Praxis / Vol. 21, No. 2 – 2025 / 363 - 383
DOI: http://dx.doi.org/10.21676/23897856.6500

**Artículo de investigación científica y tecnológica**

# Sudoku bajo el lente del cálculo: una perspectiva de evaluación en matemáticas

## Sudoku under the lens of Calculus: An assessment perspective in mathematics

Xavier Antonio Terán-Batista [1], Adrián De Oleo-Comas [2]

**Para citar este artículo:** Terán-Batista XA, De Oleo-Comas A. Sudoku bajo el lente del cálculo: una perspectiva de evaluación en matemáticas. Praxis. 2025;21(2): 363-383. http://dx.doi.org/10.21676/23897856.6500

Recibido en marzo 25 de 2025
Aceptado en mayo 30 de 2025
Publicado en línea en junio 18 de 2025

## RESUMEN

El cálculo diferencial suele representar un reto significativo para los estudiantes que ingresan a programas de educación superior, siendo una de las asignaturas con mayores tasas de reprobación, con aproximadamente un 30 % en programas de ingeniería y ciencias; y entre el 8 % y el 10 % de deserción en educación superior. Esta investigación tiene como objetivo diseñar e implementar una estrategia de evaluación formativa con enfoque lúdico, mediante el desarrollo de un software educativo denominado *Calculus in the Sudoku*, una adaptación pedagógica del juego clásico orientada a reforzar conceptos fundamentales del curso. La propuesta se aplicó en cursos de primer semestre en la Escuela Superior de Empresa, Ingeniería y Tecnología (ESEIT), utilizando un enfoque metodológico mixto, con instrumentos de recolección de datos cualitativos y cuantitativos para una muestra seleccionada de manera aleatoria. El análisis de los resultados de la aplicación del juego como actividad evaluativa evidenció mejoras en la motivación y el compromiso de los estudiantes, así como una mayor comprensión de los contenidos y, en consecuencia, el rendimiento académico. Los resultados respaldan el valor de integrar elementos lúdicos mediante recursos como los juegos que favorecen un aprendizaje más significativo y participativo en asignaturas tradicionalmente percibidas como difíciles, lo que genera una alternativa didáctica eficaz para abordar retos del cálculo. Esta propuesta resalta la originalidad y pertinencia de emplear juegos adaptados para transformar la experiencia de aprendizaje en contextos universitarios exigentes.

**Palabras clave:** cálculo; estrategias educativas; juego educativo; método de evaluación; motivación.

## ABSTRACT

Differential Calculus often poses a significant challenge for students entering higher education programs, with some of the highest failure rates around 30 % in engineering and science programs and contributing to 8 % to 10 % of overall higher education attrition. This research aimed to design and implement a playful formative assessment strategy through the development of *Calculus in the Sudoku*, an educational software that pedagogically adapts the classic game to reinforce fundamental concepts of the course. This approach was applied to first-semester courses at the Escuela Superior de Empresa, Ingeniería y Tecnología (ESEIT), utilizing a mixed methods approach. Data was collected using qualitative and quantitative instruments from a randomly selected sample. The analysis of the game's application as an evaluative activity showed improvements in student motivation and engagement, along with a deeper understanding of the content, which subsequently led to better academic performance. The results support the value of integrating playful elements through resources like games, fostering more meaningful and participatory learning in subjects traditionally perceived as difficult. This offers an effective didactic alternative for addressing the challenges of calculus. This proposal highlights the originality and relevance of using adapted games to transform the learning experience in demanding university contexts.

**Keywords:** calculus; educational strategies; educational game; evaluation method; motivation.

1. MSc. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Puerto Rico. Correo: xavier.teran574@educacionbogota.edu.co - https://orcid.org/0000-0002-6821-1408
2. Lic. Instituto Superior de Formación Docente Salomé Ureña, San Juan de la Maguana, República Dominicana. Correo: adriandoc1999@gmail.com - https://orcid.org/0000-0002-0269-2472

## INTRODUCCIÓN

El Sudoku es un popular juego de lógica combinatorial para personas de todas las edades. Fue inventado en 1979 y oficialmente nombrado Sudoku en 1984 (Wang *et al.*, 2024). El juego típico se compone de una cuadrícula de 81 celdas (9x9), aunque con rápido desarrollo, en años recientes han aparecido rompecabezas de mayor dimensión y complejidad, con tamaños de 16x16, 25x25 e incluso 100x100.

En cuanto a las reglas, el juego comienza con una configuración de algunos números dados en una cuadrícula de NxN, es decir, N filas y N columnas. Luego, el jugador debe llenar las celdas vacías con números del 1 al N de tal manera que ningún número aparezca dos veces o más en la misma fila, columna o subcuadrícula. Los rompecabezas de Sudoku son simples en su forma y definición, pero encontrar las soluciones no es un procedimiento fácil (Wang *et al*., 2024).

El Sudoku tiene sus raíces en el concepto matemático del Cuadrado Latino, teorizado inicialmente por Euler. Aunque muchos rompecabezas numéricos similares surgieron en la prensa desde 1979, fue en 1986 cuando la empresa japonesa Nikoli lo popularizó bajo el nombre de Sudoku, que significa *dígito único*. La cantidad total de posibles soluciones para una cuadrícula de Sudoku es considerable, alcanzando la cifra de 6,670,903,752,021,072,936,960. No obstante, al considerar las simetrías existentes, el número de configuraciones esencialmente distintas se reduce a 5,472,730,538 (Tudor, 2024).

Para Franco *et al.* (2007), existen algunos problemas que se conocen como problemas tipo NP (non-deterministic polynomial time) completo y no se puede encontrar un algoritmo que los resuelva en un tiempo de cómputo polinomial. Es decir:

> El Sudoku, es un pasatiempo de ubicación de números en una cuadricula dividida en filas, columnas y subcuadros que visto como un problema de optimización presenta el fenómeno de explosión combinatorial, sus variables no son continuas y en la mayoría de los casos tiene solución única. Estas características lo ubican en la categoría de los problemas NP completos (p. 151).

Un ejemplo de la aplicación de estas ideas la presenta Sáez y Monsalve (2008) en el desarrollo de un solucionador de Sudoku para estudiar los conceptos relacionados con la teoría de la NP-completitud en la ciencia de la computación, donde se concluye que el proceso de enseñanza-aprendizaje es más eficiente en este tipo de enfoques que usando sistemas más tradicionales.

En cuanto al análisis comparativo entre los algoritmos de búsqueda en profundidad y en amplitud, Lina y Rumetna (2021) demuestran que el algoritmo Depth-Limited Search es más eficiente en la resolución de Sudokus, lo cual indica que su implementación en software educativo podría optimizar la enseñanza de estrategias de resolución de problemas complejos.

Además, Kitsuwan *et al.* (2020) proponen un sistema de balanceo de carga dinámico para la resolución de Sudokus utilizando un modelo de aprendizaje, lo cual podría facilitar la enseñanza en entornos colaborativos donde múltiples estudiantes resuelven problemas simultáneamente. Por otro lado, LaBonte (2016) destaca las conexiones matemáticas del Sudoku con los cuadrados mágicos, sugiriendo que el estudio del Sudoku podría expandirse para enseñar conceptos más avanzados de combinatoria y teoría de números.

Si bien el Sudoku es usualmente explorado desde sus fundamentos matemáticos o su potencial cognitivo, el

presente estudio se adentra en una resignificación del conocido puzzle, centrada en un rediseño estratégico que lo transforma en una herramienta didáctica potencialmente favorable para la evaluación de competencias asociadas a la comprensión de contenidos específicos del cálculo.

El aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas, en particular el cálculo diferencial, es un reto significativo para muchos estudiantes en la educación superior, dado su alto nivel de abstracción y complejidad (Montoya, 2006). Las dificultades que los estudiantes enfrentan con las matemáticas generan ansiedad, desinterés y suelen llevar a altas tasas de reprobación y desmotivación, además de las dificultades para desarrollar competencias clave como el razonamiento lógico y la resolución de problemas (Plutin-Pacheco y García-López, 2016). Por ello, es necesario desarrollar estrategias pedagógicas innovadoras que transformen la enseñanza tradicional motivando el aprendizaje y fortaleciendo la comprensión de los conceptos matemáticos. Es decir, proporcionando experiencias dinámicas y atractivas para los estudiantes. En este contexto, una opción que ha demostrado su efectividad en este ámbito es el uso de juegos matemáticos didácticos, como el Sudoku adaptado a conceptos del cálculo diferencial, lo cual que ofrece una oportunidad para mejorar tanto el interés de los estudiantes como su rendimiento académico (Montoya, 2006; Plutin-Pacheco y García-López, 2016).

En la actualidad, los juegos para la educación han adquirido una trascendencia positiva, en comparación a como se percibía en el siglo XX. Recordemos que,

> El origen del juego se dirige a la antigüedad, los juguetes y otros materiales se utilizaban para el disfrute de la población. En el ser humano el juego se presenta en cada etapa, desde los primeros meses de vida hasta envejecer llegándolo a considerar de carácter universal, sin ningún tipo de discriminación. Armijos (2023, p.10).

En términos generales, para la educación los juegos didácticos poseen características como la estimulación de la imaginación, la necesidad de toma de decisiones, interés o motivación por una asignatura, generación de destrezas y habilidades, y el desarrollo de la concentración. Además,

> Mejorar nuestro nivel de concentración tendrá efectos positivos en otros aspectos también importantes de nuestras vidas, como en el aprendizaje, en las relaciones personales e incluso en nuestro estado psicológico y emocional, por sentir que retomamos el control de las cosas, pasando de un modo de vida reactivo a uno más proactivo (Luque, 2020, p.16).

Teniendo en cuenta los cuatro momentos en el desarrollo intelectual del ser humano, estructurado por Jean Piaget. De 12 años en adelante, el estadio operacional formal involucra actividades lúdicas en relación con juegos de mesa con reglamentos, juegos de competencia, de rol y juegos que impliquen hacer suposiciones de manera que el sujeto puede imaginar una situación, proyectarla, deducir posibles resultados y tomar decisiones (Von Der Heyde *et al.*, 2022).

El juego Sudoku, conocido por su simplicidad estructural, pero alta demanda de razonamiento lógico, se ha consolidado como una herramienta educativa que fomenta la concentración, la paciencia y el análisis crítico. Este brinda una sensación de calma y orden, además ha sido utilizado por algunos autores para trabajos de investigación en el ámbito educativo y en el desarrollo de tópicos relacionados con el área de matemáticas y otras asignaturas. Por ejemplo, Carrillo Cobeña *et al.* (2024) cumplen el objetivo de evaluar que la implementación del Sudoku en el currículo de matemáticas mejorando la comprensión y el rendimiento académico de los estudiantes en álgebra, geometría y aritmética.

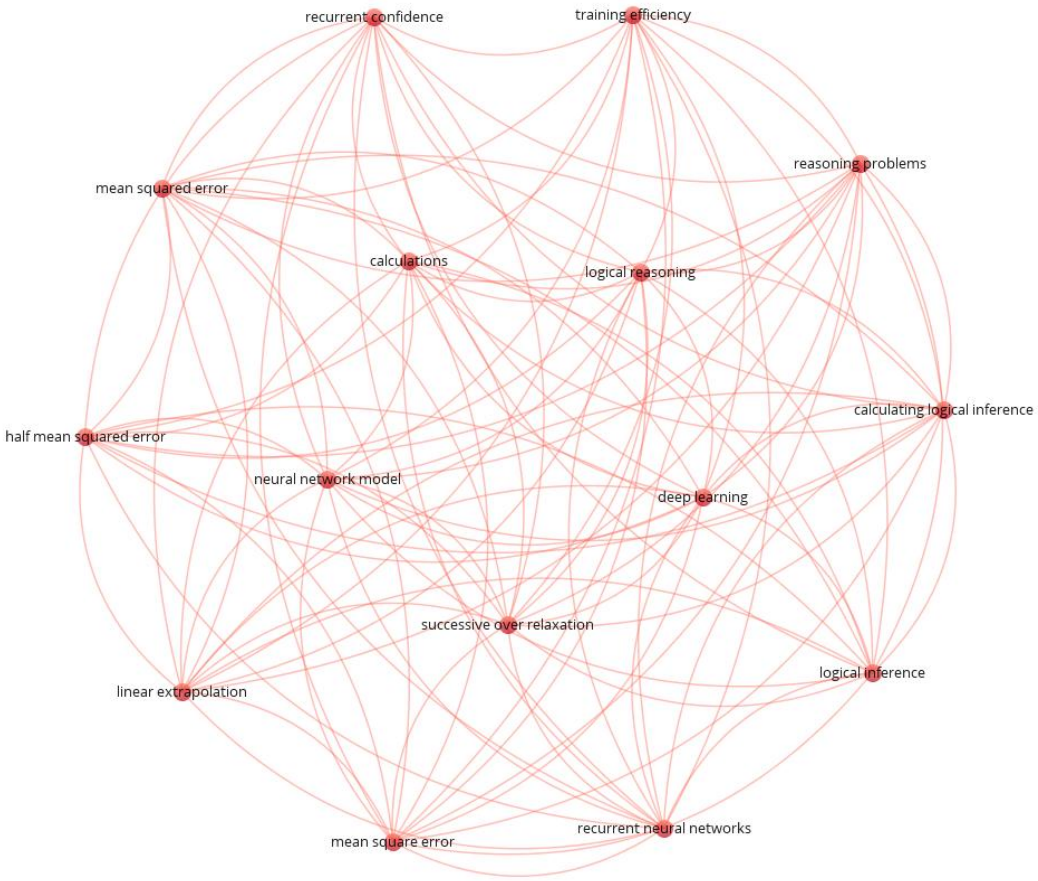
A pesar de que los programas curriculares enfatizan la importancia de la resolución de problemas y el razonamiento lógico, muchos docentes carecen de recursos o estrategias adecuadas para llevar estos objetivos a la práctica de manera interactiva y atractiva. Además, el papel del docente en todo proceso se convierte en un aspecto muy relevante, su acompañamiento debe ser suficiente y necesario. Pacheco (2019). Es demandante la buena disposición de un profesor, adaptado al cambio apropiado de los retos, quien no solo se identifica con la inmersión de las tecnologías en su vida educativa y ocupacional, sino que también responde a las exigencias del avance de la nueva era tecnológica (Fuertes y UC Ríos, 2023).

El Sudoku, al ser un juego que combina entretenimiento con exigencia intelectual, puede ser una solución eficaz para enfrentar este reto. Sin embargo, su implementación en el aula aún es limitada y poco explorada, especialmente en cuanto a su impacto directo en el desarrollo de habilidades lógicas y matemáticas en los estudiantes de primaria y secundaria. Por lo tanto, el problema central de esta investigación es determinar cómo el uso sistemático del sudoku en las clases de matemáticas o específicamente en la asignatura de cálculo diferencial puede mejorar el razonamiento lógico-matemático y la capacidad de resolución de problemas en los estudiantes, además de identificar los beneficios adicionales que puede generar en el ambiente de aprendizaje, tales como la motivación, la cooperación, el aprendizaje activo y la mejora del rendimiento académico. Este último observándolo desde la calificación de los estudiantes que, como resaltan Astudillo-Villalba *et al*. (2022) en su investigación, no es el único factor influyente del rendimiento académico, pero se constituye como una variable principal de impacto en el mismo.

Así las cosas, esta investigación busca abordar la problemática diseñando una estrategia evaluativa innovadora y didáctica, utilizando un juego adaptado, llamado *Calculus in the Sudoku*. Este recurso pedagógico toma el conocido juego de lógica sudoku y lo adapta para reforzar y evaluar a manera de práctica conceptos claves del cálculo diferencial. Al realizar una búsqueda de las palabras claves del presente estudio como revisión sistemática en Scopus, sobre el uso del sudoku en el cálculo o el diseño de estrategias evaluativas para el cálculo mediante juegos, se observa muy poca documentación respecto a la relación concreta de una adaptación del juego o el uso directamente del mismo en tópicos particulares de cálculo diferencial (ver Figura 1). Sin embargo, en otras bases de datos que incluyen muchas revistas destacadas se puede encontrar algunos trabajos relacionados con el juego sudoku, y otros con la relación entre juegos y el estudio del cálculo.

La investigación sobre el uso de juegos como herramientas educativas ha ganado atención significativa en los últimos años. Una herramienta relevante es el uso de sudoku en contextos pedagógicos, donde su estructura lógica se vincula con el desarrollo de habilidades cognitivas. Según varios estudios, el sudoku fomenta el pensamiento lógico y la resolución de problemas sin requerir habilidades aritméticas (Maji *et al*., 2013). Su uso en educación permite a los estudiantes ejercitar su memoria de trabajo y habilidades de organización (Chae y Regan, 2021). Este juego, que exige la colocación lógica de números en una cuadrícula sin repeticiones, ha sido objeto de múltiples estudios que exploran su potencial como recurso pedagógico, y de acuerdo con Zabala-Vargas *et al.* (2020), en su revisión sistemática, «el uso de los juegos en los procesos de enseñanza-aprendizaje, mantiene gran relevancia e interés en la comunidad académica y científica. Asimismo, que cuenta con un gran potencial para la formación en matemáticas de educación superior» (p. 24).

**Figura 1.** Revisión sistemática de las palabras claves.




**Fuente:** elaboración propia en Scopus y con el software VOS viewer.

Maji *et al*. (2013) proponen un algoritmo que genera permutaciones deseadas para resolver sudokus, resaltando cómo este juego involucra procesos lógicos que no dependen de habilidades matemáticas avanzadas. Terán y De Oleo (2021) también abordan las permutaciones, pero en este caso evidenciando cómo un puzzle o el Juego del 15 constituye una estrategia didáctica innovadora que favorece la enseñanza de esta temática a estudiantes del nivel superior para temas de álgebra moderna. En entornos educativos, el sudoku puede ser utilizado para fortalecer la lógica deductiva, lo que resulta en la mejora de habilidades cognitivas en estudiantes. Chae y Regan (2021) investigan el uso de metaheurísticas, como la búsqueda armónica, para resolver Sudokus, sugiriendo que las modificaciones en los métodos de búsqueda pueden mejorar los tiempos de resolución, lo que plantea una oportunidad para usar estos enfoques en ambientes de aprendizajes dinámicos.

Por su parte, Pleacher (2007) trabajó diferentes actividades que involucran el uso del Sudoku dentro de sus clases de matemáticas a nivel general, e incluso en sus clases de cálculo en la universidad, solo que a diferencia de lo que se muestra en este estudio, él diseñaba bajo la solución de ejercicios de cálculo, la primera configuración de las casillas de los sudokus que serían resueltos posteriormente por los estudiantes.

En consecuencia, el objetivo principal de esta investigación es diseñar e implementar una estrategia evaluativa didáctica, utilizando temas de cálculo diferencial para la educación superior, mediante el juego *Calculus in the Sudoku* que corresponde a una adaptación pedagógica del tradicional juego Sudoku.

# METODOLOGÍA

La investigación se fundamenta en una metodología mixta que combina enfoques cualitativos y cuantitativos mediante análisis de contenidos de encuestas y estadística descriptiva, respectivamente, garantizando una comprensión integral del impacto del juego. Obteniendo de esta manera información concerniente a la motivación, como al desarrollo de competencias relacionadas con la resolución de problemas y de pensamiento lógico, crítico y creativo concerniente al área de Matemáticas.

La integración de ambos enfoques posibilita la identificación de correlaciones significativas entre la participación en el juego y la mejora en las habilidades matemáticas. Además, explora en mayor detalle las experiencias y percepciones de los estudiantes y docentes respecto al juego. Así como la actitud y disposición hacia el aprendizaje de cálculo diferencial. La implementación e intervención de la estrategia se realizó durante tres semestres (2023-2, 2024-1 y 2024-2). No hubo grupo de control ni se compararon resultados con estudiantes que no utilizaron el software de manera paralela, básicamente se compararon resultados entre estudiantes que no utilizaron la estrategia en el año 2022 y primer semestre del 2023, respecto a los que sí lo usaron en el tiempo de la ejecución.

Para desarrollar el juego *Calculus in the Sudoku*, se partió desde un diseño o prototipo base realizado en AdobeXD donde se propuso tanto la idea del logo como el desarrollo de UX y UI, pensado en la adaptación de un sudoku tradicional a una estructura digital en el que se tomaron en cuenta distintos parámetros adicionales, como son el tiempo, el número de movimientos, la posibilidad de mantener una o varias partidas guardadas y la inclusión de los ejercicios de cálculo diferencial en cada bloque vacío.

Este diseño fue adaptado a Unity por su facilidad para integrarse a múltiples plataformas, lo que hizo posible tener una versión desktop y una versión móvil. Lo novedoso de la herramienta parte de la manera en la que se unen los ejercicios de cálculo al sudoku, que desde el punto de vista técnico posee varias implicaciones.

**Fundamentos teóricos de cálculo diferencial**

Los conceptos o tópicos de cálculo diferencial que se utilizaron para la vinculación de problemas o ejercicios al juego fueron: dominio de funciones, evaluación de funciones, pendiente de una función, derivada de una función y derivadas de orden superior. Para cada una de estas temáticas se desarrolló un banco de 40 ejercicios o problemas en diferentes niveles de complejidad, teniendo en cuenta que cada uno de estos debía tener como respuesta un valor numérico dentro de las posibilidades vinculadas al juego sudoku. Algunos ejemplos de las preguntas utilizadas son:

**Ejemplo 1:** Calcule $f''(x)$ si,

$$f(x) = 2x^2 + 5x + 2 \qquad (1)$$

Como en este estudio no se trata de realizar una explicación minuciosa de la solución de ejercicios de este tipo, que aparecen lo suficientemente bien explicados en algunos libros de texto de cálculo diferencial, además, es importante recordar que la implementación del estudio fue en estudiantes de primer semestre cuyo rendimiento académico no era el más optimo. Luego, se aclara que la solución al realizar la segunda derivada de la función dada en la ecuación (1) es exactamente el número 4. Entonces, se espera que al jugar

*Calculus in the Sudoku* este número 4 ocupe una de las casillas que se seleccionó para completar cierta configuración del juego.

**Ejemplo 2:** Dada la función $g(x)$, determine el valor real que no pertenece a su dominio,

$$g(x) = \frac{1}{x^3 - 27} \quad (2)$$

En este caso, se coloca en práctica el dominio de las funciones y teniendo en cuenta la función que se establece en la ecuación (2), el valor real que no pertenece al dominio de $g(x)$ es el número 3, ya que $g(3)$ no esa definido en los reales o no es un número real.

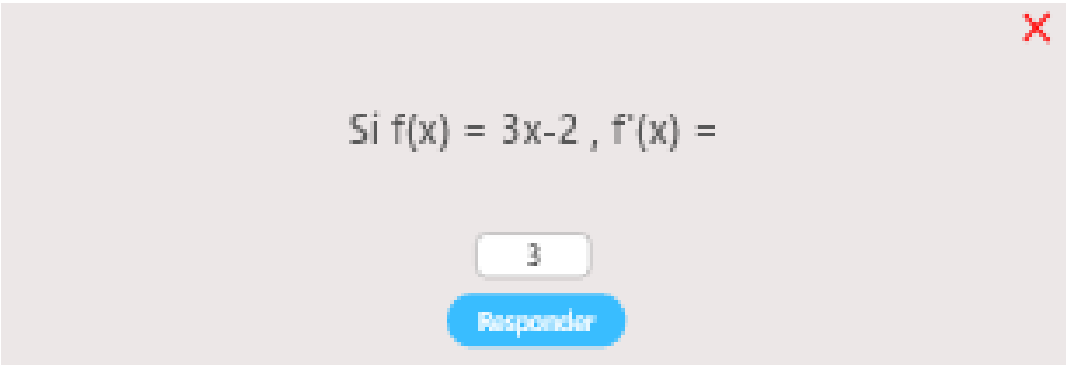
**Ejemplo 3:** Determine el valor de $m(x)$, cuando $x$ toma el valor de $-1$, si:

$$m(x) = (x + 2)(x - 7)(-2 - x) \quad (3)$$

En el ejemplo 3 se puede observar que el estudiante debe realizar operaciones aritméticas, como operaciones inmersas dentro del proceso de evaluación de la función en la ecuación (3), y al realizar dicha evaluación se obtiene que la casilla seleccionada en una configuración del juego debe ser ocupada por el número 8.

En consecuencia, cuando se inicia el juego, de manera aleatoria se establece una configuración inicial con algunos números en el tablero 9x9, y el resto de las casillas se encuentran en estado vacío, al dar clic en alguna de las casillas en vacías, se despliega una ventana modal donde se muestra un problema de cálculo como los observados en los ejemplos anteriores, aparece un input donde se coloca la respuesta numérica, un botón para responder y otro para cerrar la ventana en caso de que desee dirigirse a completar otra casilla por el momento, tal y como se observa en la Figura 2.

**Figura 2.** Módulo de pregunta al oprimir una casilla vacía.




**Fuente:** elaboración propia extraída del juego.

Por otra parte, de acuerdo con Trejos (2011), algunos Sudokus se construyen con otros elementos como figuras, letras y símbolos, pero normalmente este pasatiempo se encuentra propuesto con los números del 1 al 9; y por la naturaleza del juego se necesita que por cada configuración del sudoku aparezcan un número finito de preguntas cuya respuesta sea un número del siguiente subconjunto de números naturales

$\{1, 2, 3, \ldots, 9\}$ y, además, que estas no se puedan repetir, mientras se mantiene un margen de aleatoriedad en los sudokus presentados, para que cada partida sea una nueva experiencia para el jugador.

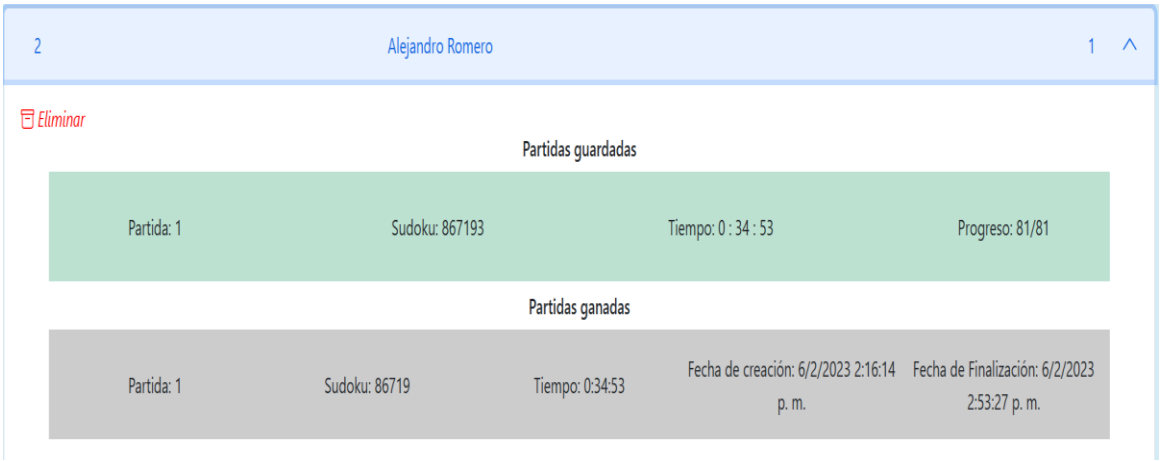
**Figura 3.** Sudoku completo con sus 81 valores.




**Fuente:** elaboración propia extraída del juego.

Utilizando las características del lenguaje de programación C#, se pudo establecer cada pieza del sudoku como un objeto que posee los siguientes valores: valor real (valor que debe tener una pieza para que el sudoku sea solucionado), valor actual (se refiere al valor asignado por el usuario a la pieza), pregunta asignada (se refiere a la pregunta asignada aleatoriamente a la pieza partiendo desde su valor real). Una vez, estos tres valores coinciden se concluye que la respuesta es la correcta. Cuando los 81 valores son confirmados correctos, entonces, se podría definir que el sudoku ha sido solucionado correctamente (ver Figura 3) y la información del juego es enviada directamente al servidor, para el posterior análisis de los datos. El juego se encuentra almacenado en una carpeta de OneDrive[3] creada para los efectos de accesibilidad, donde se puede obtener la versión de escritorio y App para dispositivo celular.

**Figura 4.** Registro de un estudiante en el Backend.

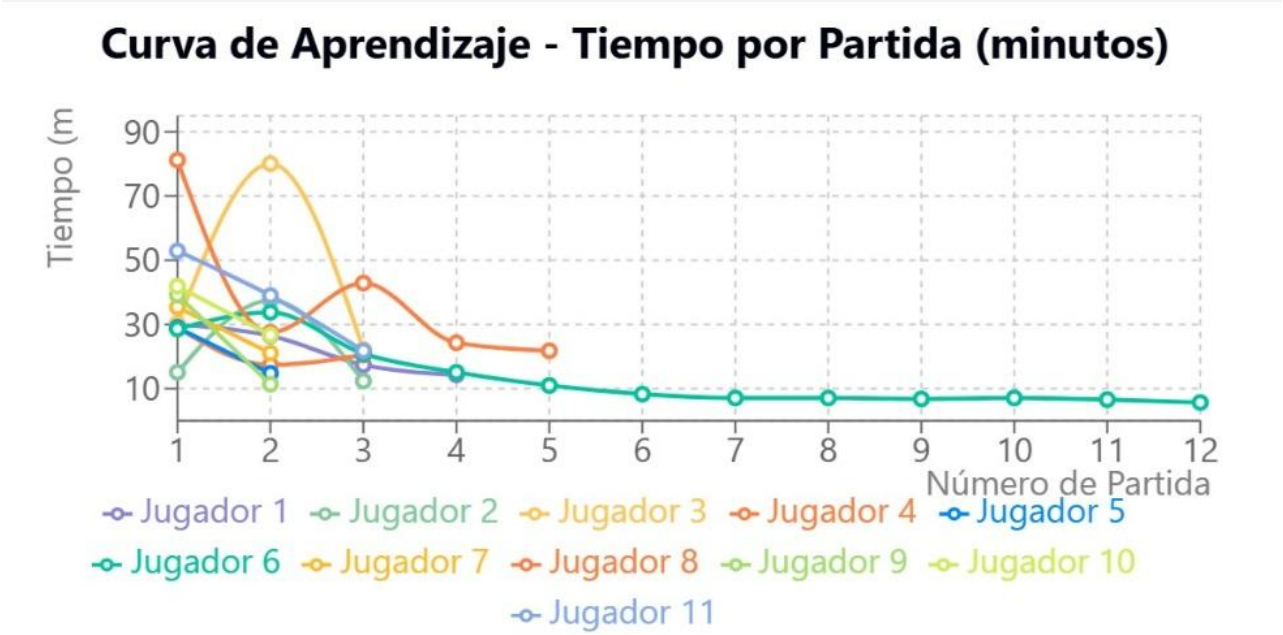



**Fuente:** elaboración propia del Backend del juego.

[3] El enlace de la carpeta es el siguiente: https://acortar.link/kIIhc7

Para la recopilación de datos cuantitativos se implementa una estructura de Rest-API entre la plataforma Unity y un Backend desarrollado en Node-Express conectado a una base de datos NoSQL (MongoDB) para guardar la información obtenida de cada una de las partidas realizadas por los estudiantes (ver Figura 4). Para este se tomó en consideración los siguientes parámetros: tiempo de partida, número de movimientos, cantidad de aciertos y estado. A partir de estos, se valida la mejora de los estudiantes para resolver problemas de cálculo diferencial y los cambios significativos en las competencias, como en la disposición hacia el aprendizaje. Además, mediante los datos recopilados es posible validar una curva de aprendizaje en los participantes según el número de partidas en el juego, como se puede observar en la Figura 5.

**Figura 5.** Curva de aprendizaje de algunos estudiantes.




**Fuente:** elaboración propia extraída del Backend del juego.

El diseño preexperimental permitió evaluar la efectividad del juego en un contexto real, involucrando aproximadamente 500 estudiantes de primer y segundo semestre, seleccionados de manera aleatoria de los programas que tienen la asignatura de cálculo diferencial en su malla curricular en la Escuela Superior de Empresa, Ingeniería y Tecnología (ESEIT)[4].

A nivel metodológico, investigaciones anteriores han demostrado que los juegos lúdicos tienen un impacto positivo en la motivación y el desarrollo de habilidades cognitivas, como el razonamiento lógico y la resolución de problemas (Montoya, 2006; Plutin-Pacheco y García-López, 2016). Además, la investigación en Cuba y otros países ha señalado que los juegos matemáticos, como el sudoku, estimulan el pensamiento crítico y la toma de decisiones, lo que resulta en una mayor participación y mejores resultados académicos en las ciencias (Plutin-Pacheco y García-López, 2016). De manera similar, Montoya (2006) resalta cómo la complejidad intrínseca del sudoku puede ayudar a desarrollar habilidades de razonamiento, pues involucra la búsqueda de soluciones a problemas que, en su esencia, son NP-completos, lo que implica un desafío intelectual significativo.

[4] Las técnicas de recolección de datos incluyeron encuestas de satisfacción desarrolladas de manera digital que se puede observar en el siguiente enlace: https://forms.office.com/e/kATBbv03jd, así como las evaluaciones académicas en torno a los contenidos temáticos del curso utilizados para la estrategia evaluativa, las cuales fueron procesadas mediante herramientas estadísticas como SPSS o Excel. Por último, se realiza un análisis descriptivo para validar tanto los aspectos pedagógicos del juego como su alineación con el contenido curricular.

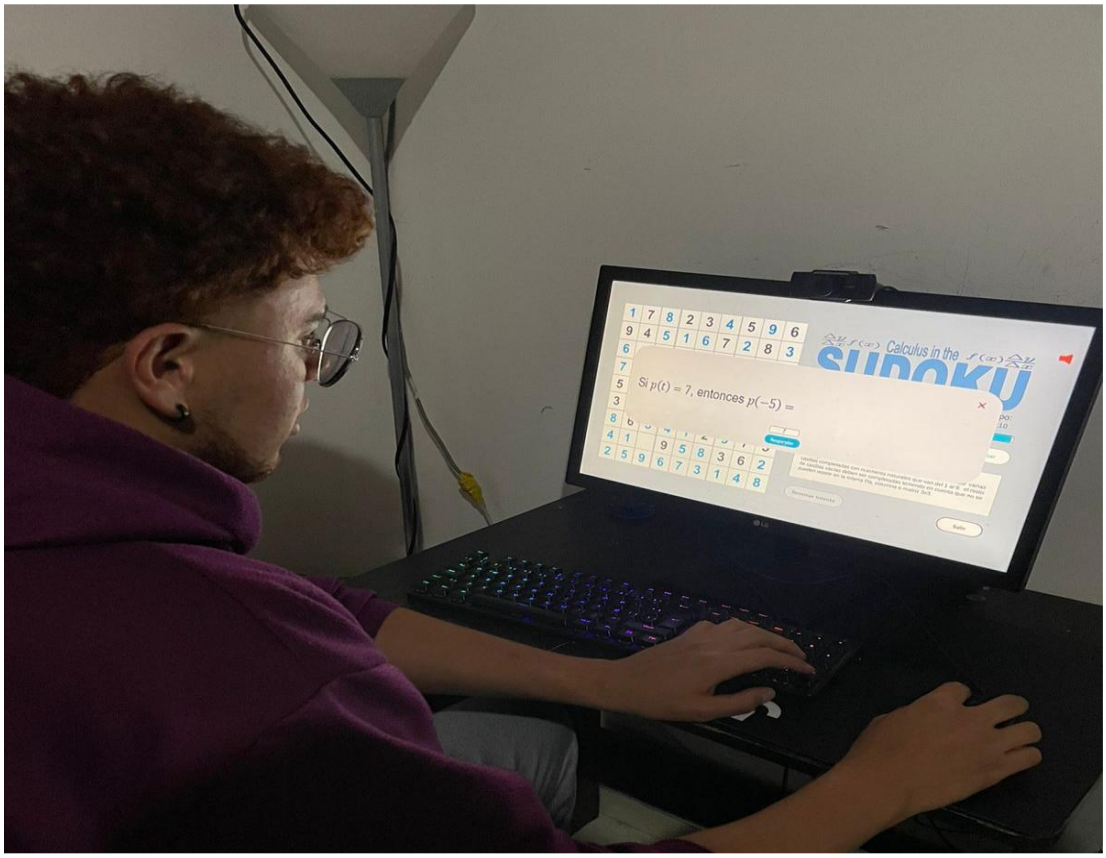
Por lo tanto, se busca comprender las experiencias de los participantes a través de su proceso en el contenido, sus respuestas en las encuestas de satisfacción y el resultado de las calificaciones, donde se analizan sus percepciones sobre el juego como herramienta de aprendizaje y su factibilidad como estrategia de enseñanza en la asignatura, lo que permite identificar factores que influyen en la motivación, el compromiso y desarrollo de habilidades matemáticas, y su rendimiento académico.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto *Calculus in the Sudoku*, están organizados según los objetivos planteados. Los datos aquí expuestos reflejan tanto los análisis cuantitativos como cualitativos realizados, e incluyen gráficos de evidencias de las encuestas realizadas y la implementación del juego con estudiantes.

Ya que el primer objetivo específico buscaba desarrollar una versión virtual y adaptable del juego sudoku, que integrara conceptos clave de cálculo diferencial, esta etapa involucró la adaptación de las reglas tradicionales del sudoku para incluir ejercicios matemáticos. La primera versión del juego fue diseñada incorporando preguntas de cálculo diferencial en las casillas vacías del sudoku. Cada respuesta correcta generaba un número para completar la cuadrícula. Se realizaron pruebas piloto con un grupo de 21 participantes, cuyos comentarios fueron fundamentales para ajustar aspectos de la interfaz gráfica, dificultad de los ejercicios y funcionalidades del sistema.

**Figura 6.** Estudiante resolviendo una de las preguntas de cálculo del juego.



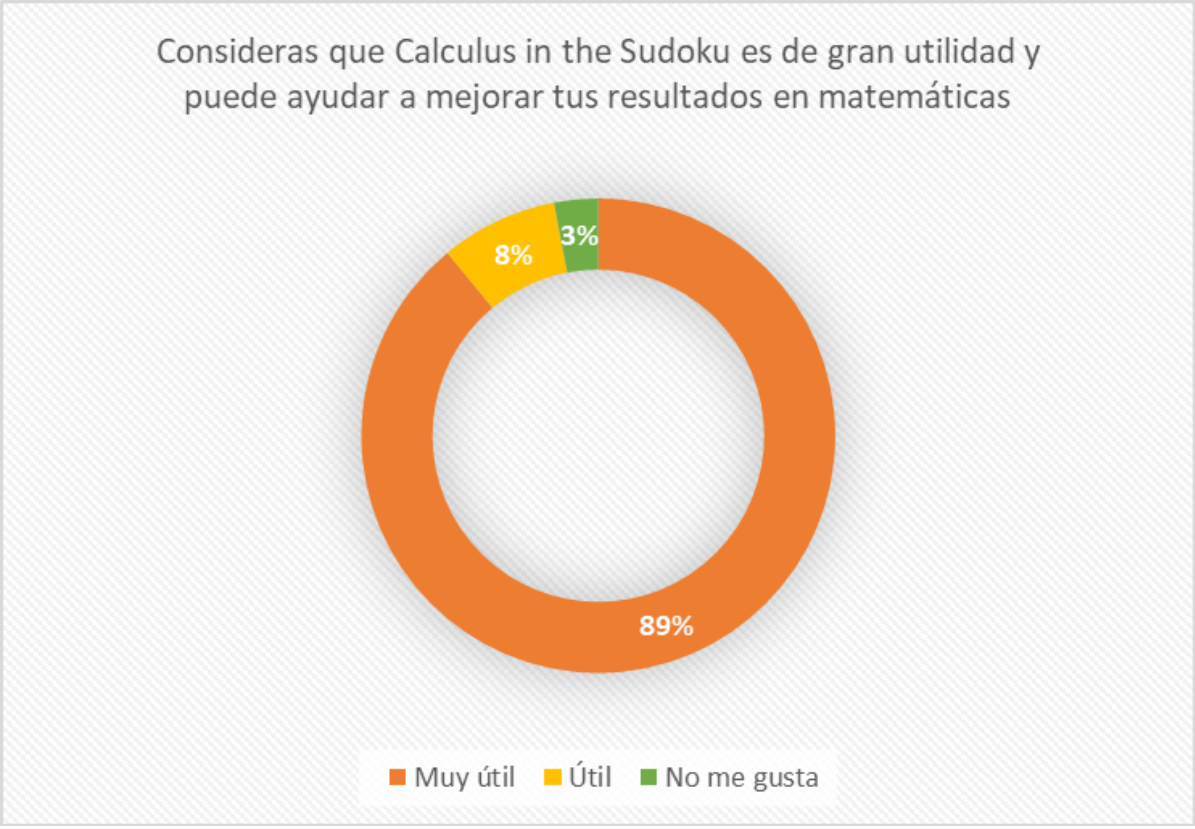

**Fuente:** elaboración propia de la implementación de la actividad.

En cuanto a la validación del contenido curricular, docentes expertos en pedagogía y matemáticas revisaron el contenido del juego para garantizar su coherencia con el currículo de cálculo diferencial y de acuerdo con las observaciones, se ajustaron un 20 % de los ejercicios para alinearlos con los objetivos de aprendizaje de la asignatura.

Para el segundo objetivo específico se planteaba implementar el juego en un grupo de estudiantes de diversas carreras en la Escuela Superior de Empresa, Ingeniería y Tecnología (ESEIT). Después de las mejoras realizadas al juego, este fue implementado con un total de 500 estudiantes durante los cuatro periodos semestrales de los años 2023 y 2024. La muestra aleatoria elegida incluyó estudiantes de todos los programas de ingeniería, ciencias económicas y administrativas. El perfil demográfico mostró una distribución equitativa de género y una edad promedio de 22 años. Con la aplicación del juego, los estudiantes alcanzaron competencias tales como el razonamiento lógico, la resolución de problemas y el modelamiento matemático.

Para ubicar un escalafón en el nivel de aceptación del juego, tras la implementación, se aplicaron encuestas de satisfacción validadas por expertos, estas fueron enviadas a docentes y profesionales de psicología quienes mediante el diligenciamiento de un formato resaltaron la coherencia, claridad, pertinencia y relevancia de las preguntas a la población objeto, que permitían evaluar la experiencia de los estudiantes con el juego. Los resultados de estas encuestas mostraron que el 89 % de los estudiantes calificó la herramienta como «muy útil» para comprender conceptos de cálculo diferencial, mientras que un 8 % la calificó como «útil» y solo un 3 % tuvo comentarios negativos, como se puede observar en la Figura 7.

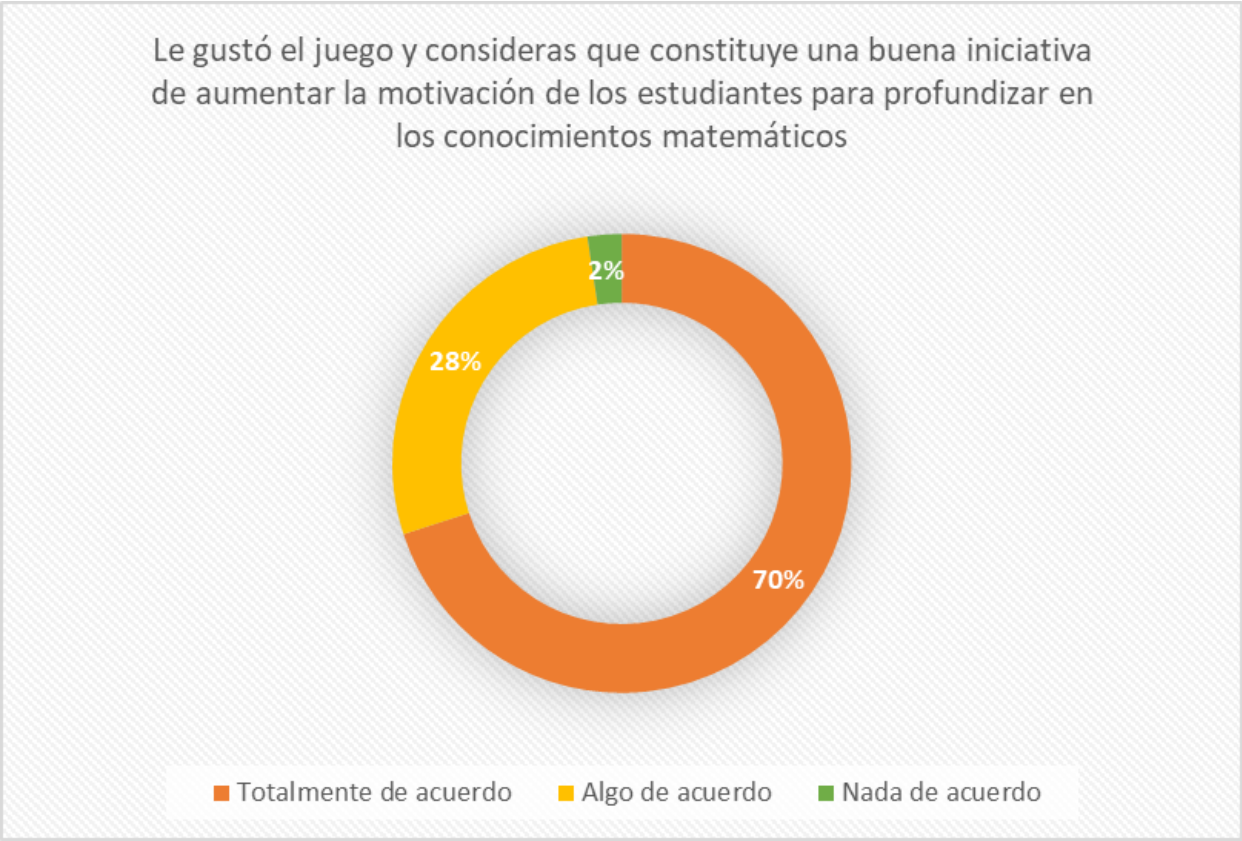
**Figura 7.** Pregunta sobre resultados en la encuesta de satisfacción.




**Fuente:** elaboración propia sacada de la encuesta de satisfacción.

Las variables esenciales motivación y desempeño que hacen parte de los objetivos buscaban evaluar el efecto del juego en la motivación y el rendimiento académico de los estudiantes. En ese orden de ideas, a través de las encuestas se identificó que el juego logró captar la atención de los estudiantes. Un 70 % expresó sentirse más motivado para profundizar en conceptos matemáticos de jugando (ver Figura 8), comentan que les da ganas de asistir a clases y participar activamente en las actividades académicas relacionadas con la asignatura de cálculo diferencial y, adicionalmente, el 65 % indicó que preferiría usar herramientas similares en otras asignaturas.

**Figura 8.** Pregunta sobre motivación en la encuesta de satisfacción.




**Fuente:** elaboración propia sacada de la encuesta de satisfacción**.**

El juego fue implementado con base en una actividad de evaluación formativa y que podía repetirse de manera iterada para el desarrollo de dicha actividad se realizó una rúbrica de evaluación, tal y como se observa en Tabla 1, con el objetivo de dar claridad a los criterios establecidos y su valoración de acuerdo con la escala académica del Proyecto Educativo Institucional (PEI) de la universidad, pero teniendo en cuenta, valores enteros de 0 a 5. En cuanto a esta rúbrica, los resultados de impacto se evidencian en las valoraciones obtenidas por los estudiantes, que para esta actividad evaluativa y los criterios establecidos promediaban superior a 4.0 a diferencia de otras actividades clásicas.

Los resultados de las pruebas académicas comparativas realizadas antes y después de la implementación del juego mostraron un incremento promedio del 15 % en las calificaciones. Este resultado fue estadísticamente significativo ($p < 0.05$), lo que demuestra la efectividad del juego como herramienta didáctica para la mejora del rendimiento académico de los estudiantes.

**Tabla 1.** Rúbrica de evaluación de la actividad del Calculus in the Sudoku.

| Criterio | Descripción del criterio | Valoración (0-5) |
|---|---|---|
| **Coherencia con el contenido curricular** | Evalúa si los ejercicios del juego están alineados con los conceptos clave del cálculo diferencial. | **5:** Totalmente alineado con el currículo.<br><br>**4:** Mayormente alineado, con ajustes menores necesarios.<br><br>**3:** Alineado en algunos aspectos, pero no en su totalidad.<br><br>**2:** Poca alineación con el currículo.<br><br>**1-0:** No guarda relación con los objetivos del curso. |
| **Motivación de los estudiantes** | Analiza el nivel de interés y compromiso de los estudiantes al interactuar con el juego. | **5:** Estudiantes muy motivados, participan activamente y solicitan actividades adicionales.<br><br>**4:** Alta motivación y participación constante.<br><br>**3:** Motivación moderada, con participación parcial.<br><br>**2:** Baja motivación, con poca participación.<br><br>**1-0:** Sin interés o motivación. |
| **Uso adecuado de la herramienta tecnológica** | Observa si los estudiantes utilizan las funcionalidades del juego de manera efectiva y comprenden su mecánica. | **5:** Uso impecable y completo de las funcionalidades del juego.<br><br>**4:** Uso adecuado, con pequeños errores solucionados con ayuda mínima.<br><br>**3:** Uso moderado con necesidad de guía constante.<br><br>**2:** Uso deficiente con múltiples dificultades.<br><br>**1-0:** No utiliza adecuadamente la herramienta. |
| **Desarrollo del razonamiento lógico-matemático** | Valora si los estudiantes muestran mejoras en habilidades de lógica y resolución de problemas matemáticos. | **5:** Gran mejora en habilidades lógicas, deducción y razonamiento matemático.<br><br>**4:** Mejoras notables en razonamiento lógico.<br><br>**3:** Progreso moderado en habilidades.<br><br>**2:** Pocas mejoras evidentes.<br><br>**1-0:** Sin evidencias de progreso. |

| | | |
|---|---|---|
| **Impacto en el rendimiento académico** | Mide la evolución de los resultados académicos tras la implementación del juego. | **5:** Mejoras significativas en las calificaciones (>15 % sobre la media inicial).<br><br>**4:** Mejoras moderadas (10-15 %).<br><br>**3:** Mejoras leves (<10 %).<br><br>**2:** Rendimiento constante sin mejora.<br><br>**1-0:** Descenso en el rendimiento académico. |

**Fuente:** elaboración propia.

A continuación, se presenta algunas imágenes del juego y su implementación como actividad.

**Figura 9.** Juego completado con éxito.




**Figura 10.** Pregunta de cálculo para el juego.

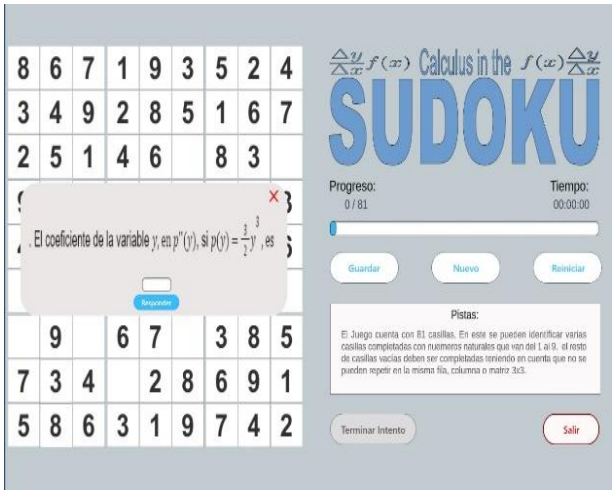



**Figura 11.** Estudiante Y jugando en su dispositivo celular.



**Figura 12.** Estudiante X jugando en su laptop.



**Figura 13.** Estudiante Y jugando en su laptop.

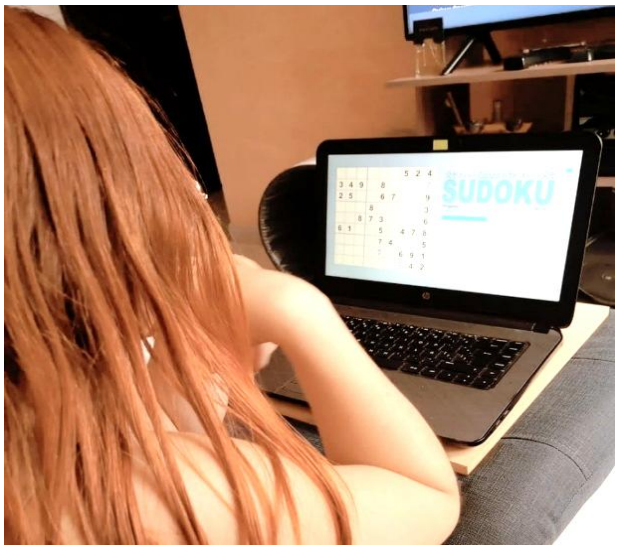
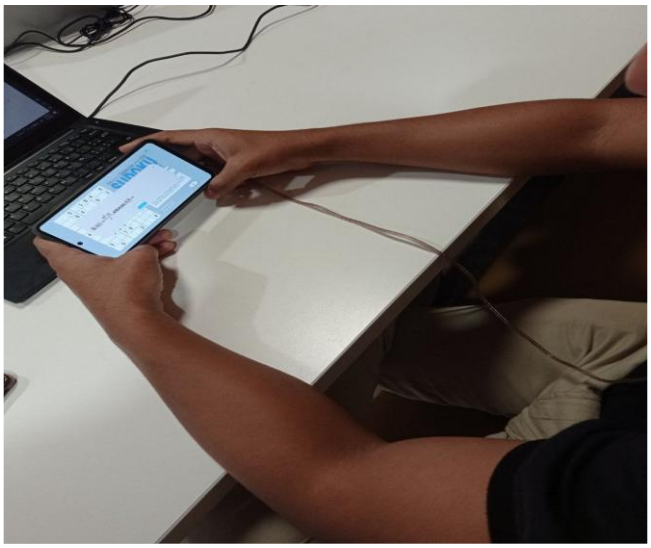



**Figura 14.** Estudiante X jugando en su dispositivo celular.



## DISCUSIÓN

Con el desarrollo de esta investigación se comprobó que las funcionalidades del juego, como el contador de tiempo y progreso, contribuyeron a mejorar la experiencia del usuario. La coherencia del contenido con los objetivos de aprendizaje fue destacada por el 85 % de los usuarios en las encuestas de satisfacción, lo que evidencia que herramientas bien diseñadas pueden alinear la pedagogía tradicional con enfoques más innovadores y atractivos.

La implementación del juego en más de 500 estudiantes de diversas carreras permitió evaluar su efectividad en un contexto académico real. En la Facultad de ingenierías, que involucró el programa de Ingeniería Informática y de Petróleo y Gas, la reprobación de la asignatura bajó de un 47.8 % a un 18.5 % en comparación a cuando no se aplicaba la estrategia y para la facultad de ciencias económicas de manera similar pasó de 38 % a 21 %, teniendo en cuenta que solo se aplicó en el programa de Contaduría. Los resultados muestran que el uso del juego incrementó la participación activa de los estudiantes en las sesiones de cálculo diferencial, con un 89 % calificándolo como «muy útil». Esto refuerza la idea de que herramientas lúdicas puedan servir como un complemento pedagógico para mejorar el compromiso y el aprendizaje.

Asimismo, la implementación reveló que los estudiantes de carreras no relacionadas directamente con las matemáticas también encontraron el juego valioso para comprender conceptos fundamentales. Esto destaca la capacidad del *Calculus in the Sudoku* de adaptarse a diferentes perfiles de aprendizaje, fortaleciendo su potencial como herramienta transversal en la enseñanza de matemáticas en educación superior.

El juego tuvo un impacto significativo en la motivación de los estudiantes. Es decir, un 70 % de los participantes indicó sentirse más motivado para participar en las actividades académicas de cálculo diferencial, lo que sugiere que el juego contribuye a transformar la percepción de las matemáticas como una área difícil o poco interesante. Este hallazgo es especialmente relevante, ya que la motivación es un factor crucial para el éxito académico.

Por otro lado, los resultados académicos de los estudiantes mejoraron significativamente tras la implementación del juego. El análisis cuantitativo mostró un incremento promedio del 15 % en las calificaciones de las evaluaciones de cálculo diferencial, confirmando la efectividad de la herramienta para reforzar el aprendizaje. Estos resultados destacan la importancia de integrar tecnologías y métodos innovadores en el aula para potenciar el rendimiento académico.

Además, con esta investigación se busca contribuir al desarrollo de metodologías pedagógicas más efectivas que integren el juego como un recurso valioso para la enseñanza de las matemáticas, superando las barreras tradicionales que dificultan el aprendizaje de esta disciplina en el aula. Y teniendo en cuenta que el desarrollo de habilidades matemáticas es fundamental desde edades tempranas, ya que constituye los cimientos para el desarrollo de nuevos conocimientos y destrezas; por tal razón, se debe usar una didáctica adecuada para fomentar y fortaleces el aprendizaje de la matemática (Baculima-Suárez y Erazo-Álvarez, 2022). Se enfatiza en el enfoque de las trayectorias a lo largo de la vida que implica que estas sean completas, continuas y de calidad, sobre todo en un país que cuenta con tanta diversidad cultural, étnica y de costumbres en los diferentes territorios. Este estudio confirma un impacto positivo en la concepción de trayectorias educativas del Ministerio de educación Nacional (2022).

Socialmente, la implementación de este tipo de estrategias didácticas puede tener una trascendencia en la comunidad educativa, ya que permite a los estudiantes desarrollar habilidades clave que no solo mejoran su rendimiento académico, sino que también los preparan para enfrentar problemas de la vida real con una mayor capacidad analítica (Plutin-Pacheco y García-López, 2016). A nivel internacional, en Tacna/Perú, se ha demostrado que, a pesar de los altos logros en matemáticas en evaluaciones censales, sigue existiendo un porcentaje de estudiantes que no alcanza un nivel de razonamiento matemático satisfactorio, lo que refuerza la necesidad de buscar nuevas metodologías que refuercen estas competencias (Paucar, 2021).

En términos económicos, la implementación de una estrategia de aprendizaje basada en juegos como el sudoku no implica grandes costos para las instituciones educativas, pero puede tener un impacto significativo en la reducción de tasas de reprobación y deserción escolar, lo que a largo plazo se traduce en un mejor aprovechamiento de los recursos educativos y una mayor eficiencia en los procesos de enseñanza (Plutin-Pacheco y García-López, 2016). Además, la metodología desarrollada podría adaptarse para otros cursos y contextos, amplificando su utilidad y los beneficios derivados.

Este estudio refuerza la importancia de implementar juegos didácticos en la enseñanza de conceptos complejos como el cálculo diferencial. Los resultados obtenidos demuestran que herramientas como el *Calculus in the Sudoku* no solo facilitan el desarrollo de actividades en el aprendizaje, sino que también contribuyen a generar un ambiente académico más inclusivo y participativo. Esto es especialmente valioso en el contexto actual, donde los estudiantes demandan metodologías más dinámicas y prácticas.

En consecuencia, la combinación de estrategias lúdicas, tecnologías accesibles y contenidos curriculares estructurados ofrece un enfoque prometedor para abordar desafíos pedagógicos en diversas disciplinas académicas.

## CONCLUSIÓN

Este estudio analizó el impacto del uso de un juego didáctico basado en el sudoku para la enseñanza del cálculo diferencial en educación superior. El diseño e implementación de la versión adaptada del juego *Calculus in the Sudoku* permitió integrar de manera efectiva los conceptos clave del cálculo diferencial en

una herramienta lúdica. La validación realizada por expertos y la prueba piloto con 21 participantes demostraron que un diseño cuidadosamente estructurado puede facilitar la comprensión de temas complejos. La incorporación de ejercicios matemáticos dentro de un entorno lúdico mejora la interacción de los estudiantes con los contenidos curriculares, adaptándose a diversos niveles de dificultad según sus necesidades académicas.

El uso del juego *Calculus in the Sudoku* proporcionó evidencias de la mejora continua de los estudiantes al momento de enfrentarse a ejercicios de cálculo diferencial, observándose en algunos casos una mejora de hasta tres veces en el tiempo de respuesta luego de un cuarto intento. Esto justifica su eficiencia no solo como un instrumento de evaluación sumativa, para determinar la capacidad del estudiante al resolver ejercicios que involucren temas fundamentales de cálculo, sino también como una herramienta de evaluación formativa que permite monitorear el progreso del aprendizaje a lo largo del tiempo, identificar dificultades recurrentes y ajustar la enseñanza según las necesidades individuales. Además, su carácter lúdico favorece un ambiente menos estresante para la evaluación, fomentando una participación más activa y auténtica del estudiante en su propio proceso de aprendizaje.

Considerar el uso de instrumentos de evaluación sumativa como *Calculus in the Sudoku* es esencial en la práctica pedagógica, ya que permite obtener información para derivar conclusiones importantes sobre el grado de éxito y eficacia de la experiencia educativa de los estudiantes (Domínguez-Rodríguez, 2022).

Los resultados mostraron un aumento significativo en la motivación y el compromiso de los estudiantes, lo que se tradujo en una mejora notable en el rendimiento académico. El uso del juego no solo facilitó la comprensión de los procesos de algunos tópicos del cálculo, sino que también promovió un ambiente de aprendizaje interactivo. Estos hallazgos sugieren que la implementación de estrategias de ludificación en asignaturas consideradas desafiantes, como el cálculo diferencial, pueda tener un efecto positivo en el aprendizaje y la apropiación de sus contenidos.

Además, poder contar con datos como la cantidad de sudokus iniciados por los estudiantes, su progreso durante el juego, el tiempo de juego, número de movimientos y cantidad de intentos, permite al docente elaborar rúbricas basando su criterio tanto en la disposición del estudiante para enfrentarse a problemas de cálculo como la habilidad de este para resolver los ejercicios de cálculo diferencial en un determinado tiempo, número de movimientos o cantidad de juegos iniciados.

Por otra parte, esta investigación no solo contribuye a llenar un vacío en la literatura sobre el uso de juegos lúdicos en la enseñanza del cálculo, sino que también ofrece una herramienta que puede ser utilizada por otros docentes y expertos en educación para mejorar sus prácticas pedagógicas (Montoya, 2006). Este enfoque lúdico, respaldado por estudios previos, busca establecer una conexión más efectiva entre los estudiantes y los conceptos matemáticos complejos a través de un proceso de aprendizaje activo y dinámico (Plutin-Pacheco y García-López, 2016).

Ahora, desde una perspectiva teórica, si bien el uso del juego diseñado proporciona múltiples variables para medir el nivel de desempeño del estudiante al momento de resolver problemas de cálculo diferencial, también es necesario destacar que sus características proponen una estructura cerrada, lo cual restringe la evaluación de habilidades más abiertas, como la argumentación matemática, la identificación de conceptos relacionados con el contenido o la capacidad de generalización. Asimismo, es preciso aclarar que el juego no busca establecer comparaciones ni explorar cómo razonan los estudiantes mientras resuelven distintos problemas de cálculo, por lo que no es posible evaluar procesos metacognitivos ni determinar las

estrategias de resolución de problemas que estos emplean.

Carrillo Cobeña *et al.* (2024) recomiendan puntualmente que incorporar estrategias didácticas en el proceso de aprendizaje lo hace enriquecedor, alejándolo del aprendizaje memorístico e implementar estas herramientas como el juego lúdico en edades tempranas fortalece el desarrollo de habilidades de razonamiento y resolución de problemas, facilitando la resolución de ejercicios complejos en etapas posteriores. En ese sentido, si bien el juego fue valorado de manera positiva por los estudiantes y los docentes encuestados, a nivel superior aún es posible realizar mejoras que potencien su capacidad para motivar y evaluar a los estudiantes en edades tempranas, quizá realizando una adaptación a la escuela secundaria y/o primaria. Entre otros cambios, se podría diseñar una versión multijugador de *Calculus in the Sudoku*, donde los estudiantes puedan resolver ejercicios en equipo o competir para solucionar problemas matemáticos en menor tiempo, promoviendo así el aprendizaje cooperativo o gamificado mediante rankings o logros. Por último, se podría extender la lógica del juego a otros temas de cálculo como integrales, varias variables, ecuaciones diferenciales, e incluso probabilidad. Esto permitiría analizar su efectividad en otros dominios complejos de la educación superior.

Finalmente, este enfoque evaluativo innovador contribuye a mejorar tanto la motivación como los resultados académicos de los estudiantes, validando el uso de herramientas lúdicas en el aula universitaria y su impacto en la transición académica de la escuela secundaria a la educación superior.

## DECLARACIÓN SOBRE CONFLICTO DE INTERÉS

Durante la preparación y ejecución del trabajo o la redacción del artículo no se ha incidido en intereses personales o ajenos a nuestra voluntad, incluyendo malas conductas y valores distintos a los que usual y éticamente tiene la investigación. El manuscrito no recibió ningún apoyo financiero ni en equipos ni en personal de trabajo o en especie de alguna persona, empresa o institución educativa pública o privada para la realización del estudio, se recibieron autorizaciones tanto de algunas imágenes de personas adultas como de la institución educativa superior ESEIT para su nombramiento y aparición en este manuscrito.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a Dios por permitirnos, llenos de vida, el realizar este estudio y redacción del mismo. Luego, agradecemos a la Escuela Superior de Empresa, Ingeniería y Tecnología (ESEIT) por apoyarnos en la implementación del proyecto dentro de sus cátedras establecidas y sobre todo autorizar el uso de su nombre en la presentación de los resultados.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Esta investigación fue realizada por dos autores y siguiendo la taxonomía CRediT. Se muestran las aportaciones individuales, promoviendo la colaboración y fortaleciendo la transparencia en la autoría del artículo:

- Autor 1. Xavier Terán-Batista: conceptualización, curación de contenidos y datos, análisis formal de los datos, adquisición de los fondos, investigación, metodología, administración del proyecto, software (creación de página web de alojamiento del juego), supervisión, validación, visualización, redacción del borrador original y la redacción, y revisión y edición.

- Autor 2. Adrian De Oleo-Comas: curación de contenidos y datos, análisis formal de los datos, investigación, metodología, recursos materiales, software (creación del software *Calculus in the Sudoku*), visualización, redacción del borrador original y la redacción, y revisión y edición.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


1. Armijos, N. L. (2023). La Aplicación del Sudoku en el Pensamiento Lógico Matemático de los Estudiantes de Educación General Básica Superior de la Unidad Educativa "Honduras" en la Ciudad de Ambato [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/37304

2. Astudillo-Villalba, F. R., Terán-Batista, X. A., & De Oleo-Comas, A. (2022). Estudio descriptivo del rendimiento académico en matemáticas a estudiantes de educación en el nivel superior. Entretextos, 16, 80–105. https://doi.org/10.5281/zenodo.6581153

3. Baculima-Suárez, J. A., & Erazo-Álvarez, C. A. (2022). App gamificada para el aprendizaje activo de ecuaciones lineales. CIENCIAMATRIA, 8(3), 685–712. https://doi.org/10.35381/cm.v8i3.799

4. Carrillo Cobeña, O. J., Reyes Jiménez, A. D. C., Quituisaca Castro, J. F., Jiménez Chico, L. I., Alban Rodríguez, M. R., Mayorga Villegas, V. H., & Ibarra Freire, M. C. (2024). Integración de sudoku como herramienta tecnológica en el proceso de enseñanza-aprendizaje de matemáticas para estudiantes de bachillerato. LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, 5(5), 3860–3876. https://doi.org/10.56712/latam.v5i5.2898

5. Chae, R. H., & Regan, A. C. (2021). An analysis of Harmony Search for solving Sudoku puzzles. Soft Computing Letters, 3, 100017. https://doi.org/10.1016/j.socl.2021.100017

6. Domínguez-Rodríguez, Y. (2022). Instrumentos y tipos de evaluación. Con-Ciencia Serrana Boletín Científico De La Escuela Preparatoria Ixtlahuaco, 4(7), 37-39. https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ixtlahuaco/article/view/8460

7. Franco, J. F., Gómez, O., y Gallego, R. A. (2007). Aplicación de Técnicas de Optimización Combinatorial a la Solución. Scientia Et Technica, XIII (37), 151–156. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84903726

8. Fuertes Arroyo, Y. N., y UC Ríos, C. E. (2023). Aporte de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para minimizar la deserción de carreras universitarias en tecnología. Revista Virtual Universidad Católica Del Norte, 68, 4–36. https://doi.org/10.35575/rvucn.n68a2

9. Kitsuwan, N., Pavarangkoon, P., Widiyanto, H. M., & Oki, E. (2020). Dynamic load balancing with learning model for Sudoku solving system. Digital Communications and Networks, 6(1), 108–114. https://doi.org/10.1016/j.dcan.2019.03.002

10. LaBonte, A. (2016). The Mathematics Behind Sudoku and How to Create Magic Squares. University of Maine Honors College. https://digitalcommons.library.umaine.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1393&context=honors

11. Lina, T. N., & Rumetna, M. S. (2021). Comparison Analysis of Breadth First Search and Depth Limited Search Algorithms in Sudoku Game. Bulletin of Computer Science and Electrical Engineering, 2(2), 74-83. https://doi.org/10.25008/bcsee.v2i2.1146

12. Luque, M. E. (2020). Sudoku como Herramienta para Elevar el Nivel de Concentración de los Estudiantes del Primer Grado de Educación Secundaria de la Institución Educativa "Simón Bolívar", de Moquegua - 2019 [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/11310

13. Maji, A. K., Jana, S., & Pal, R. K. (2013). An Algorithm for Generating only Desired Permutations for Solving Sudoku Puzzle. Procedia Technology, 10, 392-399. https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.375

14. Ministerio de Educación Nacional. (2022). Trayectorias educativas completas, continuas y de calidad. Conceptualización y avances estratégicos: nota técnica. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional. https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2022-08/Nota_Tecnica_Trayectorias_Educativas.pdf

15. Montoya, J. A., (2006). La dificultad de jugar sudoku. Revista Integración, 24(1), 1-15. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=327028430001

16. Pacheco, Y. C. (2019). Matemática Lúdica Sudoku para el Desarrollo de Capacidades en el Área de Matemática en el 2° Grado del Nivel Secundaria, de la Institución Educativa "Ricardo Flores Gutiérrez" de Tomaykichwa – Ambo, 2018 [Tesis de Maestría, Universidad de Huánuco]. http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2321

17. Paucar, L. (2021). Aplicación del juego sudoku de los docentes en el desarrollo del pensamiento lógico matemático de los estudiantes, en educación primaria de la institución educativa Jorge Martorell Flores – Tacna, año 2021 [Tesis de maestría no publicada]. Universidad José Carlos Mariátegui. https://hdl.handle.net/20.500.12819/2149

18. Pleacher, D. H. (2007). Calculus SUDOKU Puzzles. Puzzles. https://www.pleacher.com/mp/puzzles/mobapsud.html

19. Plutin-Pacheco, N., y García-López, A. (2016). Estrategia didáctica basada en la lúdica para el aprendizaje de la química en la secundaria básica cubana. Revista Cubana de Química, 28(2), 610-624. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443546334007

20. Sáez, P. D., y Monsalve, C. E. (2008). Aprendizaje Basado en Resolución de Problemas en Ingeniería Informática. Formación Universitaria, 1(2), 3–8. https://doi.org/10.4067/S0718-50062008000200002

21. Terán-Batista, X. & De Oleo-Comas, A. (2021). Enseñanza de permutaciones a estudiantes de educación superior mediante el uso de un juego clásico. IPSA Scientia, revista científica multidisciplinaria, 6(2), 10-25. https://doi.org/10.25214/27114406.1062

22. Trejos, Ó. I. (2011). Aprovechamiento del modelo 4Q de preferencias de pensamiento en la resolución de Sudokus y su utilidad en el primer curso de Programación de Computadores en un programa de Ingeniería. Revista de investigaciones UCM, 17, 140–153. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6484457

23. Tudor, T. (2024). Development of Sudo Duel: A Competitive Online Multiplayer Sudoku Game. Obtenido de: https://project-archive.inf.ed.ac.uk/ug4/20244414/ug4_proj.pdf

24. Von Der Heyde, J. H., Nilsson, C. A., Stefan, S. I., & Gómez, P. B. (2022). La Enseñanza de la Matemática a través de Experiencias Lúdico - Creativas (Montoya). https://www.isparm.edu.ar/descargas/ediciones-montoya/2022_La_Ensenanza_De_La_Matematica.pdf

25. Wang, C., Sun, B., Du, K.-J., Li, J.-Y., Zhan, Z.-H., Jeon, S.-W., . . . Zhang, J. (2024). A Novel Evolutionary Algorithm with Column and Sub-Block Local Search for Sudoku Puzzles. IEEE TRANSACTIONS ON GAMES, 162-171. https://doi.org/10.1109/TG.2023.3236490

26. Zabala-Vargas, S. A., Ardila-Segovia, D. A., García-Mora, L. H., & Benito-Crosetti, B. L. de. (2020). Aprendizaje Basado en Juegos (GBL) aplicado a la enseñanza de la matemática en educación superior. Una revisión sistemática de literatura. Formación Universitaria, 13(1), 13–26. https://doi.org/10.4067/S0718-50062020000100013