

# 03

Fecha de presentación: marzo, 2023

Fecha de aceptación: mayo, 2023

Fecha de publicación: julio, 2023

## ECOSISTEMAS DIGITALES

DE APRENDIZAJE: UNA ALTERNATIVA PARA EL APRENDIZAJE DEL CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL

### DIGITAL LEARNING ECOSYSTEMS: AN ALTERNATIVE FOR LEARNING DIFFERENTIAL AND INTEGRAL CALCULUS

Rosario del Pilar Gibert Delgado<sup>1</sup>

E-mail: [rgibert@ipn.mx](mailto:rgibert@ipn.mx)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8227-8505>

Alexander Gorina Sánchez<sup>2</sup>

E-mail: [gorina@uo.edu.cu](mailto:gorina@uo.edu.cu)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8752-885X>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional de México. México.

<sup>2</sup>Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Gibert Delgado, R. P., Gorina Sánchez, A. (2023). Ecosistemas Digitales de Aprendizaje: una Alternativa para el Aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral. *Universidad y Sociedad*, 15(4), 30-44.

#### RESUMEN

El aprendizaje de la Matemática resulta difícil para la mayoría de los estudiantes, por lo que numerosos investigadores se han interesado en potenciarlo. En el caso del Cálculo Diferencial e Integral (CDI), las ventajas que ofrece el concepto de Ecosistema Digital de Aprendizaje (EDA) puede potenciar su aprendizaje desde las tecnologías. El objetivo fue explorar las percepciones de profesores y estudiantes acerca del proceso de enseñanza aprendizaje del CDI en la carrera de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica del Instituto Politécnico Nacional de México, para comprender cómo conciben el uso eficiente de la tecnología desde el concepto de EDA. La metodología incluyó el análisis de estadísticas docentes y la aplicación de encuestas a profesores y estudiantes. El resultado fue el diagnóstico de insuficiencias en el aprendizaje del CDI, sobresaliendo como causas principales el limitado empleo de las tecnologías, la deficiente concepción didáctica y la inadecuada base matemática de los estudiantes. Se concluye que es conveniente utilizar los EDA para la enseñanza aprendizaje del CDI, que integren la selección de contenidos en plataformas digitales desde un correcto enfoque didáctico.

**Palabras clave:** Enseñanza de la matemática, aprendizaje significativo, Cálculo Diferencial e Integral, tecnología, Ecosistema Digital de Aprendizaje.

#### ABSTRACT

Learning Mathematics is difficult for most students, which is why numerous researchers have been interested in promoting it. In the case of Differential and Integral Calculus (DIC), the advantages offered by the concept of Digital Learning Ecosystem (DLE) can enhance their learning from technologies. The objective was to explore the perceptions of professors and students about the teaching learning process of the DIC in the career of Engineering in Communications and Electronics of the National Polytechnic Institute of Mexico, to understand how they conceive the efficient use of technology from the DLE concept. The methodology included the analysis of teaching statistics and the application of surveys to teachers and students. The result was the diagnosis of insufficiencies in the learning of the DIC, standing out as main causes the limited use of technologies, the deficient didactic conception and the inadequate mathematical base of the students. It is concluded that it is convenient to use DLE for the teaching learning of the DIC, which integrate the selection of content on digital platforms from a correct didactic approach.

**Keywords:** Mathematics teaching, meaningful learning, Differential and Integral Calculus, technology, Digital Learning Ecosystem.

## INTRODUCCIÓN

Numerosas han sido las contribuciones de la Matemática al desarrollo de la ingeniería, al brindarle un lenguaje preciso, exacto y consistente para expresar las bases de conocimientos técnicos, científicos, empíricos y aplicados (Gruezo et al., 2022). Es por ello que los estudiantes que ingresan a las diferentes carreras de ingeniería deben asimilar correctamente los contenidos matemáticos, como condición necesaria para adquirir otros contenidos ingenieriles a lo largo de su currículo y, posteriormente, tener un adecuado desempeño profesional (Iglesias, 2018).

Sin embargo, el aprendizaje de la Matemática en las carreras de ingeniería resulta difícil para la mayoría de los estudiantes, razón por la cual numerosos investigadores se han interesado en potenciar el mismo desde diferentes teorías didácticas y escuelas epistemológicas (Robert & Speer, 2001; Reyes & Pérez, 2015; Iglesias, et al., 2017; Gruezo, et al., 2022).

Cabe señalar que una de las asignaturas matemáticas que históricamente ha sido compleja para los estudiantes de ingeniería es la de Cálculo Diferencial e Integral (CDI) (Bigotte, et al., 2020). Su contenido matemático está presente en todos los planes de estudio de las carreras de ingeniería, debido a que el mismo incluye el estudio de las funciones y sus propiedades, pero como las funciones son el modelo matemático por excelencia en la generalidad de las ciencias, su aprendizaje recibe una atención preferencial por parte de la comunidad educativa internacional (Iglesias, et al., 2017).

No obstante, a pesar de la importancia que tiene el CDI para el desarrollo de las profesiones ingenieriles, actualmente su proceso de enseñanza aprendizaje es uno de los que presenta mayores problemas dentro de las disciplinas matemáticas, en esencial sobresale un predominio de la comprensión instrumental respecto a la conceptual; lo que evidencia insuficiencias en la concepción didáctica de este proceso (Bigotte, et al., 2020).

En el estudio Reyes & Pérez (2015) concluyeron que históricamente la asignatura de CDI impartida en los primeros semestres de las carreras de ingeniería, ha presentado dificultades respecto al alto índice de desaprobados, grupos de arrastre y deserción. En el propio estudio se reconocen como principales causas de esta situación la falta de motivación de los estudiantes y el predominio de una enseñanza tradicional. Lo anterior coincide con los resultados de la extensa revisión bibliográfica sobre el aprendizaje del CDI a nivel mundial reportada en Robert & Speer (2001), en la cual se concluyó que, en los últimos treinta años anteriores al referido estudio, existen

elevados índices de reprobación, un aprendizaje sin suficiente comprensión y una actitud negativa hacia su aprendizaje.

En Iglesias & Alonso (2017) se realizó un estudio diagnóstico en la carrera de Ingeniería Civil, que incluyó el análisis de los resultados de todas las asignaturas de la disciplina de Matemática. Se concluyó que en todas se presentaron insuficiencias, pero los porcentos de reprobados altos y la peor calidad los exhiben la asignatura de CDI. Otros estudios sugieren que deben repensarse el proceso de enseñanza aprendizaje del CDI, en el sentido de vencer la limitada comprensión que de sus nociones y procedimientos realizan los estudiantes de carreras de ingeniería, lo que se ha reflejado en los porcentos de reprobados altos obtenidos en el contenido de CDI en estas carreras (Iglesias, et al., 2017).

No obstante, debe señalarse que la investigación sobre el proceso de enseñanza aprendizaje del CDI ha pasado de referir dificultades a proponer alternativas basadas en nuevas estrategias didácticas, el uso de nuevas herramientas tecnológicas para reforzar o descubrir ideas matemáticas y el desarrollo y empleo de distintos marcos teóricos y secuencias didácticas (Bigotte, et al., 2020). Se percibe cómo el análisis va tomando un giro de cuestionar el cómo enseñar, y no sólo el qué enseñar, aunque en cierta medida y con cierta reserva (Iglesias, et al., 2017).

Precisamente, entre estas alternativas sobresale el uso de la tecnología, ya que brinda una amplia gama de oportunidades para favorecer a la enseñanza del CDI para que los estudiantes de carreras de ingeniería logren un aprendizaje significativo y desarrollador de sus contenidos (Vega, et al., 2020; Iglesias, 2018; Eyrikh et al., 2018).

En estudios como Bigotte et al. (2020) se fundamenta que, en el ámbito de la educación universitaria, la incorporación de la tecnología imprime al proceso de enseñanza aprendizaje del CDI, dinamismo, interactividad e innovación, todo lo cual ayuda a motivar a los estudiantes en su aprendizaje. Además, en este propio estudio se explica que el uso de la tecnología ha tenido una influencia favorable no solo en los estudiantes que aprenden, sino también en los profesores que enseñan el CDI.

En tal sentido, en el estudio García, et al. (2020) se concluye que, para el logro de mejores resultados en el aprendizaje del CDI en los estudiantes, no es suficiente con disponer de herramientas tecnológicas, se hace necesario además que el docente visualice la necesidad de desarrollar diferentes competencias digitales que exige actualmente la educación superior.

A pesar de que se hayan reconocido las ventajas de incorporar la tecnología al proceso de enseñanza aprendizaje del CDI, se reconoce que en la actualidad su aprovechamiento es insuficientemente para lograr un aprendizaje significativo y desarrollador en estudiantes de las carreras de ingeniería, pues se necesita de una mayor eficiencia y eficacia en la articulación de las diferentes herramientas tecnológicas disponibles (Eyrikh et al., 2018; Iglesias, 2018).

Es preciso señalar que, para hacer un mejor aprovechamiento de la tecnología al referido proceso en el marco de la Educación Superior, han emergido diferentes enfoques, sobresaliendo aquel que se sustenta en la concepción del Ecosistema Digital de Aprendizaje (EDA), que está basado en la unidad natural formada por diversos organismos que interactúan conjuntamente en un entorno, ideas iniciales planteadas por Diana Wilkinson en el año 2000 y que actualmente han evolucionado. EL EDA está diseñado para dar respuesta a diferentes tipos de enseñanza apoyados en el estudiante como centro del proceso y tiene en cuenta todos los factores que inciden en su formación (Pérez & Ruiz, 2020).

Desde un punto metafórico el concepto del ecosistema biológico está siendo usado desde hace algún tiempo para describir los sistemas de software adaptativos y los ambientes de producción, reutilización y adaptación de contenido, llamándolos ecosistemas digitales (Motz & Rodés, 2013). Es decir, en biología se denomina ecosistema al conjunto de elementos bióticos (seres vivos) y abióticos (suelo, agua, luz, minerales, etc.) que están relacionados interactuando entre sí y a ese espacio se le denomina hábitat.

Así, el concepto de EDA se ha utilizado para describir los sistemas de softwares adaptativos, los ambientes de producción, reutilización y adaptación de contenidos, que se someten a un ciclo de retroalimentación mantenido, produciendo evolución en las especies y el contexto desde los flujos de innovación-aceptación-consolidación-obsolescencia (Pérez & Ruiz, 2020).

A pesar de la importancia del concepto de EDA, en las publicaciones especializadas todavía no se reporta su utilización para hacer más eficiente el aprovechamiento de la tecnología en el proceso de enseñanza aprendizaje del CDI. Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue explorar las percepciones de profesores y estudiantes sobre el proceso de enseñanza aprendizaje del CDI en la carrera de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica del Instituto Politécnico Nacional de México, para comprender cómo conciben en este proceso el uso eficiente de la tecnología desde el concepto de EDA.

Que se logre este objetivo es importante, pues permitiría avanzar en el estudio de la percepción de profesores y estudiantes de carreras de ingeniería respecto al proceso de enseñanza aprendizaje del CDI, cuando es sustentado en el uso eficiente de la tecnología desde el concepto de EDA.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio realizado tuvo un enfoque exploratorio y se llevó a cabo en la carrera de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica (ICE) de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacán (ESIMECU) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) de México. Su objetivo fue diagnosticar las percepciones de profesores y estudiantes acerca del proceso de enseñanza y aprendizaje del CDI en el referido contexto, para comprender cómo conciben en este proceso el uso eficiente de la tecnología desde el concepto de EDA.

La población estuvo constituida por 12 profesores de la academia de matemáticas, carrera ICE, ESIMECU, que impartieron la unidad de aprendizaje de CDI en el periodo 2018, 2019 y 2020, así como por 1061 estudiantes que durante el propio periodo cursaron esta unidad de aprendizaje (CDI) en las modalidades de los cursos: matutino (M), vespertino (V) y mixto (M).

La muestra estuvo estructurada por los 12 profesores (100 %) y 191 estudiantes (18%). Para la selección de los estudiantes que conformaron la muestra se subió la encuesta a la página de la carrera de ICE y se le solicitó descargar y enviarla por email, WhatsApp o entregarla personalmente; se logró una fracción de respuesta igual a 0.18.

En correspondencia con este objetivo se concibió la siguiente metodología:

1. Delimitar el marco teórico del estudio con énfasis en el proceso de enseñanza aprendizaje del CDI y el uso eficiente de la tecnología desde el concepto de EDA.
2. Analizar el índice de reprobados en el primer semestre de la carrera ICE en el área de las Matemáticas durante los cursos 2018, 2019 y 2020. Esto incluye las diferentes modalidades de los cursos: matutino, vespertino y mixto. En el primer semestre incluyó las unidades de aprendizaje CDI y Fundamentos de Álgebra (FA). Se solicitó esta información al Departamento de Gestión Escolar de la ESIMECU.
3. Aplicar una encuesta (mediante un cuestionario de Google) a 12 profesores que impartieron la unidad de aprendizaje CDI con el fin de conocer su percepción con respecto a su correspondiente proceso de enseñanza aprendizaje. Para ello se utilizaron los

siguientes indicadores e ítems que están estrechamente relacionados con el concepto de EDA:

- **Nivel de mejora que podría lograrse en la enseñanza del CDI**, a partir de:

- Item-1. Laboratorios virtuales.
- Item-2. Seminarios sobre estilos de enseñanza.
- Item-3. Disponibilidad de materiales complementarios en plataformas virtuales.
- Item-4. Programas con Innovación tecnológica.

- **Nivel de motivación que manifiesta el estudiante en el aprendizaje del CDI**, a partir de:

- Item-5. Laboratorios virtuales.
- Item-6. Seminarios sobre estilos de aprendizaje.
- Item-7. Disponibilidad de materiales complementarios en plataformas virtuales.
- Item-8. Programas con innovación tecnológica.

- **Nivel de mejora que podría lograrse en el aprendizaje del CDI**, desde:

- Item-9. Adecuada base matemática del contenido previo.
- Item-10. Materiales disponibles en plataformas virtuales.
- Item-11. Sistematización de la resolución de problemas.
- Item-12. Aplicaciones computacionales en laboratorios virtuales.
- Item-13. Aplicación de métodos de innovación tecnológica.

- **Nivel de reducción del índice de reprobados que podría lograrse**, a partir de.

- Item-14. Estructuración lógica del contenido en la unidad de aprendizaje.
- Item-15. Evaluación de estudiantes con apoyo de la tecnología.
- Item-16. Entrenamiento y seminarios para la mejora de los estilos de aprendizaje.
- Item-17. Plataformas digitales para la enseñanza.

- **Nivel de utilización de recursos tecnológicos de apoyo a la enseñanza que se logra en la actualidad**, a partir de.

- Item-18. Softwares matemáticos.
- Item-19. Clases virtuales (grabadas o en tiempo real).
- Item-20. Laboratorios y simuladores virtuales.
- Item-21. Biblioteca virtual y repositorios temáticos.
- Item-22. Bancos digitales de reactivos, problemarios y cuadernillos.

Item-23. Internet (buscador, redes sociales y páginas web).

- **Preguntas abiertas:**

¿Sería útil usar una plataforma virtual para apoyar el aprendizaje del CDI?

¿Qué te gustaría cambiar o modificar en el método de enseñanza que utilizas para el CDI?

¿Tienes alguna sugerencia para reducir el índice de reprobados del CDI?

4. Aplicar una encuesta a 191 (18 %) de estudiantes que cursaron la unidad de aprendizaje CDI y respondieron a la encuesta, con el fin de conocer su percepción con respecto al proceso de enseñanza aprendizaje. Para ello se utilizaron los siguientes indicadores e ítems que están estrechamente relacionados con el concepto de EDA:

- **Nivel de mejora que podría lograrse en el aprendizaje de CDI**, a partir de:

- Item-1. Adecuada base matemática del contenido previo.
- Item-2. Perfeccionamiento de la enseñanza del docente.
- Item-3. Materiales en plataformas virtuales.
- Item-4. Sistematización de la resolución de problemas.
- Item-5. Aplicaciones en laboratorios virtuales.
- Item-6. Perfeccionamiento del formato general de la clase.

- **Nivel de motivación que experimentas en el aprendizaje de CDI**, a partir de:

- Item-7. Adecuada base matemática del contenido previo.
- Item-8. Enseñanza del docente.
- Item-9. Materiales en plataformas virtuales.
- Item-10. Sistematización de la resolución de problemas.
- Item-11. Aplicaciones en laboratorios virtuales.
- Item-12. Perfeccionamiento del formato general de la clase.

- **Nivel de reducción del índice de reprobados que podría lograrse**, a partir de:

- Item-13. La forma de impartir el contenido.
- Item-14. Evaluación de estudiantes con apoyo de la tecnología.
- Item-15. Entrenamiento y seminarios para la mejora de los estilos de aprendizaje.
- Item-16. Plataformas digitales para la enseñanza.

- **Nivel de utilización de recursos tecnológicos de apoyo a la enseñanza que se logra en la actualidad**, a partir de:

- Item-17. Softwares matemáticos.
- Item-18. Clases virtuales (grabadas o en tiempo real).
- Item-19. Laboratorios y simuladores virtuales.
- Item-20. Biblioteca virtual y repositorios temáticos.
- Item-21. Bancos digitales de reactivos, problemarios y cuadernillos.
- Item-22. Internet (buscador, redes sociales y páginas web).

- **Preguntas abiertas:**

¿Sería útil usar una plataforma virtual para apoyar el aprendizaje del CDI?

¿Cómo te gustaría que el profesor impartiera el contenido de CDI?

¿Tienes alguna sugerencia para reducir el índice de reprobados del CDI?

Para evaluar los ítems de las encuestas (no incluye las preguntas abiertas), se utilizó una escala de tipo Likert con cinco niveles de respuesta, donde: 1: no se toma en cuenta; 2: poco importante; 3: medianamente importante; 4: sumamente importante; 5: indispensable.

En correspondencia, se definieron los cuatro rangos siguientes asociados a la importancia que se le asigna a los ítems propuestos: [1-2]: muy baja; [2-3]: baja; [3, 4): alta; [4,5]: muy alta.

Las preguntas abiertas se procesaron a partir del análisis de su contenido, las que fueron agrupadas en respuestas similares y luego categorizadas respecto a los principales componentes del concepto de EDA. Luego se seleccionaron algunas respuestas representativas a estas agrupaciones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 1. Marco teórico del estudio

El proceso de enseñanza aprendizaje del CDI debe concebirse como un espacio donde los principales protagonistas son los estudiantes y el profesor es un facilitador de los procesos de aprendizaje. Pues son los estudiantes los que construyen el conocimiento matemático a partir de su aprendizaje individual, de la comunicación de sus experiencias y de la reflexión sobre ellas, al intercambiar sus puntos de vista con el grupo y el profesor (Gruezo et al., 2022).

En este espacio, se pretende que el estudiante disfrute del aprendizaje y se comprometa con él de por vida. Aunque el proceso de aprendizaje de los estudiantes se extiende tanto a escenarios formales, no formales como informales, desde los cuales el profesor de Matemática debe orientar el mismo (Gruezo et al., 2022). Precisamente, este proceso debe estar articulado con sus componentes didácticos, los que ofrecen acciones mediadoras de aprendizajes a los estudiantes, con el fin de lograr mayor efectividad.

Los componentes didácticos deben quedar bien definidos para cada situación educativa y deben tener en cuenta el diseño de los objetivos instructivos y educativos, así como elementos contextuales que se concretan en una serie actividades de aprendizaje dirigidas a los estudiantes y adaptadas a sus características. Entre estos componentes didácticos sobresalen los objetivos, contenidos, métodos (técnicas), recursos (medios) y evaluación (Gruezo et al., 2022).

Ahora bien, el CDI como parte de la matemática y como una actividad humana, debe ser aprendido no como un sistema cerrado, sino como una actividad de matematización de la realidad ingenieril, basada en situaciones ricas y realistas que sirvan de base para iniciar el desarrollo de conceptos, herramientas y procedimientos matemáticos y como un contexto en el que los estudiantes puedan aplicar su conocimiento (Van den Heuvel-Panhuizen & Drijvers, 2020), visión que se contrapone a la enseñanza tradicional del CDI.

En tal dirección, cabe señalar que desde una perspectiva didáctica han sobresalido dos paradigmas fundamentales que han orientado la enseñanza del CDI en las carreras de ingeniería: **el tradicional** y la **reforma del CDI**, para la comprensión de ambos se precisa profundizar en sus particularidades (Robert & Speer, 2001; Iglesias, 2018).

En el **paradigma tradicional** el profesor presenta el contenido del CDI estructurado de manera formal y rigurosa. Se limita a enseñar la estructura formal del referido contenido y luego presenta sus aplicaciones, que parecen consecuencia natural del dominio de la teoría, lo cual incurre en un pensamiento lineal que se le transmite al estudiante, el que en última instancia se ha acostumbrado a aplicar las reglas aprendidas y a esquivar las dificultades intelectuales que estas imponen en la resolución de problemas (Steen, 2003; Iglesias, 2018; Gruezo et al., 2022).

Desde la aplicación de este paradigma tradicional no se logran los resultados esperados, ya que existen elevados índices de desaprobados, se propicia un tipo de aprendizaje que no privilegia la adecuada comprensión y la adopción de una actitud positiva hacia el estudio del CDI,

hechos que han sido reportados a partir de la impartición de numerosos cursos a carreras de ingeniería en el nivel de educación superior (Robert & Speer, 2001).

Como contrapuesto al paradigma tradicional surgió la *reforma del CDI*, la que tuvo el apoyo «de científicos que estaban frustrados por la inhabilidad de los estudiantes para usar el Cálculo inteligentemente en aplicaciones reales y por administradores que estaban molestos por el alto fracaso o las tasas de deserción de los cursos de Cálculo» (Steen, 2003, p. 197).

Desde este paradigma se promueve un adecuado balance entre el contenido y el contexto, dimensiones que generalmente se manifiestan de manera independiente, porque requieren de más tiempo y esfuerzo del que se tiene destinado para ello, además del exiguo número de instrumentos didácticos que ayuden a orientar su implementación (Iglesias, 2018).

Por lo tanto, el aprendizaje del CDI dependerá de la calidad con que se lleve a cabo su enseñanza, o sea, de las vías didácticas utilizadas para estimular el aprendizaje del contenido por estudiante y que ejercite su aplicación; y en un sentido más amplio, como un proceso dirigido a su comprensión, en el sentido que aprendan las conexiones que se establecen con un contexto ingenieril concreto para la resolución de problemas (Gruezo et al., 2022; Iglesias, 2018).

Por otro lado, debe señalarse que la tecnología han posibilitado disponer de nuevas herramientas para la enseñanza del CDI, que incluyen softwares matemáticos profesionales, bases de datos bibliográficas, recursos educativos digitales y abiertos, repositorios institucionales, bibliotecas virtuales, aulas virtuales, tutoriales, motores de búsqueda, multimedias, simuladores interactivos y el acceso a Internet, entre otros variados recursos que permiten a los profesores ofrecer a sus estudiantes posibilidades, antes inimaginables, para asimilar conceptos y desarrollar habilidades.

Sin embargo, los profesores necesitan estar preparados para empoderar a los estudiantes con las ventajas que les aporta la tecnología. Deben poseer competencias y los recursos necesarios en materia de tecnología para que logren enseñar el CDI de manera eficaz, integrando al mismo tiempo en su enseñanza sus diferentes conceptos y habilidades de forma contextualizada a los problemas ingenieriles típicos.

En la actualidad, dentro de los enfoques tecnológicos que han emergido en la Educación Superior sobresale el que se sustenta en el concepto de EDA, el cual concibe la enseñanza centrada en el estudiante y donde convergen

todos los factores que inciden en su formación (Pérez & Ruiz, 2020). Por lo que en él se incorporan todos los actores del proceso de enseñanza aprendizaje, los programas de aprendizaje y los entornos de aprendizaje, dentro de límites específicos, que se denominan fronteras ambientales de aprendizaje, y poseen como característica principal la posibilidad de gestionar su propia evolución, es decir, de ser adaptativos (Mutz & Rodés, 2013).

Entre los componentes de los EDA sobresalen (Mutz & Rodés, 2013):

- a) Las comunidades de aprendizaje y demás interesados en los sistemas de e-learning (metáfora de la biodiversidad), que están constituidas por grupos de individuos que pueden interactuar y colaborar de forma sincrónica o asíncrona.
- b) Los servicios tecnológicos y programas de e-learning (metáfora de las especies digitales). Incluyen los soportes estáticos y dinámicos de aprendizaje que involucran el contenido y los aspectos pedagógicos. Además, el uso de fuentes externas, como Wikipedia, bibliotecas digitales, y otros, que son también parte de este componente.
- c) Las condiciones del ecosistema de aprendizaje (metáfora del ambiente o hábitat), que suelen ser afectados por factores externos e internos. En general, estas condiciones son dinámicas y cambiantes, y poseen impactos potenciales en el sistema.

La principal ventaja del EDA es su impacto pedagógico, pues las actividades que sus estudiantes realizan deben surgir espontáneamente durante el curso, a partir de las interacciones que ocurren entre estudiantes-tutores, estudiantes-material, estudiantes-tecnología y tutores-tecnología (Normak et al., 2012). Otras ventajas del EDA es que fomenta la adquisición de nuevas competencias profesionales relacionadas con la gestión de información y conocimiento, gracias a la interacción con sus componentes y recursos digitales, lo que incrementa la cultura del aprendizaje en los estudiantes. Estos aspectos podrían ser aprovechados convenientemente para perfeccionar el proceso de enseñanza aprendizaje del CDI.

## 2. Análisis del índice de reprobados en el primer semestre de la carrera ICE

En la tabla 1 se muestran el índice de reprobados en el primer semestre de la carrera ICE en el área de las Matemáticas durante los cursos 2018, 2019 y 2020. Esto incluye las diferentes modalidades de los cursos: matutino, vespertino y mixto. En el primer semestre incluyó las unidades de aprendizaje CDI y FA.

El porcentaje total de reprobados durante los tres años analizados (está resaltado) en contenidos de CDI (56.17

%) fue mayor que el de FA (50.00 %). Sin embargo, no tuvo un mismo comportamiento este porcentaje en los años 2020 y 2018.

Tabla 1: Índice de reprobados del 1er semestre de la carrera ICE en el área de la Matemática.

UA	Aprobados	%	Reprobados	%	Total	Año
CDI	170	45.70	202	54.30	372	2020
FA	161	43.28	211	56.72	372	
CDI	217	39.82	328	60.18	545	2019
FA	274	54.91	225	45.09	499	
CDI	78	54.17	66	45.83	144	2018
FA	72	50.35	71	49.65	143	
Total CDI	465	43.83	596	56.17	1061	(En los tres años)
Total FA	507	50.00	507	50.00	1014	

Fuente: Elaboración propia con datos del Departamento de gestión Escolar de la ESIMECU.

El porcentaje total de reprobados en los tres años analizados en el área de la Matemática durante el 1er semestre de la carrera ICE, fue mayor en la unidad de aprendizaje CDI (56.17 %) que el de FA (50.00 %). Sin embargo, durante los años 2020 y 2018 fue mayor este porcentaje en FA que en CDI (56.72 vs. 54.30 y 49.65 vs. 45.83, respectivamente). Lo que indica que no siempre se obtuvo el mayor índice de reprobación en CDI, como se ha reportado en Bigotte, Queiruga y Cáceres (2020).

Durante los tres años analizados (2018, 2019 y 2020) los porcentajes de reprobados en CDI fueron de 54.30 %, 60.18 % y 45.83 %. El comportamiento de estos valores guarda cierta relación con los reportados en Iglesias y Alonso (2017), que, a través de un estudio exploratorio de los reprobados en las asignaturas matemáticas de la carrera de Ingeniería Civil, en la Universidad de Oriente, Cuba, se concluyó que el mayor número de reprobados en tres años consecutivos (2014, 2015, 2016) fue en la asignatura CDI con 45,35%, 50,77 % y 49,77%, respectivamente.

El estudio de caso (Mendes et al., 2016) desarrollado en el 2013 en una institución de Educación Superior Comunitaria situada en la Región Metropolitana de Porto Alegre (Brasil), obtuvo un porcentaje de reprobación igual a 45,7 % para 35 estudiantes de varias carreras de ingeniería.

A pesar de las variaciones experimentadas en los estudios empíricos, estos evidencian un elevado porcentaje de reprobados en diversos contextos (Reyes & Pérez, 2015; Iglesias, 2018; Bigotte, Queiruga & Cáceres, 2020) y la necesidad de concebir nuevas herramientas teórico-prácticas para perfeccionar el proceso de enseñanza aprendizaje del CDI (Martínez, 2019; Iglesias et al., 2019), siendo los EDA una herramienta tecnológica que puede aportar numerosas ventajas.

En esta parte del estudio, una posible limitación es no haber utilizado la calidad de la calificación de los estudiantes en el primer semestre de la carrera ICE, en los temas de aprendizaje CDI y FA, lo que hubiese aportado otro criterio válido a la comparación realizada. No obstante, se valora que el índice de reprobados es el indicador que más se ha tenido en cuenta en los estudios empíricos realizados en el tema (Reyes & Pérez, 2015; Robert & Speer, 2001).

### 3. Resultados de la encuesta a profesores de la unidad de aprendizaje CDI

En la figura 1 se muestra el valor promedio y el coeficiente de variación obtenido para cada uno de los 23 ítems evaluados en la encuesta a profesores.

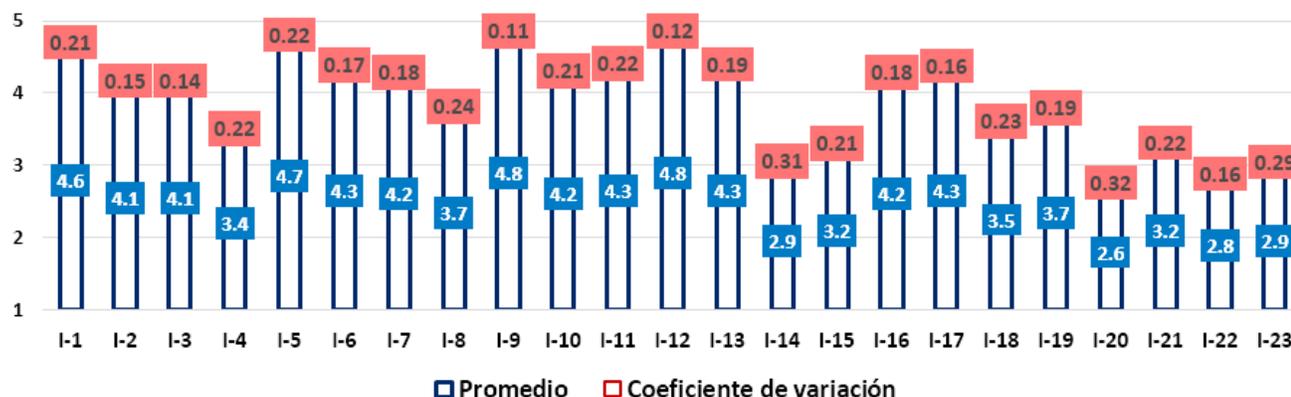


Figura 1. Nivel de importancia que los 12 profesores les asignaron a los 23 ítems de la encuesta.

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta (I: ítem).

A partir del valor promedio experimentado en cada uno de los 23 ítems se pueden estructurar las siguientes tres clases A, B y C que se corresponden a los rangos de la escala Likert: muy alta [4,5], alta [3, 4), baja [2-3), respectivamente (ver Tabla 2).

Tabla 2: Clasificación de los ítems de la encuesta a profesores por clases de acuerdo a los rangos de la escala.

Clases	Ítems	Indicadores/ítems
Clase A Rango de la escala muy alta [4,5]	I-1, I-2, I-3, I-5, I-6, I-7, I-9, I-10, I-11, I-12, I-13, I-16, I-17	Los profesores le atribuyen importancia muy alta: En la mejora de la enseñanza del CDI: laboratorios virtuales, seminarios sobre estilos de enseñanza, disponibilidad de materiales complementarios en plataformas virtuales. En la motivación para el aprendizaje del CDI: laboratorios virtuales, seminarios sobre estilos de aprendizaje, disponibilidad de materiales complementarios en plataformas virtuales. Mejora que podría lograrse en el aprendizaje del CDI: adecuada base matemática del contenido previo, materiales disponibles en plataformas virtuales, sistematización de la resolución de problemas, aplicaciones computacionales en laboratorios virtuales, aplicación de métodos de innovación tecnológica. Reducción del índice de reprobados: entrenamiento y seminarios para la mejora de los estilos de aprendizaje, plataformas digitales para la enseñanza. Utilización de recursos tecnológicos de apoyo a la enseñanza: (ningún ítem).
Clase B Rango de la escala alta [3, 4)	I-4, I-8, I-15, I-18, I-19, I-21	Los profesores le atribuyen importancia alta: En la mejora de la enseñanza del CDI: programas con Innovación tecnológica. En la motivación para el aprendizaje del CDI: programas con Innovación tecnológica. Mejora que podría lograrse en el aprendizaje del CDI: (ningún ítem) Reducción del índice de reprobados: evaluación de estudiantes con apoyo de la tecnología. Utilización de recursos tecnológicos de apoyo a la enseñanza: softwares matemáticos, clases virtuales (grabadas o en tiempo real), biblioteca virtual y repositorios temáticos.
Clase C Rango de la escala baja [2, 3)	I-14, I-20, I-22, I-23	Los profesores le atribuyen importancia baja: En la mejora de la enseñanza del CDI: (ningún ítem) En la motivación para el aprendizaje del CDI: (ningún ítem) Mejora que podría lograrse en el aprendizaje del CDI: (ningún ítem) Reducción del índice de reprobados: estructuración lógica del contenido en la unidad de aprendizaje. Utilización de recursos tecnológicos de apoyo a la enseñanza: laboratorios y simuladores virtuales, banco de reactivos, problemarios y cuadernillos, Internet (buscador, redes sociales y páginas web).

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta.

En la figura 2 se muestra el valor promedio y el coeficiente de variación obtenido para cada uno de los 5 indicadores evaluados en la encuesta a profesores.

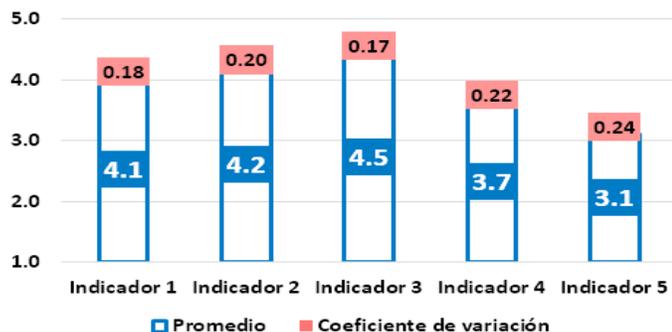


Figura 2. Nivel de importancia que los 12 profesores les asignaron a los cinco ítems de la encuesta

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta.

Como puede observarse en la figura 2, a los indicadores: 1) *nivel de mejora que podría lograrse en la enseñanza del CDI*, 2) *nivel de motivación que manifiesta el estudiante en el aprendizaje del CDI*, 3) *nivel de mejora que podría lograrse en el aprendizaje del CDI*, los profesores les atribuyeron una importancia *muy alta* desde los ítems evaluados. Mientras que a los indicadores: *nivel de reducción del índice de reprobados que podría lograrse* 4) y *nivel de utilización de recursos tecnológicos de apoyo a la enseñanza que se logra en la actualidad* 5), los profesores les atribuyeron una importancia *alta* y *baja*, respectivamente, desde los ítems evaluados. Para los cinco indicadores el coeficiente de variación fue menor que 0.25, lo que indica un nivel adecuado de concordancia en los criterios emitidos.

Respecto a las preguntas abiertas de la encuesta a profesores se obtuvieron los siguientes resultados:

- ¿Sería útil usar una plataforma virtual para apoyar el aprendizaje del CDI?

Todos los profesores coincidieron en reconocer la utilidad del uso de una plataforma virtual para apoyar el aprendizaje del CDI. Algunas de las respuestas más representativas fueron las siguientes:

Considero que el uso de una plataforma virtual ayudaría al aprendizaje del CDI en los estudiantes... a través de ella podrían acceder a diversos materiales docentes básicos y complementarios, comunicarse con profesores y estudiantes, además de sistematizar mejor el contenido a través de diversas herramientas computacionales. (Profesor 3).

A partir del uso de plataformas virtuales los estudiantes logran una mejor comprensión y sistematización de los variados conceptos que aporta el CDI... Con estas plataformas los estudiantes pueden lograr mayor independencia durante su proceso de aprendizaje, lo que puede incrementar su aprendizaje del contenido del CDI. (Profesor 7)

Pienso que una plataforma virtual ayudaría a que los estudiantes se encuentren mejor relacionados con el contenido del CDI... Podría incluir diversas herramientas computacionales mediante las cuales los estudiantes podrían interactuar mejor con el contenido de aprendizaje... (Profesor 10)

- ¿Qué te gustaría cambiar o modificar en el método de enseñanza que utilizas para el CDI?

Todos los profesores expresaron algunas pautas importantes sobre lo que le gustaría cambiar o modificar en su método de enseñanza del CDI, algunos relacionados con el uso de la tecnología, otras relacionadas con la contextualización ingenieril del contenido y otras con componentes didácticos del proceso de enseñanza. Algunas de las respuestas claves se muestran a continuación:

A raíz de la COVID-19 en la carrera ICE creamos algunas experiencias en la enseñanza del CDI a través de las clases online y del uso de la tecnología... en mi caso me gustaría seguir enriqueciendo estas experiencias en función de perfeccionar los métodos de enseñanza y que los estudiantes se interesen más por el contenido y su aprendizaje desde el uso intensivo de la tecnología. (Profesor 2)

Me gustaría contextualizar más el contenido del CDI a los problemas ingenieriles de la carrera ICE... Actualmente el contenido de CDI la impartimos de forma genérica que prácticamente le sirve a cualquier carrera, pero sería más significativo para los estudiantes adecuar el contenido y que ellos pudieran resolver problemas típicos de su ingeniería utilizando herramientas que brinda el CDI y otros conocimientos que aprenden en la carrera... (Profesor 5)

A mí me gustaría utilizar más la enseñanza basada en problemas por todas las ventajas que ofrece a la enseñanza del CDI, pero el fondo el horario no es suficiente... También me gustaría utilizar un enfoque más computacional que ayude a optimizar y hacer más efectivo el proceso de enseñanza aprendizaje y su evaluación... (Profesor 11)

Es importante que en las clases de CDI se disponga de problemas relacionados con la ingeniería, herramientas y recursos digitales que estén enfocados hacia el

pensamiento matemático avanzado y que se articulen con las demás unidades de aprendizaje. (Profesor 12)

- ¿Tienes alguna sugerencia para reducir el índice de reprobados del CDI?

A su vez, para el caso de esta interrogante los 12 profesores expresaron sugerencias importantes para reducir el índice de reprobados del CDI, algunas de ellas relacionadas con el perfeccionamiento de la enseñanza, la necesidad de mayor flexibilidad del proceso de evaluación y la necesidad de hacer un uso eficiente de la tecnología. Sobresalieron como respuestas más representativas las que se muestran a continuación:

A mi juicio debemos seguir profesionalizándonos en la enseñanza del CDI... Una mejor preparación del profesor implica un proceso de enseñanza más efectivo... lo que en última instancia puede traer consigo una reducción del índice de reprobados, el que históricamente siempre se ha comportado alto en la carrera de ICE. (Profesor 12)

Entre mis sugerencias está diseñar una evaluación más pertinente, ya que en la carrera siempre la hemos aplicado de una forma muy rígida y en realidad debe lograr una mayor flexibilidad... Además, considero que debemos lograr mejor correspondencia entre la forma que preparamos a los estudiantes y los reactivos de evaluación a los cuales los enfrentamos. Para ello, una de las alternativas que tenemos es proveerlos primero de herramientas matemática básicas para que puedan comprender el CDI. (Profesor 6)

... la clave para que esto ocurra es lograr que los estudiantes incrementen su motivación por los temas que se incluyen en el programa del CDI y no lo vean solo como algo abstracto que no tiene concreción práctica en los problemas más frecuente de la ingeniería... Se pueden emplear varias vías para que los estudiantes se motiven por el aprendizaje del contenido; unas de las posibilidades es un enfoque más computacional que ayude a optimizar y hacer más efectivo el proceso de enseñanza aprendizaje y su evaluación... (Profesor 5)

Ahora bien, los resultados de la encuesta a los 12 profesores evidencian que los mismos, desde los ítems evaluados, atribuyen una importancia *muy alta* a los indicadores asociados a la mejora de la enseñanza aprendizaje y la motivación de los estudiantes (indicador 1, indicador 2, indicador 3). Los cuales combinan aspectos asociados a la tecnología como plataformas y laboratorios virtuales, con otros relacionados con aspectos didácticos y de la preparación básica y motivación que debe tener el estudiante de ingeniería; esta percepción de profesores

evidencia la conveniencia de disponer de un EDA para desarrollar el proceso de enseñanza aprendizaje del CDI.

Estos resultados guardan relación con los criterios más comunes de los profesores emitidos en la primera pregunta abierta relacionada con la utilidad de usar una plataforma virtual para apoyar el aprendizaje del CDI. A su vez, se relacionan con los criterios de la segunda pregunta abierta sobre las sugerencias para reducir el índice de reprobados del CDI, donde los profesores enfatizaron en el perfeccionamiento de la enseñanza, la necesidad de mayor flexibilidad del proceso de evaluación y de hacer un uso eficiente de la tecnología.

Estos aspectos antes señalados también han sido ponderados en estudios como Martínez (2019) e Iglesias (2018), en los que se sugiere combinar aspectos tecnológicos y didácticos con aquellos otros que condicionan el aprendizaje de los estudiantes de ingeniería para lograr mayor efectividad en la enseñanza aprendizaje del CDI.

A su vez, los profesores encuestados atribuyen una importancia *alta* al indicador asociado a la reducción del índice de reprobados en CDI (indicador 4). Lo que se corresponde con las frecuencias más comunes a la tercera pregunta abierta, donde estos reconocen la necesidad de perfeccionar la enseñanza, lograr mayor flexibilidad en el proceso de evaluación y hacer un uso eficiente de la tecnología. O sea, que nuevamente el uso de un EDA para gestionar el proceso de enseñanza aprendizaje podría ser una alternativa viable.

Sin embargo, el ítem *evaluación de estudiantes con apoyo de la tecnología*, sugiere considerar que a pesar de que los profesores valoran positivamente a la tecnología, todavía el proceso de evaluación prefieren hacerlo de forma tradicional. En García et al., (2020) se fundamenta que las ventajas de este tipo de evaluación con apoyo de la tecnología y a través de un estudio experimental se logró obtener evidencia favorable a esas ventajas, entre las que sobresale la disminución del índice de reprobados.

Otros estudios que también apoyan esta propuesta didáctica son Eyrikh et al., (2018) y Quispe (2018) en los cuales se concluyó que en el proceso de enseñanza aprendizaje del CDI, el uso intencionado de las tecnologías ofrece un abanico de posibilidades para los procesos formativos, siempre y cuando se logre superar el error de pensar que por sí mismas van a resolver todas las falencias educativas.

En adición, los profesores encuestados atribuyen una importancia *alta* al indicador asociado al uso actual de recursos tecnológicos de apoyo a la enseñanza (indicador 5). Sin embargo, los ítems: *laboratorios y simuladores*

virtuales, bancos digitales de reactivos, problemarios y cuadernillos e Internet (buscador, redes sociales y páginas web) en promedio se valoran como pocos importantes. Lo que refleja que estos aspectos deben tenerse en cuenta para perfeccionar los recursos tecnológicos de apoyo a la enseñanza del CDI en la carrera ICE de la ESIMECU.

4. Resultados de la encuesta a estudiantes de la unidad de aprendizaje CDI

En la figura 3 se muestra el valor promedio y el coeficiente de variación obtenido para cada uno de los 22 ítems evaluados en la encuesta a estudiantes.

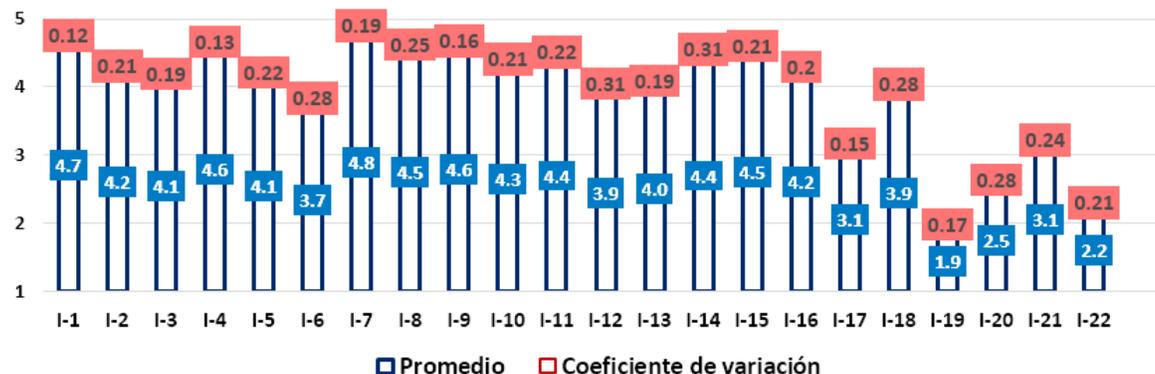


Figura 3. Nivel de importancia que los 191 estudiantes les asignaron a los 23 ítems de la encuesta.

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta (I: ítem).

A partir del valor promedio experimentado en cada uno de los 23 ítems se pueden estructurar las siguientes tres clases A, B y C que se corresponden a los rangos de la escala Likert: muy alta [4,5], alta [3, 4], baja [2-3], respectivamente (ver Tabla 3).

Tabla 3: Clasificación de los ítems de la encuesta a estudiantes por clases de acuerdo a los rangos de la escala.

Clases	Ítems	Indicadores/ítems
Clase A Rango de la escala muy alta [4,5]	I-1, I-2, I-3, I-4, I-5, I-7, I-8, I-9, I-10, I-11, I-13, I-14, I-15, I-16	Los estudiantes le atribuyen importancia muy alta: Mejora que podría lograrse en el aprendizaje de CDI: adecuada base matemática del contenido previo, perfeccionamiento de la enseñanza del docente, materiales en plataformas virtuales, sistematización de la resolución de problemas, aplicaciones en laboratorios virtuales. Motivación que experimentas en el aprendizaje de CDI: adecuada base matemática del contenido previo, enseñanza del docente, materiales en plataformas virtuales, sistematización de la resolución de problemas, aplicaciones en laboratorios virtuales. Reducción del índice de reprobados que podría lograrse: la forma de impartir el contenido, evaluación de estudiantes con apoyo de la tecnología, entrenamiento y seminarios para la mejora de los estilos de aprendizaje, plataformas digitales para la enseñanza. Utilización de recursos tecnológicos de apoyo a la enseñanza en la actualidad: (ningún ítem)
Clase B Rango de la escala alta [3, 4]	I-6, I-12, I-17, I-18, I-21	Los estudiantes le atribuyen importancia alta: Mejora que podría lograrse en el aprendizaje de CDI: perfeccionamiento del formato general de la clase. Motivación que experimentas en el aprendizaje de CDI: perfeccionamiento del formato general de la clase. Reducción del índice de reprobados que podría lograrse: (ningún ítem). Utilización de recursos tecnológicos de apoyo a la enseñanza en la actualidad: clases virtuales (grabadas o en tiempo real), banco de reactivos, problemarios y cuadernillos.
Clase C Rango de la escala baja [2, 3]	I-19, I-20, I-22	Los estudiantes le atribuyen importancia baja: Mejora que podría lograrse en el aprendizaje de CDI: (ningún ítem) Motivación que experimentas en el aprendizaje de CDI: (ningún ítem) Reducción del índice de reprobados que podría lograrse: (ningún ítem) Utilización de recursos tecnológicos de apoyo a la enseñanza en la actualidad: laboratorios y simuladores virtuales, Biblioteca virtual y repositorios temáticos, Internet (buscador, redes sociales y páginas web).

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta.

En la figura 4 se muestra el valor promedio y el coeficiente de variación obtenido para cada uno de los 5 ítems evaluados en la encuesta a estudiantes.

Como puede observarse en la figura 4, a los indicadores: *mejora que podría lograrse en el aprendizaje de CDI 1*), *motivación que experimentas en el aprendizaje de CDI 2*), *reducción del índice de reprobados que podría lograrse 3*); los estudiantes les atribuyeron una importancia *muy alta* desde los ítems evaluados. Mientras que al indicador: *utilización de recursos tecnológicos de apoyo a la enseñanza en la actualidad 4*), los estudiantes les atribuyeron una importancia *baja* desde los ítems evaluados. Para los cuatro indicadores el coeficiente de variación fue menor que 0.25, lo que indica un nivel adecuado de concordancia en los criterios emitidos.

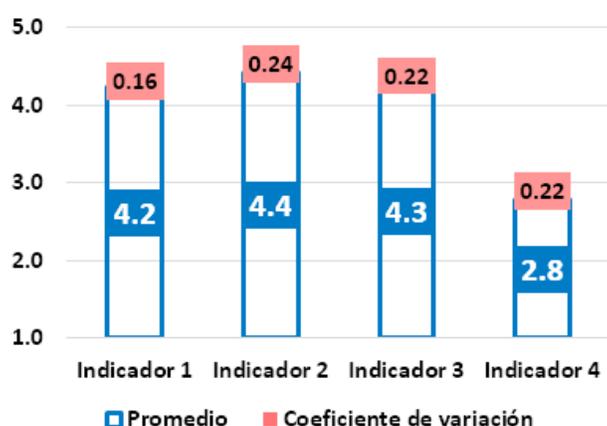


Figura 4. Nivel de importancia que los 191 estudiantes les asignaron a los cuatro indicadores de la encuesta.

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta.

Respecto a las preguntas abiertas de la encuesta a estudiantes se obtuvieron los siguientes resultados:

- ¿Sería útil usar una plataforma virtual para apoyar el aprendizaje del CDI?

Respondieron 114 estudiantes a esta pregunta (59,7 %), los que en su gran mayoría no fueron argumentativos en sus respuestas. Sin embargo, tuvieron un nivel de coincidencia respecto a la utilidad del uso de una plataforma virtual para apoyar el aprendizaje del CDI. Algunas de las respuestas más representativas fueron las siguientes:

Una plataforma virtual ayudaría al aprendizaje del CDI porque de esa forma se puede acceder en cualquier momento a todos los materiales que se necesitan para aprender los conocimientos. (Estudiante 43)

Considero que sería útil para el aprendizaje del CDI porque las plataformas virtuales ayudan a localizar los materiales educativos, presentan ejemplos resueltos y brindan niveles de ayuda y herramientas tecnológicas que ayudan a un mejor aprendizaje. (Estudiante 57)

Sí sería útil, mediante una plataforma virtual se podrían aprender mejor los conocimientos del CDI, se tendría toda la información necesaria y orientación adecuada para acceder a los materiales digitales más relevantes. (Estudiante 162)

Aporta ventajas para el aprendizaje del cálculo [CDI] porque se puede gestionar mejor la información necesaria para estudiar y profundizar en el conocimiento. También permite interactuar más fácilmente con orientaciones, ejemplos resueltos, softwares y notas del profesor. (Estudiante 176)

- ¿Cómo te gustaría que el profesor impartiera el contenido de CDI?

Respondieron 95 estudiantes a esta pregunta (49,7 %), los que en su gran mayoría no fueron argumentativos en sus respuestas. Algunas de las respuestas claves se muestran a continuación:

Me gustaría que el profesor dedicara más tiempo a resolver ejercicios porque así se logra aprender mejor el contenido de CDI. (Estudiante 29)

Que el profesor impartiera el contenido más lento, enfatizando en aquellos aspectos más importantes que posteriormente se van a evaluar. (Estudiante 41)

Yo prefiero que utilice más ejemplos resueltos en sus clases y que dedique más tiempo para ejercitar el contenido. (Estudiante 127)

Que el profesor compartiera mayor cantidad de materiales educativos en la red que ayuden a ejercitar mediante el estudio independiente. (Estudiante 144)

Me gustaría que en las clases el profesor le dedicara más tiempo a las aplicaciones del CDI a la ingeniería a través de aplicaciones en laboratorios virtuales. (Estudiante 185)

- ¿Tienes alguna sugerencia para reducir el índice de reprobados del CDI?

Respondieron 103 estudiantes a esta pregunta (53,9 %), los que en su gran mayoría no fueron argumentativos en sus respuestas. Sobresalieron como respuestas más representativas las que se muestran a continuación:

Dedicarle más tiempo del curso de CDI a la presentación de ejemplos y resolver ejercicios. (Estudiante 7)

Disponer de un tiempo para que el profesor de CDI pueda evacuar las dudas de los estudiantes. (Estudiante 37)

Lograr mayor preparación de los estudiantes cuando se presentan en los exámenes. (Estudiante 92)

Disponer de problemarios y otras herramientas digitales y computacionales que ayuden a comprender mejor CDI. (Estudiante 134)

Que los exámenes de CDI se ajusten más a la preparación que se logra en los estudiantes. (Estudiante 178)

Enfatizar en las aplicaciones ingenieriles del CDI para que los estudiantes se interesen más por su estudio. (Estudiante 186)

Por otro lado, los resultados de la encuesta a los 191 estudiantes evidencian que los mismos, desde los ítems que evaluaron, atribuyen una importancia *muy alta* a los indicadores asociados a la mejora que podría lograrse en el aprendizaje de CDI, motivación que experimentas en el aprendizaje de CDI y reducción del índice de reprobados que podría lograrse (indicador 1, indicador 2, indicador 3). Los cuales combinan aspectos asociados a la tecnología, con otros relacionados con su aprendizaje como es el caso de la motivación y la base matemática previa que se necesita para comprender el contenido del CDI.

La importancia que los estudiantes atribuyen a la tecnología se fundamenta en Quispe (2018), donde a 50 estudiantes que participaron en un estudio experimental en clases de CDI, sustentado en el uso de los softwares Matlab, Geogebra y Wolfram Mathematica, reaccionaron positivamente a sus diferentes atributos o preferencias a través de una encuesta. Además, se combinó el uso de la tecnología con otros elementos pedagógicos relevantes e interacciones dinámicas comunicativas entre el docente y estudiantes, lo que permitió disminuir el índice de reprobados.

En la encuesta a estudiantes los resultados de los tres indicadores analizados guardan estrecha relación con la primera pregunta abierta, por lo que se reconoce la utilidad de utilizar una plataforma virtual para apoyar el aprendizaje del CDI. Además, tienen correspondencia con la tercera pregunta abierta, en la que se hacen sugerencias para reducir el índice de reprobados del CDI, entre las que se destacan aspectos inherentes a la presentación de ejemplos y la resolución de ejercicios, los diferentes estilos de aprendizaje, el énfasis en la contextualización ingenieril del contenido del CDI para potenciar la motivación y el ajuste de los exámenes a la preparación que se logra en los estudiantes; aspectos tratados en Martínez

(2019), Iglesias (2018) y Mendes et al. (2016) que evidencian que desde la percepción de los estudiantes se puede disponer de un EDA que les facilite a gestionar el aprendizaje en el referido contenido.

Para el caso de la segunda pregunta abierta de la encuesta, relacionada con la forma en que les gustaría a los estudiantes que el profesor imparta el contenido de CDI, las respuestas se identificaron en buena medida con la tercera pregunta abierta, lo que sugiere considerar que los estudiantes tienen sus propios puntos de vistas desde los cuales podría perfeccionarse la enseñanza del CDI y que los correlacionan con la posibilidad de reducir el índice de reprobados.

Respecto a la utilización actual de recursos tecnológicos de apoyo a la enseñanza (indicador 4), los 191 estudiantes encuestados lo valoran como *baja* desde la determinación del valor promedio de los ítems correspondientes. En este caso, los estudiantes consideran que es *poco importante* el uso que actualmente se le está dando a los laboratorios y simuladores virtuales, a la biblioteca virtual y a los repositorios temáticos y el Internet (buscador, redes sociales y páginas web), en el proceso de enseñanza aprendizaje del CDI. Sin embargo, en la primera pregunta abierta sí coinciden en reconocer la utilidad de plataformas virtuales; todo lo cual evidencia la necesidad de perfeccionar el uso de la tecnología en este contexto de investigación y las posibilidades disponer de un EDA que facilite la gestión del aprendizaje de los estudiantes.

Ahora bien, de forma general existió una estrecha relación entre los resultados de las encuestas a profesores y a estudiantes, en lo fundamental en los indicadores relacionados con la mejora de la motivación y aprendizaje de CDI y la reducción del índice de reprobados, los cuales tienen en cuenta aspectos tan importantes como la tecnología, la didáctica y la preparación básica del estudiante de ingeniería. Además, reconocen que existen dificultades en varios aspectos del uso actual que en la carrera de ICE se hace de la tecnología en el proceso de enseñanza aprendizaje del CDI, siendo la valoración de los estudiantes más desfavorables. Sin embargo, la percepción de los profesores y estudiantes evidencia que existen posibilidades de disponer de un EDA que les facilite a perfeccionar el referido proceso.

Los resultados del presente estudio sugieren considerar que el elevado índice de reprobados es un fenómeno multicausal, o sea, se explica fundamentalmente a partir de la preparación didáctica del profesor (Gruezo, et al., 2022), la preparación básica del estudiante (Martínez, 2019), los estilos del aprendizaje del estudiante (Quispe, 2018), el uso eficiente de la tecnología (Eyrikh et al., 2018)

y la adecuada contextualización ingenieril del contenido del CDI a enseñar (Iglesias et al., 2017; Iglesias, 2018).

Precisamente, estas causas antes señaladas pueden integrarse coherentemente a partir del adecuado diseño de los EDA, que logra articular una combinación de sistemas de comunicación, plataformas de aprendizaje y recursos digitales de apoyo; organizados y presentados de una manera amigable con fines educativos (Eyrikh et al., 2018) y sustentados en un enfoque didáctico pertinente, que sea capaz de adaptarse a las características de aprendizaje de los estudiantes, que utilice problemas ingenieriles típicos que pueden ser modelados y resueltos con ayuda del CDI y que brinde información complementaria donde el estudiante pueda profundizar en el contenido propuesto.

Se valora que los resultados del presente estudio son valiosos para la Didáctica de la Matemática, pues, desde un contexto específico, se avanzó en el estudio de la percepción que tienen profesores y estudiantes de carreras de ingeniería respecto al proceso de enseñanza aprendizaje del CDI, sustentado en el uso eficiente de la tecnología desde el concepto de EDA.

Debe tenerse en cuenta que el elevado índice de reprobados en CDI es un problema que no solo afecta a profesores, didactas e investigadores, también se refleja negativamente a nivel social. Es por ello que se necesita seguir avanzando en la concepción del EDA de forma tal que asegure el logro de resultados superiores en el aprendizaje matemático de los estudiantes de ingeniería, a partir de una gestión óptima del proceso de enseñanza aprendizaje de esta materia.

## CONCLUSIONES

El porcentaje total de reprobados en CDI durante todo el periodo analizado fue mayor que en FA. Sin embargo, hubo dos años en los que fue mayor en FA. No obstante, el porcentaje promedio de reprobados fue algo mayor al 50 %, lo que refleja la necesidad de gestionar diferentes estrategias para su reducción.

Existió una estrecha relación entre los resultados de las encuestas a profesores y a estudiantes, en lo fundamental en indicadores relacionados con la mejora de la motivación y aprendizaje de CDI y la reducción del índice de reprobados, los cuales tuvieron en cuenta aspectos tan importantes como la tecnología, la didáctica y la preparación básica del estudiante de ingeniería. Además, reconocieron que existen dificultades en la carrera de ICE en el uso de la tecnología durante el proceso de enseñanza aprendizaje del CDI, siendo la valoración de estudiantes más desfavorables.

Los resultados del estudio sugieren considerar que el elevado índice de reprobados es un fenómeno multicausal, que se explica fundamentalmente a partir de la preparación didáctica del profesor, el dominio del contenido básico por estudiantes y los estilos del aprendizaje de estos últimos, así como por el uso eficiente de la tecnología como medio de apoyo y la adecuada contextualización ingenieril del contenido del CDI a enseñar; aspectos que pueden ser tratados sistémicamente desde el concepto de EDA.

Se valoró, en el contexto de la carrera de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica de la ESIMECU (Instituto Politécnico Nacional de México), que es conveniente la utilización de EDA para la enseñanza del CDI, que integren el diseño y selección de contenidos en plataformas digitales desde un correcto enfoque didáctico, que sea capaz de actuar sistémicamente sobre las diferentes causas que condicionan el aprendizaje de los estudiantes de ingeniería.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bigotte, M. E., Queiruga, A., & Cáceres, M. J. (2020). Differential and Integral Calculus in First-Year Engineering Students: A Diagnosis to Understand the Failure. *Mathematics*, 9(1), 61. <https://doi.org/10.3390/math9010061>
- Eyrikh, N., Bazhenov, R., Gorbunova, T., & Masyagin, V. (2018). Implementing Interactive Information Technologies When Learning Integral Calculus in Teaching Further Mathematics. In *International Conference on Modern Information Technology and IT Education* (pp. 163-172). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-46895-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-46895-8_13)
- García, J. J., Patiño, M. E., & Escobar, J. V. (2020). *Experiencia interuniversitaria en la enseñanza del Cálculo Diferencial mediada con TIC*. Medellín: Corporación Universitaria Lasallista. [https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/5161/21\\_%20Experiencia%20interuniversitaria\\_Archivo%20final\\_publicado%20\(dragged\).pdf?sequence=1](https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/5161/21_%20Experiencia%20interuniversitaria_Archivo%20final_publicado%20(dragged).pdf?sequence=1)
- Gruezo, M. E., Capurro, E. E., & Gorina, A. (2022). *Enseñanza de la matemática como vía en la resolución de problemas*. Inblueditorial: Esmeraldas, Ecuador. <https://inblueditorial.com/wp-content/uploads/2022/06/Ensenanza-de-la-matematica-como-via-en-la-resolucion-de-problemas.pdf>

- Iglesias, N. (2018). Dinámica interdisciplinar del Cálculo Diferencial e Integral centrada en lo proyectivo-estructural de la Ingeniería Civil (Disertación Doctoral). Santiago de Cuba: UO. [https://www.researchgate.net/publication/331073870\\_Dinamica\\_interdisciplinar\\_del\\_calculo\\_diferencial\\_e\\_integral\\_centrada\\_en\\_lo\\_proyectivo-estructural\\_de\\_la\\_ingenieria\\_civil](https://www.researchgate.net/publication/331073870_Dinamica_interdisciplinar_del_calculo_diferencial_e_integral_centrada_en_lo_proyectivo-estructural_de_la_ingenieria_civil)
- Iglesias, N., & Alonso, I. (2017). Estudio exploratorio sobre la importancia de la matemática para la carrera de ingeniería civil en la Universidad de Oriente. *REFCaIE*, 5(1), 45-62. <https://refcale.uileam.edu.ec/index.php/refcale/article/download/1325/883>
- Iglesias, N., Alonso, I., & Gorina, A. (2017). El Cálculo Diferencial e Integral en las carreras de ciencias técnicas. Especificidades de su enseñanza. *Maestro y Sociedad*, 14(Especial 3), 660-670. <https://maestrosociedad.uo.edu.cu/index.php/MyS/article/download/3087/2715>
- Iglesias, N., Alonso, I., & Gorina, A. (2019). La interdisciplinariedad en la enseñanza-aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral. Un instrumento didáctico para su concreción. *Magazine de las Ciencias: Revista de Investigación e Innovación*, 4(1), 115-130. <https://zenodo.org/record/3239427>
- Martínez, M. (2019). Propuesta de una metodología para el diseño de intervenciones didácticas usando tecnología en cursos de cálculo para nivel superior. *Revista de Experiencias Didácticas e Investigación en Educación Matemática*, 1(1), 9-12. <https://revistas.uaz.edu.mx/index.php/REDIEM/article/download/559/506>
- Mendes, T., Fanfa, D., & Caldiño, E. (2016). Rendimiento académico en cálculo diferencial e integral I: análisis en las carreras de ingeniería. *Revista del Centro de Investigación de la Universidad la Salle*, 12(45), 71-90. <http://52.170.198.241/index.php/recein/article/download/857/1123>
- Motz, R., & Rodés, V. (2013). Pensando los ecosistemas de aprendizaje desde los entornos virtuales de aprendizaje. *Conferencias LACLO*, 4(1). <https://www.academia.edu/download/53495927/99-377-2-PB.pdf>
- Normak, P., Pata, K., & Kaipainen, M. (2012). An ecological approach to learning dynamics. *Journal of Educational Technology & Society*, 15(3), 262-274. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:551432/FULLTEXT02>
- Pérez, I., & Ruiz, L. (2020). Ecosistemas Digitales de Aprendizaje: Un diseño para la Universidad de las Ciencias Informáticas. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 13(4), 77-88. <https://scholar.archive.org/work/7hnuhrgt3vf75nbnlnfhv6u32u/access/wayback/https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/download/551/456/>
- Quispe, J. C. (2018). *Estrategias de enseñanza del cálculo diferencial e integral en el nivel de pregrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Mayor de San Andrés empleando el software matemático* (Disertación Doctoral). La Paz: Universidad Mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/18323/TM-4197.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Reyes, D., & Pérez, M. (2015). Grupos de estudio para favorecer el aprendizaje del cálculo diferencial. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, (2), 1-18. <http://www.rediech.org/inicio/images/k2/Oviedo-articulorevista1.pdf>
- Robert, A., & Speer, N. (2001). Research on the teaching and learning of Calculus/Elementary analysis. In D. Holton (Ed.), *The teaching and learning of mathematics at university level: An ICMI study* (pp. 283–299). Holland: KA. [https://doi.org/10.1007/0-306-47231-7\\_26](https://doi.org/10.1007/0-306-47231-7_26)
- Steen, L. A. (2003). Analysis 2000: challenges and opportunities. In D. Coray, F. Furinghetti, H. Gispert, B. R. Hodgson, & G. Schubring (Eds.), *One hundred years of l'enseignement mathématique: moments of mathematics education in the twentieth century*. Monograph No. 39 (pp. 191–210). Genova, Italia: L'Enseignement Mathématique. <https://unige.ch/math/EnsMath/EM-ICMI/ACTGE.pdf#page=191>
- Van den Heuvel-Panhuizen, M., & Drijvers, P. (2020). Realistic Mathematics Education. In: Lerman, S. (eds) *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp 713-717). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0\\_170](https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_170)
- Vega, M., Lazcano, V., & Yañez, C. (2020). IT Applied in Teaching Methodologies to New University Students (MATE+). En *Proceedings of the 2020 the 3rd International Conference on Computers in Management and Business* (pp. 175-179). <https://doi.org/10.1145/3383845.3383887>