cifras a operar.

Para desarrollar esta aplicación se cuenta con una entidad Usuario, con campos correo (llave primaria) y contraseña, con el correo como identificador de la entidad, pues no se permiten correos duplicados. Los logros y *leaderboards* son manejados por el servicio externo de Google Play Juegos, por lo cual no se incluyen en nuestra base de datos.

Los logros son una manera de incentivar al jugador a cumplir ciertas metas. Aquí se decidió enfocarnos en pocos logros, pero con tres niveles de dificultad: fácil, medio y difícil. Los logros se desbloquean automáticamente al llegar a cierta puntuación, alcanzar una racha o al responder rápido. Existen tres categorías de logros: Rachas, Tiempo, Puntuación. La

puntuación es calculada con base en la dificultad y tiempo de respuesta de la siguiente forma:  $score = (a/b) * c$ , donde  $a$  es el tiempo de respuesta,  $b$  es el tiempo dado para responder y  $c$  es la puntuación máxima por respuesta correcta. Al completar todos los logros el progreso no se restablecerá.

En la tabla 1 se muestran los nombres que se les asignaron a los logros y lo que implica cada uno.

**Tabla 1.** Logros

Logro	Descripción
Inspirado	Consigue una racha de al menos cinco en el modo infinito.
Ascendido	Consigue una racha de al menos 10 respuestas correctas en el modo infinito.
Perfeccionista	Responde correctamente todas las preguntas en una ronda del modo Clásico.
Ágil	En el modo Clásico, termina una partida en menos de tres minutos con al menos siete respuestas correctas.
Veloz	En el modo Clásico, termina una partida en menos de dos minutos con al menos siete respuestas correctas.
Sub60s	En el modo Clásico, termina una partida en menos de un minuto con al menos siete respuestas correctas.
Académico	Consigue una puntuación de al menos 2500 en el modo Clásico, dificultad fácil.
Estudioso	Consigue una puntuación de al menos 500 en el modo Clásico, dificultad media.
Erudito	Consigue una puntuación de al menos 10 000 en el modo Clásico, dificultad difícil.

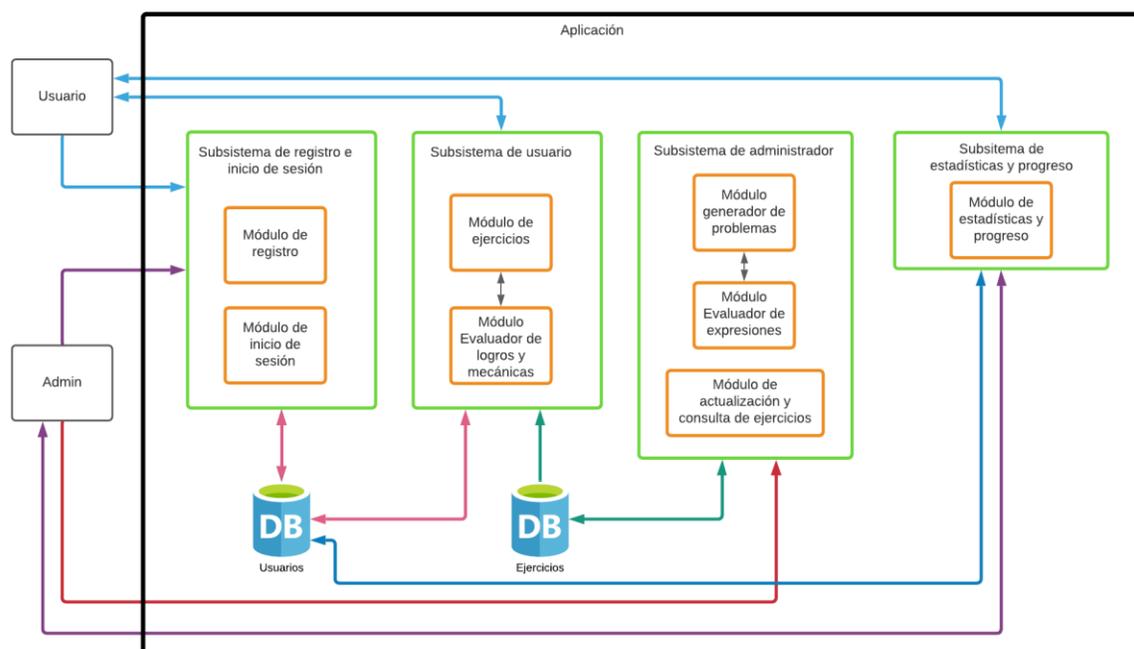
Fuente: Elaboración propia

## Fase 2: Diseño de la aplicación

La arquitectura se compone de cuatro subsistemas (ver figura 1). El primer subsistema es el de Registro e Inicio de sesión y es el encargado de dar de alta y permitir el acceso a los usuarios ya registrados. El segundo subsistema corresponde a los módulos que interactúan con el usuario, estos son el módulo de Ejercicios, encargado de proporcionar ejercicios al usuario, y el módulo Evaluador de logros y mecánicas, el cual se encarga de llevar el registro de la puntuación, logros y niveles. El subsistema de Administrador incluye los módulos Generador de problemas y Evaluador de expresiones, los cuales se usan para generar los ejercicios para el usuario. También se incluye un módulo de Actualización y Consulta de dichos ejercicios. El último subsistema es el de Estadísticas y progreso, el cual lleva el registro de los logros globales del usuario.

La figura 1 muestra la arquitectura de la aplicación.

**Figura 1.** Arquitectura con los módulos de la aplicación.



Fuente: Elaboración propia

### Fase 3: Implementación de la aplicación

En esta fase se programó la aplicación. El subsistema de registro e ingreso fue programado con el lenguaje Dart, y se usó un *framework* llamado *Flutter*, para presentarse en una aplicación móvil (Rodríguez, y Arteaga, 2021). En la figura 2 se muestra la pantalla de registro, en la cual se solicita el correo, contraseña y confirmación de la contraseña. Se inicia sesión por medio del correo y contraseña.

**Figura 2.** Pantalla de registro



Fuente: Elaboración propia

En la figura 3 se muestra la pantalla de inicio de sesión.

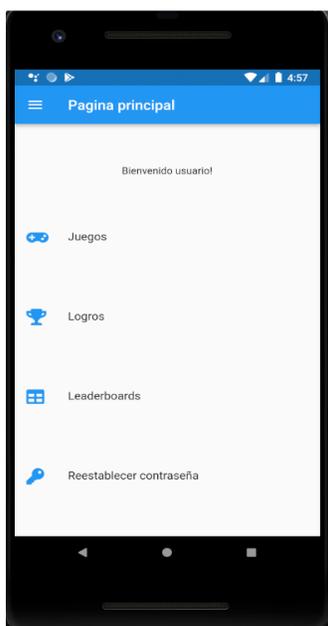
**Figura 3.** Pantalla de inicio de sesión



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4 se muestra la pantalla principal del usuario.

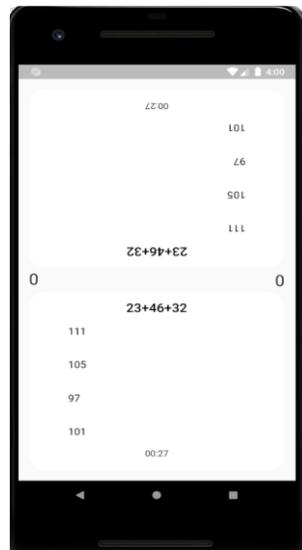
**Figura 4.** Pantalla principal



Fuente: Elaboración propia

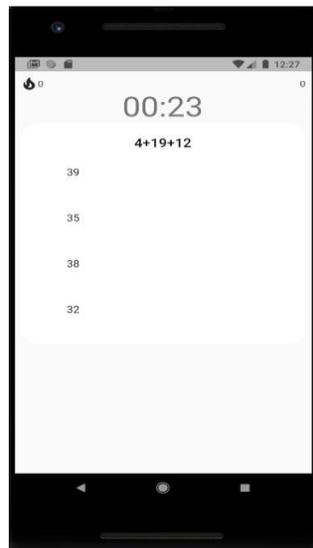
En la figura 5 se muestra un ejemplo de modo de juego Jugador versus Jugador, el modo está diseñado para que dos usuarios jueguen en el mismo dispositivo. En la figura 6 se muestra el modo infinito del juego.

**Figura 5.** Jugador versus Jugador



Fuente: Elaboración propia

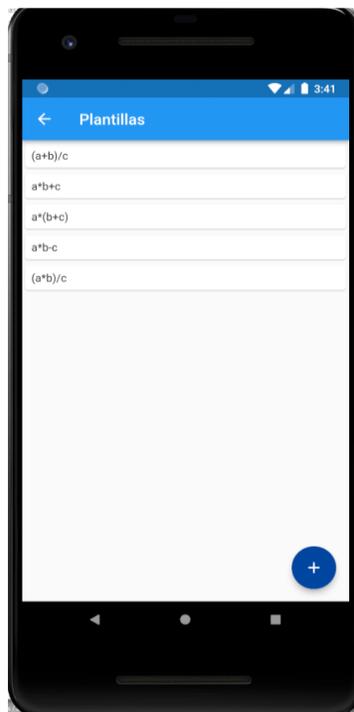
**Figura 6.** Juego en modo infinito



Fuente: Elaboración propia

En la figura 7 se muestra la pantalla de Plantillas y hay una lista de ellas que se encuentren en la base de datos. Estas plantillas son ingresadas en la pantalla de Creación plantilla, mostrada en la figura 8, donde el administrador debe ingresar los campos necesarios para la creación de la plantilla.

**Figura 7.** Plantillas



Fuente: Elaboración propia

**Figura 8.** Creación de plantilla



Fuente: Elaboración propia

En la figura 9 se muestra la pantalla de logros en la cual el usuario podrá saber qué logros ha obtenido. En la figura 10 se muestra la pantalla donde aparece el *leaderboard*, a

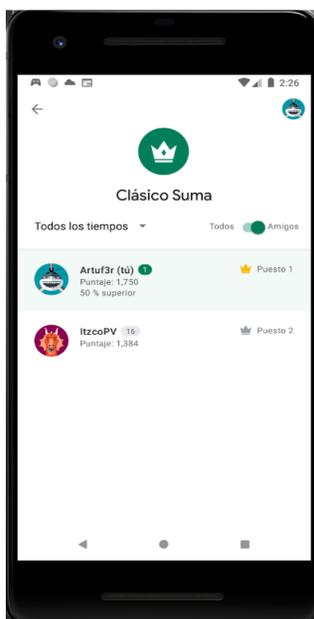
través de la cual el usuario puede conocer el lugar en el que se encuentra con respecto a otros usuarios.

**Figura 9.** Logros obtenidos



Fuente: Elaboración propia

**Figura 10.** Lugar que ocupa



Fuente: Elaboración propia

## Fase 4: Pruebas de la aplicación

En esta sección se reportan las pruebas realizadas a la aplicación.

Las primeras pruebas fueron las correspondientes a la funcionalidad del sistema y un segundo tipo de pruebas fueron efectuadas con el objetivo de tener una mejor visión acerca de la experiencia de usuario y la usabilidad de la aplicación.

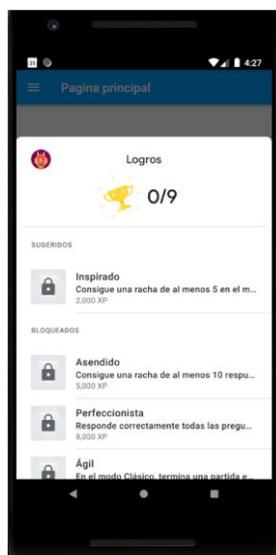
### Pruebas de funcionalidad

Se validó el correo con una expresión regular. Algunos ejemplos de correos válidos:

- itz80@kla.co
- itz!&\*%^7@protonmail.net
- 1A!e@protonmail.com

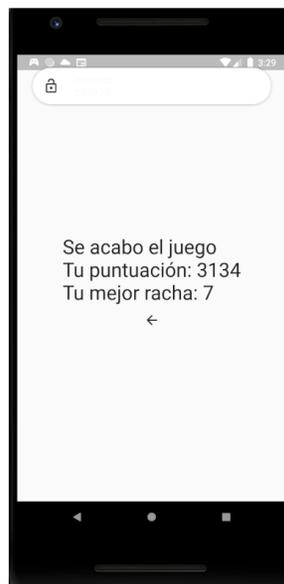
Se validó la capacidad de desbloquear logros, como se puede observar en las figuras 11, 12 y 13.

**Figura 11:** Logros sin desbloquear



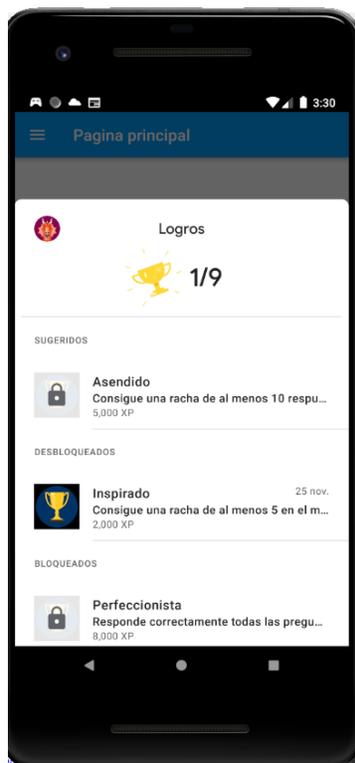
Fuente: Elaboración propia

**Figura 12.** Se cumplió la condición



Fuente: Elaboración propia

**Figura 13.** Logros desbloqueados



Fuente: Elaboración propia

## Pruebas de usabilidad de la experiencia de usuario

La experiencia de usuario (expresada como *UX*, por su nombre en inglés) describe los sentimientos subjetivos de los usuarios hacia los productos que utilizan. Diferentes usuarios pueden tener diferentes impresiones con respecto a la *UX* del mismo producto. Por lo que es necesario medir la *UX* de un grupo para tener mayor confianza en los resultados (Santoso, Schrepp, Kartono, Utomo y Priyogi, 2020).

Para realizar dichas mediciones, Lewis y Sauro (2019) mencionan que el cuestionario SUS se ha vuelto una valiosa herramienta, ya que permite evaluar la usabilidad y la experiencia del usuario. Por su parte, Sauro (3 de febrero de 2011) mostró que SUS es un cuestionario de usabilidad válido y confiable.

El SUS es un cuestionario estandarizado de diez preguntas con cinco opciones para responder, el rango de medición de las respuestas va de totalmente en desacuerdo a totalmente de acuerdo y los valores van de uno a cinco, respectivamente. Los valores obtenidos se homogenizan usando las siguientes fórmulas:

$$V_i - 1, \text{ si el reactivo es impar} \quad (1)$$

$$5 - V_i, \text{ si el reactivo es par} \quad (2)$$

Allí  $V_i$  representa el valor obtenido inicialmente, indexado por  $i$ .

La evaluación del cuestionario permite clasificar la usabilidad de la herramienta tecnológica educativa empleando las siguientes operaciones: los valores transformados de las respuestas obtenidas primeramente se suman para después multiplicarse por el factor 2.5. Los resultados obtenidos que sean mayores a 68, pero menores de 80.3, se consideran superiores al promedio o se califican con el adjetivo *Bueno*, lo que implica que la herramienta evaluada cumple con los atributos de calidad requeridos. Si se obtiene una puntuación mayor a 80.3 es considerada como *Excelente* (Derisma, 2020). Obsérvese la tabla 2.

**Tabla 2.** Rango de evaluación del cuestionario SUS

Evaluación SUS	Evaluación SUS en adjetivo
> 80.3	Excelente
68-80.3	Bueno
68	Suficiente
51-68	Pobre
< 51	Muy deficiente

Fuente: Elaboración propia

El cuestionario SUS mide los atributos de la usabilidad, y de acuerdo con Nielsen y Mack (1994), la usabilidad es definida por cinco componentes de calidad:

- *Aprendizaje.* Se refiere a la facilidad que tienen los usuarios para realizar las tareas básicas desde la primera vez que trabajan con el sistema.
- *Eficiencia.* Consiste en lo que los usuarios han aprendido para usar el sistema, así como a la rapidez con la que realizan las tareas.
- *Memorabilidad.* Facilidad con la que el usuario recuerda el funcionamiento del sistema después de un periodo de tiempo de no usarlo.
- *Tasa de errores.* Es la cantidad de errores cometidos por los usuarios durante el empleo del sistema, enfocándose en la gravedad de estos, así como en la facilidad con la que pueden recuperarse después de haber cometido un error.
- *Satisfacción.* Implica lo agradable que representa para el usuario el uso del sistema.

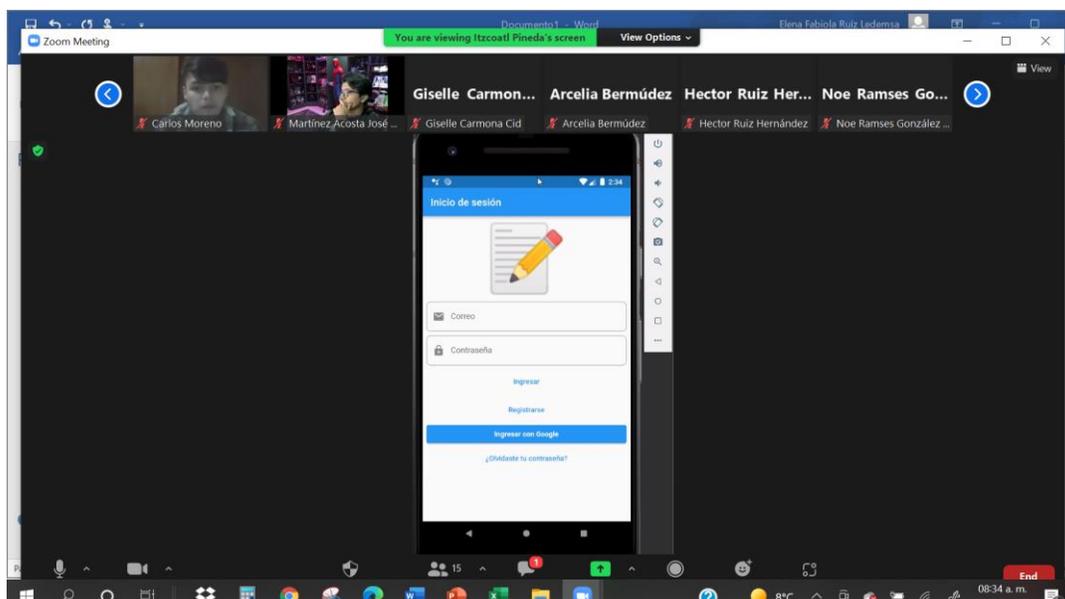
Después del cuestionario se aplicó una entrevista a 70 % de la muestra de estudiantes, ya que fueron los alumnos que quisieron continuar con el estudio.

La entrevista fue de tipo estructurada con un total de cuatro preguntas, cuyas respuestas fueron categorizadas de acuerdo con un calificativo que el entrevistado asignaba a la aplicación en torno a los aspectos de gamificación con los que se construyó.

## Resultados

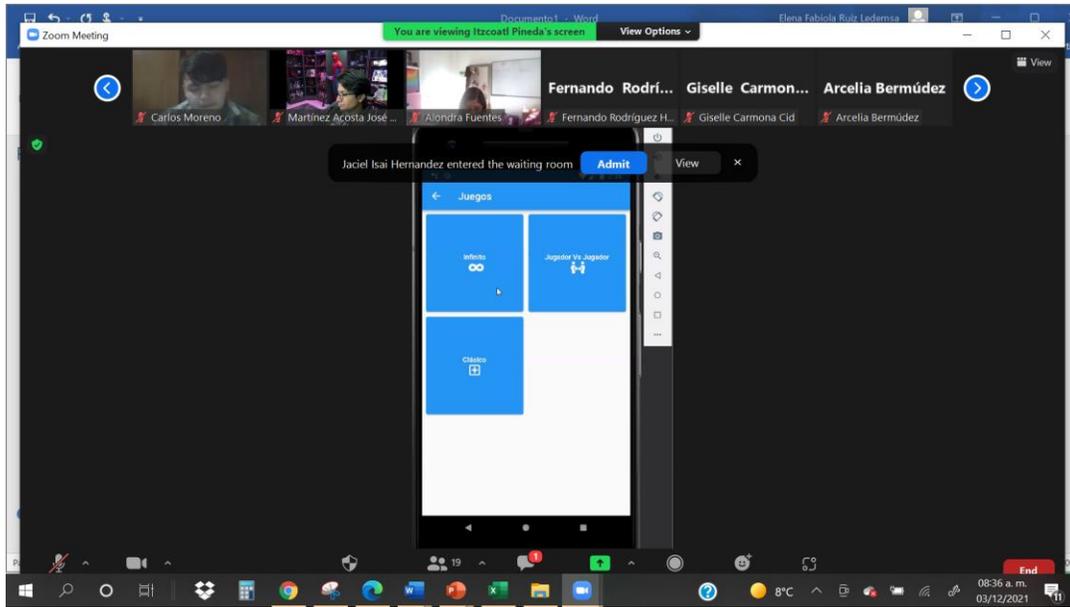
Para la realización de este estudio se trabajó con un grupo de 30 estudiantes de nivel secundaria, quienes trabajaron con la aplicación durante dos semanas en sus tiempos libres, y al inicio de la tercera semana resolvieron el cuestionario SUS. Es importante señalar que todas las indicaciones se dieron a distancia empleando la plataforma de Zoom (figuras 14, 15 y 16). Se agregó una pregunta al cuestionario SUS, lo que brindó información extra sobre la aplicación. Los participantes resolvieron el cuestionario vía *online* a través de Google Forms. Para el análisis de los datos se empleó Excel.

**Figura 14.** Explicación de la navegación por la aplicación



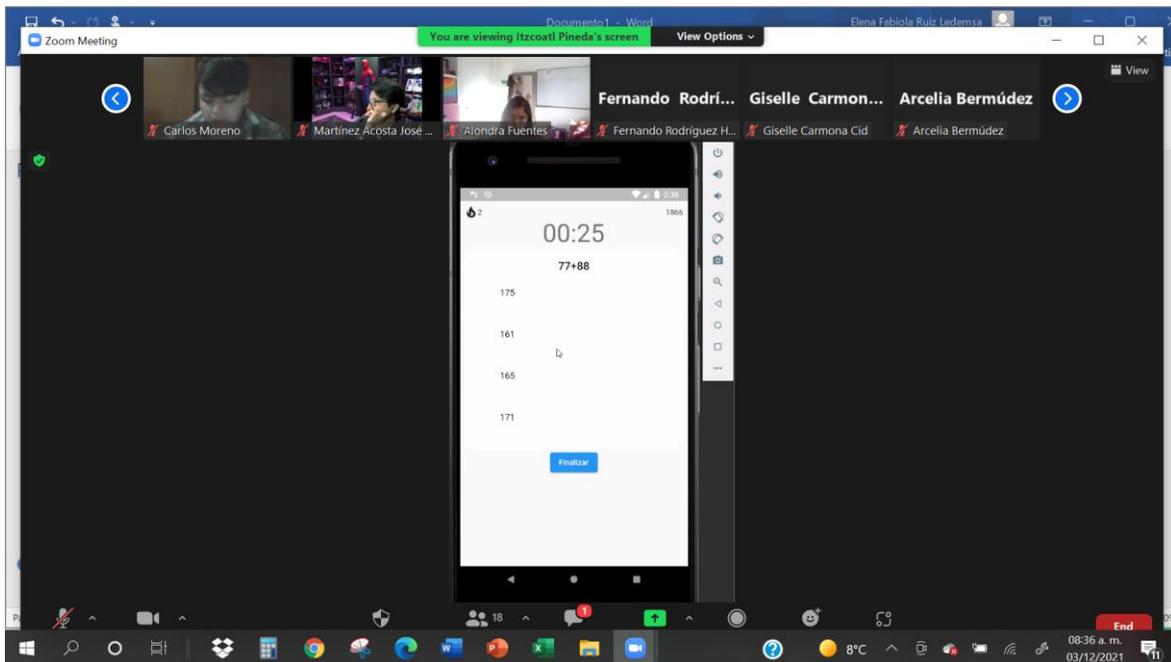
Fuente: Elaboración propia

**Figura 15.** Explicación de la realización de operaciones en la aplicación



Fuente: Elaboración propia

**Figura 16.** Explicación de la navegación por la aplicación



Fuente: Elaboración propia

Después de haber aplicado el cuestionario, se descargó el archivo generado por la plataforma Google Forms con extensión .csv y se convirtió en uno .xls para comenzar con el tratamiento de los datos. Para la evaluación del cuestionario SUS, primeramente, se usaron las fórmulas 1 y 2 para homogeneizar los datos de los valores obtenidos inicialmente por los

reactivos de cada pregunta; a continuación, se sumaron los resultados de cada participante, y luego se multiplicaron por 2.5. Se continuó el cálculo sumando los puntajes de los participantes y promediándolos.

Por último, se comparó el resultado final con la clasificación de los rangos de evaluación en la escala de usabilidad del cuestionario SUS. Y como resultado se obtuvo una puntuación de 79.58 de aceptación en relación con la usabilidad que los participantes tuvieron al trabajar con la aplicación, por lo que está en el rango de “Bueno”. En la tabla 3 se aprecian los valores obtenidos.

**Tabla 3.** Valores de las respuestas a los reactivos del cuestionario SUS

P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Suma	Producto con 2.5
2	1	2	2	2	4	4	4	2	3	26	65
2	1	3	4	3	4	3	4	2	4	30	75
2	1	4	4	2	4	4	4	1	4	30	75
2	1	4	4	3	4	4	4	0	4	30	75
2	2	4	4	4	4	4	4	3	4	35	87.5
2	2	4	4	3	2	4	4	2	4	31	77.5
3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	38	95
3	0	4	3	3	3	4	4	4	4	32	80
2	4	4	3	3	4	3	4	4	3	34	85
3	3	4	3	3	4	4	4	4	3	35	87.5
3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	35	87.5
3	3	4	3	3	3	4	4	4	3	34	85
3	1	3	1	3	4	3	1	3	1	23	57.5
2	3	2	3	2	3	3	4	1	3	26	65
2	4	3	3	3	2	3	3	3	2	28	70
2	2	3	3	4	4	4	4	4	3	33	82.5
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40	100
1	4	3	4	2	3	4	4	4	4	33	82.5
2	1	2	2	2	4	4	4	2	3	26	65
											79.58

Fuente: Elaboración propia

Con el anterior resultado se evaluaron cuatro de los cinco componentes de calidad que integran a la usabilidad, que son: Fácil de aprender, Fácil de recordar, Baja tasa de errores y Satisfacción. Esta información aparece en la tabla 4.

**Tabla 4.** Cuestionario de SUS

Cuestionario de Escala de Usabilidad de Sistemas		
Clave	Preguntas	Atributo
R1	Creo que usaré esta plataforma o sistema frecuentemente.	Satisfacción
R2	Encuentro la plataforma o sistema innecesariamente complejo.	Memoria
R3	Pienso que la plataforma o sistema fue fácil de usar.	Memoria
R4	Pienso que voy a necesitar soporte técnico para poder usar esta plataforma o sistema.	Error
R5	Encontré varias funciones en la plataforma o sistema bien integradas.	Aprendizaje
R6	Pienso que hubo muchas inconsistencias en el sistema o plataforma.	Error
R7	Imagino que la mayoría de las personas podrían aprender a usar esta plataforma o sistema bastante rápido.	Aprendizaje
R8	Encuentro la plataforma o sistema muy molesto de usar.	Satisfacción
R9	Me siento muy seguro al usar la plataforma o sistema.	Satisfacción
R10	Siento que necesitaré aprender muchas cosas antes de que pueda utilizar correctamente la plataforma o sistema.	Aprendizaje

Fuente: Elaboración propia

Los ítems que representan al atributo de Satisfacción son R1, R8 y R9. En la tabla 3 se observa que los estudiantes consideran emplear frecuentemente la aplicación, debido, entre otros factores, a que es segura y se sienten a gusto con ella. La puntuación obtenida es de 3.3 para el uso frecuente de la plataforma, en una escala de uno a cinco, en donde uno es muy en desacuerdo y cinco es muy de acuerdo. La seguridad que les causa el empleo de la aplicación tiene un valor de 3.7 y la del gusto que les causa su uso también es de 3.7, en la misma escala de uno a cinco. Los puntajes obtenidos del promedio sobrepasan el valor de tres y la

variabilidad de los datos con respecto a la media no pasa de uno, por lo que se considera que el nivel de satisfacción de la aplicación es bueno.

**Tabla 5.** Valores estadísticos del cuestionario SUS

Clave	Promedio por Pregunta		Rango en la Evaluación
R1	3.33	0.77	De acuerdo
R2	1.78	1.22	En desacuerdo
R3	4.44	0.70	De acuerdo
R4	1.67	0.84	Muy en desacuerdo
R5	3.94	0.64	De acuerdo
R6	1.16	0.92	Totalmente en desacuerdo
R7	4.67	0.49	Totalmente de acuerdo
R8	1.22	0.73	Muy en desacuerdo
R9	3.689	1.28	De acuerdo
R10	1.61	0.85	En desacuerdo

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al atributo de Aprendizaje, los reactivos que lo evaluaron son R5, R7 y R10. Los estudiantes de la muestra consideran que la curva de aprendizaje del uso de la aplicación es baja debido a que las funciones están bien integradas, así como a la rapidez con la que aprendieron a usar los distintos componentes de la aplicación. Los valores de los promedios referidos a una buena integración de las funciones y de la rapidez de su uso puntuó en 3.9 cada una en una escala de uno a cinco. Por lo anterior, se concluye que la forma de trabajar con la aplicación es prácticamente intuitiva.

En cuanto al atributo de Memoria, este fue evaluado a través de los reactivos R2 y R3. Los estudiantes de la muestra estuvieron de acuerdo en que la aplicación fue fácil de usar, con una puntuación de 4.4, y estuvieron en desacuerdo en que la plataforma fuera innecesariamente compleja, con una puntuación de 1.78 en la misma escala empleada de uno a cinco, por lo que ambos resultados se consideran buenos para la aplicación.

Finalmente, los reactivos restantes que son R4 y R6, los cuales evalúan la cantidad de errores que se pueden generar al interactuar con la aplicación. Los valores obtenidos en el

cuestionario fueron 1.67 y 1.16 en una escala de uno a cinco, por lo que se interpreta que los estudiantes estuvieron muy en desacuerdo en necesitar soporte técnico y con el hecho de que existieran inconsistencias en la aplicación.

## Discusión

Con base en los resultados arrojados por el cuestionario SUS, se considera a la aplicación como *buena* en el sentido de que cumple con características como satisfacción por parte del usuario, es prácticamente intuitiva al no tener que requerir de muchas explicaciones para poder usarla, la consideran útil para poder practicar operaciones de adición, sustracción, multiplicación y división; también porque hay muchos ejercicios y como son aleatorios es difícil encontrar dos veces el mismo durante la práctica, por ello la usarían de forma frecuente. Para poder profundizar un poco en la utilidad que tuvo y si los elementos de gamificación empleados contribuyen a la motivación al trabajar con la realización de operaciones básicas, se efectuaron entrevistas a los estudiantes que desearon participar en esta actividad, lo cual representó 70 % de los estudiantes ( $n = 21$ ). Las entrevistas se realizaron vía remota usando la plataforma Zoom. Las preguntas formuladas se muestran en la tabla 6, así como las categorías en las que fueron clasificadas.

**Tabla 6.** Categorías de las respuestas de la entrevista

Pregunta	Categorías	Porcentaje
¿Qué es lo que más te gustó de la aplicación?	Porque asigna logros de acuerdo con el avance que se lleva y eso causa una emisión de satisfacción.	88.8 %
	Por la cantidad de ejercicios diferentes.	100 %
	Porque va por niveles y estos se desbloquean	100 %
	Porque te permite competir con otros compañeros	77.7 %
¿La consideras útil? Sí / No ¿Por qué?	Si	100 %
	Es útil porque se puede practicar muchas veces y no se repiten las operaciones, como para que se puedan memorizar.	88.8 %
	Va por niveles y cuando se pasa un nivel provoca satisfacción y seguridad en el estudiante.	100 %
	Es importante practicar porque en las clases no se permite usar el celular y se tienen que hacer las operaciones de forma mental.	100 %
	Permite usar diferentes estrategias para sumar, restar o multiplicar.	

¿Qué estrategias usaste para hacer más rápido las operaciones?	Estrategia de hechos derivados (mediante agrupaciones de sumas o restas conocidas).	100 %
	Empleo del retroconteo en la sustracción.	100 %
¿Te aburrió resolver operaciones con la aplicación? Sí / No ¿Por qué?	No.	100 %
	El tiempo es un factor que hace que esté atento y resuelva rápido la operación.	100 %
	EL tener logros provoca un sentimiento de satisfacción	88.8 %

Fuente: Elaboración propia

Las explicaciones dadas por los estudiantes hacen referencia a algunos de los aspectos planteados en la introducción del presente artículo, como el hecho de que requieren del uso de estrategias para realizar más rápido las operaciones, por ejemplo, la estrategia de hechos derivados planteada por Fuson *et al.* (1996) y por Orrantia (2017), que emplearon tanto en la adición como en la multiplicación, al usar la descomposición de los números para obtener combinaciones conocidas. Al respecto, los alumnos mostraron algunos ejemplos: si se desea obtener el resultado de  $38 + 27$ , consideraban  $30 + 20 = 50$  y para  $8 + 7$  descomponían al 7 en  $8 - 1$ , con la finalidad de tener dos números iguales para sumar, que sería  $8 + 8 = 16$  y al final restarle el 1, lo que da como resultado 15, al que aditaban con el 50, y obtenían 65.

Otra estrategia de hechos derivados que emplearon y que es explicada por Fuson *et al.* (1996) consiste en utilizar la redistribución basada en el 10, la cual emplearon mucho en las combinaciones en las que uno de los sumandos sea nueve, como  $9 + N$  o  $N + 9$ ; en este caso, la combinación es descompuesta para hacer que uno de los sumandos sea 10; así, al tener  $4 + 9$ , esta operación se puede descomponer en  $(3 + (1 + 9))$ ; el 4 lo descompone en  $3 + 1$ , de tal forma que suma  $9 + 1$ , dando 10 y luego suma el 3, obteniendo 13 como resultado).

En la sustracción emplearon tanto el retroconteo como la estrategia de la cuenta progresiva (Fuson *et al.*, 1996). Algunos ejemplos que utilizaron fue que para restar, por ejemplo  $57 - 14$ , primero restaban  $50 - 14$ , considerando que fuera  $50 - 20 = 30$ , pero como era 14, entonces a 30 se le suma 6 para llegar a 20 y serían 36, pero falta restar 7 de 36, por lo que descomponen al 7 en  $6 + 1$  y entonces agrupan  $36 - 7 = 36 - (6 + 1) = 36 - 6 - 1 = 30 - 1 = 29$ .

Con relación a los aspectos de la gamificación que se emplearon en la aplicación, los estudiantes consideran que el que estuviera organizada por niveles hizo que la visitaran con mayor frecuencia, porque se sienten bien cuando logran desbloquear un nivel y alcanzar un nuevo logro, lo que coincide con lo señalado por Gersten y Chard (2009) sobre la importancia que tiene que las actividades estén niveladas, ya que permite al estudiante marcar su propio ritmo de aprendizaje.

La aplicación generó un aprendizaje sensorial a través de elementos visuales, lo que facilitó la comprensión del uso de la aplicación, de acuerdo con lo señalado por Outhwaite *et al.* (2019).

Los tres elementos de la gamificación incorporados a la aplicación (sistema de puntuación, logros y *leaderboard*) permitieron el compromiso del estudiante, ya que los motivaba a seguir utilizando la aplicación, lo que coincide con lo señalado por Wiggins (2016).

## Conclusiones

Con este proyecto se logró desarrollar un recurso tecnológico-educativo que puede ser utilizado en cualquier dispositivo móvil.

El desarrollo e implementación de la aplicación tuvo como objetivo practicar la destreza operatoria en estudiantes de secundaria, debido a que, de acuerdo con la literatura revisada, muchos de los estudiantes emplean la calculadora hasta para realizar operaciones muy sencillas, lo que ha provocado la pérdida de esta habilidad, que es requerida en la resolución de distintos problemas de matemáticas. Los mismos estudiantes reconocieron la utilidad de practicar las operaciones básicas, pues son requeridas cuando resuelven problemas. La práctica les permitió hacer en menor tiempo las operaciones, al usar distintas estrategias, otorgándoles un nivel cada mes más alto, de acuerdo con la puntuación alcanzada.

Respondiendo a la pregunta formulada al inicio del estudio, y con base en las respuestas dadas por los estudiantes al cuestionario y en la entrevista efectuada, se encontró que gracias a los elementos de gamificación que se tomaron en cuenta (sistema de puntuación, logros y leaderboard) se logró mantener el interés de los estudiantes por el uso de la aplicación, lo que se reveló a través de las entrevistas efectuadas.

El uso de la aplicación por parte de los estudiantes se observó en la tabla de *leaderboard*, porque cuando los usuarios ingresan y juegan, de acuerdo con la puntuación obtenida, tienen un lugar en la tabla de liderato, que se ve en la opción de *Leaderboard*.

Es importante señalar que la aplicación se puede descargar desde Google Play y se llama *Algorithmi*. Ahí se puede jugar y revisar los logros obtenidos (en la figura 17 se muestra una captura de pantalla donde aparecen algunos nombres de los estudiantes que trabajaron con la aplicación).

**Figura 17.** Pantalla donde aparece la tabla de liderato



Fuente: Elaboración propia

El uso de elementos de la gamificación como el empleo de logros y las tablas de liderato, la mecánica de competición, fue considerado por los estudiantes como excelente porque les ayudó a seguir practicando. En la entrevista efectuada comentan que el tiempo fue

un factor que les permitió no aburrirse en la resolución de las operaciones, así como el desbloquear los logros.

### Futuras líneas de investigación

Aspectos que se pueden trabajar en el futuro son: el considerar una muestra de usuarios más grande y que empleen la aplicación durante un periodo prolongado para realizar una comparación y análisis de uso de los elementos de la gamificación que tuvieron mayor impacto en los usuarios y las características que desearían fueran añadidas.

La aplicación es escalable, por lo que es posible agregar más ejercicios, niveles de dificultad, modos de juego y logros al sistema.

### Referencias

- Alibali, M. W., Phillips, K. M. and Fischer, A. D. (2009). Learning new problem-solving strategies leads to changes in problems representation. *Cognitive Development*, 24, 89-101.
- Barab, S. A., Gresalfi, M. and Ingram-Goble, A. (2010). Transformational Play: Using Games to Position Person, Content, and Context. *Educational Researcher*, 39(7), 525-536.
- Carpenter, T. P. and Moser, J. M. (2022). The Development of Addition and Subtraction Problem-Solving Skills. In Carpenter, T. P., Moser, J. M. and Romberg, T. A. (eds.), *Addition and Subtraction. A Cognitive Perspective* (pp. 9-24). Routledge.
- Coronado, A. (2014). Estudio de prevalencia de dificultades de aprendizaje en el cálculo aritmético. *Bordón. Revista de Pedagogía*, 66(3), 36-60.
- Coronado, A. (2017). Academic resilience: a transcultural perspective. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 237(1), 594-598.
- Derisma, D. (2020) The Usability Analysis Online Learning Site for Supporting Computer programming Course Using System Usability Scale (SUS) in a University, *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 14(9).
- Fernández, A., Olmos, J. and Alegre, J. (2016). Pedagogical value of a common knowledge repository for Business Management courses. *@TIC. Revista D'Innovació Educativa*, 16(1), 39-47.

- Fuson, K. C., Carroll, W. M. and Landis, J. (1996). Levels in Conceptualizing and Solving Addition and Subtraction Compare Word Problems. *Cognition and Instruction*, 14(3), 345-371.
- Fyfe, E. R., McNeil, N. M. and Borjas, S. (2015). Benefits of “concreteness fading” for children’s mathematics understanding. *Learning and Instructions*, 35, 104-120.
- Geary, D. C., Brown, S. C. and Samaranayake, V. A. (1991). Cognitive Addition: A Short Longitudinal Study of Strategy Choice and Speed-of-Processing Differences in Normal and Mathematically Disabled Children. *Developmental Psychology*, 27(5), 787-797.
- Geary, D. C., Hoard, M. K. and Nugent, L. (2012). Independent contributions of the central executive, intelligence, and in-class attentive behavior to developmental change in the strategies used to solve addition problems. *Journal of Experimental Child Psychology*, 113(1), 49-65.
- Gelman, R. and Gallistel, C. R. (1978). *The Child’s Understanding of Number*. Cambridge, United States: Harvard University Press.
- Gersten, R. and Chard, D. (2009). Number Sense: Rethinking Arithmetic Instruction for Students with Mathematical Disabilities. *The Journal of Special Education*, 33(1), 18-28.
- Gresalfi, M., Martin, T., Hand, V. and Greeno, J. G. (2008). Constructing competence: An analysis of students’ participation in the activity system of mathematics classrooms. *Educational Studies in Mathematics*, 70(1), 49-70.
- Gunnar, M. and Folkesson, A. M. (2012). ICT in preschool: friend or foe? The significance of norms in a changing practice. *International Journal of Early Years Education*, 20(4), 422-436.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, C. (2008). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Hsin-Yuan, W. and Soman, D. (2013). *A Practitioner’s Guide To Gamification of Education*. Toronto, Canada: University of Toronto. Retrieved from <https://mybrainware.com/wp-content/uploads/2017/11/Gamification-in-Education-Huang.pdf>.
- Hunter, D. and Werbach, K. (2012). *For the Win*. United States: Wharton Digital Press.
- Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación [INEE]. (2018). *Planea. Resultados nacionales 2018. 6° de primaria*. México: Instituto Nacional para la Evaluación de la

- Educación. Recuperado de <https://historico.mejoredu.gob.mx/evaluaciones/planea/resultados-planea/>.
- Johnson, L. (2020). *The NMC Horizon Report: 2020 Higher Education Edition*. Austin, United States: The New Media Consortium.
- Larrazolo, M., Backhoff, E. y Tirado, F. (2013). Habilidades de razonamiento matemático de estudiantes de educación media superior en México. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 18(59), 1137-1163.
- LeFevre, J. A., Smith, B. L., Fast, L., Skwarchuk, S. L., Sargla, E., Arnup, J. S., Penner, M., Bisanz, J. and Kamawar, D. (2006). What counts as knowing? The development of conceptual and procedural knowledge of counting from kindergarten through Grade 2. *Journal of Experimental Child Psychology*, 93(4), 285-303.
- Lewis, J. R. and Sauro, J. (2019). Item Benchmarks for the System Usability Scale Item Benchmarks for the System Usability Scale. *Journal of Usability Studies*, 13(3), 158-167.
- Martin, R. C., Annis, S. M., Darling, L. Z., Wadley, V., Harrell, L. and Marson, D. C. (2003). Loss of calculation abilities in patients with mild and moderate Alzheimer disease. *Archives of Neurology*, 60(11), 1585-1589.
- McGuire, P., Kinkie, M. and Berch, D. (2012). Developing Number Sense in Pre-K with Five-Frames. *Early Childhood Education Journal*, 40, 213-222.
- Moral, S. N., Sánchez, C. y Sánchez, M. T. (2021). Materiales digitales para el aprendizaje en la didáctica de la Aritmética: una experiencia en escenarios presenciales y virtuales en docencia. Ponencia presentada en el 8.º Congreso Internacional sobre Buenas Prácticas con TIC. Málaga, del 19 al 21 de octubre de 2021.
- Mullis, I., Martin, M. O., Foy, P. and Hooper, M. (2016). *TIMSS 2015 International Results in Mathematics*. Boston, United States: TIMSS & PIRLS International Study Center.
- Nielsen, J., & Mack, R. L. (1994). *Usability inspection methods*. New York: Wiley.
- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2016). *Low-Performing Students: Why They Fall Behind and How To Help Them Succeed*. Paris, France: OECD Publishing. Retrieved from [https://www.oecd-ilibrary.org/education/low-performing-students\\_9789264250246-en](https://www.oecd-ilibrary.org/education/low-performing-students_9789264250246-en).
- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2018). *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*. Paris, France: OECD

- Publishing. Retrieved from <https://www.oecd.org/publications/pisa-2018-results-volume-i-5f07c754-en.htm>.
- Orrantia, J. (2006) Dificultades en el aprendizaje de las matemáticas: una perspectiva evolutiva. *Revista Psicopedagogía* 23(71), 158-180.
- Orrantia, J. (2017). Marcadores nucleares de la competencia aritmética en preescolares. *Psychology, Society & Education*, 9(1), 121-134.
- Outhwaite, L. A., Faulder, M., Gulliford, A. and Pitchford, N. J. (2019). Raising early achievement in math with interactive apps: A randomized control trial. *Journal of Educational Psychology*, 111(2), 284-298.
- Prasad, K. and Rao, M. (2020). Enhanced Academicians Engagement: Evidence from Gamification Interventions in Higher Education Institutes. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, 7(9), 24-30.
- Resnick, L. B. (1989). Developing mathematical knowledge. *American Psychologist*, 44(2), 162-169.
- Resnick, L. B. (2020). From Protoquantities to Operators: Building Mathematical Competence on a Foundation of Everyday Knowledge. In Leinhardt, G., Putnam, R. and Hatrup, R. (eds.), *Analysis of Arithmetic for Mathematics Teaching*. Routledge.
- Robson, K. (2015). Is it all a game? Understanding the principles of gamification. *Business Horizons*, 58(4), 411-420.
- Rodríguez, M., del Castillo, H. y Arteaga, B. (2021). El uso de aplicaciones móviles en el aprendizaje de las matemáticas: una revisión sistemática. *Ensayos. Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, 36(1), 17-34.
- Sánchez, S., Sicilia M. A. y Rodríguez, D. (2012). *Ingeniería de software. Un enfoque desde la guía SWEBOK*. México: Alfaomega.
- Santoso, H., Schrepp, M., Kartono, R., Utomo, A. and Priyogi, B. (2016). Measuring User Experience of the Student-Centered e-Learning Environment. *The Journal of Educators Online*, 13(1).
- Sauro, J. (February 3, 2011). Measuring Usability with the System Usability Scale (SUS). Measuring U. Retrieved from <https://measuringu.com/sus/>.
- Secretaría de Educación Pública [SEP]. (2018). *Aprendizajes clave para la educación integral*. México: Secretaría de Educación Pública.

- Segal, A. (2011). *Do Gestural Interfaces Promote Thinking? Embodied interaction: Congruent Gestures and Direct Touch Promote Performance in Math*. (Doctoral dissertation). Columbia University, New York City.
- Siegler, R. S. and Jenkins, E. (2014). *How Children Discover New Strategies*. New York, United States: Psychology Press.
- Sommerfeld, M. (2009). Taking Up Opportunities to Learn: Constructing Dispositions in Mathematics Classrooms. *Journal of the Learning Sciences*, 18(3), 327-369.
- Wiggins, B. E. (2016). An Overview and Study on the Use of Games, Simulations, and Gamification in Higher Education. *International Journal of Game-Based Learning*, 6(1), 18-29.
- Zepeda, S., Abascal, R. y López, E. (2016). Integración de gamificación y aprendizaje activo en el aula. *Ra Ximhai*, 12(6), 315-325.
- Zichermann, G. and Cunningham, C. (2011). *Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps*. Sebastopol, United States: O'Reilly Media.

Rol de contribución	Autor(es)
Conceptualización	Elena Fabiola Ruiz Ledesma
Metodología	Elena Fabiola Ruiz Ledesma, Lorena Chavarría Báez, Karina Viveros Vela. (Igual participación las tres).
Software	Lorena Chavarría Báez (principal), Elena Fabiola Ruiz Ledesma (apoyo), Karina Viveros Vela (apoyo).
Validación	Elena Fabiola Ruiz Ledesma (principal), Lorena Chavarría Báez(apoyo), Karina Viveros Vela (apoyo)
Análisis Formal	Elena Fabiola Ruiz Ledesma (principal), Lorena Chavarría Báez(apoyo), Karina Viveros Vela (apoyo)
Investigación	Elena Fabiola Ruiz Ledesma, Lorena Chavarría Báez, Karina Viveros Vela. (Igual participación las tres).
Recursos	Elena Fabiola Ruiz Ledesma, Lorena Chavarría Báez, Karina Viveros Vela. (Igual participación las tres).
Curación de datos	Elena Fabiola Ruiz Ledesma (principal), Lorena Chavarría Báez(apoyo), Karina Viveros Vela (apoyo)
Escritura - Preparación del borrador original	Elena Fabiola Ruiz Ledesma, Lorena Chavarría Báez, Karina Viveros Vela. (Igual participación las tres).
Escritura - Revisión y edición	Elena Fabiola Ruiz Ledesma (principal), Lorena Chavarría Báez(apoyo), Karina Viveros Vela (apoyo)
Visualización	Elena Fabiola Ruiz Ledesma, Lorena Chavarría Báez, Karina Viveros Vela. (Igual participación las tres).
Supervisión	Elena Fabiola Ruiz Ledesma
Administración de Proyectos	Elena Fabiola Ruiz Ledesma
Adquisición de fondos	Elena Fabiola Ruiz Ledesma, Lorena Chavarría Báez, Karina Viveros Vela. (Igual participación las tres).