

Formación conceptual y tecnologías digitales en el Cálculo Diferencial para Ingeniería

Conceptual training and digital technologies in Differential Calculus for Engineering

MSc. Wilson Mateo Alcántara. Director General de Informática Educativa. Ministerio de Educación. República Dominicana.

Correo electrónico: w.mateo.m@gmail.com

Id. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0925-5064>

Dr. C. Olga Lidia Pérez González. Profesora e investigadora Titular. Coordinadora de la Red Iberoamericana de Investigadores en Matemática Educativa. Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. Cuba

Correo electrónico: olquitapg@gmail.com

Id. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4475-814X>

RESUMEN

El creciente desarrollo tecnológico de la sociedad exige la necesaria preparación de los estudiantes de ingeniería con una sólida formación científico-tecnológica, sin embargo, las investigaciones reportan que existen dificultades en el aprendizaje del Cálculo Diferencial que limitan el desempeño de los estudiantes en la resolución de problemas matemáticos dentro del contexto ingenieril. Se realizó un estudio de revisión bibliográfica con el objetivo de analizar las investigaciones actuales que abordan la formación conceptual y el uso de tecnologías digitales en el Cálculo Diferencial para ingeniería. Es una investigación cualitativa de tipo bibliográfica documental, se utilizó la triangulación de la información y los talleres de socialización como técnica de consenso. Los resultados del estudio identificaron 14 investigaciones procedentes de seis países. Se concluye que las insuficiencias están asociadas al uso de las tecnologías digitales como herramientas de comunicación, gestión y planificación del proceso de enseñanza aprendizaje y al poco uso de las conjeturas digitales para generar argumentos variacionales en el contexto ingenieril, valorar el infinito matemático, el comportamiento tendencial de funciones, la transferencias de registros semióticos de los conceptos matemáticos, el trabajo con sus propiedades y el uso del lenguaje matemático.

ABSTRACT

The increasing technological development of society demands the necessary preparation of engineering students with a solid scientific background, however, research reports that there are difficulties in the learning of Differential Calculus that limit the performance of students in solving mathematical problems in the engineering context. A literature review study was conducted with the aim of analyze current research that addresses conceptual formation and the use of digital technologies in Differential Calculus for engineering. It is a qualitative research of documentary bibliographic type; information triangulation and socialization workshops were used as consensus technique. The results of the study identified 14 research from six countries. It is concluded that the inadequacies are associated with the use of digital technologies as tools for communication, management, and planning of the teaching-learning process, and with the little use of digital conjectures to generate variational arguments in the engineering context, to value the mathematical infinity, the tendential behavior of functions, the transfer of semiotic registers of mathematical concepts, the work with their properties and the use of mathematical language.

Keywords: engineering context, mathematical concepts, digital transfers, mathematical conjectures

Palabras clave: contexto ingenieril, conceptos matemáticos, transferencias digitales, conjeturas matemáticas

Introducción

El debate sobre la posible reestructuración de las carreras de ingeniería hace énfasis en que sus planes de estudio se centren en la modelación matemática de problemas y procesos del contexto ingenieril y en la formación científico-tecnológica de los estudiantes; para eso se ha insistido en la investigación sobre el aprendizaje y la educación en ingeniería y lo más debatido es lo referido a la formación tecnológica de modo que puedan modelar y resolver problemas ingenieriles con tecnologías digitales (Morales y Blanco, 2019).

Lo anterior justifica las exigencias actuales sobre la necesaria preparación de ingenieros con una sólida formación científico-tecnológica, con notable predominio del componente formativo sobre el informativo, que considere la solidez en la formación en Cálculo y la Informática, con el objetivo de aprender a aprender de por vida de manera que se consideren perfiles diversos de los estudiantes del siglo XXI como consecuencia de la gran influencia de las tecnologías digitales, de modo que se influya en sus parámetros de comportamiento y de desarrollo cognitivo, entre otros aspectos, con notable repercusión en su formación y en la manera en que aprenden (Gibert y Gorina, 2023).

El conocimiento de la matemática en los futuros ingenieros es de vital importancia, para que tengan una sólida formación teórica y científica general (Báez et al. 2022). Por eso, en la formación del pensamiento matemático en el ingeniero se debe balancear constantemente el aspecto científico y el aspecto profesional, y cuidar de los sesgos en uno u otro sentido, de manera que se entienda la importancia de diferenciar los problemas en cuanto a la forma en que esos estudiantes deben saber la matemática, el nivel que tienen que alcanzar, o el formato de la orientación del conocimiento que debe ofrecerse a los estudiantes desde la perspectiva de la aplicación del problema, los conceptos matemáticos relacionados y la transposición contextualizada al contexto ingenieril.

Sin embargo, el tratamiento didáctico de los conceptos en la matemática con el uso de las tecnologías digitales sigue siendo un tema necesario por investigar. Aunque se han realizado estudios sobre el perfeccionamiento, generalización y comprensión conceptual, sigue siendo un reto ante los desafíos del siglo XXI para la formación ingenieril (Morales y Blanco, 2019). Se requiere de la formación de un pensamiento sistémico donde, además de comprender los conceptos en su relación, el ingeniero pueda comprender la dinámica de las interacciones y transformaciones que se dan entre ellos y caracterizar sus relaciones como un sistema.

Estas nuevas exigencias han dado lugar a nuevas propuestas didácticas orientadas a la comprensión y utilización sistemática de los contenidos matemáticos para que puedan interpretar datos, establecer relaciones y conexiones, poner en juego conceptos matemáticos, analizar regularidades, establecer patrones de cambio, encontrar, elaborar, diseñar y/o construir modelos, argumentar, justificar, comunicar procedimientos y resultados a través de las relaciones conceptuales (Báez et al. 2017).

República Dominicana y en particular la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), no son ajenas a esta situación. Por ello se han propuesto alcanzar los máximos estándares

de calidad en la enseñanza de la matemática como un reto del nuevo milenio. Para lograr este objetivo han realizado diversas acciones en las que se reconoce explícitamente la necesidad de desarrollar investigaciones para perfeccionar la enseñanza de la Matemática, de manera que se sugiera una nueva forma de enfocar estos problemas, mediante la búsqueda de soluciones inteligentes y estratégicas que impacten en el funcionamiento de las instituciones de educación superior, los centros de investigación científica y en la divulgación y apropiación social y económica del conocimiento matemático (Báez et al. 2022)

Sin embargo, aún no se ha logrado la mejora esperada de la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje en el Cálculo Diferencial para las carreras de ingeniería, pues se identifican deficiencias relacionadas con el dominio de los procedimientos, la significatividad de los conceptos y la relación entre ellos, así como dificultades en la selección, organización y la secuenciación de los contenidos, lo que generalmente limita la comprensión de las relaciones conceptuales y estimula la tendencia a que los estudiantes memoricen los conceptos.

En busca de respuestas a esas problemáticas han proliferado las investigaciones sobre la importancia de la Matemática para la formación de ingenieros (Torres e Hinojos, 2023), se enfatiza en que la enseñanza del Cálculo se realiza como un proceso mecánico carente de argumentaciones conceptuales y del trabajo con situaciones específicas del contexto ingenieril en las que tengan que valorar el uso y significados de los procesos-conceptos matemáticos implícitos en su resolución (Cordero et al. 2019).

En ese sentido se aboga por la funcionalidad del conocimiento matemático en la comunidad de ingenieros en formación debido a la falta de marcos de referencia para lograr su justificación como objeto de estudio y como herramienta en el contexto ingenieril (Mendoza et al. 2018), sin embargo, aún es insuficiente el uso de tecnologías digitales para lograr la comprensión teórica y práctica de los significados del Cálculo que atienda a las transferencias de registros de representación semiótica de los conceptos, la exploración digital de conjeturas matemáticas y el trabajo con logos-praxis sobre los procesos de variación y cambio en la resolución de problemas ingenieriles (Alvarado et al. 2018).

Son diversas las experiencias en Matemática en las que se varias integran las tecnologías digitales a través de la resolución de problemas relacionados con varios fenómenos, donde el estudiante puede elegir los temas que debe investigar y la forma de hacerlo (Villarreal y Mina, 2020). En el Cálculo Diferencial los problemas a resolver con el uso de las tecnologías digitales por lo general están asociados a problemas de comparación, estimación, seriación y/o predicción, como escenarios que generen argumentos variacionales en el contexto ingenieril (Zabala et al., 2020).

En el contexto de República Dominicana se realizaron investigaciones sobre la Didáctica del Cálculo Diferencial en las que se hace referencia para el trabajo con las transferencias de registros semióticos y el desarrollo del pensamiento variacional en el contexto ingenieril (Báez et al., 2017). Dichas investigaciones dieron lugar a un proyecto de investigación financiado por el Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico de República Dominicana en el que se investiga respecto a una estrategia para mejorar la didáctica para lo lograr el nexo entre lo procedimental y lo conceptual, pero en esas investigaciones no incluyen el uso de las tecnologías educativas para favorecer la formación conceptual en contextos ingenieriles.

Sobre el tema, (Báez et al., 2022) precisaron la necesidad de profundizar sobre el tema pero desde la perspectiva didáctica de la formación conceptual, el uso de tecnologías digitales y su repercusión en el desempeño de los estudiantes de ingeniería en la resolución de problemas matemáticos, de igual forma, (Blanco et al. 2021) en busca de argumentos sobre el uso de las tecnologías digitales investigó sobre las dificultades en la interpretación conceptual de gráficos en el Cálculo Diferencial pero se limitó al uso de los asistentes matemáticos.

En relación con los antecedentes planteados, se asume además como fundamentos teóricos de partida de esta investigación, el materialismo dialéctico desde la perspectiva de la connotación que se otorga a la relación entre el conocimiento y el mundo material objetivo donde el hombre se concibe como un ente transformador de la realidad (Báez et al., 2022) y la didáctica del Cálculo Diferencial desde la perspectiva de la formación conceptual, las tendencias en su enseñanza-aprendizaje, el nexa conceptual-procedimental, en la solución de problemas matemáticos con tecnologías digitales en el contexto ingenieril (Báez et al., 2017); (Morales y Blanco, 2019).

El objetivo del artículo es analizar las investigaciones actuales que abordan la formación conceptual y el uso de tecnologías digitales en el Cálculo Diferencial para ingeniería. En consecuencia, se plantea como pregunta de investigación: ¿Cuáles son las insuficiencias que reportan las investigaciones actuales sobre la formación conceptual y el uso de tecnologías digitales en el Cálculo Diferencial para ingeniería?

Materiales y métodos

Se desarrolló una investigación de tipo bibliográfica documental, de enfoque cualitativo, para sistematizar la teoría y práctica sobre el tema objeto de investigación con el rigor científico y metodológico requerido en el logro de la objetividad de los resultados. Según el alcance de la investigación es descriptiva y retrospectiva, de diseño no experimental. Se trabajó en base a los siguientes aspectos:

- Revisión bibliográfica con búsquedas en Web of Science (WoS), Scopus y SciELO publicados entre los años 2017 y 2022.
- Criterio de búsqueda: "Cálculo Diferencial"+digital+ingeniería.

Se incluyeron en la búsqueda las investigaciones doctorales que abordan la temática en el mismo período de tiempo.

Se consideraron los resultados del proyecto Fondecyt sobre la Didáctica del Cálculo Diferencial en los que participan los autores de la investigación.

Se utilizó la triangulación de la información, y para la validación cualitativa dos talleres de socialización como técnica de consenso de comunicación grupal con expertos de Cuba y República Dominicana. Con la aplicación de dichas técnicas se generó un informe en el que se caracterizan, en término de análisis reflexivo, las dificultades que actualmente existen en la formación conceptual y el uso de tecnologías digitales para el Cálculo Diferencial en carreras de ingeniería.

Para dar respuesta a la pregunta de investigación planteada, se realizó un análisis reflexivo de investigaciones publicadas sobre el tema objeto de estudio. Como criterios de inclusión se consideraron los artículos en idioma inglés, español o portugués, que estuvieran relacionados con los criterios de búsquedas definidos anteriormente, no se incluyeron los

artículos de investigación empírica que exponían sus argumentos en base a encuestas, entrevistas y cuestionarios. Se hicieron dos rondas de selección, en la primera se revisó el título y palabras claves, en la segunda se revisaron los artículos para escoger los que respondían a los intereses de la investigación.

Se utilizó el Excel como medio y estrategia de extracción de los siguientes datos: título, tipo de informe (artículo o tesis), palabras claves, año de publicación, revista, editorial o repositorio, objetivos de la investigación, tema que aborda para explicar la Didáctica del Cálculo Diferencial para ingeniería, el uso de tecnología digitales y la formación conceptual del estudiante.

Posterior a la triangulación de la información, se elaboró el informe de análisis crítico en el que se precisaron las principales dificultades en torno al objeto de estudio, el cual fue sometido a la valoración de expertos a través de dos talleres de socialización en busca de su consenso.

Los talleres de socialización se utilizaron como una técnica de consenso y alternativa para la valoración científica de la investigación a través de un proceso dinámico, didáctico e interactivo. Se propició que predominara el intercambio para favorecer el crecimiento transformador de los participantes, y que sus resultados permitieran perfeccionar el estudio realizado.

Teniendo en consideración lo anterior, se desarrollaron los dos talleres para que los expertos valoraran científicamente los resultados del estudio. Los expertos participantes fueron invitados teniendo en consideración que fueran docentes de Cálculo Diferencial, que tuvieran como mínimo 5 años de experiencia docente, con categoría científica de Doctor, categoría docente de Profesor Titular, y lo más importante, que tuvieran interés en participar.

Los talleres se realizaron en la Universidad Autónoma de Santo Domingo y se invitaron expertos cubanos que actualmente realizan actividades de intercambio académico en dicha universidad. De 10 especialistas invitados formalmente, sólo participaron 5, de ellos 3 profesores de República Dominicana y 2 de Cuba.

Todos los invitados recibieron formalmente, antes del primer taller, el informe con la discusión de los resultados de la investigación en los que se describen y argumentan las principales insuficiencias que reportan las investigaciones actuales sobre la formación conceptual y el uso de tecnologías digitales en el Cálculo Diferencial para ingeniería. Se informó vía correo electrónico que los dos talleres se iniciarán con una exposición de 30 minutos por parte de los autores de la investigación sobre los resultados de la investigación y la propuesta de discusión de resultados para propiciar un debate reflexivo argumentativo.

En el primer taller se expuso sobre la formación matemática de los futuros ingenieros y sobre las principales investigaciones identificadas sobre la enseñanza-aprendizaje del Cálculo Diferencial en carreras de ingeniería, y en el segundo se expuso la discusión de resultados que proponen los autores.

Se les hizo llegar el programa de actividades de ambos talleres donde se les precisó que el objetivo del taller está orientado a la valoración del informe de discusión de resultados, y que del debate se recogerán las opiniones y/o sugerencias las cuales serán valoradas por los autores de la investigación.

En el programa de actividades, quedó explícito que, la valoración que se hará en los talleres estará basada en los indicadores siguientes:

Pertinencia de la metodología seguida en el estudio.

Coherencia de la lógica expresada entre la metodología, los resultados y su discusión.

Utilidad del estudio realizado.

Al finalizar ambos talleres se aplicó una encuesta para evaluar los criterios de análisis asumidos anteriormente, a través de la siguiente escala:

- 1 - Totalmente en desacuerdo.
- 2 – Desacuerdo.
- 3 – Indeciso.
- 4 – Acuerdo.
- 5 - Totalmente de acuerdo.

Resultados

Como resultado de la revisión bibliográfica se identificaron en la primera ronda: 1400 artículos que abordaban la temática, de ellos:

102 en la Web of Science (WoS).

521 en Scopus.

777 en SciELO.

7 tesis doctorales, 2 de Cuba, 1 de Brasil, 2 de España y 2 de México.

2 informes técnicos del avance del Proyecto Fondocyt objeto de análisis.

En la primera ronda se realizó el análisis del título y palabras claves quedaron 33 artículos de interés para la investigación en los que sus autores exponen sobre la enseñanza de algunos conceptos del Cálculo Diferencial como son el de derivada y límite de una función.

En la segunda ronda se identificaron:

4 artículos de la WoS.

5 de Scopus.

5 de Scielo.

Fueron publicados en revistas de Alemania (1), Brasil (2), Chile (2), Cuba (3), España (1) y México (5). En la tabla 1 se relacionan las 14 investigaciones que sirvieron de referencia a la investigación para realizar el estudio.

Tabla 1. Principales investigaciones Cálculo Diferencial y tecnología digitales

Autores	Tema	Indexación de la revista	País de la revista
Báez et al. (2017)	Desarrollo del pensamiento variacional en estudiantes de ingeniería.	Scopus	Chile

Alvarado et al. (2018)	Intuiciones probabilísticas en estudiantes de ingeniería.	WoS	México
Mendoza et al. (2018)	Uso del Conocimiento Matemático en las Comunidades de Ingenieros. Del Objeto a la Funcionalidad Matemática.	Scopus	Brasil
Cordero, Del Valle y Morales (2019)	Usos de la optimización de ingenieros en formación: el rol de la ingeniería mecatrónica y de la obra de Lagrange	WoS	México
Iglesia (2019)	Caja de herramientas 4.0 para el docente en la era de la evaluación por competencia	Scielo	México
Morales y Blanco (2019)	Uso de software para la enseñanza de la matemática en las carreras de ingeniería	Scielo	Cuba
Quinn y Aarão (2020)	Aprendizaje combinado en el primer curso de matemáticas de ingeniería.	WoS	Alemania
Torres y Montiel (2020)	Desarticulación matemática en Ingeniería. Una alternativa para su estudio y atención, desde la Matemática Educativa	Scielo	México
Villarreal y Mina (2020)	Actividades experimentales con tecnologías en escenarios de modelización matemática	Scopus	Brasil
Zabala et al., (2020)	Aprendizaje basado en juegos (GBL) aplicado a la enseñanza de la matemática en educación superior.	Scopus	Chile
Báez, Blanco y Heredia (2022)	Problemas de optimización en el cálculo diferencial de una variable	Scielo	Cuba
De las Fuentes et al., (2022)	Habilidades algebraicas, trigonométricas y geométricas de los estudiantes en el curso de cálculo diferencial en ingeniería	WoS	España
Gibert y Gorina (2023)	Ecosistemas Digitales de Aprendizaje: una Alternativa para el Aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral.	Scielo	Cuba
Torres y Hinojos (2023)	La formación matemática de ingenieros desde la Matemática Educativa.	Scopus	México

Como resultado de los talleres de socialización y la aplicación de la encuesta, se obtuvo que el 100% de los expertos, valoró los indicadores de pertinencia de la metodología seguida en el estudio, coherencia de la lógica expresada entre la metodología, los resultados y su discusión y el de utilidad del estudio realizado con la categoría de “Totalmente de acuerdo”.

Discusión

El siglo XXI se caracteriza por profundas transformaciones en el ámbito económico, científico, social, cultural y político, influenciadas por el desarrollo tecnológico, la globalización, y la automatización, lo cual necesita y requiere de una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental.

En respuesta a dicha necesidad, que es común para muchos países, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó, en el año 2015, la “Agenda 2030”, la que se constituyó en una hoja de ruta que es la guía de referencia para el trabajo de sus países miembros, generando gran expectativa, y un movimiento renovador, que ha instado a la comunidad académica a buscar una visión estratégica en los distintos ámbitos de la sociedad, entre ellos la educación, en función de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y sus correspondientes metas, asociados a esta Agenda (CEPAL, 2019).

En ese contexto se destacan:

Los propósitos del plan Estratégico Institucional 2019-2024 del Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología de República Dominicana en el que se plantea la necesidad de implementar proyectos que contemplan el uso de la tecnología en la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje, en el desarrollo de software, de las investigaciones y del emprendimiento en las universidades.

La Agenda digital para América Latina y el Caribe concebida como una estrategia que plantea el uso de tecnologías digitales como instrumentos de desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2020).

Las tendencias, tecnologías y prácticas que configuran el futuro de la educación superior, planteadas en el informe Horizon 2022 en las que se identifica como una de las tendencias al aprendizaje digital marcado por un escenario de crisis sanitaria producto de la COVID 2019 que se caracterizó por la explosión en el uso de las tecnologías (Pelletier et al., 2022).

En el escenario nacional la situación con el uso de las tecnologías es desfavorable pues:

A pesar de que República Dominicana ha mejorado su posición en los indicadores de la región en el uso del Internet (74.8% según las mediciones de la UIT al 2018), la utilización de las tecnologías digitales por la población en general todavía es muy básica o limitada. Los egresados del sistema educativo dominicano presentan escasas habilidades digitales, incluyendo profesionales de carreras tecnológicas (Gabinete de Transformación Digital de la República Dominicana, 2022, p.46).

En ese sentido, (Báez et al., 2017), plantea que la formación de ingenieros debe tener presente los cambios tecnológicos y el uso de la tecnología; a su vez, debe enfocarse en el desarrollo de habilidades analíticas del profesional práctico, a la creatividad, la comunicación, el negocio, la gestión, las normas éticas, el profesionalismo, el dinamismo, la agilidad y la flexibilidad, lo que exige una sólida formación científico-tecnológica, con notable predominio del componente formativo sobre el informativo, y una fuerte formación en Matemática para así aprender a aprender de por vida.

Esa necesidad de generar cambios sustanciales en la formación de ingenieros ha resultado en el desarrollo de algunas investigaciones como la de Blanco et al. (2021), Quienes han reflexionado sobre los desafíos y retos de la Matemática para ingenieros, y sobre los obstáculos matemáticos detectados en su formación, todo lo cual sucede en un entorno caracterizado por estrategias de alta tecnología de la llamada industria 4.0, referidas al uso de tecnologías digitales en la automatización y digitalización de procesos y negocios, y en la electrónica, entre otros, con su valor agregado orientado a la gestión de la información.

Ese contexto de industria 4.0 se define como:

Toda la infraestructura física que utilizan sensores y software que funcionan en red, para predecir, gestionar, modelar y simular riesgos e impactos en la toma de decisiones en la industria, los negocios y en las organizaciones, sustentado en el desarrollo de sistemas, internet de las cosas, la impresión 3D, la realidad virtual, el Big Data, así como la Inteligencia Artificial, entre otras novedades tecnológicas (Báez, Blanco y Heredia, 2022, p. 317).

Lo que conduce a repensar nuevos perfiles profesionales en la formación de los futuros ingenieros, que sean competitivos e innovadores con amplio dominio de las tecnologías digitales.

Al respecto, proliferan diversas investigaciones sobre la industria 4.0, ejemplos de ellas son las abordadas por Iglesia (2019) quien indaga sobre los fundamentos para la educación 4.0 que pueden ser considerados como referentes y aportes prácticos a la Didáctica de la Matemática en el contexto de la virtualidad, pero que se requiere contextualizar al Cálculo Diferencial en Ingeniería.

Otros autores como Morales y Blanco (2019), demuestran que para lograr la competitividad en la innovación tecnológica que requieren los países en vías de desarrollado, los estudiantes de ingeniería requieren ser competentes para la construcción, análisis y/o aplicación de modelos matemáticos, que describan idealmente los distintos aspectos del comportamiento de las tecnologías, capaces de aplicar los conceptos fundamentales de la Matemática para poder deducir las conclusiones cuantitativas y cualitativas de los procesos y fenómenos técnicos, y obtener soluciones simbólicas, gráficas y numéricas de los problemas objeto de estudio sobre la base de los datos experimentales logrando la simulación de estos mediante modelos computacionales; sin embargo, el desarrollo estas competencias, en los estudiantes de ingeniería, en el contexto de aumento de actividades virtuales, se ven limitadas, entre otros aspectos, por las dificultades en el uso de las tecnologías por parte de docentes y estudiantes.

Lo anterior incide negativamente en la satisfacción de estudiantes y docentes respecto a la enseñanza y aprendizaje de la Matemática, en especial en el Cálculo Diferencial, pues por lo general a los estudiantes les resulta difícil comprender y resolver problemas matemáticos usando los recursos conceptuales y algorítmicos de esta asignatura, así como, argumentar sus ideas con precisión y rigor matemático (Báez et al. 2017).

Entre las dificultades señaladas en el uso de las tecnologías digitales para solucionar tareas vinculadas al cálculo diferencial, se hace énfasis a un enfoque algorítmico mediante habilidades algebraicas, desatendiendo aspectos conceptuales imprescindibles para la formación de los ingenieros y la resolución de problemas matemáticos aplicados a su desempeño laboral (Morales y Blanco, 2019).

En ese sentido, Blanco et al. (2021), Señalaron que es necesario insistir en la formación matemática en ingeniería, para formar ingenieros competitivos, con amplia movilidad ocupacional, con posibilidades de insertarse en el mercado del trabajo, la ciencia y la tecnología; lo cual significa garantizar un ingeniero con una sólida formación conceptual, por ser una de las disciplinas básicas de su formación, para que puedan ser capaces de resolver los problemas científicos y sociales del escenario social actual.

Además, autores como Báez et al. (2022), con sus aportes teóricos y prácticos a la didáctica del Cálculo Diferencial en el contexto de la formación de ingenieros, con énfasis en la formación conceptual, reconocen la limitación de sus propuestas desde la perspectiva de las tecnologías digitales para la virtualidad y su incidencia en el desempeño de los estudiantes para resolver problemas matemáticos en el contexto ingenieril.

La falta de conceptualización y formalización por parte de los estudiantes, el predominio de la comprensión instrumental a través de las tecnologías digitales, así como el débil desarrollo de significatividad lógica en el nexo entre lo conceptual y lo procedimental en el contexto de la virtualidad, como vía para mejorar el desempeño de los estudiantes de ingeniería en la solución de problemas matemáticos, evidencian insuficiencias en la concepción didáctica del Cálculo Diferencial desde la práctica educativa y desde las investigaciones pedagógicas. (Báez et al., 2017). Se concluyó que el tratamiento didáctico de los conceptos con las tecnologías digitales se está reduciendo al abordaje de sus definiciones, con énfasis en el cálculo de derivadas, “razones de cambio” y problemas “típicos” de aplicación.

Con los resultados de los estudios realizados por Blanco et al. (2021) en universidades dominicanas, se pudo evidenciar que con el uso de las tecnologías digitales en el Cálculo Diferencial se puede lograr mayor facilidad y agilidad para realizar cambios de representación de los diferentes objetos matemáticos, pero lamentablemente se cometen errores en la interpretación de las representaciones que se visualizan en la pantalla, en particular de las representaciones gráficas de los conceptos.

Al decir de Blanco et al. (2021), con el uso de las tecnologías digitales en el Cálculo Diferencial, se está prestando poca atención a los aspectos conceptuales involucrados en el problema matemático que se desea resolver, lo que induce a que los estudiantes subestimen la necesidad del conocimiento conceptual, a que tengan dificultades para interpretar los problemas a resolver y a no saber aprovechar las potencialidades de las tecnologías para resolver problemas interesantes y consolidar el uso de los concepto matemáticos.

Como síntesis del análisis reflexivo realizado se pudo precisar que, en relación con la formación conceptual y las tecnologías digitales en el Cálculo Diferencial en carreras de ingeniería, se identifican los siguientes aspectos:

Se hace énfasis en las tecnologías digitales para facilitar los procedimientos necesarios para resolver un problema matemático, por ejemplo, en el cálculo de derivadas, límites y continuidad de funciones, sin prestar atención a la argumentación de su solución atendiendo a los conceptos que lo fundamentan; propiciando la tendencia a memorizar, más que a comprender.

Uso mecánico de los asistentes matemáticos que puede conducir a que los estudiantes se conformen con la solución que le brinda el software sin preocuparse por comprender el proceso de resolución del problema, y los conceptos que subyacen en el mismo, lo que

conlleva a errores, como es el caso del análisis de gráficos, límites, derivadas y extremos de una función.

Insuficientes tareas en las que las tecnologías digitales propician la combinación de la acción con la comprensión, de saber por qué se ejecutan los procedimientos que requieren la solución de problemas del contexto ingenieril, para lo cual necesitan conjugar la capacidad de saber qué se hace y por qué se hace.

Por lo general las tecnologías digitales se centran en el contexto geométrico y se obvian otros contextos físicos o matemáticos para el desarrollo del pensamiento variacional.

Insuficiente análisis deductivo e inductivo de los procesos de variación y cambio, para identificar y argumentar patrones variacionales en diferentes registros de representación semiótica.

Insuficiente proyección de tareas que involucren acciones de conversión de las diferentes representaciones semióticas de los procesos de variación y cambio.

Generalmente, el enfoque didáctico de las tareas limita la representación de los diferentes conceptos, la manipulación mecánica de fórmulas y propiedades, sin tomar en cuenta sus relaciones y su lógica argumentativa.

Las tareas propuestas y el uso de las tecnologías digitales no propician que el estudiante trabaje las múltiples interpretaciones que pueden hacerse de los conceptos del Cálculo diferencial.

Descuido del lenguaje matemático en la materialización semiótica del movimiento de la variable, según las hipótesis correspondientes, como vía para la apropiación conceptual de los objetos del Cálculo Diferencial de una variable real, mediante la consolidación del nexo símbolo objeto.

Insuficiente trabajo didáctico que vinculen los recursos didácticos tradicionales con los digitales para favorecer el nexo de lo procedimental con lo conceptual.

Resistencia al cambio para el uso de términos como el de transferencias digitales de registros de representación semiótica, exploración digital de conjeturas matemáticas sobre los procesos de variación y cambio en el contexto ingenieril, y el de articulación de logros y praxis.

En síntesis, del análisis realizado se concluyó que una de las causas fundamentales de tales insuficiencias está en que los docentes de Cálculo Diferencial en las carreras de ingeniería generalmente utilizan las tecnologías digitales como:

Herramientas de comunicación.

Gestión y planificación del proceso de enseñanza aprendizaje.

Aunque reconocen la necesidad de utilizarlas para la enseñanza y evaluación, con énfasis para la formación conceptual de los estudiantes. (Blanco et al., 2021).

Lo anterior está acorde con la propuesta de Báez et al. (2017) cuando argumentan que, para mejorar el desempeño de los estudiantes, en la solución de problemas matemáticos en el Cálculo Diferencial, se requiere que pongan en juego estrategias digitales para la comprensión de los procesos de variación y cambio en el contexto ingenieril:

Se identificó, además, que se presta poca atención al nexo procedimental-procedimental, transferencias de registros semióticos, trabajo con las conjeturas matemáticas, articulación logo-praxis, y la dialéctica de lo abstracto-concreto y análisis-síntesis. En ese sentido se requiere que el Cálculo Diferencial se conciba como un proceso innovador donde la relación dialéctica enseñanza-aprendizaje se:

Proyecte al uso de recursos didácticos tradicionales y digitales que combinen, movilicen y relacionen los conceptos y procedimientos.

Evidencie la lógica dialéctica entre lo abstracto-concreto y análisis-síntesis.

Armonice el trabajo didáctico con la articulación de la interpretación de las transferencias de registros de representación semiótica de los conceptos de función, límite, continuidad y derivada, con la exploración digital de conjeturas matemáticas y con los logos-praxis sobre los procesos de variación y cambio en contextos ingenieriles.

Todo lo anterior debe concebirse para incidir en el desarrollo del pensamiento variacional contextualizado a la ingeniería, con carácter integrador, bilateral, problematizador, contextual e interdisciplinario y desarrollador. De ahí que, el proceso de formación conceptual con tecnología digital debe concebirse a través del sistema de relaciones e interacciones que se establecen entre los siguientes procesos:

Interpretación de la coordinación de las transferencias digitales de registros de representación semiótica de los conceptos de función, límite, continuidad y derivada.

Exploración digital de conjeturas matemáticas sobre los procesos de variación y cambio en el contexto ingenieril.

Articulación de logos y praxis sobre los procesos de variación y cambio en contextos ingenieriles.

Lo anterior debe lograrse de modo que se promueva la autonomía conceptual de los estudiantes de modo que favorezca su desempeño en la resolución de problemas matemáticos.

El proceso de interpretación de la coordinación de las transferencias digitales de registros de representación semiótica de los conceptos de función, límite, continuidad y derivada debe considerar la integración del lenguaje matemático a la transferencia digital de los conceptos de función, límite, continuidad y derivada dentro de un mismo registro de representación semiótica, y entre diferentes registros. Debe considerar, además, la explicitación de las propiedades de los conceptos objeto de estudio en los registros simbólico, analítico, verbal, gráfico, figural, tabular y conjuntista.

Por su parte, la exploración digital de conjeturas matemáticas sobre los procesos de variación y cambio en el contexto ingenieril debe orientarse a que los estudiantes logren la significatividad de la funcionalidad de los procesos de variación y cambio en el contexto ingenieril y ha de considerar conjeturas sobre:

La noción de infinito matemático y del comportamiento tendencial de las funciones (periodicidad y asíntotas).

Actividades de comparación, aproximación y optimización de procesos de variación y cambio en el contexto ingenieril.

Los procesos de variación y cambio en los contextos geométricos, numéricos, estocásticos y métricos.

Y por último el proceso de articulación de logos y praxis sobre los procesos de variación y cambio en contextos ingenieriles debe concebir la relación entre la argumentación logos y praxis que intervienen en los procesos ingenieriles de variación y cambio y la sistematización de los conceptos de función, límite, continuidad y derivada a través de la solución de problemas de variación y cambio en el contexto ingenieril de modo que se logre que los estudiantes puedan resignificar sus saberes matemáticos sobre procesos de variación y cambio en contextos ingenieriles.

En síntesis, la formación conceptual y tecnologías digitales en el Cálculo Diferencial para Ingeniería debe prever conjeturas sobre problemas de comparación, estimación, seriación y/o predicción, como escenarios que generen argumentos variacionales en el contexto ingenieril y debe trabajarse con el infinito matemático, el comportamiento tendencial de funciones, la transferencias digitales de registros semióticos de los conceptos matemáticos, el trabajo con sus propiedades y el uso adecuado del lenguaje matemático.

Trabajar por minimizar las insuficiencias en el Cálculo Diferencial requiere prestar atención al escenario, dinámico e incierto del desarrollo social, tecnológico y económico que obliga a las universidades a prestar atención a la capacitación de los docentes de Cálculo Diferencial, para reflexionar, replantear criterios y condiciones que orienten su desarrollo; diseñar, modificar y formalizar sus metodologías de enseñanza-aprendizaje y perfeccionar el uso de las herramientas tecnológicas que están a su disposición como son los laboratorios de Robótica.

En específico la Robótica Educativa es una realidad en la República Dominicana con un crecimiento significativo en los últimos años, a partir de la disponibilidad masiva de los equipamientos necesarios en los centros educativos públicos para poder responder a las transformaciones del contexto como son: el acceso a la información, el crecimiento exponencial del conocimiento, la ruptura de las fronteras disciplinarias y las nuevas formas del mercado laboral que afectan su desenvolvimiento y sus funciones, y así mejorar la pertinencia del proceso de enseñanza y aprendizaje de la Matemática.

Pero, para trabajar en el perfeccionamiento del Cálculo Diferencial hay que tener en cuenta, además del escenario descrito anteriormente, que su desarrollo está condicionado por:

El aumento de las actividades virtuales, lo que hace que se incremente significativamente el nivel de complejidad de la actividad de los docentes y estudiantes.

El aumento de los costos de la Educación Superior y la disminución de los recursos destinados a las universidades, lo que ha propiciado que se eleven las exigencias para lograr la racionalidad de los procesos y de utilización de los recursos en la capacitación de los docentes.

La necesidad de la interdisciplinariedad, transdisciplinariedad y de proyección institucional como resultado del trabajo cooperativo.

El acelerado desarrollo de la Robótica Educativa para que los estudiantes puedan desarrollar habilidades como el pensamiento computacional, lógico-crítico, el aprendizaje por indagación; al igual que competencias innovadoras, de tipo cultural, tecnológico e impulsar aspectos relacionados con el desarrollo y la interacción social del individuo como el liderazgo, el trabajo en equipo, la comunicación y la creatividad.

La concepción de que la Robótica Educativa, la tecnología no se constituye en el centro de las prácticas, sino en un espacio de desarrollo de creatividad, pensamiento lógico y habilidades manuales.

Bajo esas condicionantes se enfrentan tres grandes retos:

Participar de forma dinámica y creadora en las transformaciones que están ocurriendo en la educación por el creciente uso de la educación virtual.

La preparación de los docentes con una fuerte competencia profesional y un profundo compromiso social.

Trabajar por la mejora continua de sus procesos para lograr resultados pertinentes y de calidad, como síntesis del compromiso, implicación, y responsabilidad de los actores implicados en la gestión educativa.

Referencias bibliográficas

- Alvarado, H., Estrella, S., Retamal, L., y Galindo, M. (2018). Las intuiciones probabilísticas en estudiantes de ingeniería: implicaciones para la enseñanza de la probabilidad. *Revista Latinoamericana De Investigación En Matemática Educativa*, 21(2), 131-156. <https://doi.org/10.12802/relime.18.2121>
- Báez Ureña, N. L., Blanco Sánchez, R. y Heredia Soriano, W. (2022). Los problemas de optimización en el cálculo diferencial de una variable. *Transformación*, 18(2), 317-335. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-29552022000200317&lng=es&tlng=es.
- Báez, A., Martínez, Y., Pérez, O., y Pérez, R. (2017). Propuesta de tareas para el desarrollo del pensamiento variacional en estudiantes de ingeniería. *Formación universitaria*, 10(3), 93-106. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062017000300010>
- Blanco Sánchez, R., Báez Ureña, N. L. y García Rosario, R. (2021). Dificultades de los estudiantes en la interpretación de los gráficos que devuelven los asistentes matemáticos. *Transformación*, 17(2), 417-437. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-29552021000200417&lng=es&tlng=es.
- CEPAL (2019). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Publicación Naciones Unidas. Disponible en <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40155-la-agenda-2030-objetivos-desarrollo-sostenibleoportunidad-america-latina-caribe>
- Cordero, F., Del Valle, T. y Morales, A. (2019). Usos de la optimización de ingenieros en formación: el rol de la ingeniería mecatrónica y de la obra de Lagrange. *Revista Latinoamericana De Investigación En Matemática Educativa*, 22(2), 185-212. <https://doi.org/10.12802/relime.19.2223>
- De las Fuentes-Lara, M., Aguilar-Salinas, W., Justo-López, A. y Iñiguez-Monroy, C. G. (2022). Medición de las habilidades algebraicas, trigonométricas y geométricas de los estudiantes en el curso de cálculo diferencial en ingeniería. *Revista española de pedagogía*, 80(282), 289-308. <https://www.jstor.org/stable/48665324>

- Gabinete de Transformación Digital de la República Dominicana. (2022). Agenda Digital 2030. República Dominicana. Oficina Gubernamental de Tecnologías de la Información y la Comunicación (OGTIC)|Departamento de Comunicaciones. <https://agendadigital.gob.do/wp-content/uploads/2022/02/Agenda-Digital-2030-v2.pdf>
- Gibert, R., y Gorina, A. (2023). Ecosistemas Digitales de Aprendizaje: una Alternativa para el Aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral. *Universidad Y Sociedad*, 15(4), 30-44. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/3950>
- Iglesia, M. (2019). Caja de herramientas 4.0 para el docente en la era de la evaluación por competencia. *Innovación Educativa*, 19(80), 93-112. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-26732019000200093&lng=es&tlng=es
- Mendoza, J., Cordero, F., Solís, y M. Gómez, K (2018). El Uso del Conocimiento Matemático en las Comunidades de Ingenieros. Del Objeto a la Funcionalidad Matemática. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 32(62), <https://doi.org/10.1590/1980-4415v32n62a23>
- Morales, Y. y Blanco, R. (2019). Análisis del uso de software para la enseñanza de la matemática en las carreras de ingeniería. *Transformación*, 15(3), 367-382. <http://scielo.sld.cu/pdf/trf/v15n3/2077-2955-trf-15-03-367.pdf>
- Naciones Unidas (2020). Agenda Digital para América Latina y el Caribe (eLAC2022). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46439/1/S2000903_es.pdf
- Pelletier, K., McCormack, M., Reeves, J., Robert, J., Arbino, N., Al-Freih, w.M., Dickson-Deane, C., Guevara, C., Koster, L., Sanchez-Mendiola, M., Skallerup Bessette, L. & Stine, J. (2022). *EDUCAUSE Horizon Report Teaching and Learning Edition*. Boulder. <https://www.learntechlib.org/p/221033/>
- Quinn, D. y Aarão, J. (2020). Blended learning in first year engineering mathematics. *ZDM-Mathematics Education*, 52(5), 927-941. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01160-y>
- Torres, D. y Montiel, G. (2020). La desarticulación matemática en Ingeniería. Una alternativa para su estudio y atención, desde la Matemática Educativa. *Nóesis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 29(58-1), 24-55. <http://dx.doi.org/10.20983/noesis.2020.3.2>
- Torres-Corrales, M., y Hinojos-Ramos, J. (2023). La formación matemática de ingenieros desde la Matemática Educativa. Estado del arte. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 25, 1-16. <https://doi.org/10.24320/redie.2023.25.e21.4804>
- Villarreal, M. y Mina, M. (2020). Actividades experimentales con tecnologías en escenarios de modelización matemática. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 34, 786-824. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v34n67a21>
- Zabala-Vargas, S. A., Ardila-Segovia, D. A., García-Mora, L. H. y de Benito-Crosetti, B. L. (2020). Aprendizaje basado en juegos (GBL) aplicado a la enseñanza de la matemática en educación superior. Una revisión sistemática de literatura. *Formación Universitaria*, 13(1), 13-26. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062020000100013>

Declaración de originalidad y acreditación de autoría

A: Consejo Asesor Revista Científica Metodológica “Varona”

Los autores (as) del manuscrito titulado: “Formación conceptual y tecnologías digitales en el Cálculo Diferencial para Ingeniería”

De conformidad con las normas de publicación de la revista, declaramos que:

El artículo constituye una producción intelectual propia de los (as) autores(as) y se ajusta al perfil y normas de la revista.



El manuscrito es inédito, no ha sido enviado a revisión ni se encuentra en proceso editorial en otra revista o publicado, parcial o totalmente, en ninguna otra revista nacional o extranjera.

Todos (as) los autores(as) cumplen los requisitos de autoría establecidos en las normas de publicación de la revista y aceptan el orden que tienen en la autoría del mismo.

Acepta (n) que, con su colaboración, el manuscrito presentado sea ajustado por el equipo de edición de la Revista, a las “Normas de presentación de originales”; en cuanto a procedimientos, formato, corrección, edición, traducción, publicación y otros requerimientos solicitados en dichas normas.

Los autores (as) facilitarán a la revista los datos personales necesarios para su identificación. Asimismo, autorizan publicar junto con el artículo, los datos personales necesarios (nombre, apellidos, título académico, categoría académica, y grado científico, institución de filiación, ciudad y país, correo electrónico) que se solicitan en el registro del envío.

Y para que así conste firman la presente a los 10 días del mes de octubre de 2023 en el orden de autoría convenido, los abajo relacionados:

No.	Nombres y apellidos	Número de identidad	Firma
	Wilson Mateo Alcántara	00111073524	
	Olga Lidia Pérez	62040408359	

Contribución de los autores

Contribución	Autor principal	Coautor 1
Concepción de la idea		x
Búsqueda y revisión de literatura	x	
Confeción y aplicación de instrumentos	x	x
Análisis estadístico	x	x
Redacción del artículo	x	

Traducción de términos		x
Revisión de la aplicación de la norma bibliográfica aplicada		x

Autor principal



Wilson Mateo Alcántara.

Coautor



Olga Lidia Pérez