

Uso de herramientas tecnológicas y su impacto en el rendimiento en el curso de Cálculo II de la Universidad Nacional

Use of technological tools and their impact in the performance in course of Calculus II of the National University.

José Andrey Zamora-Araya^a, Jeremías Ramírez-Jiménez^b, Fabiola Delgado-Navarro^c

^aMaestría Académica en Estadística, jzamo@una.ac.cr, Universidad Nacional, Costa Rica, <http://orcid.org/0000-0001-6050-5850>
Heredia, Costa Rica

^bMaestría Académica en matemáticas, jeremias.ramirez.jimenez@una.ac.cr, Universidad Nacional, Costa Rica, <https://orcid.org/0000-0001-6608-791X>, Heredia, Costa Rica

^cBachillerato enseñanza de las matemáticas, anadelgado15@gmail.com, Universidad Nacional, Costa Rica, <https://orcid.org/0000-0001-9635-0811>
Heredia, Costa Rica

Forma de citar: Zamora-Araya, J.A, Ramírez-Jiménez, J. Delgado-Navarro, F. Uso de herramientas tecnológicas y su impacto en el rendimiento en el curso de Cálculo II de la Universidad Nacional. *Eco Matemático*, 11 (1), 20-31

Recibido: 10 de octubre de 2019

Aceptado: 18 de enero de 2020

Palabras clave

TIC,
Rendimiento académico,
Cálculo,
diseño
cuasiexperimental.

Keywords

ICT, Academic
performance,
Calculus,
quasi-experimental
design.

Resumen: El uso de las TIC en contextos escolares es un valioso recurso para los procesos de enseñanza-aprendizaje en muchas disciplinas y la Matemática no es la excepción. El objetivo del documento es contrastar la hipótesis de que el uso de herramientas tecnológicas en las clases del curso de MAT003 Cálculo II mejora el rendimiento académico de los estudiantes. Para ello se diseñó un cuasiexperimento con tres niveles de tratamientos cuya variable dependiente está representada por la nota del segundo examen parcial en la asignatura. El primer grupo experimental usó videos y software matemáticos como apoyo a las clases y el segundo grupo únicamente videos, el tercer tratamiento estuvo constituido por el grupo control. Como variables de control se tomaron las notas del curso de cálculo I y del primer parcial de la asignatura de cálculo II, las cuales no mostraron tener diferencias significativas entre los diferentes grupos. Se aplicó un análisis de varianza con corrección de Welch y se calcularon los tamaños de efecto entre los tratamientos. Aunque el resultado del análisis de varianza no resultó ser significativo ($\alpha=0.053$), los tamaños de efecto y niveles de aprobación por tratamiento muestran evidencia en favor del uso de TIC como medio para mejorar el rendimiento académico en el curso de MAT003 Cálculo II.

Abstract: The use of ICT in scholar contexts is a valuable resource for teaching-learning processes in many disciplines and Mathematics is not an exception. The goal of the document is to contrast the hypothesis that the use of technological tools in classes of Calculus II course, improves the students' academic performance. Hence, a quasi-experiment was designed with three treatment levels whose dependent variable is represented by the second partial exam mark in the subject. The first experimental group used videos and mathematical software as support for the classes and the second group only videos were used, the third treatment was constituted by the control group. As control variables were: the scores on the calculation I course and the first test the

*Autor para correspondencia jzamo@una.ac.cr

<http://dx.doi.org/10.1016/j.eq/>

2590-9215© 2017 Universidad Francisco de Paula Santander. Este es un artículo bajo la licencia CC BY 4.0

calculation II course were taken, which did not show significant differences between groups. An analysis of variance with Welch's correction was applied along with effect sizes between the treatments were calculated. Although the result of the analysis of variance was not to significant ($p = 0.053$), the effect sizes and promotion levels per treatment show evidence in favor of the use of ICT as a means to improve academic performance in the course of MAT003 Calculus II.

Introducción

El uso de herramientas tecnológicas en la enseñanza de la matemática ha permitido la comprensión de conceptos y promover al estudiante la utilización de estos recursos tecnológicos para el mejoramiento del aprendizaje de las matemáticas. En la actualidad la tecnología contribuye en la planeación de clases dinámicas, participativas, creativas y cooperativas. Por ejemplo, el uso de videos ayuda al aprendizaje en Matemáticas rompiendo esquemas o paradigmas del profesor tradicional, así los recursos didácticos pretenden facilitar tanto a los docentes como estudiantes el apoyo para la enseñanza y el aprendizaje (Gamboa, 2007; Hitt, 2018).

Asimismo, los estudiantes que reciben los cursos de matemática, sin importar el nivel educativo que se contemple, pueden beneficiarse de la implementación de herramientas tecnológicas. Igualmente, el docente al incorporar tecnología en sus clases puede ayudar a motivar a sus alumnos para realizar las actividades escolares tanto dentro como fuera del salón de clases y de esta manera mejorar sus calificaciones (Edwards, 2016; Salas-Rueda, 2018).

En el caso particular de la asignatura MAT003 Cálculo II de la Universidad Nacional, Costa Rica, (UNA) el rendimiento académico de los estudiantes ha venido disminuyendo al igual que los números de retiros en los últimos ciclos (ver Tabla I). La población estudiantil que recibe este curso es variada ya que se encuentra estudiantes de diferentes áreas como Economía, Bio-procesos, Química Industrial y Gestión ambiental, sin embargo, todavía las

estrategias metodológicas del curso Cálculo II no ha hecho un uso intensivo de recursos tecnológicos como sí lo hacen las asignaturas de estas disciplinas que incorporan software especializados, equipo de laboratorio entre otros para desarrollar sus clases.

Tabla I. UNA: calificaciones de la asignatura MAT003 Cálculo II de acuerdo con el ciclo en el período II Ciclo 2014- I Ciclo 2017.

Ciclos	Estudiantes matriculados	Retirados	Aprobados
II Ciclo 2014	128	14.84%	56;88%
I ciclo 2015	134	12.69%	50,43%
II ciclo 2015	141	8.51%	48;06%
I ciclo 2016	157	8.92%	55;94%
II ciclo 2016	115	5.22%	33;94%
I ciclo 2017	184	1.63%	39;23%

Fuente: Actas de calificaciones de los cursos. Escuela de Matemática (UNA)

A pesar de que los contenidos del curso Cálculo II a saber: sólidos de revolución, coordenadas polares, integrales impropias, números complejos, sucesiones y series, series de potencias y funciones en varias variables son aptos para poder introducir estrategias didácticas que hagan un uso adecuado de herramientas tecnológicas, hasta el momento, no se ha hecho de manera metódica. Estas temáticas tradicionalmente se enseñan mediante clases magistrales y listas de ejercicios, sin embargo, existen actividades docentes que se puede implementar con el uso de software matemáticos, plataformas, videos, prácticas en línea que permiten a los estudiantes acceder a ellas en cualquier momento y lugar, posibilitando así una mejor comprensión de los conceptos.

"las representaciones semióticas son a la vez representaciones conscientes y externas... permiten una mirada del objeto a través de la percepción de estímulos (puntos, trazos, caracteres, sonidos...) que tienen el valor de significantes" (Duval, 2017: 68). las figuras geométricas, los gráficos cartesianos, los esquemas, la escritura aritmética y algebraica, las tablas son algunas de las representaciones semióticas de mayor uso en la enseñanza y el aprendizaje de la geometría.

La UNA ha incorporado el uso de tecnologías en distintos ámbitos, entre ellos el académico, con el fin de ayudar a los estudiantes. Es así como la UNA pone a disposición de los estudiantes diversas actividades y herramientas como plataformas de aprendizaje, licencias para ciertos tipos de software, aulas virtuales, laboratorios, entre otros recursos con la intención de que docentes y estudiantes compartan experiencias, presenciales o virtuales, un espacio educativo que favorezcan los procesos de enseñanza y aprendizaje. Además, el Sistema de Información Documental de la Universidad Nacional (SIDUNA) permite el acceso a distintas bases de datos reconocidas a nivel mundial facilitando la recolección de información para trabajos e investigaciones, cuando así se requiera. De igual modo, los laboratorios de cómputo permiten a los estudiantes utilizar los software que la UNA ha adquirido, por ejemplo, en la Escuela de Matemática se ha instalado diversos programas informáticos de geometría, estadística, cálculo entre otros, que los docentes emplean para enseñar ciertos contenidos en múltiples cursos.

No obstante, estos recursos no han sido aprovechados en su totalidad cuando se imparten los cursos del área de matemática, y es por ello que el principal objetivo de la presente investigación fue el de implementar el uso de herramientas tecnológicas, en particular, videos educativos y software especializados como una estrategia de enseñanza en el curso de cálculo II. La hipótesis de trabajo es que estas herramientas tecnológicas mejorarían el rendimiento de los estudiantes, en comparación con aquellos que reciben las clases con los métodos tradicionales de enseñanza. Los contenidos del curso en que se aplicó la intervención fueron integrales impropias, sucesiones y series.

Para constatar esta hipótesis, se diseñó un cuasiexperimento en el cual un grupo experimental recibió una metodología basada en videos y uso de software, como Wolfram Alpha y Symbolab, para apoyar las clases de cálculo II. Además se realizaron

talleres para garantizar un adecuado uso de la herramienta y potenciar su posible efecto sobre el rendimiento académico. Un segundo grupo, estuvo constituido por estudiantes que solamente tuvieron acceso al uso de los videos didácticos, es decir, no recibieron el taller.

Finalmente, el grupo control estuvo constituido por estudiantes que recibieron clases magistrales, como tradicionalmente se ha impartido la asignatura, sin ayuda de ninguna herramienta tecnológica. A todos los grupos se les aplicó la misma prueba escrita para evaluar los temas de integrales impropias, sucesiones y series. La nota de esta prueba sirvió como variable dependiente.

Antecedentes

En México, Celaya, Lozano y Ramírez (2010) mencionan que con el paso del tiempo han aumentado las necesidades de nuevos recursos educativos y con el uso de nuevas tecnologías se han ido sustituyendo los modelos tradicionales, las nuevas tendencias como es el uso de pizarras electrónicas, material digital, videos, audios, etc. Es de esta manera donde surgen los Recursos Educativos Abiertos (en adelante REA), material educativo de acceso libre, el cual inició en los países desarrollados. La investigación se trató del caso de una preparatoria mexicana privada que empieza a trabajar con *Knowledge Hub* (KHUB), un portal que permite la búsqueda de material educativo es un trabajo en equipo por parte de los profesores y administrativos de la institución.

Los resultados obtenidos pueden servir como apoyo a los docentes que deseen implementar REA, en su área de trabajo, es un proceso de transición, mejora y puesta en práctica, no es un camino sencillo realizar el cambio y se trató de visualizar todas las dimensiones que involucran al docente, su organización y desarrollo, los resultados son expuestos para que estos puedan ser consultados,

mejorados y tienen un amplio repertorio dirigido a varias disciplinas y niveles educativos.

Surgen varias interrogantes en torno a los docentes que utilizan los recursos, diferencias en los usos tecnológicos, habilidades que adquieren y el modo de empleo de estos, el estudio se realizó con cinco docentes. Se utilizaron cuestionarios electrónicos y entrevistas telefónicas con resultados que se pueden obtener muchos beneficios con el uso del REA y mejor comprensión de los contenidos, más participación y motivación.

Con el fin de que exista una mejora en su desempeño y el resultado con los estudiantes, muchos todavía solo lo utilizan como fuente de apoyo, la investigación se dirigió solamente hacia los docentes, dejando de lado el punto de vista de los alumnos con respecto al uso de los REA, además, otra limitación fue el uso solamente del *Knowledge Hub* (KHUB), existiendo muchos más medios.

Los recursos tecnológicos proporcionan procesos educativos que facilitan el conocimiento y la motivación, pensando en la necesidad de ir implementando a todos los niveles educativos, a todas las áreas y en el proceso de formación de los docentes.

Por otra parte, López, Castro y Molina (2012), en su investigación hecha en la Universidad Autónoma de Yucatán en México, enfocaron el estudio en determinar las actitudes de los estudiantes de ingeniería hacia el uso de las herramientas tecnológicas en la enseñanza. Se realizó un cuestionario aplicado a 253 estudiantes del primer curso de ingeniería, en diferentes titulaciones del Campus de Ingeniería y Ciencias Exactas, con el propósito de medir las actitudes de los estudiantes hacia la tecnología. Se demostró que existen actitudes positivas hacia el uso de herramientas tecnológicas para el aprendizaje de la Matemática y en general hay evidencias en investigaciones previas que la actitud está correlacionada positivamente con

el rendimiento académico. Por ello, se resalta la importancia del uso de la tecnología para que los estudiantes tengan mejoramiento en la enseñanza basándose en sus actitudes.

Por otro lado, Cuicas, Debel, Casadei y Álvarez (2007), en una investigación realizada a 34 estudiantes inscritos en la asignatura Matemática II, del programa de Ingeniería Civil, quienes no tenían experiencia en el uso de software matemático Maple y acostumbrados a una clase tradicional de matemática, se les brindó capacitaciones para el uso del software, por medio de asignaciones formativas y sumativas. Al concluir el estudio, se verificó que el software Maple 13 facilita el aprendizaje y enseñanza para cualquier contenido matemático, genera clases más dinámicas y participativas, donde los estudiantes interactúan entre ellos aprendiendo y obteniendo mejores resultados en sus calificaciones.

Según Calm et al., (2013), el objetivo de la investigación es la necesidad que tiene la enseñanza superior de generar la búsqueda de diseños metodológicos y estrategias de instrucción para que los estudiantes de la Universidad Oberta de Catalunya (UOC), quienes principalmente cursan Ingeniería en Informática y Tecnologías de la Comunicación, aprendan durante el proceso educativo con la ayuda de la integración de texto y video.

En los últimos años, en el área de las matemáticas el uso de herramientas tecnológicas es un recurso didáctico de gran apoyo para la enseñanza tanto dentro como fuera del salón de clase (Ravelo, Revuelta y González, 2018). Sin embargo, la idea es ir más allá con el uso de herramientas tecnológicas para el mejoramiento académico del estudiante.

Finalmente, Pineda, Hernández y Avendaño (2020), hacen una valoración de Derive, según sus posibilidades técnicas y pedagógicas para facilitar a los estudiantes el aprendizaje de cálculo diferencial. El objetivo fue implementar una propuesta metodológica en el proceso de enseñanza-

aprendizaje de la derivada de una función en la formación inicial de docentes de matemáticas. El enfoque fue cuantitativo, con carácter descriptivo. El instrumento de recolección de información fue la encuesta. Se trabajó con una muestra intencional de 48 estudiantes de un programa de formación inicial de docentes. La información se recolectó a través de un cuestionario tipo Likert de cinco alternativas. Los hallazgos muestran la facilidad de acceso, la sencillez del software y sus posibilidades pedagógicas para un uso adecuado de conceptos asociados con las aplicaciones de las derivadas. Se concluye que la incorporación de Derive facilita el aprendizaje de derivadas, pues permite un manejo apropiado de los conceptos y teorías trabajados en la propuesta metodológica.

Refiriéndose a la realidad de Costa Rica, Gómez (2008), en Costa Rica, en la actualidad no se puede separar el uso de la tecnología con el proceso de aprendizaje, debe ir de forma conjunta con la planificación curricular. Diversos estudios resaltan la importancia de incorporar los TIC (Tecnologías de la información y la comunicación) en el aula, creando nuevas formas de usos que sean eficientes y atractivos a los estudiantes.

El docente es un facilitador y guía, para el proceso de aprendizaje y enseñanza en el uso de tecnología hacia el estudiante, en la manera que el alumno maneje estos procesos se hará más hábil, receptivo, permitiéndole crear, analizar y desarrollar nuevos conocimientos de forma significativa, brindando los medios necesarios para poder cubrir lo requerido, sin dejar de lado la interacción entre el docente y estudiante. Es muy importante el planteamiento de objetivos para crear las actividades mediante el uso de las TIC en el proceso de aprendizaje, planificar el uso de recursos de apoyo y encontrar la forma de evaluarlo conjuntamente.

Por otro lado, según Hernández (2015) la capacitación docente en el uso de tecnología mediante unidades virtuales de aprendizaje en la

enseñanza de las matemáticas”, propone el diseño y ejecución de Unidades Virtuales de Aprendizaje (UVA) dentro de una estrategia para la capacitación docentes de matemáticas en el uso de tecnología, el proyecto brinda capacitaciones a docentes de primaria y secundaria del uso de tecnología, entre las actividades están: la utilización del software matemáticos como Geogebra, plataformas de cursos virtuales siguiendo el propósito de los planes actuales de matemática aprobados por el Ministerio de Educación Pública (MEP) en 2012.

Vílchez (2006), en su artículo “Impacto de las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación para la Enseñanza de la Matemática en la Educación Superior en Costa Rica”, desde años atrás se ha transformado el método tradicional de enseñanza y ha ido evolucionando cada día con el uso de la tecnología digital, se menciona la Matemática Asistida por Computadora en la Educación Superior brindada por el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), quien ha desarrollado cursos virtuales y en su plataforma se encuentra gran cantidad de materiales didácticos elaborados por Web Mathematica. Además, el objetivo es utilizar en sus lecciones el laboratorio con algunos softwares como el Matlab, Derive y Mathematica, que son de gran utilidad para distintas áreas como cálculo diferencial e integral, álgebra lineal, ecuaciones diferenciales, métodos numéricos etc. Es de un gran apoyo el uso de tecnologías de comunicación para los procesos de aprendizaje en la enseñanza de la matemática, resultando una nueva herramienta para el docente para implementarse durante sus lecciones y de cierta manera, reducir la Mate fobia y abrir un conocimiento educativo enriquecido, gracias al apoyo de la tecnología.

Finalmente, Mora (2013), en la Universidad Estatal a Distancia (UNED) en Costa Rica se brinda apoyo al estudiante con cursos virtuales en línea para el aprendizaje, además, en algunos casos se utilizan las redes sociales como Facebook, Twitter, Google plus para comunicaciones sobre investigaciones o

proyectos realizados y apoyo académico. Se afirma que la red social Facebook ha fomentado iniciativas muy importantes en la UNED teniendo cada curso su propia página para una mejor comunicación entre el profesor y los estudiantes matriculados.

Para la investigación, tecnología es una palabra que tiene muchos significados lo cual se considera que es una herramienta que permite ayudar en cualquier disciplina, particularmente en la enseñanza, facilitando a los docentes opciones variadas para la implementación de actividades en el aula y no solo limitarnos a una enseñanza de clases magistrales. Relacionando recurso con tecnología, un recurso tecnológico sería un medio por el cual las personas buscan cumplir una meta u objetivo valiéndose de la tecnología. De esta manera, el docente tiene a su disposición múltiples herramientas tecnológicas para facilitar la enseñanza.

Las nuevas tecnologías son instrumentos y herramientas que permiten codificar otro tipo de lenguaje, lo cual permite extraer herramientas, crear sistemas de información, generar recursos o recopilar información basados en la tecnología. Un ejemplo de nuevas tecnologías a nivel mundial son los satélites que resultaron en la creación de mapas detallados y esto a en sistemas de navegación como Waze y Google Maps.

Según Cañavate y Cobacho (2008), el objetivo de la investigación es presentar el trabajo realizado con la creación de videos para los estudiantes de los cursos de Matemáticas e Investigación Operativa del año 2007-2008, pretende que los estudiantes mejoren su conocimiento y desarrollen capacidades, desde la perspectiva de los profesores.

El propósito de elaborar videos es que el estudiante trabaje a su ritmo de aprendizaje, pause y continúe la reproducción las veces que sea necesario, son más de 600 videos que están a disposición en una página web hecho por profesores de matemáticas del Departamento de Matemática

Aplicada y Estadística de la Universidad Politécnica de Cartagena, con contenidos de educación secundaria y superior, se utilizaron los softwares libres CamStudio y VirtualDub, para la grabación y edición de los videos. Para que sean más accesibles, se encuentran en la página YouTube, permitiendo la inclusión de todos los estudiantes.

Se concluyó que la experiencia fue en su mayoría positiva y que el apoyo en este recurso tecnológico es un complemento de la clase tradicional. Además, los investigadores se encuentran sumamente motivados a continuar y mejorar los videos para lograr mejores 19 resultados, abarcar más cursos y contenidos.

Adicionalmente, Díaz, Recio y Saucedo (2011), menciona que existen 4 tipos de videos; instructivos, cognoscitivos, motivadores y modelizadores utilizados en distintas formas según los objetivos didácticos que se pretendan alcanzar.

Instructivos: Permite al estudiante adquirir nuevos conocimientos al observar los videos.

Cognoscitivos: Consisten en que los alumnos refuercen los conocimientos previos que están estudiando.

Motivadores: Antes de presentar un contenido, los videos motivadores tienen el fin de generar una actitud positiva.

Modelizadores: Presentan mediante juegos o expresiones artísticas elementos relacionados a una temática para completar o reforzar el conocimiento.

Materiales y Métodos

Población de estudio: La población está constituida por todos los estudiantes matriculados en el curso MAT003 Cálculo II en el II ciclo lectivo del año 2017 en el campus Omar Dengo de la UNA.

Criterios de exclusión: Para efectos de este estudio no fueron tomados en cuenta los estudiantes que se ausentaron a la primera o segunda pruebas

parciales, realizaron retiro justificado del curso o bien decidieron no participar en el estudio. En el caso de los grupos experimentales, también se excluyeron aquellos estudiantes que no asistieron al taller o expresaran no haber visto los videos.

Tipo de investigación: Esta investigación es de tipo cuasi-experimental de corte transversal con un diseño de grupos no equivalentes (Campbell y Stanley, 1966), en la cual la variable respuesta es la nota obtenida en la segunda prueba parcial de la asignatura. El diseño es cuasiexperimental debido a la imposibilidad de asignación aleatoria de las unidades experimentales a los tratamientos, en este caso debido a que los grupos se conforman de acuerdo con la preferencia de los estudiantes a la hora de efectuar la matrícula y de los cupos disponibles.

Cada grupo tuvo diferentes profesores y se establecieron dos tratamientos y un control, definidos de la siguiente manera:

Tratamiento I: está constituido por aquellos estudiantes que tuvieron acceso a videos didácticos y a un taller sobre el uso de un software matemático.

Tratamiento II: es el grupo de es estudiantes que solamente tuvieron acceso al uso de los videos didácticos, es decir, no recibieron el taller sobre el uso del software matemático.

Grupo control: corresponde a estudiantes que recibieron la metodología tradicional de clases magistrales, por lo que no tuvieron acceso ni al uso de videos ni al taller sobre el uso de software matemático.

Procedimientos

Con la supervisión del coordinador del curso se elaboraron en total 11 videos que representaran soluciones a ejercicios considerados por los docentes como “claves” para la comprensión de los

contenidos. A cada video se le hizo una edición con el programa Camtasia versión 9.1.0, en la edición se agregó titulares de texto e imagen para mejorar la comprensión, también se les agregó música y el logotipo.

Para cada video se redactó un guión en donde se explican ejercicios que, a criterio del coordinador, se consideran representativos para la comprensión de los contenidos a evaluar en el segundo examen parcial. La correcta exposición de la información así como las técnicas de solución de ejercicios fueron revisadas con especialistas en el área hasta tener una versión final del material.

Una vez editados los videos, siete acerca integrales impropias y cuatro referentes al tema de series numéricas, se pusieron a disposición de los estudiantes inmediatamente después de aplicar el primer examen parcial por medio de la página de Facebook del curso Cálculo II, administrada por el coordinador del curso, durante un período de tres semanas para el caso de los grupos que lo requerían (tratamientos I y II).

Posteriormente, a los estudiantes que recibieron el tratamiento I se les realizó un taller para el uso de los softwares matemáticos Wolfram Alpha y Symbolab. El taller tuvo una duración de poco menos de dos horas y se enfocó en el uso de programas que facilitarían la resolución de ejercicios de los temas a ser evaluados en el segundo examen parcial.

Junto a las guías del taller se facilitó un documento impreso con los ejercicios resueltos paso a paso sobre integrales impropias y series numéricas, orientando a los estudiantes sobre cómo obtener los resultados de dichos temas con ayuda de los softwares Wolfram alpha y Symbolab.

La dinámica del taller consistió en realizar actividades de resolución de ejercicios por medio del celular o bien computadoras con ayuda de Wolfram Alpha o Symbolab en línea. Con ayuda de

las guías se orientaba al estudiante sobre cómo buscar la página y ejecutar los comandos necesarios para la resolución de las tareas propuestas. Al finalizar el taller, los estudiantes retroalimentaron la actividad con comentarios sobre el mismo.

Descripción de variables

Al no tener una asignación aleatoria de los sujetos a los tratamientos, no es posible garantizar la total equivalencia de los grupos, sin embargo, se consideraron variables que están asociadas con el rendimiento académico como la nota del curso de cálculo I que sirve como requisito de la signatura de cálculo II, la nota del primer parcial de cálculo II, el tipo de carrera y el sexo (ver Tablas II y III).

Tabla II. UNA: Cantidad de estudiantes según carrera matriculada y sexo de acuerdo con el tratamiento

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Grupo control
Sexo			
Hombre	3	4	3
Mujer	9	7	9
Carrera			
Economía	9	4	6
Ingeniería Ambiental	2	1	4
Ingeniería Química	1	6	2

Tabla III. UNA. Estadísticas descriptivas de las de control y la nota en el segundo parcial según tratamiento

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Grupo control
Nota I parcial			
Promedio	70.33	72.76	72.59
Mediana	68.5	73	72.7
Desviación estándar	18.25	15.31	13.56
Mínimo	44	45	46.7
Máximo	100	100	95
Nota II parcial			
Promedio	81.17	76.46	64.1
Mediana	78	81.4	67.15
Desviación estándar	8.95	11.59	20.71
Mínimo	70	52.9	27
Máximo	96	88.6	92.9
Notas de Cálculo I			
Promedio	8.04	8.05	7.52
Mediana	8.25	8.25	7.12
Desviación estándar	0.72	0.93	0.93
Mínimo	7	6.25	6.5
Máximo	9	9.5	9.25

Resultados y análisis

Para realizar los análisis estadísticos se utilizó el software R versión 3.5.2. Inicialmente se consideró realizar un análisis de varianza (ANDEVA) para contrastar la hipótesis nula de que los promedios en la nota del segundo examen parcial de cálculo II, en los tres tratamientos, son iguales. Antes de realizar el ANDEVA se verificaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad de las distintas poblaciones.

Se efectuó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y se pudo verificar que la nota del segundo parcial para las tres poblaciones, tratamiento 1, tratamiento 2 y control, se comporta normalmente con valores p de 0.117, 0.054 y 0.592 respectivamente. Continuando con el análisis, se efectuó el contraste de hipótesis para la igualdad de varianzas por medio de la prueba de esfericidad de Bartlett, comprobándose que no se cumple dicho supuesto ($p = 0.019$).

Por tanto, al no satisfacerse la homocedasticidad de varianzas, pero si el supuesto de normalidad se optó por realizar un ANDEVA con corrección de Welch (1951), que no requiere del supuesto de homocedasticidad y cuyo resultado se muestra en la tabla IV.

Tabla IV. Análisis de varianza con corrección de Welch

Estadístico de prueba	Grados de libertad numerados	Grados de libertad denominados	Valor P
3.43	2	19.68	0.053

A pesar de que los resultados del ANDEVA resultaron no significativos, el valor p es solo un criterio entre varios para determinar la diferencia entre grupos. Otro criterio corresponde al tamaño del efecto, los cuales indican que las diferencias entre los promedios de tratamiento tienen importancia práctica, como se observa en la tabla V.

Tabla V. Tamaño del efecto entre los diferentes tratamientos

Comparación	Tamaño de efecto (d de Cohen)	Intervalo de confianza	
		Límite inferior	Límite superior
Tratamiento 1-Tratamiento 2	0.4570 (pequeño)	-0.4223	1.3363
Tratamiento 1-Control	1.0697 (grande)	0.1645	1.9748
Tratamiento 2- Control	0.7277 (mediano)	0.1686	1.6240

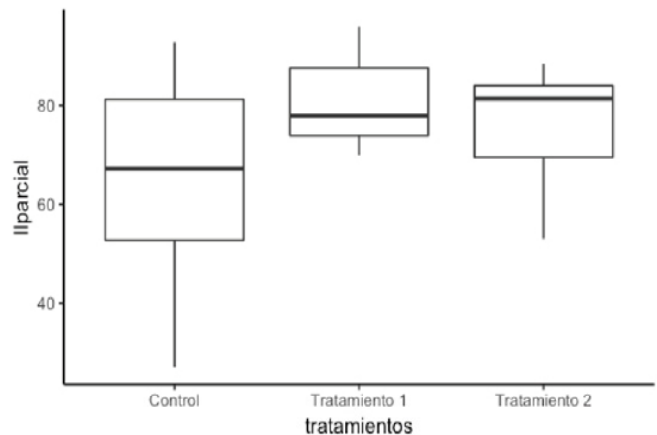


Figura 1. Diagrama de cajas para el rendimiento en la segunda prueba parcial según tratamiento

El tamaño del efecto entre los promedios de el tratamiento 1 y el control es considerado grande (ver Tabla V), lo que muestra que el uso de tecnología en la enseñanza de los contenidos del curso de cálculo II tiene un efecto positivo en el rendimiento académico, como se aprecia en el aumento en el promedio de los diferentes tratamientos, donde a mayor uso de herramientas tecnológicas mayor es el promedio (ver Figura 1). Además, si se considera los estudiantes que aprobaron el segundo parcial y en general los que aprobaron el curso, resulta evidente el aporte que tiene el uso de este tipo de actividades en el rendimiento del estudiantado (ver Tabla VI). Sin embargo, dichas diferencias no son significativas estadísticamente.

Estos resultados sobre los beneficios del uso de la tecnología en el rendimiento académico son consistentes con otras experiencias en cursos universitarios donde el uso de software ayuda a la comprensión de los conceptos matemáticos en temas como ecuaciones diferenciales, tasas de variación,

cálculo diferencial e integral, álgebra, probabilidad y estadística (Cerda, Huete, Molina, Ruminot y Saiz, 2017; Rodríguez y Quiróz, 2016; Villa, González y Carmona, 2018; Pineda, Hernández y Avendaño, 2020).

Tabla VI. Rendimiento de los estudiantes en el segundo parcial y en la nota final del curso de Mat003 Cálculo II según tratamiento.

Segundo parcial			
	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Control
Aprobado	12	8	6
Reprobado	0	3	6
Total	12	11	12
Nota Final			
Aprobado	9	2	6
Reprobado	3	9	6
Total	12	11.59	12

Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran evidencia en favor de la hipótesis de investigación de que la implementación del uso de herramientas tecnológicas en la clase tales como software y videos en los temas de integrales impropias, sucesiones y series mejoraron el rendimiento académico estudiantil del curso de Mat003.

A pesar de que el ANDEVA resultó no significativo ($p = 0.053$), cuando se comparan los tamaños de efecto entre los tratamientos se logra apreciar una diferencia a favor de los grupos que utilizaron herramientas tecnológicas con respecto al control. Además, dichas diferencias se acentúan entre más intensivo es el uso de TIC, sin embargo, el tamaño del efecto al comparar los tratamientos que involucran metodologías con ayuda de la tecnología se considera pequeño, por lo que es recomendable investigar más sobre el uso de software en las clases de matemática.

Por otra parte, el uso de los softwares Wolfram Alpha y Symbolab en el tema de integrales impropias y series numéricas, según la percepción del estudiantado facilitó la comprensión de los contenidos. Precisamente, la intención al crear videos donde se muestre detalladamente la resolución de ejercicios que, a criterio de los profesores, se

consideran relevantes para los tópicos estudiados es ayudar a reconocer las principales técnicas de resolución y que el estudiante tenga siempre a la mano un apoyo virtual con el fin de mejorar su rendimiento académico.

Esta valoración positiva de los estudiantes va más allá de la posible nota obtenida en una prueba pues en los grupos donde se pusieron a disposición videos los estudiantes, independientemente de su rendimiento en la prueba, manifestaron su deseo de continuar recibiendo el resto de los temas con esta metodología, no obstante solo se implementó para los contenidos del segundo parcial.

No obstante, aunque los resultados son alentadores se requiere profundizar en la investigación sobre el uso de herramientas virtuales en temas relacionados con la enseñanza de la matemática, no solo para un tema específico sino para la totalidad de los contenidos del curso, esta es una limitación del presente estudio. Además, es necesario efectuar réplicas en otros grupos y contextos educativos para obtener mayor evidencia de validez externa de la relación entre el uso de videos educativos y rendimiento académico.

Referencias

- Calm, R., Ripoll, J., Olivé Farré, C., Masià, R., Sancho-Vinuesa, T., Parés Mariné, N., y Pozo Montero, F. (2013). Integración de texto y vídeo en un nuevo recurso para el aprendizaje de matemáticas en línea. *IE Comunicaciones*, (17), 23–31. <http://upcommons.upc.edu/handle/2117/22026>
- Campbell, D. & Stanley, J. (1966). *Experimental and Quasi-experimental Designs for Research*. <https://www.sfu.ca/~palys/Campbell&Stanley-1959-Exptl&QuasiExptlDesignsForResearch.pdf>
- Cañavate, R., y Cobacho, M. (2008). Vídeos docentes en asignaturas de matemáticas e investigación operativa. *Asociación Española de Profesores Universitarios de Matemáticas*

- aplicadas a la Economía y la Empresa*, (1), 1–11. <http://repositorio.upct.es/handle/10317/697>
- Celaya, R., Lozano, F., y Ramírez, M. (2010). Apropiación tecnológica en profesores que incorporan recursos educativos abiertos en educación media superior. *Revista mexicana de investigación educativa*, 15(45), 487-513. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662010000200007&lng=es&tlng=pt.
- Cerda, C., Huete, J., Molina, D., Ruminot, E., y Saiz, J. (2017). Uso de Tecnologías Digitales y Logro Académico en Estudiantes de Pedagogía Chilenos. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 43(3), 119-133. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052017000300007>
- Cuicas, M., Debel, E., Casadei, L., y Alvarez, Z. (2007). El software matemático como herramienta para el desarrollo de habilidades del pensamiento y mejoramiento del aprendizaje de las matemáticas. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"*, 7(2), 1–34. <http://www.redalyc.org/html/447/44770209/>
- Díaz, J., Recio, C., y Saucedo, M. (2011). El video en el desarrollo de competencias matemáticas, caso: Universidad Autónoma del Carmen. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 2(3), 97–112. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4932627>
- Edwards, S. (2016). New concepts of play and the problem of technology, digital media and popular-culture integration with play-based learning in early childhood education. *Technology, Pedagogy and Education*, 25(4), 513-532. <https://dx.doi.org/10.1080/1475939X.2015.1108929>
- Gamboa, R. (2007). Uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas. *Cuadernos de investigación y formación en educación matemática*. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cifem/article/view/6890/6576>
- Gómez, G. (2008). El uso de la tecnología de la información y la comunicación y el diseño curricular. *Revista Educación*, 32(1), 77–97. <http://www.redalyc.org/html/440/44032107/>
- Hernández, L. (2015). Capacitación docente en el uso de tecnología mediante unidades virtuales de aprendizaje en la enseñanza de las matemáticas. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, 99-112. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cifem/article/view/19147>
- Hitt, F. (2018). El aprendizaje del cálculo y nuevas tendencias en su enseñanza en el aula de matemáticas. *Eco Matemático*, 8, 6-15. <https://doi.org/10.22463/17948231.1374>
- López, R., Castro, E., y Molina, M. (2012). *Actitudes de estudiantes de ingeniería hacia el uso de la tecnología en las matemáticas*. Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universitat de València y SEIEM, 181–190. <http://funes.uniandes.edu.co/2045/>
- Mora, F. (2013). *Las redes sociales y su uso en la educación a distancia: el caso de la UNED de Costa Rica*. https://www.uned.ac.cr/academica/edutec/memoria/ponencias/francisco_mora_23.pdf
- Pineda, W., Hernández, C., y Avendaño, W. (2020). Propuesta didáctica para el aprendizaje de la derivada con Derive. *Praxis & Saber*, 11(26), e9845. <https://doi.org/10.19053/22160159.v11.n26.2020.9845>
- Ravelo, E., Revuelta, F., y González, A. (2018). Modelo de integración de la competencia digital del docente universitario para su desarrollo profesional en la enseñanza de la matemática—Universidad Tecnológica Equinoccial de Ecuador. *EDMETIC*, 7(1), 196-224. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6382212>
- Rodríguez, R., y Quiroz, S. (2016). El papel de la tecnología en el proceso de modelación matemática para la enseñanza de las ecuaciones diferenciales. *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 19(1), 99-124. <https://dx.doi.org/10.12802/relime.13.1914>
- Vílchez, E. (2006). Impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación para la

enseñanza de la matemática en la educación superior. *Revista Digital: Matemática, Educación e Internet*, 7(2), 1–24. <http://tecdigital.tec.ac.cr/revistamatematica/>

Villa, J., González, D. y Carmona, J. (2018). Modelación y Tecnología en el Estudio de la Tasa de Variación Instantánea en Matemáticas. *Formación universitaria*, 11(2), 25-34. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062018000200025>