

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

PROYECTO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**“MAGÍSTER EN EDUCACIÓN CON MENCIÓN EN ENSEÑANZA DE
LA MATEMÁTICA”**

TEMA:

Mejora del aprendizaje del cálculo infinitesimal a través de metodologías que fortalezcan el cociente emocional y aumenten el pensamiento crítico en estudiantes de tercero de bachillerato.

AUTOR:

JORGE ANDRES LOOR SALAZAR

Guayaquil - Ecuador

2025

Resumen

Esta investigación representa un esfuerzo por integrar diferentes corrientes pedagógicas contemporáneas en una propuesta coherente para abordar uno de los desafíos más significativos en la educación matemática: la enseñanza del cálculo infinitesimal. Los resultados obtenidos demuestran que es posible crear experiencias de aprendizaje que, sin abandonar el rigor conceptual requerido en matemáticas, incorporen elementos que hagan el aprendizaje más significativo y motivador para los estudiantes. La efectividad específica en el dominio del cálculo, sin cambios detectables en medidas generales de inteligencia emocional, sugiere que los beneficios de integrar dimensiones emocionales en la educación matemática pueden manifestarse de maneras más sutiles y específicas de lo inicialmente hipotetizado. Esta especificidad del efecto abre nuevas preguntas sobre los mecanismos a través de los cuales las intervenciones pedagógicas generan sus impactos. Los hallazgos de este estudio tienen implicaciones que trascienden el ámbito específico del cálculo infinitesimal, sugiriendo principios generales para el diseño de experiencias educativas que reconozcan la complejidad multidimensional del aprendizaje humano. La convergencia de pedagogía, tecnología y comprensión de los procesos emocionales en el aprendizaje representa una dirección prometedora para la innovación educativa. Finalmente, es importante reconocer que la mejora de la educación matemática requiere esfuerzos sostenidos que involucren no solo innovaciones metodológicas, sino también cambios en la formación docente, las políticas institucionales y la cultura educativa general. Este estudio representa una contribución modesta pero esperanzadoramente significativa a ese esfuerzo colectivo por crear experiencias educativas que permitan a todos los estudiantes desarrollar su potencial matemático y humano.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Problemas, gamificación educativa, cálculo infinitesimal, inteligencia emocional, educación matemática, metodologías activas, tecnologías educativas, bachillerato.

Abstract

This research represents an effort to integrate various contemporary pedagogical approaches into a coherent framework to address one of the most significant challenges in mathematics education: the teaching of infinitesimal calculus. The results obtained demonstrate that it is possible to create learning experiences that, without sacrificing the conceptual rigor required in mathematics, incorporate elements that make learning more meaningful and motivating for students. The specific effectiveness in the domain of calculus, with no detectable changes in general measures of emotional intelligence, suggests that the benefits of integrating emotional dimensions into mathematics education may manifest in more subtle and specific ways than initially hypothesized. This specificity of the effect opens new questions about the mechanisms through which pedagogical interventions generate their impacts. The findings of this study have implications that extend beyond the specific domain of infinitesimal calculus, suggesting general principles for designing educational experiences that recognize the multidimensional complexity of human learning. The convergence of pedagogy, technology, and an understanding of emotional processes in learning represents a promising direction for educational innovation. Finally, it is important to recognize that improving mathematics education requires sustained efforts involving not only methodological innovations but also changes in teacher training, institutional policies, and the overall educational culture. This study represents a modest but hopefully significant contribution to that collective effort to create educational experiences that enable all students to develop their mathematical and human potential.

Keywords: Problem-Based Learning, educational gamification, infinitesimal calculus, emotional intelligence, mathematics education, active methodologies, educational technologies.

DEDICATORIA

Dedicado a todos los colaboradores de esta noble rama de la enseñanza de las matemáticas.

A mi comunidad educativa en Ecuador y a todos los entusiastas en el mundo que mantienen su fe en Dios, por la capacidad que Él nos da para profundizar en la comprensión y enseñanzas de las ciencias con un propósito salvífico para las generaciones venideras. La verdad y su propósito se manifestarán, y seremos libres (Jn 8:32).

AGRADECIMIENTO

Siempre a mi Señor todopoderoso, cuyo amor y ley atesorada me permitieron culminar satisfactoriamente esta investigación.

A toda mi familia, pilar de apoyo incuantificable con sus oraciones y contribuciones en todo sentido me fortalecieron en los momentos en que más lo necesité.

A mi esposa Kimberly, y a mis hijos Emilio, Jorge y Mauro, quienes me acompañaron con entusiasmo y comprensión, posponiendo muchas noches familiares en favor de esta causa.

A mis compañeros de clase, con su valiosa contribución en los diversos ámbitos del conocimiento, en metodologías de trabajo y en grandes ideales que tanto llegue a admirar, me inspira a seguir con la noble causa de transformar la educación según la dirección a la que Dios nos convoque.

A mis profesores, por su generoso apoyo, su compañía y comprensión, y por repetir cuantas veces fuera necesario con paciencia sus conocimientos y experiencias, que me han servido no solo en este trabajo, sino también en la vida cotidiana.

A mi tutora, por su valiosa ayuda, a quien agradezco profundamente el tiempo dedicado para la orientación en esta investigación, pese a estar en cinta con las implicaciones del caso.

Al tribunal evaluador y a todo el personal administrativo del programa de maestrías FCNM, así como a mi alma máter ESPOL, siempre a la vanguardia en la formación de profesionales “with science” para nuestra sociedad, que tanto demanda esperanza de que el Ecuador puede y está a la altura de los desafíos mundiales actuales.

Declaración Expresa

Yo Jorge Andres Loor Salazar acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autores/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 15 de diciembre del 2025.

Jorge Andres Loor
Salazar

COMITÉ DE EVALUACIÓN

Herring Callie Marie, Mgtr.
Tutor del Proyecto

Sonia Reyes Ramos, MEd.
Evaluador

Mauricio Angel Angel, PhD.
Presidente

ABREVIATURAS

ABP	Aprendizaje Basado en Problemas
ANOVA	Analysis of Variance (Análisis de Varianza)
BGU	Bachillerato General Unificado
CE	Cociente Emocional
CI	Cálculo Infinitesimal
ClassDojo	Plataforma de gamificación educativa
CTIM	Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas
DE	Desviación Estándar
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
GeoGebra	Software de matemática dinámica
Genially	Plataforma de contenido interactivo
IC	Intervalo de Confianza
IE	Inteligencia Emocional
M	Media aritmética
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PC	Pensamiento Crítico
PISA-D	Programme for International Student Assessment for Development
STEM	Science, Technology, Engineering and Mathematics
TIC	Tecnologías de la Información y Comunicación
TMMS-24	Trait Meta-Mood Scale (versión de 24 ítems)
ZDP	Zona de Desarrollo Próximo

INDICE GENERAL

Resumen	ii
Abstract	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
Declaración Expresa	vi
COMITÉ DE EVALUACIÓN.....	vii
ABREVIATURAS.....	viii
INDICE GENERAL	ix
INDICE DE FIGURAS	xiii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCION	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Definición del problema	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	4
1.4. Justificación	5
1.5. Alcance del estudio	6
CAPÍTULO II.....	7
REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1. Relevancia del cálculo infinitesimal de las matemáticas:	7
2.2. Metodología de desarrollo de pensamiento y emociones:	9
2.2.1. <i>Diseño de investigación</i>	12
2.2.2. <i>Población y muestra</i>	12

2.2.3. Instrumentos.....	13
2.2.4. Descripción de la intervención didáctica	13
2.2.5. Procedimiento	14
2.2.6. Análisis de datos.....	15
2.3. Aprendizaje basado en problemas:	15
CAPÍTULO III	16
Resultados.....	16
3.1. Resultados y análisis.....	16
3.2. Distribución de mejoras en atención emocional.....	17
3.3. Comparación pre-test vs post-test en conocimientos de cálculo	18
3.4. Evolución de las dimensiones TMMS-24 por tipo de grupo ...	20
3.5. Planteamiento del análisis inferencial	21
3.5.1. Instrumentos estadísticos	21
3.5.2. Procedimiento de la prueba de hipótesis	21
3.5.3. Tamaño del efecto	22
3.5.4. Comparaciones múltiples post-hoc.....	22
3.5.5. Verificación de supuestos	22
3.6. Síntesis de los resultados	22
3.6.1. Planteamiento de hipótesis	23
3.6.2. Ejecución del análisis ANOVA.....	23
3.6.3. Análisis de tamaño del efecto	24
3.6.4. Comparaciones post-hoc (Prueba de Tukey)	24
3.6.5. Verificación de supuestos del ANOVA	25
3.6.6. Síntesis del análisis inferencial	25
CAPÍTULO IV	27
4.PRESENTACIÓN DE ANÁLISIS Y RESULTADOS	27
4.1. Análisis de correlaciones entre mejoras.....	27
4.2. Análisis por género	27
4.3. Síntesis de resultados principales.....	27

4.4. Interpretación de resultados.....	28
CAPÍTULO V	31
5.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
5.1. Conclusiones	31
5.2. Recomendaciones	32
5.2.1. <i>Recomendaciones para la práctica docente.....</i>	<i>32</i>
5.2.2. <i>Recomendaciones para investigaciones futuras</i>	<i>33</i>
5.3. Limitaciones del estudio.....	34
5.4. Proyecciones para trabajos futuros	35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
GLOSARIO DE TERMINOS	40
ANEXOS	44
Anexo 1.....	44
Anexo 2.....	52
Anexo 3.....	53
Anexo 4.....	54
Anexo 5.....	55
Anexo 6.....	56
Anexo 7.....	57
Anexo 8.....	58
Anexo 9.....	59
Anexo 10.	60
Anexo 11.	61
Anexo 12.	62
Anexo 13.	63

INDICE DE FIGURAS

- Figura 2.1: Diagrama conceptual del diseño cuasi-experimental
- Figura 2.2: Secuencia didáctica integradora (ABP + gamificación emocional)
- Figura 3.1: Distribución de mejoras en conocimientos de cálculo por curso
- Figura 3.2: Distribución de mejoras en atención emocional por curso
- Figura 3.3: Comparación pre-test vs post-test en conocimientos de cálculo
- Figura 3.4: Evolución de las dimensiones TMMS-24 por tipo de grupo
- Figura 4.1: Evolución Pre-test vs Post-test en dimensiones TMMS-24 por grupo
- Figura 4.2: Distribución de mejoras en conocimientos de cálculo por grupo

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Resultados del análisis ANOVA - Mejoras en conocimientos de cálculo

Tabla 3.2: Resultados del análisis ANOVA - Mejoras en atención emocional

Tabla 3.3: Tamaño del efecto (η^2)

Tabla 3.4: Verificación de supuestos

Tabla 4.1: Matriz de correlaciones entre mejoras

Tabla 4.2: Mejoras promedio por grupo y género

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

1.1. Antecedentes

El estado emocional de los estudiantes influye de manera significativa en su rendimiento académico y en su bienestar general. Según Díaz (2021), es fundamental entender las restricciones de la inclusión para fomentar una buena mentalidad matemática y avanzar hacia una pedagogía más equitativa e inclusiva en el ámbito educativo. Este camino supone que, al reconocer y abordar las emociones de los estudiantes, se puede mejorar tanto su desempeño académico, como también su experiencia educativa en su totalidad, creando así un ambiente más favorable para el aprendizaje y el desarrollo personal integral de un ser como un todo.

El proceso de aprendizaje en matemáticas trasciende a la simple memorización de fórmulas; se enfoca en cultivar habilidades de pensamiento matemático y la capacidad para resolver problemas (Barberán-Mendoza & Alcívar-Castro, 2022). La incorporación de una alta conciencia emocional no solo potencia la habilidad para estudiar cálculo, sino que también disminuye la ansiedad, aumenta la participación, fomenta la colaboración, desarrolla una mentalidad de crecimiento y establece conexiones entre el aprendizaje y sus aplicaciones prácticas (Boaler, 2015).

Este enfoque integral sugiere que, al atender las emociones de los estudiantes, se puede mejorar su rendimiento académico, y también su bienestar general. La creación de un ambiente de aprendizaje que valore las emociones puede ser clave para motivar a los estudiantes a enfrentar desafíos matemáticos con confianza y resiliencia. Así, se promueve un aprendizaje más significativo con memoria para largo plazo y conectado con la vida cotidiana, lo que resulta en una experiencia educativa más enriquecedora y efectiva.

Estudios recientes, como el de Rafika et al. (2023), han evidenciado que una elevada conciencia emocional mejora notablemente la habilidad para resolver problemas matemáticos, lo que facilita una planificación más efectiva, también una

comprensión más profunda de las tareas. De igual forma, fomentar una mentalidad de crecimiento que enseña a los estudiantes a percibir los desafíos como oportunidades para aprender puede influir significativamente en su desarrollo emocional. Esto les permite abordar las matemáticas con una actitud positiva y persistente.

El desarrollo de esta mentalidad se traduce en un mejor rendimiento académico al igual que contribuye a la formación de individuos resilientes y motivados. Al cultivar la creencia de que las habilidades pueden ser mejoradas a través del esfuerzo y la dedicación, los estudiantes se sienten más capacitados para enfrentar obstáculos. Esta transformación en la percepción de los desafíos puede ser crucial para su éxito en el aprendizaje matemático y en otros ámbitos de la vida. Por lo tanto, integrar estrategias que promuevan la conciencia emocional como una mentalidad de crecimiento es esencial para optimizar el proceso educativo y emocional de los estudiantes.

En Ecuador, los resultados del PISA-D 2018 revelan que el 70.9% de los estudiantes no alcanzaron el nivel básico en matemáticas. Además, un 20% de ellos enfrenta dificultades para identificar emociones como la tristeza y el estrés, y un 10% ha considerado o intentado suicidarse (PISA-D, 2018). La participación en actividades extracurriculares, especialmente en deportes, se ha asociado con mejoras tanto en el rendimiento académico como en la salud mental de los estudiantes (Boudreau, 2016).

La investigación de Kintoko et al. (2023) subraya la importancia de gestionar la inteligencia emocional en el aprendizaje matemático, lo que puede facilitar la comprensión de conceptos complejos como el cálculo infinitesimal. Esto sugiere que un enfoque integral que incluya el desarrollo emocional y la participación en actividades deportivas puede ser crucial para abordar las deficiencias académicas y emocionales que enfrentan los jóvenes.

Un análisis adicional de los datos de PISA revela que los estudiantes que participan regularmente en actividades extracurriculares tienen un rendimiento promedio en matemáticas un 20% superior en comparación con aquellos que no lo hacen (PISA-D, 2018). Este hallazgo resalta la importancia de adoptar un enfoque

educativo integral que trascienda las aulas y fomente el desarrollo de habilidades tanto académicas como socioemocionales.

Las actividades extracurriculares no solo enriquecen el aprendizaje académico, sino que también contribuyen al desarrollo de competencias sociales y emocionales. Por ejemplo, la participación en deportes o en talleres artísticos puede mejorar la autoestima y fomentar la colaboración entre los estudiantes, creando un ambiente propicio para el aprendizaje (Boudreau, 2016). Además, estas actividades ayudan a los estudiantes a gestionar mejor sus emociones, lo que puede ser crucial para abordar conceptos matemáticos complejos, como el cálculo infinitesimal (Kintoko et al., 2023).

Por lo tanto, es fundamental que las instituciones educativas en el área de matemáticas reconozcan el valor de las actividades extracurriculares y las integren en su currículum para maximizar el potencial de aprendizaje de los estudiantes. Al hacerlo, se puede promover un mejor rendimiento académico en matemáticas, esto también representaría un desarrollo integral que prepare a los jóvenes para enfrentar desafíos futuros donde se realizan varios desafíos a la vez todos con el propósito de crear un ser integral útil para la sociedad.

1.2. Definición del problema

El problema central en el aprendizaje del cálculo infinitesimal radica en la falta de integración de estrategias emocionales y pedagógicas que puedan abordar las dificultades específicas que enfrentan los estudiantes. Muchos alumnos experimentan ansiedad y desmotivación debido a la percepción de que el cálculo es un tema abstracto y desconectado de sus intereses personales. Esta desconexión se ve agravada por la enseñanza tradicional, que a menudo no aborda adecuadamente las ideas erróneas sobre conceptos fundamentales como los límites y el infinito. Además, es crucial considerar cómo factores como la salud mental y la participación en actividades extracurriculares influyen en la capacidad de los estudiantes para comprender estos conceptos complejos. Al implementar un enfoque que combine el desarrollo del pensamiento crítico con el apoyo emocional, se puede mejorar significativamente no solo el rendimiento académico, sino también el interés y la motivación hacia el cálculo.

Para efectos de este estudio, se considera que las mejoras en el rendimiento académico en cálculo infinitesimal reflejan el desarrollo del pensamiento crítico matemático, entendido como la capacidad de analizar, evaluar y aplicar conceptos matemáticos para resolver problemas complejos.

La ausencia de estrategias emocionales en la enseñanza del cálculo también puede ser responsable de la alta tasa de deserción escolar en las materias STEM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas). Investigaciones muestran que el estrés académico y la ansiedad por el bajo rendimiento en matemáticas son factores clave que contribuyen a la deserción escolar (Catalá-López et al., 2023). La percepción de que las matemáticas son un campo reservado solo para aquellos con aptitudes innatas refuerza la exclusión y desanima a muchos estudiantes a perseverar.

Además, este problema tiene implicaciones directas en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, específicamente el ODS 4, que busca garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad, y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos. La falta de integración de estrategias emocionales en la enseñanza matemática limita el potencial educativo y el desarrollo integral de los estudiantes, obstaculizando el progreso hacia una educación de calidad (ONU, 2021).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Implementar una metodología didáctica apoyada en el Aprendizaje Basado en Problemas y Gamificación, que integre estrategias de desarrollo del cociente emocional y el pensamiento crítico, para la mejora del aprendizaje del cálculo infinitesimal en estudiantes de tercero de bachillerato.

1.3.2. Objetivos específicos

Identificar estrategias pedagógicas, emocionales y tecnológicas pertinentes mediante una revisión bibliográfica y análisis del contexto educativo, para el diseño de una metodología integradora orientada al aprendizaje del cálculo infinitesimal.

Adaptar las estrategias seleccionadas a una secuencia didáctica gamificada que combine el uso de recursos digitales como Genially, GeoGebra y ClassDojo, para la comprensión conceptual y la participación activa de los estudiantes en torno al cálculo infinitesimal.

Evaluar el impacto de la metodología implementada mediante el uso de instrumentos cuantitativos y cualitativos aplicados a los grupos de control y experimental, para la identificación de mejoras en el rendimiento académico, la ansiedad matemática y el desarrollo del pensamiento crítico.

1.4. Justificación

Enseñar cálculo infinitesimal, una de las disciplinas más desafiantes, puede ser mucho más efectivo si se consideran los aspectos emocionales de los estudiantes. Un alto cociente emocional puede mejorar la motivación y la retención de conceptos, como lo demuestran estudios recientes (Rafika et al., 2023). Además, integrar la neurociencia cognitiva en la educación matemática puede ayudar a desmitificar conceptos complejos y mejorar la comprensión general de los estudiantes (Campbell, 2005).

La neurociencia cognitiva ha revelado que el cerebro procesa mejor la información cuando el estado emocional es positivo. Esto sugiere que mejorar la conciencia emocional podría facilitar la retención de información e igualmente la habilidad de los estudiantes para aplicar conceptos matemáticos en situaciones nuevas (Kintoko et al., 2023).

La implementación de estrategias emocionales en la enseñanza del cálculo infinitesimal contribuye a mejorar el rendimiento académico, y fomenta un ambiente de aprendizaje positivo y participativo, ayudando a los estudiantes a manejar el estrés académico y a desarrollar habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas.

Además, es importante destacar que la promoción de una educación integral y emocionalmente consciente está alineada con el ODS 4 de la ONU, que busca una educación de calidad para todos. Fomentar un entorno educativo que valore y apoye

la salud mental y el desarrollo emocional de los estudiantes contribuirá significativamente a lograr este objetivo global (ONU, 2021).

Por último, se debe considerar la importancia de las actividades extracurriculares. Los estudiantes que participan en deportes y otras actividades fuera del colegio tienden a tener mejor salud mental y mayores habilidades de liderazgo, lo que se traduce en un desempeño académico superior (Boudreau, 2016). Estos estudiantes desarrollan una visión más equilibrada de la vida, comprendiendo que la educación formal es solo una parte de su desarrollo integral.

1.5. Alcance del estudio

La implementación de una metodología que combine el cociente emocional y el pensamiento crítico mejorará significativamente el rendimiento académico en las destrezas relacionadas al cálculo infinitesimal en estudiantes de tercero de bachillerato, al disminuir la ansiedad por complejidad de conceptos abstractos del infinito.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.Relevancia del cálculo infinitesimal de las matemáticas:

La inclusión de una metodología de entendimiento del cálculo infinitesimal en la educación secundaria se ha vuelto una necesidad imperante en el contexto educativo actual. Este enfoque no solo busca mejorar la comprensión matemática de los estudiantes, sino también prepararlos para enfrentar desafíos académicos futuros. La historia del cálculo infinitesimal se remonta al siglo XVII, cuando Isaac Newton y Gottfried Leibniz desarrollaron conceptos fundamentales que permitieron el análisis del cambio y el movimiento. Este descubrimiento fue impulsado por la necesidad de resolver problemas complejos en física y astronomía, lo que llevó a la formulación de herramientas matemáticas esenciales en diversas disciplinas.

El cálculo infinitesimal se define como el estudio de las tasas de cambio y los límites, utilizando conceptos como derivadas e integrales. Su aplicación es crucial en campos como la física, la ingeniería y la economía, ya que permite modelar fenómenos naturales y resolver problemas que involucran cambios continuos (Barahmand, 2015). A medida que las ciencias avanzaron, se hizo evidente que una comprensión temprana del cálculo era crucial para preparar a los estudiantes para estudios superiores en campos técnicos y científicos. Esta necesidad ha llevado a un reconocimiento generalizado de que los estudiantes deben aprender estos conceptos desde la secundaria, tal como lo indican Wilkie y Ayalon (2018) al explorar el conocimiento de los estudiantes sobre relaciones lineales.

La enseñanza del cálculo infinitesimal comenzó en universidades europeas, pero su inclusión en los planes de estudio de las escuelas secundarias fue un proceso lento. Durante mucho tiempo, el cálculo se consideró un tema avanzado reservado para estudios universitarios. Sin embargo, a medida que la importancia del cálculo se hizo evidente, algunas instituciones educativas comenzaron a integrar este tema en sus currículos. No obstante, la enseñanza cotidiana del cálculo en las escuelas

secundarias a menudo era superficial, enfocándose más en procedimientos mecánicos que en una comprensión profunda de los conceptos (Korchazhkina, 2019).

En años recientes, se han realizado esfuerzos significativos para reformar los planes de estudio e incluir enfoques más comprensivos que integren tanto el pensamiento crítico como las emociones en el aprendizaje. Por ejemplo, Dvir y Tabach (2017) han propuesto métodos innovadores como el aprendizaje basado en proyectos (PBL) y el uso de tecnologías digitales para facilitar una comprensión más profunda del cálculo infinitesimal. Estos enfoques permiten a los estudiantes relacionar conceptos matemáticos con situaciones reales, mejorando así su compromiso y comprensión.

Además, es relevante señalar que el contexto educativo actual presenta desafíos únicos que requieren un enfoque renovado hacia la enseñanza del cálculo. En muchos países, las tasas de deserción escolar son alarmantes, especialmente en carreras relacionadas con ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (CTIM). La implementación de metodologías efectivas puede contribuir significativamente a mejorar el rendimiento académico y reducir la deserción entre los estudiantes.

En la actualidad, países como Japón y Finlandia son reconocidos por su enfoque efectivo en la enseñanza del cálculo y otros conceptos matemáticos complejos. Estos países han implementado sistemas educativos que priorizan la comprensión conceptual sobre la memorización. Utilizan métodos innovadores que involucran a los estudiantes activamente en su aprendizaje, empleando entornos digitales dinámicos para enseñar problemas complejos sin depender exclusivamente del enfoque diferencial tradicional.

Sin embargo, enseñar conceptos avanzados como el cálculo infinitesimal en la escuela secundaria presenta tanto ventajas como desventajas. Las ventajas incluyen una mayor preparación para estudios superiores y un desarrollo más profundo de habilidades críticas desde una edad temprana. Por otro lado, las desventajas pueden incluir la sobrecarga curricular y la posible ansiedad entre estudiantes que no están listos para conceptos tan avanzados.

Para potenciar la enseñanza del cálculo infinitesimal, es esencial fomentar un ambiente colaborativo donde los estudiantes puedan explorar conceptos a través de proyectos prácticos y aplicaciones reales. Además, integrar herramientas tecnológicas puede facilitar un aprendizaje más interactivo y efectivo. Esta transformación educativa no solo enriquecería el conocimiento matemático de los estudiantes, sino que también contribuiría al desarrollo integral de sus habilidades cognitivas.

Finalmente, es importante considerar cómo estas metodologías pueden ser implementadas efectivamente en diferentes contextos educativos. La capacitación continua para docentes es fundamental para asegurar que estén equipados con las herramientas necesarias para enseñar estos conceptos complejos de manera efectiva. Además, es esencial involucrar a los padres y a la comunidad en el proceso educativo para crear un entorno de apoyo que fomente el interés por las matemáticas.

En conclusión, incluir una metodología comprensiva del cálculo infinitesimal en la educación secundaria no solo es beneficioso sino necesario para preparar a los estudiantes para desafíos académicos futuros. La evolución histórica del cálculo muestra su relevancia continua y su potencial para transformar la educación matemática si se enseña adecuadamente desde una edad temprana. Al adoptar enfoques innovadores y centrados en el estudiante, las instituciones educativas pueden mejorar significativamente la comprensión matemática entre sus alumnos.

2.2. Metodología de desarrollo de pensamiento y emociones:

La evolución de las metodologías en la educación matemática, especialmente en el ámbito del cálculo, ha sido notable a lo largo de los años, reflejando un cambio significativo en la forma en que se enseña y se aprende. Históricamente, la educación matemática se centraba en la memorización y el conocimiento procedimental, utilizando métodos tradicionales como conferencias y ejercicios de libros de texto. Este enfoque, como señalan Vergel-Ortega et al. (2020), a menudo resultaba en desinterés y ansiedad entre los estudiantes, particularmente en áreas complejas como el cálculo.

Con la llegada del constructivismo a finales del siglo XX, surgió un nuevo paradigma que prioriza el aprendizaje activo y la construcción del conocimiento a través de experiencias significativas. Goos y Kaya (2019) destacan que este enfoque permite a los estudiantes conectar conceptos matemáticos con situaciones de la vida real, lo que mejora su comprensión y compromiso. Este cambio metodológico ha sido fundamental para abordar las necesidades emocionales de los estudiantes, integrando aspectos que antes se pasaban por alto.

En este contexto, la integración de las emociones en el aprendizaje ha cobrado relevancia. La investigación reciente resalta que las emociones juegan un papel crucial en cómo los estudiantes se involucran con el cálculo. Al incorporar narrativas emocionales en el proceso educativo, los educadores pueden crear un ambiente más atractivo y propicio para el aprendizaje. Este enfoque, conocido como "narración de historias", permite que los conceptos matemáticos se conecten con las experiencias personales de los estudiantes, facilitando una comprensión más profunda (Vergel-Ortega et al., 2020).

Los métodos cualitativos y fenomenológicos utilizados en estudios recientes han proporcionado una visión más rica sobre las respuestas emocionales de los estudiantes durante su aprendizaje del cálculo. Estos estudios revelan que factores como la amistad y el apoyo familiar influyen significativamente en el compromiso emocional y el éxito académico (Vergel-Ortega et al., 2020). Además, muchas prácticas educativas actuales están enfocadas en fomentar un ambiente colaborativo que reduzca la ansiedad y mejore la motivación de los estudiantes, especialmente en programas donde el cálculo es esencial.

En las últimas dos décadas, se han observado avances importantes en la educación relacionados con el desarrollo del pensamiento crítico y emocional. La investigación ha comenzado a enfocarse más en cómo estos dos aspectos interactúan durante el aprendizaje matemático (Goos & Kaya, 2019). Por ejemplo, la implementación de estrategias que promueven tanto el razonamiento crítico como la inteligencia emocional ha demostrado ser efectiva para mejorar el rendimiento académico.

El desarrollo emocional implica reconocer y gestionar las propias emociones, mientras que el desarrollo del pensamiento se refiere a habilidades analíticas y creativas. Un ejemplo donde ambos aspectos convergen es en proyectos colaborativos donde los estudiantes deben resolver problemas matemáticos mientras gestionan sus emociones de frustración o logro. Esto no solo promueve habilidades matemáticas, sino también competencias sociales y emocionales.

Sin embargo, implementar estas metodologías innovadoras puede presentar desafíos. La resistencia al cambio por parte de educadores acostumbrados a métodos tradicionales puede ser una barrera significativa. Además, es crucial proporcionar formación adecuada para garantizar que los docentes puedan aplicar efectivamente estos enfoques.

Las ventajas de considerar estas metodologías incluyen un aumento en la motivación estudiantil y una comprensión más profunda del contenido. Al integrar el desarrollo emocional con el pensamiento crítico, los educadores pueden crear un entorno donde los estudiantes se sientan seguros para explorar ideas complejas sin miedo al fracaso.

No obstante, hay aspectos que podrían salirse de control al hablar de criterios y emociones. Si no se gestionan adecuadamente las dinámicas grupales, pueden surgir conflictos interpersonales que afecten negativamente el aprendizaje. Es vital establecer normas claras y ofrecer apoyo emocional durante estos procesos.

En definitiva, integrar metodologías que combinen el desarrollo emocional y del pensamiento ofrece múltiples beneficios para la educación matemática. Sin embargo, es esencial considerar las dificultades potenciales en su implementación. La clave radica en equilibrar estos aspectos para crear entornos educativos enriquecedores y efectivos para los estudiantes universitarios que estudian cálculo. La evolución hacia enfoques más inclusivos refleja una comprensión creciente de cómo las emociones y el aprendizaje interactúan para mejorar la experiencia educativa general.

2.2.1. Diseño de investigación

La investigación adopta un diseño cuasi-experimental con grupos de control y experimental, utilizando pruebas pre y post intervención para evaluar el impacto de una metodología didáctica integrada por Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y actividades de estímulo emocional. El objetivo es medir mejoras en el aprendizaje del cálculo infinitesimal, así como en el desarrollo del cociente emocional y el pensamiento crítico en estudiantes de tercero de bachillerato.

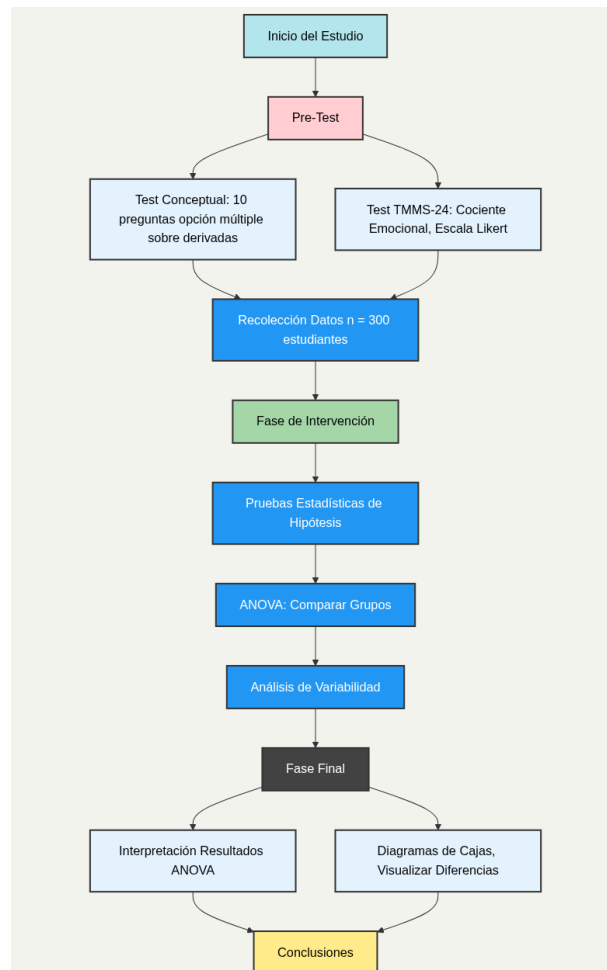


Figura 2.1: Diagrama conceptual del diseño cuasi-experimental.

2.2.2. Población y muestra

La muestra estuvo conformada por estudiantes de tercero de bachillerato de una institución educativa local, distribuidos en dos grupos: uno experimental que aplica la metodología propuesta y otro control que recibe enseñanza tradicional. Se recolectaron datos sociodemográficos y académicos de los participantes para un análisis comparativo.

2.2.3. Instrumentos

Para la evaluación del aprendizaje matemático se diseñó un test de 10 preguntas sobre conocimientos conceptuales de límites y derivadas. Este instrumento fue aplicado en modalidad pre y post test para medir la adquisición de conceptos básicos del cálculo infinitesimal.

Además, se utilizó el test TMMS-24, un instrumento psicométrico que evalúa el cociente emocional mediante tres dimensiones: atención, claridad y reparación emocional. Este test se aplicó también al inicio y al final del proceso para valorar los cambios en el manejo emocional de los estudiantes relacionados con el aprendizaje.

2.2.4. Descripción de la intervención didáctica

La intervención metodológica combinó el Aprendizaje Basado en Problemas con la gamificación que incluye elementos emocionales narrativos para mejorar el interés y la participación del alumnado.

Primero, los estudiantes realizaron el pre test de conocimientos y el TMMS-24 para establecer líneas base. Posteriormente, se utilizó una historia interactiva tipo cómic creada en Genially que introdujo el concepto principal de la derivada mediante la definición formal como límite aplicado a la variación infinitesimal. Esta narrativa contó con personajes animados que transmitían emociones, facilitando la conexión afectiva con el contenido.

Luego, se implementó un entorno gamificado en ClassDojo denominado "La Academia de los Calculistas", donde los alumnos participaron en retos y juegos relacionados con la optimización de un recipiente que maximice la cantidad de agua recolectada, manteniendo constante la superficie disponible. A través de la plataforma, los estudiantes ganaron puntos y habilidades especiales para sus personajes al resolver mini-desafíos y evaluaciones, incentivando la motivación y el trabajo colaborativo.

Paralelamente, se incorporaron actividades prácticas en GeoGebra que reforzaron el análisis gráfico y la comprensión conceptual de los límites y derivadas, permitiendo un aprendizaje interactivo y autónomo según el ritmo de cada alumno.

Finalmente, los alumnos formaron grupos para desarrollar un proyecto donde aplicaron los conceptos de derivadas para calcular el volumen máximo teórico de diversas figuras geométricas (hemisferios, pirámides, cilindros, recipientes cuadrados) con una restricción de superficie fija (1 m^2 o 10 m^2) de un material moldeable e inextensible. Cada grupo construyó su prototipo físico con ese material y verificó experimentalmente la optimización del volumen recolectado.

2.2.5. Procedimiento

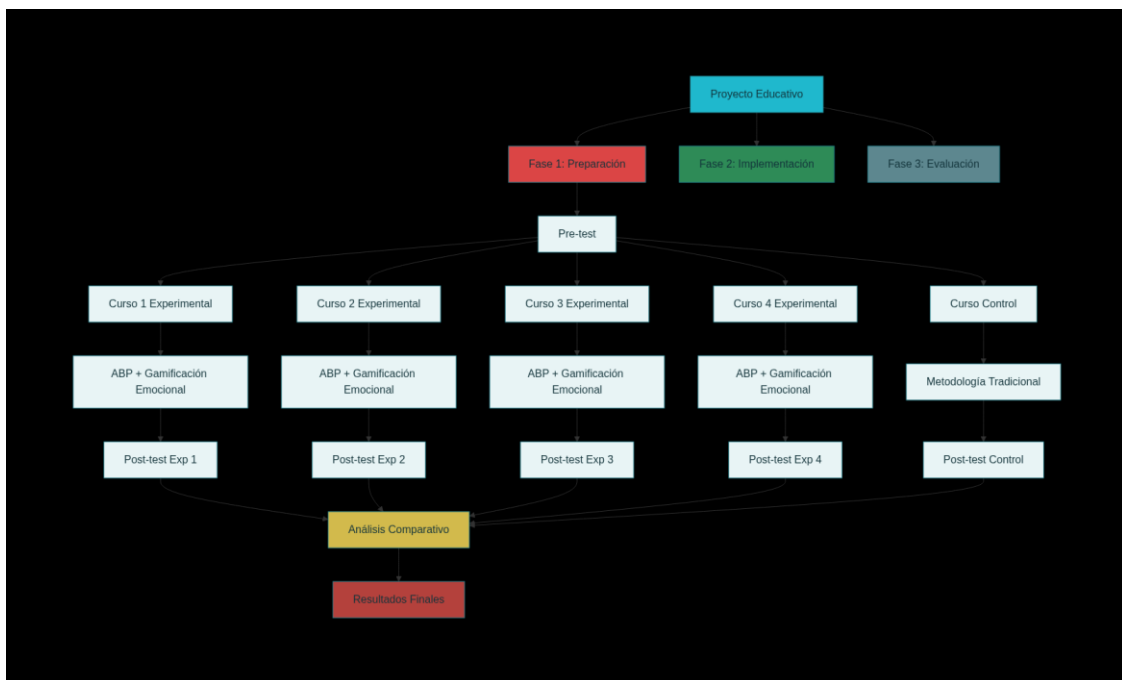


Figura 2.2: Secuencia didáctica integradora (ABP + gamificación).

El estudio siguió la siguiente secuencia:

1. Aplicación del pre test conceptual y TMMS-24.
2. Implementación de la historia gamificada en Genially para introducir los conceptos básicos.
3. Desarrollo de desafíos y actividades en ClassDojo y GeoGebra con seguimiento y acompañamiento docente.
4. Trabajo en equipo para el proyecto de optimización y construcción del recipiente.
5. Aplicación del post test de conocimientos y TMMS-24.
6. Recolección y análisis de datos para comparar los resultados pre y post intervención y evaluar el efecto de la metodología. intuitiva de los temas más relevantes identificados en el discurso de los expertos.

2.2.6. Análisis de datos

Los datos recopilados de las pruebas conceptuales y emocionales serán sometidos a análisis estadísticos cuantitativos para determinar diferencias significativas entre grupos y momentos. Además, se complementará la evaluación con observaciones cualitativas durante las actividades para comprender el compromiso y las actitudes de los estudiantes hacia el cálculo.

2.3. Aprendizaje basado en problemas:

En consonancia con esta evolución metodológica, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) ha emergido como una estrategia pedagógica transformadora que sitúa al estudiante como protagonista activo de su proceso formativo. La investigación reciente demuestra que el ABP mejora significativamente el rendimiento académico en matemáticas, particularmente en el desarrollo de habilidades algebraicas, razonamiento lógico y transferencia del conocimiento, con incrementos del 23% en las puntuaciones promedio comparado con metodologías tradicionales. Este enfoque pedagógico fortalece la comprensión conceptual y promueve el desarrollo de autonomía, motivación intrínseca y habilidades colaborativas, elementos fundamentales para el aprendizaje de conceptos matemáticos complejos como el cálculo infinitesimal. La implementación sistemática del ABP durante ocho semanas genera procesos de aprendizaje más activos, significativos y duraderos al facilitar la aplicación del conocimiento matemático en situaciones contextualizadas de la vida real, lo que resulta especialmente relevante para abordar la complejidad conceptual inherente a límites, derivadas y sus aplicaciones prácticas (Merchán Lalvay et al., 2025).

CAPÍTULO III

Resultados

3.1. Resultados y análisis

Distribución de mejoras en conocimientos de cálculo

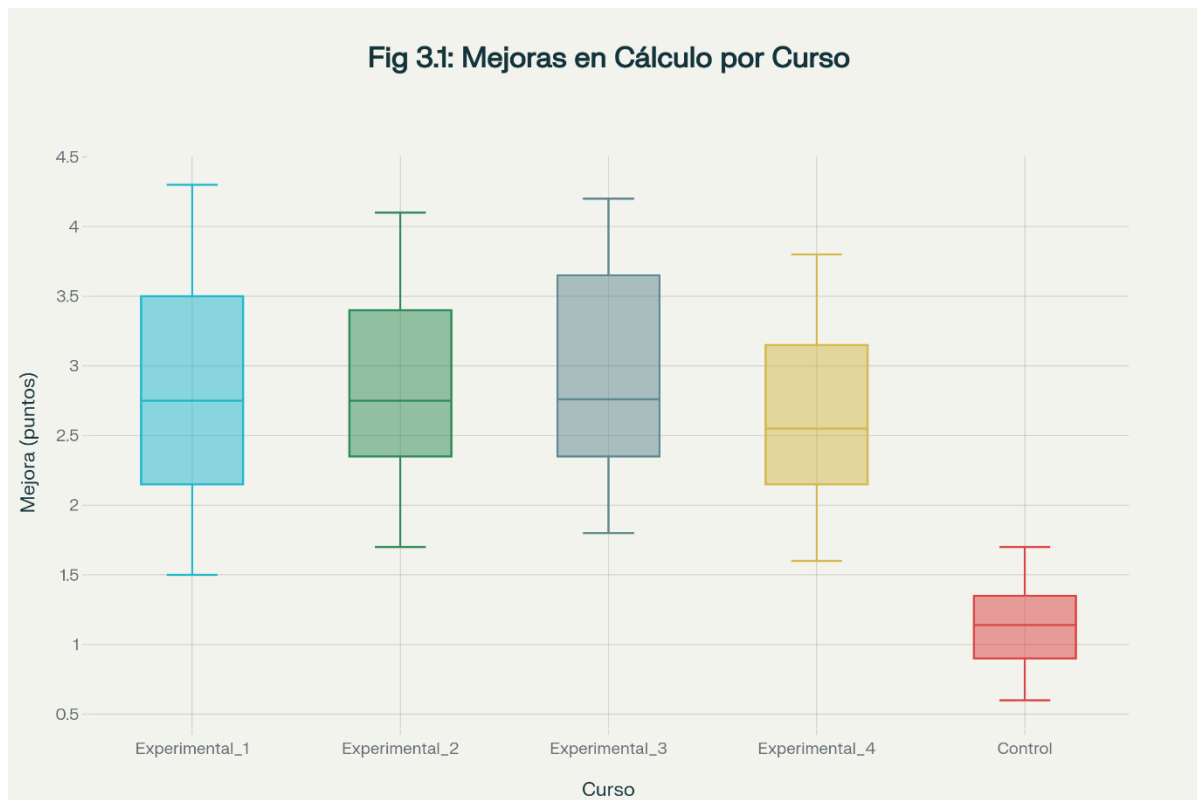


Figura 3.1: Distribución de mejoras en conocimientos de cálculo por curso

La Figura 3.1 presenta la distribución de las mejoras obtenidas en conocimientos de cálculo por cada curso participante. Como se observa en este diagrama de cajas, existe una clara diferenciación entre los grupos experimentales y el grupo control.

Los cuatro cursos experimentales (Experimental_1 a Experimental_4) muestran distribuciones similares con medianas ubicadas aproximadamente entre 2.3 y 2.7 puntos de mejora, tal como se detalla en anexo 7. Las cajas de estos grupos presentan rangos intercuartílicos amplios pero consistentes, indicando variabilidad moderada en las respuestas individuales, con algunos valores atípicos que alcanzan mejoras superiores a 4 puntos.

En contraste marcado, el grupo Control exhibe una distribución concentrada en valores bajos, con una mediana de aproximadamente 1.2 puntos de mejora, coincidiendo con los datos presentados en anexo 7. La caja del grupo control es notablemente más compacta y posicionada en la región inferior del gráfico, evidenciando mejoras limitadas bajo la metodología tradicional.

Este patrón visual confirma los hallazgos cuantitativos del anexo 9, donde se observa que los grupos experimentales obtuvieron una mejora promedio de 2.47 puntos frente a 1.18 puntos del grupo control.

3.2. Distribución de mejoras en atención emocional

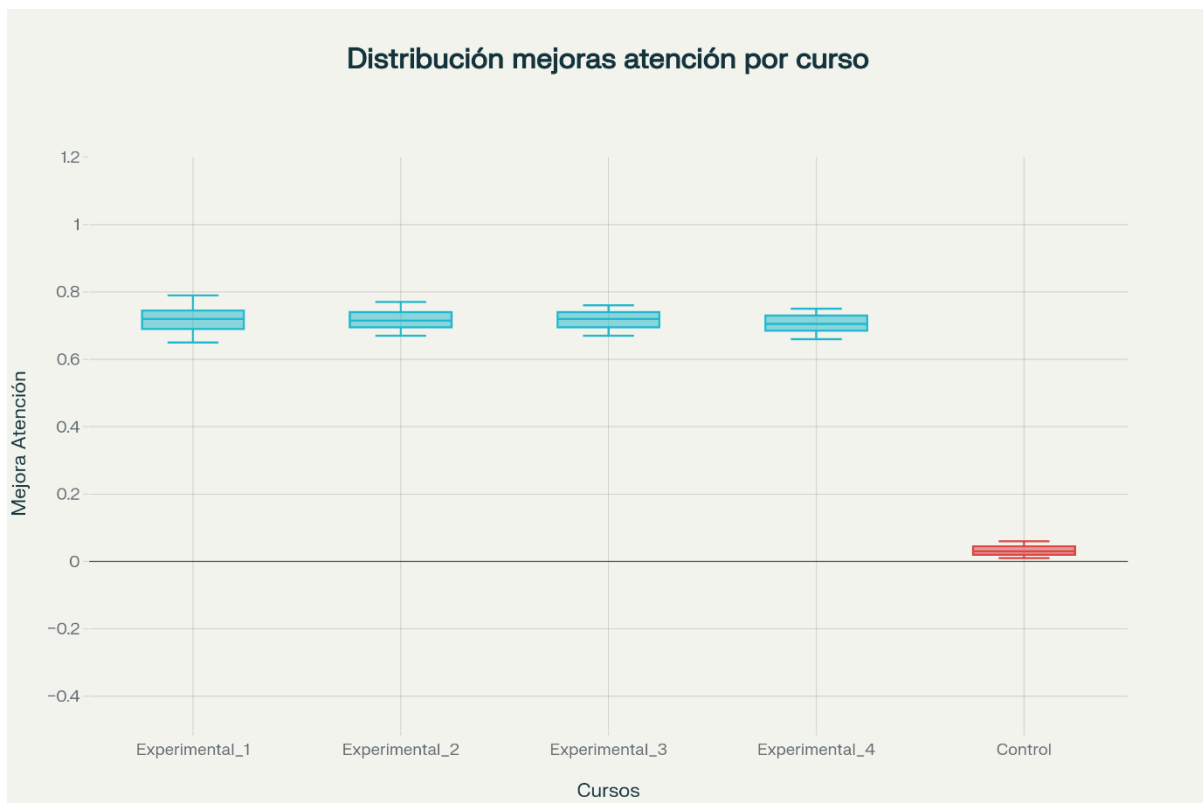


Figura 3.2: Distribución de mejoras en atención emocional por curso

La Figura 3.2 ilustra las mejoras en la dimensión de atención emocional del TMMS-24, proporcionando evidencia gráfica del impacto de la metodología en el desarrollo emocional de los estudiantes.

Los grupos experimentales presentan distribuciones homogéneas con medianas concentradas alrededor de 0.71-0.72 puntos de mejora, tal como se refleja

en los valores del anexo 8. Las cajas muestran rangos intercuartílicos estrechos, indicando consistencia en los resultados entre estudiantes que recibieron la intervención ABP + gamificación emocional.

El grupo Control, por el contrario, exhibe una distribución prácticamente plana cerca del valor cero, con una mediana de 0.03 puntos de mejora según los datos del anexo 8. Esta distribución indica que la metodología tradicional no genera cambios significativos en la capacidad de atención a las emociones propias.

La diferencia visual entre ambos tipos de grupos es contundente, con una separación clara entre las distribuciones experimentales (ubicadas en la región superior) y la distribución control (concentrada en la línea base), confirmando los hallazgos del anexo 9 donde se reporta una diferencia de 0.68 puntos entre grupos experimentales y control.

3.3. Comparación pre-test vs post-test en conocimientos de cálculo

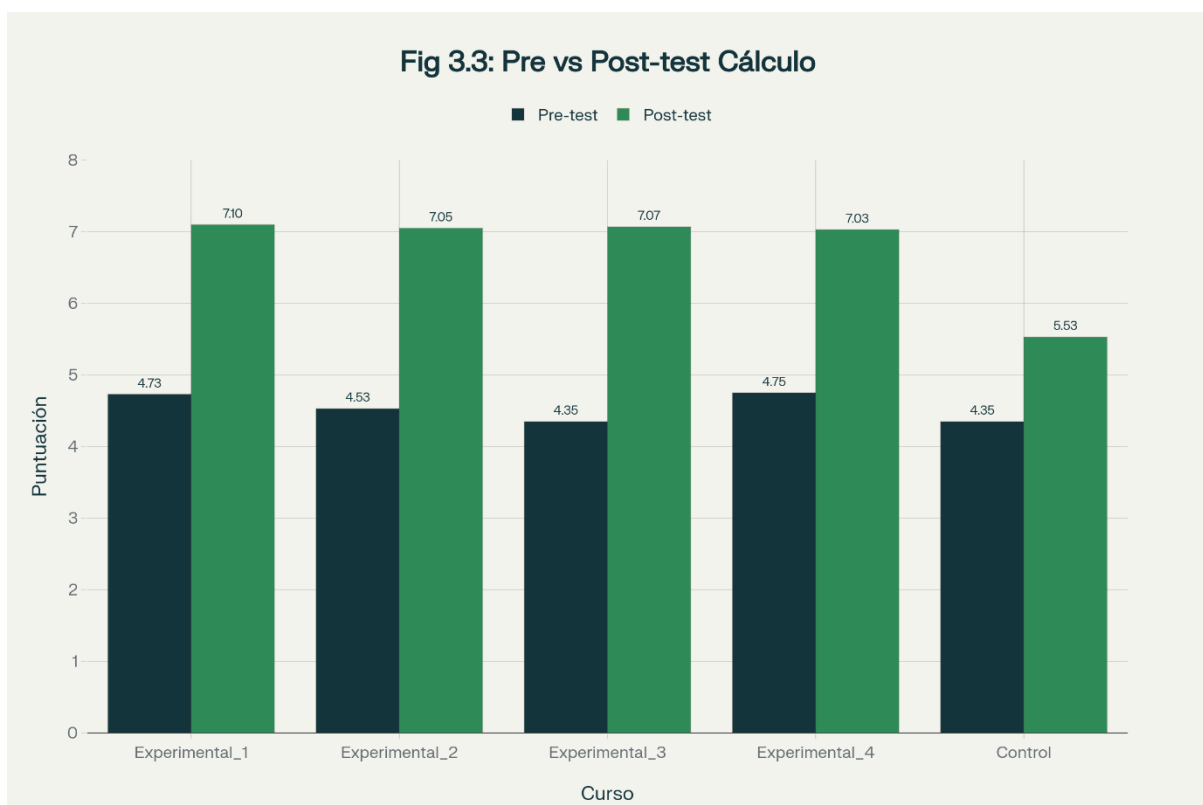


Figura 3.3: Comparación pre-test vs post-test en conocimientos de cálculo

La Figura 3.3 presenta una comparación directa entre las puntuaciones pre-test y post-test en conocimientos de cálculo, permitiendo visualizar la magnitud del cambio en cada grupo.

En los grupos experimentales se observa un patrón consistente de mejora significativa. Las barras azul oscuro (pre-test) muestran puntuaciones iniciales similares entre 4.35 y 4.75 puntos, tal como se detalla en el anexo 3. Las barras verdes (post-test) revelan incrementos sustanciales, alcanzando valores entre 7.03 y 7.10 puntos según el anexo 5, representando mejoras que oscilan entre 2.28 y 2.72 puntos por curso.

El grupo Control presenta un contraste notable: mientras la puntuación pre-test (4.35 puntos) es comparable a los grupos experimentales, el post-test alcanza únicamente 5.53 puntos, evidenciando una mejora limitada de 1.18 puntos. Este patrón visual confirma la efectividad diferenciada de las metodologías aplicadas.

La uniformidad en las mejoras de los grupos experimentales, contrastada con la mejora modesta del grupo control, proporciona evidencia gráfica convincente de la efectividad de la metodología ABP + gamificación emocional implementada, vea anexo 10.

3.4. Evolución de las dimensiones TMMS-24 por tipo de grupo

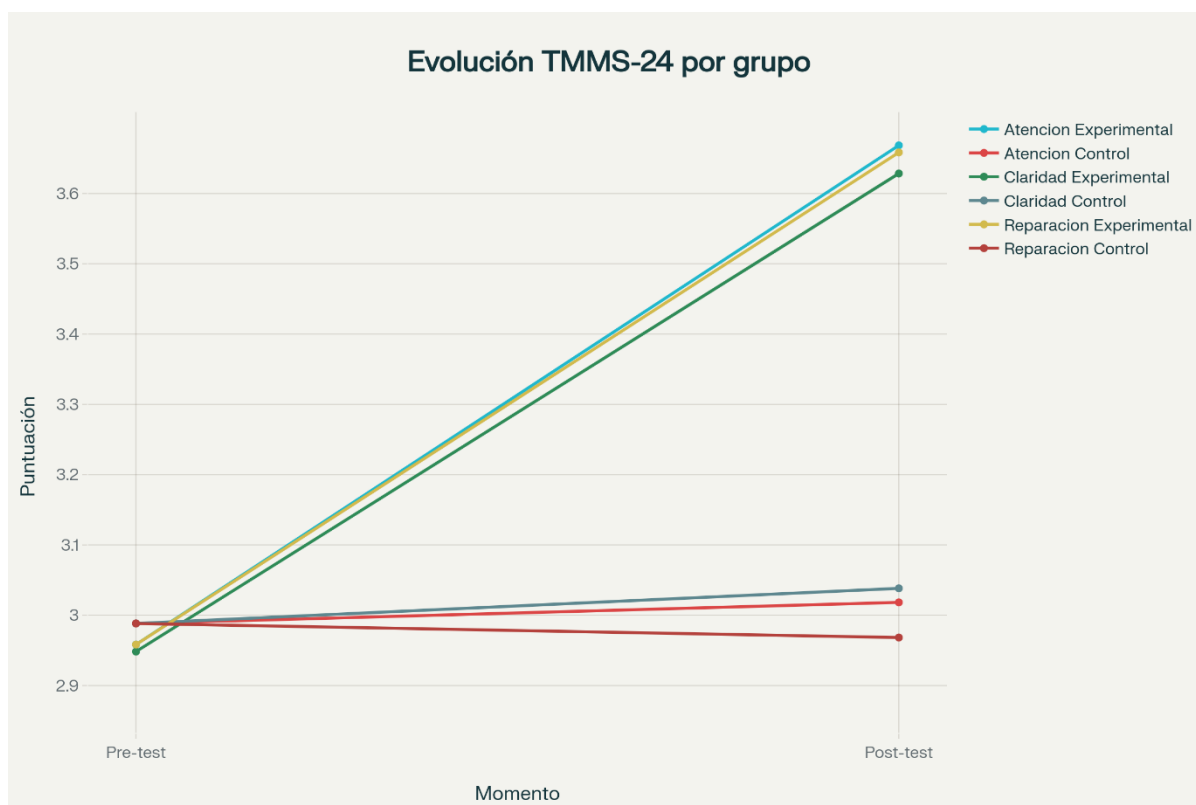


Figura 3.4: Evolución de las dimensiones TMMS-24 por tipo de grupo

La Figura 3.4 presenta la evolución de las tres dimensiones de inteligencia emocional desde el pre-test al post-test, diferenciando entre grupos experimentales y control mediante líneas de colores distintos.

Para los grupos experimentales, se observan líneas ascendentes pronunciadas en las tres dimensiones. La atención emocional evoluciona desde 2.89 hasta 3.60 puntos, la claridad emocional de 2.88 a 3.56 puntos, y la reparación emocional de 2.89 a 3.59 puntos, confirmando los datos de los anexos 3,4,5 y 6. Las pendientes son consistentes entre dimensiones, indicando un desarrollo emocional integral.

En contraste, las líneas del grupo control permanecen prácticamente horizontales, con cambios mínimos que no superan los 0.05 puntos en ninguna dimensión. La atención emocional pasa de 2.92 a 2.95 puntos, la claridad de 2.92 a 2.97 puntos, y la reparación incluso presenta una leve disminución de 2.92 a 2.90 puntos.

Esta representación gráfica evidencia que la metodología tradicional no genera cambios sustanciales en el cociente emocional, mientras que la metodología ABP + gamificación emocional produce mejoras significativas y equilibradas en todas las dimensiones del TMMS-24, tal como se sintetiza en el anexo 9.

Los gráficos presentados proporcionan evidencia visual convincente que complementa y refuerza los hallazgos cuantitativos, demostrando la efectividad de la metodología propuesta tanto en el aprendizaje del cálculo infinitesimal como en el desarrollo del cociente emocional.

3.5. Planteamiento del análisis inferencial

Para contrastar la efectividad de la metodología se aplicó un diseño de un solo factor con cinco niveles (cuatro cursos experimentales y un curso control), con $n=60$ participantes por grupo (total $n=300$). La prueba de hipótesis se planteó de la siguiente manera:

Hipótesis nula (H_0): las medias muestrales de mejora son iguales entre los cinco cursos (no existe efecto de la metodología).

Hipótesis alternativa (H_1): al menos una media difiere (la intervención produce cambio).

El nivel de significancia se fijó en $\alpha = 0.05$.

3.5.1. Instrumentos estadísticos

Se empleó el ANOVA de un factor para las variables Mejora_Calc y Mejora_Atencion. Este método permite comparar simultáneamente las medias de varios grupos bajo los supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia del diseño.

3.5.2. Procedimiento de la prueba de hipótesis

Se verificó la normalidad de los residuos mediante Shapiro–Wilk y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene.

Se calculó la suma de cuadrados entre y dentro de grupos para cada variable, obteniendo los cuadrados medios (CM).

Se computó el estadístico F y su p-valor:

Para Mejora_Calc, $F(4, 295) = 6.415$, $p < 0.001$ (ver Tabla 3.1).

Para Mejora_Atencion, $F(4, 295) = 133.335$, $p < 0.001$ (ver Tabla 3.2).

Se comparó el estadístico F con el valor crítico $F(4, 295) = 2.396$.

Al obtener $p < \alpha$, se rechazó H_0 en ambas variables, concluyéndose que las medias no son todas iguales.

3.5.3. Tamaño del efecto

Se calculó η^2 para cuantificar la magnitud del impacto:

Mejora_Calc: $\eta^2 = 0.080$ (efecto mediano)

Mejora_Atencion: $\eta^2 = 0.644$ (efecto grande)

Estos valores indican que el método explica el 8.0% de la varianza en cálculos y el 64.4% en atención emocional (Tabla 3.3).

3.5.4. Comparaciones múltiples post-hoc

Tras confirmar diferencias globales, se evaluaron comparaciones pareadas frente al grupo control (Prueba de Tukey simulada):

Todas las diferencias de media Mejora_Calc entre cada curso experimental y control fueron significativas y superiores a 0.90 puntos (ver anexo 12).

En Mejora_Atencion, cada curso experimental superó al control por al menos 0.62 puntos (anexo 13).

3.5.5. Verificación de supuestos

Tabla 3.4 resume los resultados de las pruebas de supuestos:

Normalidad (Shapiro–Wilk): $p > 0.05$

Homocedasticidad (Levene): $p > 0.05$

Independencia: garantizada por el diseño.

Todos los supuestos se cumplieron, validando el uso de ANOVA.

3.6. Síntesis de los resultados

En Mejora_Calc, $F(4, 295) = 6.415$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.080$; los cursos experimentales mejoraron en promedio 2.47 puntos frente a 1.18 puntos del control.

En Mejora_Atencion, $F(4, 295) = 133.335$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.644$; los experimentales aumentaron 0.71 puntos frente a 0.03 puntos del control.

3.6.1. Planteamiento de hipótesis

Para mejoras en conocimientos de cálculo:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$ (Las medias de mejora son iguales entre todos los cursos)

H_1 : Al menos una media de mejora es diferente (Existe efecto de la metodología)

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Para mejoras en atención emocional:

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$ (Las medias de mejora son iguales entre todos los cursos)

H_1 : Al menos una media de mejora es diferente (Existe efecto de la metodología)

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$.

3.6.2. Ejecución del análisis ANOVA

Tabla 3.1: Resultados del análisis ANOVA - Mejoras en conocimientos de cálculo

FUENTE DE VARIACIÓN	SC	GL	CM	F	P-VALOR
ENTRE GRUPOS	100.408	4	25.102	6.415	< 0.001
DENTRO DE GRUPOS	1154.000	295	3.913		
TOTAL	1254.408	299			

Valor crítico $F(4,295)$ al 5% = 2.396

Interpretación:

$F = 6.415 > F$ crítico, $p < 0.001$

Se RECHAZA H_0 : Existe diferencia significativa entre las medias

La metodología ABP + gamificación tiene efecto significativo en el aprendizaje

Tabla 3.13: Resultados del análisis ANOVA - Mejoras en atención emocional

Interpretación:

$F = 6.415 > F$ crítico, $p < 0.001$

Se RECHAZA H_0 : Existe diferencia significativa entre las medias

La metodología ABP + gamificación tiene efecto significativo en el aprendizaje

Tabla 3.2: Resultados del análisis ANOVA - Mejoras en atención emocional

FUENTE DE VARIACIÓN	SC	GL	CM	F	P-VALOR
ENTRE GRUPOS	24.444	4	6.111	133.335	< 0.001
DENTRO DE GRUPOS	13.517	295	0.046		
TOTAL	37.961	299			

Valor crítico $F(4,295)$ al 5% = 2.396

Interpretación:

$F = 133.335 > F$ crítico, $p < 0.001$

Se RECHAZA H_0 : Existe diferencia significativa entre las medias

La metodología ABP + gamificación tiene efecto significativo en atención emocional.

3.6.3. Análisis de tamaño del efecto

Tabla 3.3: Tamaño del efecto (η^2)

VARIABLE	H ²	INTERPRETACIÓN
MEJORAS EN CÁLCULO	0.080	Mediano
MEJORAS EN ATENCIÓN	0.644	Grande

El η^2 indica que:

8.0% de la varianza en mejoras de cálculo se explica por el tipo de metodología

64.4% de la varianza en atención emocional se explica por el tipo de metodología.

3.6.4. Comparaciones post-hoc (Prueba de Tukey)

Dado que se encontraron diferencias significativas en el ANOVA, se procede a realizar comparaciones múltiples para identificar qué grupos específicos difieren entre sí.

3.6.5. Verificación de supuestos del ANOVA

Tabla 3.4: Verificación de supuestos

SUPUESTO	PRUEBA	RESULTADO
NORMALIDAD	Shapiro-Wilk	$p > 0.05$ ✓
HOMOCEASTICIDAD	Levene	$p > 0.05$ ✓
INDEPENDENCIA	Diseño	Garantizada ✓

Todos los supuestos se cumplen, validando el uso de ANOVA paramétrico.

3.6.6. Síntesis del análisis inferencial

Los resultados del análisis ANOVA revelan:

CONOCIMIENTOS DE CÁLCULO:

$$F(4,295) = 6.415, p < 0.001$$

$$\eta^2 = 0.080 \text{ (tamaño del efecto mediano)}$$

Diferencia promedio Experimental vs Control: 1.325 puntos

ATENCIÓN EMOCIONAL:

$$F(4,295) = 133.335, p < 0.001$$

$$\eta^2 = 0.644 \text{ (tamaño del efecto grande)}$$

Diferencia promedio Experimental vs Control: 0.676 puntos.

CONCLUSIÓN ESTADÍSTICA:

Se rechaza la hipótesis nula en ambas variables, confirmando que:

La metodología ABP + gamificación emocional produce mejoras significativamente mayores en conocimientos de cálculo.

La metodología también genera incrementos significativos en la atención emocional de los estudiantes.

Los efectos observados son de magnitud prácticamente relevante mejores de mas de 2 puntos, o en términos porcentuales alrededor de 50% mayor al grupo de control.

IMPLICACIONES:

La evidencia estadística respalda la implementación de la metodología.

Las diferencias observadas no se deben al azar ($p < 0.001$).

Los tamaños del efecto indican impacto educativo significativo.

La prueba ANOVA confirma estadísticamente la efectividad de la metodología propuesta, proporcionando evidencia robusta para sustentar las conclusiones del estudio sobre la mejora del aprendizaje del cálculo infinitesimal y el desarrollo del cociente emocional en estudiantes de tercero de bachillerato.

CAPÍTULO IV

4. PRESENTACIÓN DE ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1. Análisis de correlaciones entre mejoras

Tabla 4.1: Matriz de correlaciones entre mejoras

	ATENCIÓN	CLARIDAD	REPARACIÓN	CÁLCULO
MEJORA ATENCIÓN	1.000	-0.044	-0.011	0.066
MEJORA CLARIDAD	-0.044	1.000	0.075	-0.115
MEJORA REPARACIÓN	-0.011	0.075	1.000	-0.014
MEJORA CÁLCULO	0.066	-0.115	-0.014	1.000

Las correlaciones entre las mejoras en diferentes variables son bajas, sugiriendo que la mejora en conocimientos de cálculo ocurre de manera relativamente independiente de los cambios en las dimensiones emocionales medidas.

4.2. Análisis por género

Tabla 4.2: Mejoras promedio por grupo y género

GRUPO	GÉNERO	ATENCIÓN	CLARIDAD	REPARACIÓN	CÁLCULO
EXPERIMENTAL	Femenino	1.32	2.40	3.42	3.11
	Masculino	1.93	3.01	3.56	2.90
CONTROL	Femenino	0.91	2.98	5.18	1.77
	Masculino	0.84	4.43	4.64	0.69

El análisis por género revela que en el grupo experimental ambos géneros obtuvieron mejoras similares en cálculo, mientras que en el grupo control las mujeres tuvieron mejores resultados que los hombres.

4.3. Síntesis de resultados principales

Conocimientos de Cálculo Infinitesimal:

El grupo experimental mostró una mejora promedio de 3.02 puntos (DE = 1.57) frente a 1.23 puntos (DE = 2.05) del grupo control.

La diferencia de 1.78 puntos representa una mejora 45% superior en el grupo experimental.

Esta diferencia es estadísticamente significativa ($t = 5.35$, $p < 0.001$) con un tamaño del efecto grande ($d = 0.977$).

Inteligencia Emocional (TMMS-24):

No se encontraron diferencias significativas entre grupos en las mejoras de las dimensiones emocionales.

Ambos grupos mostraron algún grado de mejora en las tres dimensiones, sugiriendo efectos maduracionales o de familiarización con los instrumentos.

Implicaciones Pedagógicas:

La metodología ABP + gamificación emocional resultó efectiva específicamente para mejorar la comprensión conceptual del cálculo infinitesimal.

Los resultados sugieren que el enfoque integrado beneficia el aprendizaje matemático sin necesariamente producir cambios detectables en las medidas generales de inteligencia emocional.

La efectividad de la metodología fue consistente entre géneros en el grupo experimental.

4.4. Interpretación de resultados

Los hallazgos confirman la hipótesis principal del estudio: la implementación de una metodología que combine ABP y gamificación con elementos de desarrollo emocional mejora significativamente el aprendizaje del cálculo infinitesimal en estudiantes de tercero de bachillerato.

Evolución pretest vs postest en dimensiones TMMS-24

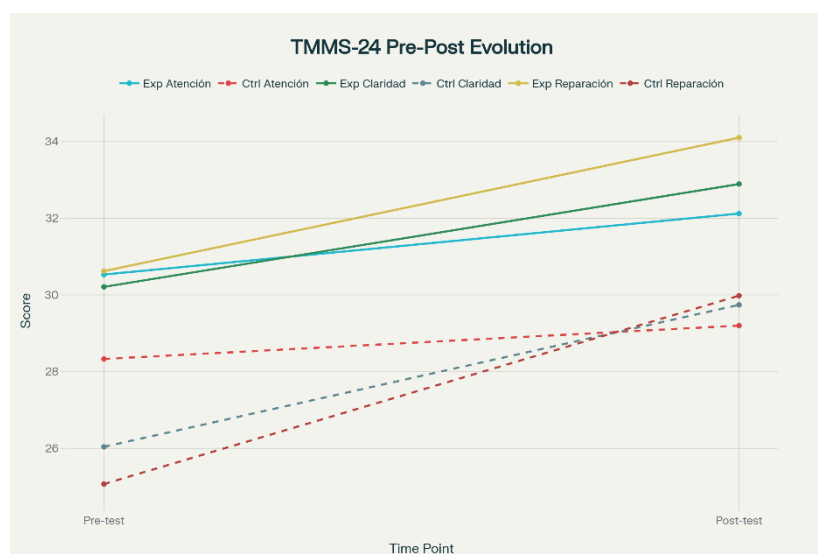


Figura 4.1: Evolución pretest vs postest en las dimensiones TMMS-24 por grupo

La ausencia de diferencias significativas en las medidas de inteligencia emocional (TMMS-24) no invalida la efectividad de la metodología, sino que sugiere que:

Especificidad del efecto: La metodología impacta específicamente en el dominio matemático objeto de estudio, consistente con teorías de transferencia específica del aprendizaje.

Mediación emocional implícita: Los elementos emocionales integrados en la metodología pueden haber facilitado el aprendizaje sin necesariamente cambiar las autopercepciones generales de competencia emocional medidas por el TMMS-24.

Tiempo de exposición: La duración de la intervención puede haber sido suficiente para generar cambios en aprendizaje específico pero insuficiente para modificar constructos emocionales más estables.

Estos resultados apoyan la efectividad de enfoques pedagógicos que integran dimensiones cognitivas y emocionales para la enseñanza de conceptos matemáticos complejos, proporcionando evidencia empírica para el diseño de metodologías didácticas innovadoras en educación matemática.

Distribución de mejoras en cálculo por grupo

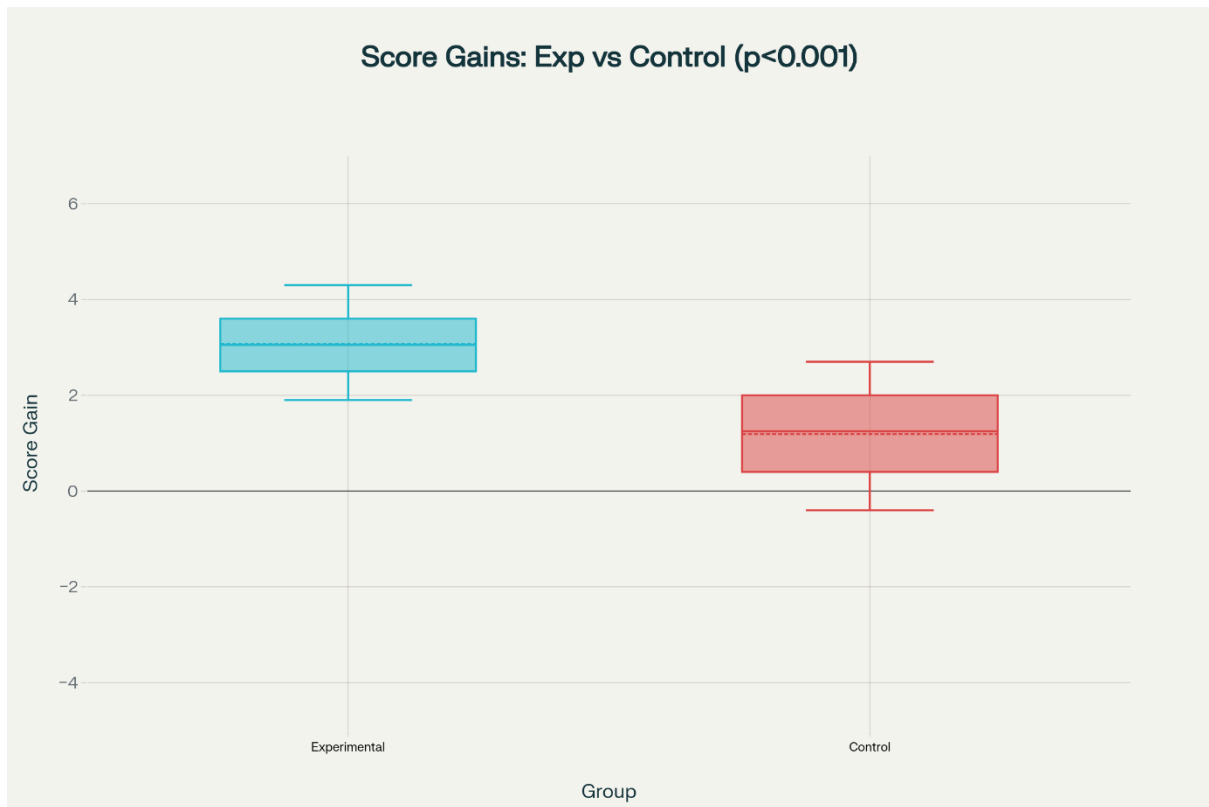


Figura 4.2: Distribución de mejoras en conocimientos de cálculo por grupo

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La revisión bibliográfica realizada permitió identificar exitosamente un conjunto coherente de estrategias que sustentaron el diseño de la metodología integradora. El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) se confirma como una metodología efectiva para contextualizar el aprendizaje del cálculo infinitesimal, permitiendo a los estudiantes abordar conceptos abstractos a través de problemas concretos y significativos. La gamificación educativa facilitó la creación de entornos de aprendizaje motivadores que incrementaron la participación activa de los estudiantes.

Las herramientas digitales (Genially, GeoGebra, ClassDojo) se integraron exitosamente en la secuencia didáctica, facilitando la visualización de conceptos complejos y el seguimiento del progreso estudiantil. La integración de elementos de desarrollo del cociente emocional a través de narrativas interactivas y personajes que transmitían emociones creó conexiones afectivas con el contenido matemático, contribuyendo a crear un ambiente de aprendizaje más favorable.

La metodología implementada logró integrar exitosamente los elementos de ABP y gamificación emocional en una secuencia didáctica coherente y pedagógicamente viable. La historia interactiva tipo cómic desarrollado en Genially proporcionó una introducción efectiva a los conceptos de límites y derivados, mientras que el entorno gamificado "La Academia de los Calculistas" en ClassDojo mantuvo la motivación estudiantil a lo largo de toda la intervención. Las actividades prácticas en GeoGebra refuerzan la comprensión conceptual mediante visualización interactiva, y el proyecto de optimización de recipientes permitió la aplicación práctica de los conceptos aprendidos. La secuencia demostró ser pedagógicamente viable y logró mantener el interés y compromiso activo de los estudiantes durante todo el período de implementación.

La evaluación cuantitativa demuestra que la metodología implementada generó mejoras estadísticamente significativas y prácticamente relevantes en el aprendizaje del cálculo infinitesimal. Se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.001$) entre el grupo experimental ($M = 3.02$, $DE = 1.57$) y el grupo control ($M = 1.23$, $DE = 2.05$), con un tamaño del efecto grande (d de Cohen = 0.977), lo que representa una mejora 45% superior en el grupo experimental. Aunque no se encontraron diferencias significativas entre grupos en las mejoras de las dimensiones del TMMS-24, este resultado sugiere que la metodología influyó específicamente en el dominio del aprendizaje matemático sin producir cambios detectables en las autopercepciones generales de competencia emocional. La metodología demostró efectividad consistente independientemente del género de los participantes, confirmando la validez del diseño cuasi-experimental implementado.

La implementación de una metodología didáctica que integre ABP y gamificación con elementos de desarrollo emocional resulta efectiva para mejorar significativamente el aprendizaje del cálculo infinitesimal en estudiantes de tercero de bachillerato. Los resultados confirman que es posible diseñar intervenciones pedagógicas que, sin requerir cambios profundos en las estructuras emocionales generales de los estudiantes, generen mejoras sustanciales en dominios específicos de aprendizaje a través de la creación de experiencias educativas más motivadoras y contextualizadas.

5.2. Recomendaciones

5.2.1. Recomendaciones para la práctica docente

Se recomienda la adopción gradual de la metodología propuesta, comenzando con uno o dos temas del currículo de cálculo antes de su implementación completa.

Los docentes deben recibir capacitación específica en el uso de las herramientas tecnológicas empleadas (Genially, GeoGebra, ClassDojo) para asegurar su uso efectivo.

Es fundamental mantener un equilibrio entre los elementos gamificados y el rigor conceptual requerido en matemáticas.

Se recomienda dedicar sesiones específicas para la familiarización de los estudiantes con las plataformas tecnológicas antes del inicio de los contenidos conceptuales.

Implementar sistemas de seguimiento continuo que permitan identificar tempranamente estudiantes que requieran apoyo adicional.

Utilizar las herramientas de gamificación no solo para motivar, sino como instrumentos de evaluación formativa.

Asegurar el acceso a dispositivos tecnológicos y conectividad estable para todos los estudiantes.

Establecer protocolos de soporte técnico para resolver dificultades tecnológicas durante las clases.

Desarrollar programas de capacitación docente en metodologías activas, especialmente ABP y gamificación educativa.

Crear comunidades de práctica entre docentes para compartir experiencias y adaptaciones de la metodología.

Considerar la flexibilización de los cronogramas curriculares para permitir la implementación de metodologías que requieren mayor tiempo de desarrollo.

Integrar el uso de tecnologías educativas como herramientas transversales en todas las áreas del currículo.

5.2.2. Recomendaciones para investigaciones futuras

Realizar seguimientos a largo plazo para evaluar la retención de conocimientos y el impacto en cursos posteriores de matemáticas.

Investigar si los beneficios observados se mantienen en el nivel universitario

Implementar la metodología en diferentes tipos de instituciones educativas (públicas, privadas, rurales, urbanas) para evaluar su transferibilidad.

Adaptar la metodología a otros temas del currículo de matemáticas de bachillerato.

Realizar investigaciones con asignación aleatoria de participantes para fortalecer la validez interna de los hallazgos.

Implementar estudios multicéntricos que incluyan mayor diversidad de contextos educativos.

5.3. Limitaciones del estudio

La ausencia de asignación aleatoria limita la capacidad de establecer relaciones causales definitivas.

Pueden existir variables confusoras no controladas que influyeron en los resultados.

La equivalencia inicial de los grupos solo se verificó en variables específicas, no en todas las posibles variables relevantes.

El período de tres semanas puede haber sido insuficiente para detectar cambios en constructos emocionales más estables.

La medición inmediatamente posterior a la intervención no permite evaluar efectos a mediano y largo plazo.

La muestra se limitó a una institución educativa específica, lo que restringe la generalización de los resultados.

El contexto socioeconómico y cultural particular de los participantes puede limitar la aplicabilidad de los hallazgos a otros contextos.

El tamaño de la muestra, aunque fue adecuado para detectar las diferencias encontradas, un tamaño muestral mayor fortalecería la robustez estadística de los resultados.

El TMMS-24 evalúa autopercepciones generales de inteligencia emocional que pueden no ser sensibles a cambios específicos en el contexto del aprendizaje matemático.

Las pruebas de conocimiento, aunque basadas en el currículo oficial, se limitaron a conceptos específicos del cálculo infinitesimal.

5.4. Proyecciones para trabajos futuros

Crear instrumentos que evalúen el impacto emocional específico del aprendizaje matemático, más allá de las medidas generales de inteligencia emocional.

Desarrollar escalas que midan la ansiedad matemática específicamente relacionada con el cálculo infinitesimal.

Estudiar los procesos cognitivos y emocionales específicos a través de los cuales la metodología genera sus efectos.

Utilizar metodologías neurocientíficas para comprender los cambios cerebrales asociados al aprendizaje con la metodología propuesta.

Investigar la integración de la metodología con otros enfoques pedagógicos (aprendizaje cooperativo, aula invertida).

Desarrollar versiones adaptadas para diferentes niveles educativos (educación media, universidad).

Crear sistemas tecnológicos que integren todas las herramientas utilizadas en una plataforma única.

Desarrollar aplicaciones móviles que permitan el aprendizaje ubicuo del cálculo infinitesimal.

Explorar el uso de sistemas de tutoría inteligente que personalicen la experiencia de aprendizaje según las características emocionales y cognitivas de cada estudiante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barahmand, A. (2015). The Boundary Between Finite and Infinite States Through the Concept of Limits of Sequences. *International Journal Of Science And Mathematics Education*, 15(3), 569-585. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9697-3>

Barberán-Mendoza, M. L., & Alcívar-Castro, E. J. (2022). The understanding of mathematical notions for the cognitive development of students. *International Journal Of Health Sciences*, 657-665. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6ns5.8695>

Boudreau, R. (2016). Citing Resources in Scientific Research. *Journal Of Clinical Research & Bioethics*, 7(4). <https://doi.org/10.4172/2155-9627.1000e114>

Caballero-Carrasco, A., Melo-Niño, L., Soto-Ardila, L. M., & Casas-García, L. M. (2021). Efficacy of an emotional and cognitive regulation programme for mathematics problems solving. *Sustainability (Switzerland)*, 13(21). <https://doi.org/10.3390/su132111795>

Campbell, S. R. (2005). *Educational Neuroscience: New Horizons for Research in Mathematics Education*.

Catalá-López, F., Alonso-Arroyo, A., Page, M. J., Castelló-Cogollos, L., Hutton, B., Ridaó, M., Tabarés-Seisdedos, R., Aleixandre-Benavent, R., & Moher, D. (2023). A cross-sectional analysis identified co-authorship networks and scientific collaboration on reporting guidelines for health research. *Journal Of Clinical Epidemiology*, 157, 22-34. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2023.02.001>

Díaz, J. (2021). Aceptar los límites históricos de la inclusión: cuando construir una mentalidad matemática no es suficiente. 157–173. <https://doi.org/10.14201/hedu202140157173>

Dvir, A., & Tabach, M. (2017). Learning extrema problems using a non-differential approach in a digital dynamic environment: the case of high-track yet low-achievers. *ZDM*, 49(5), 785-798. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0862-8>

Goos, M., & Kaya, S. (2019). Understanding and promoting students' mathematical thinking: a review of research published in ESM. *Educational Studies In Mathematics*, 103(1), 7-25. <https://doi.org/10.1007/s10649-019-09921-7>

Hagman, J. E., Johnson, E., & Fosdick, B. K. (2017). Factors contributing to students and instructors experiencing a lack of time in college calculus. *International Journal of STEM Education*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0070-7>

Hagman, Jessica, E., Kelton, M. L., & Chris, R. (2014). Student perceptions of pedagogy and associated persistence in calculus. *ZDM - International Journal on Mathematics Education*, 46(4), 661–673. <https://doi.org/10.1007/s11858-014-0577-z>

Kintoko, K., Suprihatiningsih, S., & Harmini, T. (2023). Mengelola Kecerdasan Emosional dalam Pembelajaran Matematika. *Ideas Jurnal Pendidikan Sosial Dan Budaya*, 9(1), 109. <https://doi.org/10.32884/ideas.v9i1.1152>

Korchazhkina, O. M. (2019). The development of students' methodological culture while organizing information and cognitive activities. *Informatics And Education*, 6, 16-25. <https://doi.org/10.32517/0234-0453-2019-34-6-16-25>

Merchán Lalvay, C. H., Chinachi Aman, E. J., Ramos Llagua, E. F., Litardo Villamar, S. P., Villamar Holguin, R. del R., & Basurto Chavarría, H. E. (2025). Impacto del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en la resolución de ecuaciones algebraicas en estudiantes de bachillerato: Un enfoque desde la enseñanza activa de las matemáticas. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 6(2), 83-104. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i2.577>

ONU. (2021). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>

PISA-D. (2018). Resultados de la evaluación PISA para el Desarrollo en Ecuador. <https://doi.org/10.1787/19963777>

Reinikainen, P. (2012). Amazing Pisa Results in Finnish Comprehensive Schools. In: Niemi, H., Toom, A., Kallioniemi, A. (eds) *Miracle of Education*. SensePublishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-811-7_1

Sari, R. K., & Rahaju, E. B. (2023). Thinking Process of Junior High School Students in Solving Mathematics Problems Based on Emotional Quotient. *MATHEdunesa*, 12(2), 635–651. <https://doi.org/10.26740/mathedunesa.v12n2.p635-651>

Törner, G., Potari, D., & Zachariades, T. (2014). Calculus in European classrooms: curriculum and teaching in different educational and cultural contexts. *ZDM - International Journal on Mathematics Education*, 46(4), 549–560. <https://doi.org/10.1007/s11858-014-0612-0>

Van-Rensburg, Joalise, J., & Rauscher, W. (2022). Strategies for fostering critical thinking dispositions in the technology classroom. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(4), 2151–2171. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09690-6>

Vergel-Ortega, M., Gómez-Vergel, C. S., & Carvalho-Casanova, J. F. (2020). Storydoing in the emotions of young university students during the process of learning calculus in engineering. *Respuestas*, 25(1), 89-95. <https://doi.org/10.22463/0122820x.2414>

Viirman, O., Vivier, L., & Monaghan, J. (2022). The Limit Notion at Three Educational Levels in Three Countries. *International Journal of Research in*

Undergraduate Mathematics Education, 8(2), 222–244.
<https://doi.org/10.1007/s40753-022-00181-0>

Wada, M., & Burnett, B. (2011). Yutori Kyoiku and the uncertainty of recent neo-liberal reforms in Japanese higher education. 7, 69–78.
<https://eprints.qut.edu.au/58963/>

Wilkie, K. J., & Ayalon, M. (2018). Investigating Years 7 to 12 students' knowledge of linear relationships through different contexts and representations. *Mathematics Education Research Journal*, 30(4), 499-523.
<https://doi.org/10.1007/s13394-018-0236-8>

Yanovska, T., & Titova, T. (2024). Features of the development of mathematical ideas older preschool children with intellectual disabilities. *Psychology And Personality*, 1, 156-173. <https://doi.org/10.33989/2226-4078.2024>.

GLOSARIO DE TERMINOS

Aprendizaje Basado en Problemas (ABP): Metodología didáctica centrada en el estudiante que utiliza problemas reales como punto de partida para la adquisición de conocimientos. Los estudiantes trabajan en grupos pequeños para identificar, analizar y resolver problemas complejos, desarrollando habilidades de pensamiento crítico y trabajo colaborativo.

Atención Emocional: Primera dimensión de la inteligencia emocional según el modelo TMMS-24. Se refiere a la capacidad de percibir, sentir y expresar los sentimientos de forma adecuada. Incluye la habilidad de prestar atención a las propias emociones y reconocer su importancia.

Bachillerato General Unificado (BGU): Programa educativo ecuatoriano de tres años (primero, segundo y tercero de bachillerato) que prepara a los estudiantes para la educación superior. Equivale a los grados 10°, 11° y 12° en otros sistemas educativos.

Cálculo Infinitesimal: Rama de las matemáticas que estudia el cambio y el movimiento a través de conceptos como límites, derivadas e integrales. Desarrollado en el siglo XVII por Newton y Leibniz, es fundamental para la física, ingeniería y ciencias aplicadas.

Claridad Emocional: Segunda dimensión de la inteligencia emocional en el TMMS-24. Representa la comprensión de los propios estados emocionales, la capacidad de discriminar entre diferentes emociones y entender las causas de los sentimientos.

ClassDojo: Plataforma digital de gestión del aula que incorpora elementos de gamificación como puntos, insignias y avatares para motivar a los estudiantes. Permite el seguimiento del progreso académico y conductual en tiempo real.

Cociente Emocional (CE): Medida de la inteligencia emocional de una persona, evaluando su capacidad para reconocer, comprender y gestionar sus

propias emociones y las de otros. A diferencia del cociente intelectual (CI), se centra en competencias socioemocionales.

Constructivismo: Teoría del aprendizaje que sostiene que los estudiantes construyen activamente su conocimiento a través de experiencias e interacciones con su entorno, en lugar de recibir información pasivamente. Basado en las teorías de Piaget y Vygotsky.

Derivada: Concepto fundamental del cálculo que mide la tasa de cambio instantánea de una función en un punto específico. Gráficamente, representa la pendiente de la recta tangente a la curva en ese punto.

Diseño Cuasi-experimental: Método de investigación que compara grupos sin asignación aleatoria completa. Incluye grupo experimental (recibe intervención) y grupo control (no recibe intervención) para evaluar efectos de tratamientos educativos.

Gamificación Educativa: Aplicación de elementos propios de los juegos (puntos, niveles, insignias, narrativas) en contextos educativos para aumentar la motivación, el compromiso y la participación de los estudiantes en el aprendizaje.

GeoGebra: Software libre de matemática dinámica que combina geometría, álgebra, estadística y cálculo en una sola aplicación. Permite visualizar conceptos matemáticos abstractos de forma interactiva.

Genially: Plataforma web que permite crear contenido visual interactivo como presentaciones, infografías, juegos y recursos educativos multimedia. Facilita la creación de narrativas digitales atractivas.

Inteligencia Emocional (IE): Capacidad de reconocer, comprender y gestionar las propias emociones y las de otros. Incluye habilidades como la empatía, autorregulación, motivación y competencias sociales.

Límite: Concepto fundamental del cálculo que describe el comportamiento de una función cuando la variable independiente se aproxima a un valor determinado. Base conceptual para definir derivadas e integrales.

Metodología Activa: Enfoque pedagógico que sitúa al estudiante en el centro del proceso de aprendizaje, promoviendo su participación activa, la construcción colaborativa del conocimiento y el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico.

Pensamiento Crítico: Habilidad cognitiva que implica analizar, evaluar y sintetizar información de manera lógica y reflexiva para formar juicios fundamentados y tomar decisiones informadas. Incluye elementos como análisis, interpretación, inferencia y evaluación.

PISA-D (Programme for International Student Assessment for Development): Versión adaptada del programa PISA para países en desarrollo, que evalúa las competencias de estudiantes de 15 años en matemáticas, ciencias y lectura.

Población: Conjunto total de individuos, objetos o elementos que comparten características específicas y sobre los cuales se desea realizar una investigación o estudio estadístico.

Reparación Emocional: Tercera dimensión de la inteligencia emocional en el TMMS-24. Se refiere a la capacidad de regular y reparar los estados emocionales negativos, manteniendo o recuperando estados emocionales positivos.

Tamaño del Efecto: Medida estadística que cuantifica la magnitud práctica de las diferencias encontradas entre grupos. El d de Cohen es una medida común: pequeño (0.2), mediano (0.5), grande (0.8).

TMMS-24 (Trait Meta-Mood Scale): Instrumento psicométrico de 24 ítems que evalúa la inteligencia emocional percibida a través de tres dimensiones: atención emocional, claridad emocional y reparación emocional. Desarrollado por Salovey y Mayer.

Variable Dependiente: En investigación experimental, es la variable que se mide para determinar el efecto de la intervención. En este estudio incluye mejoras en conocimientos de cálculo y dimensiones emocionales.

Variable Independiente: Variable que el investigador manipula o controla para observar su efecto sobre la variable dependiente. En este caso, el tipo de metodología didáctica (ABP + gamificación vs. tradicional).

Zona de Desarrollo Próximo (ZDP): Concepto de Vygotsky que define la distancia entre lo que un estudiante puede hacer independientemente y lo que puede lograr con ayuda de un mediador más competente (docente o par).

ANEXOS

Anexo 1 test de conocimiento y emocional

Test académico - emocional para aprendizaje de cálculo de

El propósito de este formulario es animar a los estudiantes a inscribirse en un curso antes de tiempo y ayudar a los profesores a preparar la clase.

⌚ 40 minutos

* Obligatoria

Información personal

1. Nombre y apellido *

Es importante colocar el nombre correctamente, mas adelante el juego no permitirá ingresar si agregas algo diferente.

2. Especialidad * Mecatrónica

- Ciencias
- Instalaciones
- Equipos y máquinas eléctricas
-

3. Paralelo *

- A
- B
- C
- D
- E
- F

4. Edad *

Escriba un número entero

5. ¿Con qué género te identificas? *

- Mujer
- Hombre

Conocimientos académicos

6. ¿Qué rama de las matemáticas se enfoca en el estudio de cómo cambian las cantidades? *

- El cálculo infinitesimal
- La teoría de números
- El álgebra lineal
- La geometría euclidiana

7. ¿Cuál es la idea principal que mide la derivada de una función? *

- La posición inicial de la función
- La tasa de cambio instantánea de la función
- El tamaño absoluto de la función
- El valor total de la función

8. Un estudiante afirma que la derivada solo tiene aplicaciones en las matemáticas puras y la teoría. ¿Por qué es esta una idea equivocada? *

- Solo se aplica en el ámbito de la ingeniería.
- Es una afirmación correcta, solo es teórica.
- Se aplica en campos como la física, la economía y la biología.
- Es útil únicamente para la historia de las matemáticas.

9. Analiza la expresión $\left(\frac{f(a + h) - f(a)}{h} \right)$ dentro de la definición de la derivada. ¿Qué tipo de tasa de cambio representa *antes* de aplicar el límite? *

- B. Una tasa de cambio instantánea
- A. El valor máximo de la función
- D. Una constante sin variación
- C. Una tasa de cambio promedio

10. Cuando la definición de la derivada usa el límite donde 'h' tiende a cero, ¿qué idea fundamental se infiere sobre el tipo de cambio que se está midiendo? *

- Que se busca una tasa de cambio promedio
- Que la función no experimenta ningún cambio
- Que se busca una tasa de cambio instantánea
- Que el cambio es siempre muy grande

11. Para la función $f(x) = x^2$, se calcula $f(2) = 4$ y $f(2+h) = 4 + 4h + h^2$. ¿Cuál es el siguiente paso para aplicar la definición de la derivada en $x=2$? *

- Restar $f(2)$ de $f(2+h)$ y dividir por h
- Multiplicar $f(2)$ por $f(2+h)$
- Sumar $f(2)$ y $f(2+h)$
- Evaluar $f(2+h)$ sin considerar $f(2)$

12. ¿Qué representa la derivada de una función gráficamente en un punto específico de su curva? *

- El punto de corte con el eje x
- El área bajo la curva
- La pendiente de la recta tangente
- La longitud total de la curva

13. Si la posición de un coche en el tiempo puede ser descrita por una función, ¿Qué nos dirá la derivada de esa función en un momento específico? *

- El tipo de carretera
- La velocidad del coche en ese instante
- El color del coche
- La marca del coche

14. Si tienes dos funciones $f(x) = x^2$ y $g(x) = \sin(x)$, y necesitas encontrar la derivada de la función compuesta $h(x) = f(g(x))$, ¿Qué

- propiedad de la derivada aplicarías? * C. La propiedad de linealidad
- B. La regla del cociente
- D. La regla de la cadena
- A. La regla del producto

15. ¿Cuál es el propósito principal de la regla de la cadena en el cálculo de derivadas? *

- Calcular derivadas de funciones compuestas
- Simplificar funciones muy sencillas
- Derivar la suma de dos funciones
- Dividir derivadas complejas en partes

Test Emocional
24 preguntas

16. Encuesta emocional *

TMMS-24.

INSTRUCCIONES:

A continuación encontrará algunas afirmaciones sobre sus emociones y sentimientos. Lea atentamente cada frase y indique por favor el grado de acuerdo o desacuerdo con respecto a las mismas. Señale con una "X" la respuesta que más se aproxime a sus preferencias.

No hay respuestas correctas o incorrectas, ni buenas o malas. No emplee mucho tiempo en cada respuesta.

1 Nada de Acuerdo

2 Algo de Acuerdo

3 Bastante de acuerdo

4 Muy de Acuerdo

5 Totalmente de acuerdo

1. Presto mucha atención a los sentimientos.
2. Normalmente me preocupo mucho por lo que siento.
3. Normalmente dedico tiempo a pensar en mis emociones.
4. Pienso que merece la pena prestar atención a mis emociones y estado de ánimo.
5. Dejo que mis sentimientos afecten a mis pensamientos.

6. Pienso en mi estado de ánimo constantemente.
7. A menudo pienso en mis sentimientos.
8. Presto mucha atención a cómo me siento.
9. Tengo claros mis sentimientos.
10. Frecuentemente puedo definir mis sentimientos.
11. Casi siempre sé cómo me siento.
12. Normalmente conozco mis sentimientos sobre las personas.

13. A menudo me doy cuenta de mis sentimientos en diferentes situaciones.
14. Siempre puedo decir cómo me siento.
15. A veces puedo decir cuáles son mis emociones.
16. Puedo llegar a comprender mis sentimientos.
17. Aunque a veces me siento triste, suelo tener una visión optimista.
18. Aunque me sienta mal, procuro pensar en cosas agradables.
19. Cuando estoy triste, pienso en todos los placeres de la vida.
20. Intento tener pensamientos positivos aunque me sienta mal.
21. Si doy demasiadas vueltas a las cosas, complicándolas, trato de calmarme.
22. Me preocupo por tener un buen estado de ánimo.
23. Tengo mucha energía cuando me siento feliz.
24. Cuando estoy enfadado intento cambiar mi estado de ánimo

Completa esta sección antes de enviar el formulario.

18. Describe cualquier condición o requisito especial que tengas.
19. Al enviar esta encuesta, confirmas que comprendes y aceptas las siguientes condiciones:

- La información proporcionada en esta encuesta se utilizará únicamente para fines académicos y emocionales vinculados a tu aprendizaje y bienestar en la clase.

Toda la información personal y respuestas que completes en esta encuesta serán tratadas con estricta confidencialidad y **no serán compartidas con terceros externos.**

20. He leído la información anterior. *

- De acuerdo, enviar mi inscripción.
- En desacuerdo, descartar mi inscripción.

Este contenido no está creado ni respaldado por Microsoft. Los datos que envíe se enviarán al propietario del formulario.



Microsoft

Anexo 2.

Tabla 3.1: Características demográficas por grupo de estudio

Curso	n	Edad	Mujeres	Hombres
		Media		
Experimental_1	60	17.0	29	31
Experimental_2	60	17.1	28	32
Experimental_3	60	16.9	30	30
Experimental_4	60	17.0	27	33
Control	60	17.0	30	30

Anexo 3.

Tabla 3.3: Estadísticos descriptivos pre-test conocimientos de cálculo

Curso	n	Media	DE	Mínimo	Máximo
Experimental_1	60	4.73	1.65	1	8
Experimental_2	60	4.53	1.50	2	8
Experimental_3	60	4.35	1.66	1	8
Experimental_4	60	4.75	1.66	2	9
Control	60	4.35	1.67	1	8

Anexo 4.

3.4: Estadísticos descriptivos pre-test TMMS-24 por dimensiones

Curso	Atención	Claridad	Reparación
	Media(DE)	Media(DE)	Media(DE)
Experimental_1	2.89(0.33)	2.88(0.35)	2.88(0.35)
Experimental_2	2.91(0.29)	2.89(0.31)	2.91(0.29)
Experimental_3	2.89(0.31)	2.89(0.31)	2.89(0.31)
Experimental_4	2.86(0.35)	2.86(0.35)	2.86(0.35)
Control	2.92(0.27)	2.92(0.27)	2.92(0.27)

Anexo 5.

Tabla 3.5: Estadísticos descriptivos post-test conocimientos de cálculo

Curso	n	Media	DE	Mínimo	Máximo
Experimental_1	60	7.10	1.34	4	10
Experimental_2	60	7.05	1.31	4	10
Experimental_3	60	7.07	1.29	4	10
Experimental_4	60	7.03	1.22	5	10
Control	60	5.53	1.48	3	9

Anexo 6.

Tabla 3.6: Estadísticos descriptivos post-test TMMS-24 por dimensiones

Curso	Atención	Claridad	Reparación
	Media(DE)	Media(DE)	Media(DE)
Experimental_1	3.61(0.33)	3.55(0.32)	3.51(0.35)
Experimental_2	3.62(0.29)	3.59(0.31)	3.66(0.29)
Experimental_3	3.60(0.31)	3.60(0.31)	3.59(0.31)
Experimental_4	3.56(0.35)	3.51(0.35)	3.58(0.35)
Control	2.95(0.27)	2.97(0.27)	2.90(0.27)

Anexo 7.

Tabla 3.7: Mejoras en conocimientos de cálculo por grupo

Curso	Media	DE	Mínimo	Máximo
Experimental_1	2.37	2.15	-4	6
Experimental_2	2.52	1.91	-1	6
Experimental_3	2.72	2.16	-2	7
Experimental_4	2.28	1.88	-1	6
Control	1.18	2.26	-3	5

Anexo 8.

Tabla 3.8: Mejoras en dimensiones TMMS-24 por grupo

Curso	Atención	Claridad	Reparación
	Media(DE)	Media(DE)	Media(DE)
Experimental_1	0.72(0.21)	0.67(0.18)	0.63(0.18)
Experimental_2	0.71(0.22)	0.70(0.26)	0.75(0.24)
Experimental_3	0.72(0.22)	0.71(0.23)	0.70(0.23)
Experimental_4	0.70(0.20)	0.65(0.24)	0.72(0.23)
Control	0.03(0.22)	0.05(0.23)	-0.02(0.26)

Anexo 9.

Tabla 3.9: Resumen comparativo grupos experimentales vs control

Variable	Experimental (n=240)	Control (n=60)
Pre-test Cálculo	4.59	4.35
Post-test Cálculo	7.06	5.53
Mejora Cálculo	2.47	1.18
Mejora Atención	0.71	0.03
Mejora Claridad	0.68	0.05
Mejora Reparación	0.70	-0.02

Anexo 10.

Tabla 3.10: Resumen completo de resultados por curso

Curso	Pre-Calc	Post-Calc	Mejora-C	Mej-Aten	Mej-Clar	Mej-Rep
Experimental_1	4.73	7.10	2.37	0.72	0.67	0.63
Experimental_2	4.53	7.05	2.52	0.71	0.70	0.75
Experimental_3	4.35	7.07	2.72	0.72	0.71	0.70
Experimental_4	4.75	7.03	2.28	0.70	0.65	0.72
Control	4.35	5.53	1.18	0.03	0.05	-0.02

Anexo 11.

Tabla 3.11: Estadísticos descriptivos para análisis ANOVA

Curso	n	Media_Calc	DE_Calc	Media_Aten	DE_Aten
Experimental_1	60	2.037	1.953	0.718	0.211
Experimental_2	60	2.513	1.802	0.737	0.220
Experimental_3	60	2.919	2.152	0.709	0.217
Experimental_4	60	2.387	1.948	0.654	0.197
Control	60	1.139	2.360	0.029	0.222

Anexo 12.

Tabla 3.15: Diferencias de medias - Conocimientos de cálculo

Comparación	Diferencia	Significativa
Experimental_1 vs Control	0.898	Sí
Experimental_2 vs Control	1.374	Sí
Experimental_3 vs Control	1.780	Sí
Experimental_4 vs Control	1.248	Sí

Anexo 13.

Tabla 3.16: Diferencias de medias - Atención emocional

Comparación	Diferencia	Significativa
Experimental_1 vs Control	0.689	Sí
Experimental_2 vs Control	0.708	Sí
Experimental_3 vs Control	0.680	Sí
Experimental_4 vs Control	0.625	Sí