



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

DEPARTAMENTO
DE INFORMÁTICA

Memoria Benjamín Palma
INF-309 - Trabajo de Título II
Profesor guía: Nicolás Rojas

Universidad Técnica Federico Santa María
Departamento de Informática
Valparaíso - Chile



UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

“Del diseño a la implementación: análisis integral del software educativo Kimel”

Benjamín Tomás Palma Robledo

Memoria para optar al título de
“Ingeniero Civil en Informática”

Supervisor: Nicolás Emilio Rojas Morales
Co-referente: Cecilia Reyes Covarrubias

Junio - 2026



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Del diseño a la implementación: análisis integral del software educativo Kimel

Nombre del candidato(a): Benjamín Tomás Palma Robledo

Carrera / Grado: Ingeniería Civil Informática

Campus: Casa central

Departamento: Informática

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Nicolás Emilio Rojas Morales, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente

DEJO CONSTANCIA que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses

☐ 12 meses

☐ 2 años

☐ 3 años

☐ 5 años

☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 12/06/26

Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 12/06/26

Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.



Aunque la vida puede ser difícil a momentos, cegándonos con innumerables oportunidades o dejándonos en mayor oscuridad cuando debemos avanzar sin un rumbo, he tenido la fortuna de estar rodeado de grandes personas. Personas que me han ayudado con las luces de las falsas oportunidades y que me han guiado por senderos oscuros que aún no podía discernir por mí mismo.

A todos ellos que me han apoyado siempre, que me han dado su compañía y cariño. No creo que exista mejor agradecimiento que poder mostrarles cuánto he crecido gracias a esas personas.

Es por esto que quiero agradecer a mi **gran** familia, por todo el apoyo que me han dado. Es una pena tener que resumir a todas estas extraordinarias personas con la palabra familia, ya que de nombrarlos y agradecerles probablemente me acabaría la página. Todos ellos han aportado enormemente a la persona que soy ahora.

Quiero agradecer a mis amistades, la familia que uno elige. Aunque no son muchos, cada encuentro, conversación y momentos son enormemente apreciados. Mis confidentes, con quienes brillan recuerdos únicos, notables y originales

Por supuesto agradecer a todos los profesores que he tenido a lo largo de mi vida, desde básica a la universidad, inclusive aquellos maestros que me han enseñado valiosas lecciones fuera de cualquier institución. No hay ninguno de ellos de los cuales no haya aprendido algo significativo, y ojalá este agradecimiento les recuerden lo influyente que son para la vida de todos sus alumnos.

Muchas gracias a todas las personas que, de una u otra forma, contribuyeron al desarrollo de esta memoria y a mi formación durante estos años para ser ingeniero civil informático.

Finalmente, quiero agradecer especialmente a quienes me prepararon aquellos universos luminosos, inspiradores, nobles y auténticos. Que me enseñaron reiteradamente integridad, constancia, audacia, resiliencia, dedicación y obstinación.

Los quiero.

Benjamín Tomás Palma Robledo.



Índice

1. Introducción	1
1.1. Necesidad del producto	1
1.2. Justificación del estudio	2
2. ¿Qué es Kimel?	2
2.1. Público objetivo	4
3. Problema y Objetivos	4
3.1. Problema	4
3.2. Objetivo General	4
3.3. Objetivos Específicos	4
4. Estado del arte	5
4.1. Breves fundamentos psicológicos y pedagógicos	5
4.1.1. La Taxonomía de Bloom (TdB)	5
4.1.2. Límite biológico cognitivo	5
4.1.3. Zona de desarrollo próximo (ZDP)	5
4.1.4. La importancia de las condiciones de enseñanza	6
4.1.5. Dimensiones del aprendizaje	7
4.1.6. Marco de trabajo para la definición de métricas	9
4.1.7. Dominios del software educativo	10
4.2. Profundidad de entendimiento	12
5. Metodología	12
5.1. Marco de definición de métricas adaptado	13
5.2. Definición de métricas	15
5.2.1. MÉTRICA 1: Nivel de aprendizaje significativo percibido	15
5.2.2. MÉTRICA 2: Confianza docente en la herramienta	16
5.2.3. MÉTRICA 3: Facilidad de integración académica	17
5.3. Limitaciones	17
6. Resultados	18
6.1. Métrica 1: Nivel de aprendizaje significativo percibido	18
6.1.1. Análisis por dominios	19
6.1.2. Interpretación	20
6.1.3. Implicancias	20
6.2. Métrica 2: Confianza docente en la herramienta	21
6.2.1. Análisis por dominios	21
6.2.2. Interpretación	22
6.2.3. Implicancias	23
6.3. Métrica 3: Facilidad de integración académica	23
6.3.1. Análisis por dominios	24
6.3.2. Interpretación	25
6.3.3. Implicancias	25



6.4. Comparación con otros productos	26
6.4.1. Khan Academy (KA)	26
6.4.2. Duolingo	27
6.4.3. Moodle	27
6.4.4. Quizizz	28
6.5. Análisis comparativo con Kimel	29

7. Conclusiones	30
---------------------------	----

Índice de figuras

1. Diagrama de relación de entidades para pregunta de Kimel (Elaboración propia)	3
2. Pirámide taxonómica de Bloom (Creación propia basada en [1, 2, 3])	6
3. Diagrama de ZDP (Elaboración propia)	7
4. Estilo de enseñanza (Creación propia)	8
5. Enfoque educativo (Creación propia)	8
6. Diagrama de aprendizaje pasivo y activo (Wang [4])	9
7. Modelo A de calidad de software educativo (Plaza et al. [5])	11

Índice de tablas

1. Modelo A actualizado, sobre calidad del producto (Elaboración propia)	14
2. Modelo B, sobre calidad en uso (Elaboración propia)	15
3. Modelo B, sobre calidad en uso con métricas mapeadas (Elaboración propia)	18
4. Comparación por M1 — Nivel de aprendizaje significativo percibido	31
5. Comparación por M2 — Confianza docente en la herramienta	32
6. Comparación por M3 — Facilidad de integración académica (Usabilidad en contexto)	33



Resumen

El presente estudio analiza y evalúa la eficacia educativa y la facilidad de uso del software educativo Kimel en un recinto educativo de Chile durante un trimestre. El análisis compara las características de Kimel con otros software similares del mercado, identificando similitudes, diferencias y elementos innovadores. La evaluación se basa en la investigación de la forma de trabajo de la herramienta e información cualitativa obtenida en un focus group donde se utilizó la herramienta. Con base en los resultados, se busca proporcionar una visión objetiva y empírica de la funcionalidad y usabilidad del software, guiando cambios para su desarrollo continuo y ofreciendo recomendaciones específicas para mejorar la funcionalidad y usabilidad de Kimel en futuros ciclos de desarrollo.

1. Introducción

El crecimiento exponencial de las tecnologías digitales ha transformado significativamente los entornos educativos, promoviendo el desarrollo de herramientas diseñadas para facilitar y enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje, como se discute en [6, 7, 8].

Esta transformación ocurre en un contexto particularmente desafiante para Chile, donde la educación matemática enfrenta dificultades estructurales. Según la organización para la cooperación y el desarrollo económicos (OECD, por sus siglas en inglés “*Organisation for Economic Co-operation and Development*”), más de la mitad de los adultos chilenos posee competencias matemáticas básicas o inferiores [9]. Esta carencia no solo restringe las oportunidades individuales y laborales, sino que también debilita el desarrollo económico y social del país [10, 11, 12].

A pesar de que se observan avances en el promedio de notas de los primeros niveles del sistema escolar chileno, persisten brechas significativas. Esto ocurre especialmente desde 6° básico en adelante, donde se evidencia en el Simce 2024 un retroceso sostenido en el rendimiento matemático [13]. Incluso el programa de evaluación internacional de estudiantes 2022 (PISA, por sus siglas en inglés “*Programme for International Student Assessment*”) de la OECD [14] muestra una curva parabólica convexa en lenguaje y matemáticas, evidenciando una tendencia negativa que ha ido en aumento, significando un retroceso en nuestros avances educativos desde 2015.

1.1. Necesidad del producto

En este escenario, se vuelve necesario desarrollar soluciones tecnológicas que mejoren la calidad del proceso educativo, permitiendo al docente destinar menos tiempo en generar y corregir evaluaciones, para asignar ese tiempo en su enfoque pedagógico, y fomentar la motivación de los estudiantes por estos contenidos. En particular, el uso de inteligencia artificial en la educación ha demostrado un alto potencial para personalizar el aprendizaje y apoyar tanto a estudiantes como a docentes en sus procesos pedagógicos. Distintos estudios destacan que los sistemas de tutoría inteligente pueden adaptarse a las necesidades individuales de los estudiantes, mejorando significativamente su desempeño académico en áreas como matemáticas [15, 16]. Asimismo, la incorporación de analítica del aprendizaje, permite a los docentes comprender mejor las dificultades y avances de sus estudiantes, facilitando una toma de decisiones pedagógicas más informada [17, 18].

Esto no solo se observa en la literatura, sino también en países como Singapur, Corea del Sur, China, Finlandia y Japón, que ya están en procesos de adopción o implementación de aprendizaje con asistencia de la inteligencia artificial [19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26]. Chile tiene todas las capacidades para avanzar en esta área, por lo que se debe aprovechar y fomentar las investigaciones y avances en esta dirección.



1.2. Justificación del estudio

El rápido desarrollo tecnológico ha transformado profundamente la vida cotidiana, desde los computadores que usaban el tamaño de una habitación y tenían que ser enfriados por agua, hasta los teléfonos inteligentes, que desde una perspectiva computacional son órdenes de magnitudes más poderosos que los computadores que la NASA (*“National Aeronautics and Space Administration”*) utilizó para alunizar. Esta evolución ha permeado en nuestra sociedad en varios aspectos, como ejemplo el pago electrónico, la compra electrónica o el aprendizaje electrónico, trayendo consigo nuevas oportunidades para la docencia, pero también riesgos y distractores. Dentro de este contexto, plataformas digitales como videojuegos, plataformas de contenido o sistemas basados en inteligencia artificial (principalmente ChatGPT y herramientas similares) pueden funcionar como recursos de alto potencial educativo, pero también pueden generar dependencia, desinformación, adicción u otros usos poco orientados al aprendizaje.

Es por esto que el aprendizaje basado en plataformas digitales (e-learning) no es inherentemente bueno ni malo, sino que su efectividad depende de cómo se define, mide, implementa, así como del contexto de aplicación, de las características de los usuarios y de un adecuado diseño pedagógico [27].

De forma similar, el uso de inteligencia artificial en la educación plantea interrogantes respecto a su efectividad, evaluación e impacto real en el aprendizaje. Si bien herramientas como ChatGPT presentan un aún más alto potencial para aplicaciones educativas como: tutorías personalizadas, el desarrollo de habilidades metacognitivas, el aprendizaje autónomo y la adaptación continua. Estos beneficios todavía se sitúan principalmente en un plano teórico y requieren mayor validación empírica [28].

Por lo tanto, y en este sentido, el uso de estas tecnologías no solo carece de un consenso claro respecto a su efectividad, sino que también plantea desafíos importantes para su integración adecuada en contextos educativos. En consecuencia, se requiere una investigación y bases para consolidar la herramienta como una opción viable de aprendizaje.

2. ¿Qué es Kimel?

A partir de lo expuesto, se propone el desarrollo de una plataforma educativa apoyada por inteligencia artificial, denominada Kimel. Su nombre proviene del mapudungún *“Kim-”*, asociado al conocimiento y al saber, y *“-el”*, que transforma la palabra en una acción causativa, es decir, hacer que otro sea la causa del saber o conocimiento. En conjunto, el concepto se aproxima a la idea de enseñar [29]. Cabe mencionar que su uso no es estrictamente correcto desde un punto de vista gramatical, pero se adopta por su valor representativo y fonético dentro del contexto del proyecto.

La aplicación Kimel tiene varios pasos que enfocan su uso. El núcleo principal de la herramienta es su categorización de preguntas, donde se generó un banco de preguntas propio con alternativas y respuestas, basado en materiales de pruebas de admisión universitaria y del Ministerio de Educación chileno (MINE-DUC). Luego, cada pregunta fue categorizada mediante la asignación de etiquetas jerarquizadas, desde el eje educativo, la unidad, el objetivo de aprendizaje y el subobjetivo correspondiente, conforme a los lineamientos definidos por el MINEDUC [30, 31], asimismo e independientemente a esta jerarquía se le atribuye un nivel de complejidad cognitivo según la Taxonomía de Bloom [1] (Véase 1).

El siguiente enfoque fue entregar la pregunta al alumno en un lenguaje motivador. Esto se logra mediante un gran modelo computacional de lenguaje (LLM, por sus siglas en inglés *“Large Language Model”*), que envuelve la pregunta dentro de un contexto que busca ser del interés de cada alumno y, por lo tanto, conectar sus gustos y aficiones al material de aprendizaje.

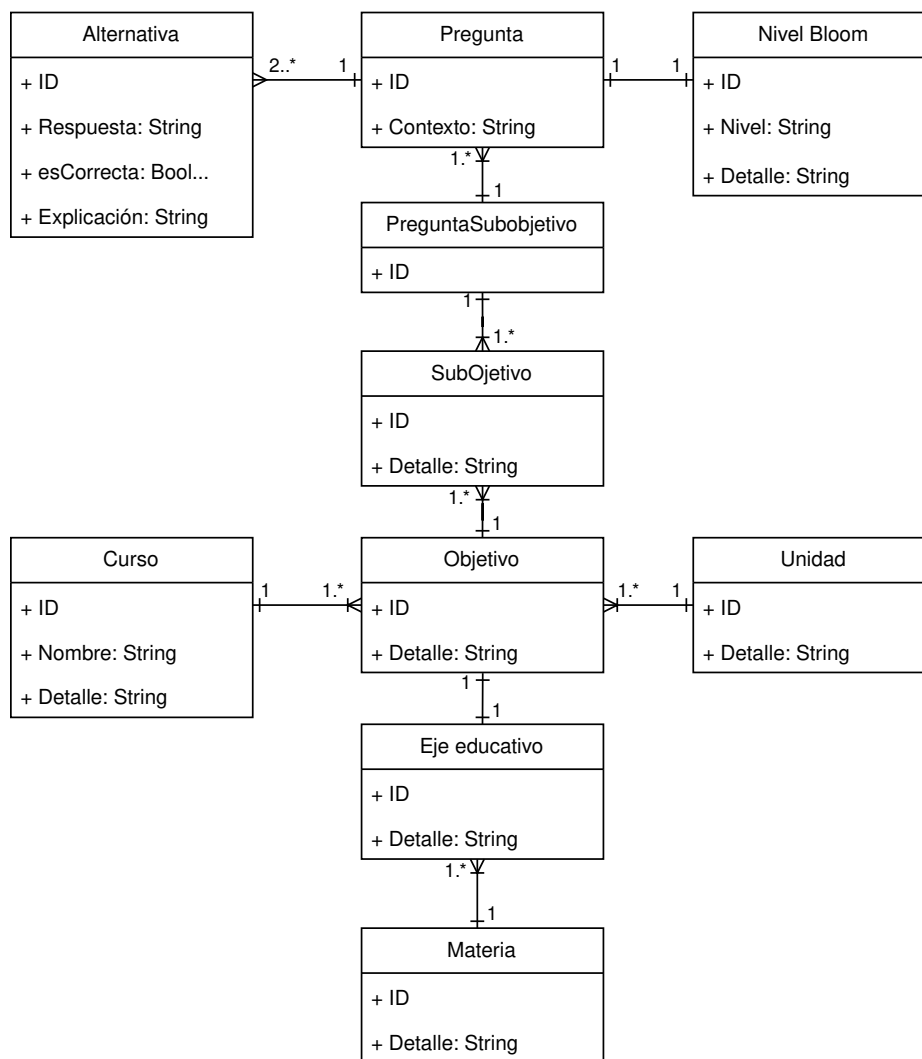


Figura 1: Diagrama de relación de entidades para pregunta de Kimel (Elaboración propia)



Las distintas guías de trabajo de cada alumno pueden ser visualizadas previamente, y al elegir las preguntas desde el banco de preguntas creado, permite automatizar el proceso de corrección. Además de la respuesta, se incluye una corrección o explicación de la respuesta correcta en la guía generada, que busca apoyar la comprensión de los estudiantes.

Al corregir las guías de trabajo generadas por Kimel, la plataforma también recopila históricamente la información de las evaluaciones realizadas, permitiendo mostrar y analizar el rendimiento para cada eje, unidad, objetivo y subobjetivo. De esta forma, Kimel logra identificar las fortalezas y debilidades de la clase, y en particular de cada alumno, por guía o de carácter histórico.

En cuanto a su uso, aunque la herramienta es digital para los docentes, los estudiantes responden las guías mediante formato físico utilizando papel y lápiz.

2.1. Público objetivo

El software se orientó a estudiantes de segundo año de enseñanza media del sistema escolar chileno y se plantea como un complemento al proceso educativo tradicional, no como un reemplazo del docente, sino como un apoyo para este. En este sentido, la plataforma busca facilitar la carga de trabajo del profesor, agregar elementos interactivos que buscan enriquecer la experiencia de aprendizaje y motivar a los alumnos dentro de clases.

3. Problema y Objetivos

3.1. Problema

Existe una creciente incorporación de herramientas digitales en la educación, pero muchas de ellas no cuentan con evaluaciones sistemáticas que permitan determinar su impacto real en el aprendizaje ni su facilidad de uso en contextos educativos específicos [5].

En el caso particular de Kimel, resulta necesario analizar su funcionamiento en un entorno educativo real para determinar su efectividad educativa, su usabilidad y las posibles oportunidades de mejora que permitan fortalecer su desarrollo futuro.

3.2. Objetivo General

Se analizará la propuesta de software educativo Kimel, evaluando su efectividad educativa y su facilidad de uso, con base en un período de prueba que permita identificar oportunidades de mejora para su desarrollo continuo.

3.3. Objetivos Específicos

1. Examinar el estado del arte en software educativo para identificar elementos clave, métricas relevantes y alternativas comparables.
2. Realizar una comparación teórica del producto con otras herramientas similares, desde una perspectiva técnica y educativa.
3. Formular métricas que permitan medir el rendimiento educativo y la facilidad de uso del producto.
4. Evaluar el desempeño del software durante el período de prueba utilizando las métricas definidas.



5. Elaborar propuestas de mejora a partir de los resultados del análisis, orientadas a fortalecer el ciclo de evolución del producto.

4. Estado del arte

4.1. Breves fundamentos psicológicos y pedagógicos

A continuación se evalúa la obra de 4 importantes referentes en la psicología y pedagogía, siendo estos el Dr. Benjamin Bloom, Jean William Fritz Piaget, Lev Semyonovich Vygotsky y Robert Mills Gagné. También se revisa un estudio comparativo de Yuemeng Wang sobre la efectividad del modelo tradicional y métodos modernos de aprendizaje, además del modelo de trabajo de evaluación en software educativo de Plaza et al [5].

4.1.1. La Taxonomía de Bloom (TdB)

Es un marco de trabajo que provee un orden jerárquico a distintos procesos cognitivos relacionados al aprendizaje. Según la Real Academia Española (RAE) una taxonomía es: “*f. Ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación. Se aplica en particular, dentro de la biología, para la ordenación jerarquizada y sistemática*” [32]. La TdB fue creado bajo el liderazgo del Dr. Benjamin Bloom [1] en 1956. Posteriormente en 2001 Lorin Anderson, quien fue un estudiante del Dr. Bloom, en conjunto de David Krathwohl revisaron el dominio cognitivo [2]. Según [3] los 6 niveles cognitivos pueden subdividirse en 3 niveles bajo, medio y alto. Así, la taxonomía queda tal como muestra la figura 2, en la que se basa el trabajo.

Esta herramienta taxonómica es un parámetro utilizado por Kimel para clasificar las preguntas según su complejidad cognitiva, de esta manera es posible inferir la evolución de los alumnos mediante la observación de la variación en la tasa de respuestas correctas para una misma materia.

4.1.2. Límite biológico cognitivo

Desde la teoría del desarrollo cognitivo de Jean Piaget, la profundidad de entendimiento se encuentra condicionada por las limitaciones estructurales propias de cada etapa evolutiva. Piaget plantea que el pensamiento humano se organiza en etapas cualitativamente distintas, sensorimotora (0-2 años), preoperacional (2-7 años), de operaciones concretas (7-11) y de operaciones formales (11 en adelante). Para la etapa sensorimotora utilizó a sus hijos Jacqueline, Lucienne y Laurent, con un gran cuidado a los detalles [33], posteriormente utilizó el método clínico con más sujetos de estudio para las demás etapas, consolidando su marco de trabajo en [34].

Cada etapa es diferente por las capacidades para procesar información, siendo un impedimento biológico (madurativo) el que determina el tipo de operaciones mentales que un individuo puede realizar en un momento dado. En consecuencia, habilidades como el pensamiento abstracto, necesarias para niveles taxonómicos de análisis y creación, solo se desarrollan en la etapa de operaciones formales (aproximadamente entre quinto y sexto básico).

4.1.3. Zona de desarrollo próximo (ZDP)

En la perspectiva sociocultural del aprendizaje propuesta por Lev Vygotsky, la zona de desarrollo próximo (ZDP) se define como la distancia entre el nivel de desarrollo real del individuo (NDR) y su

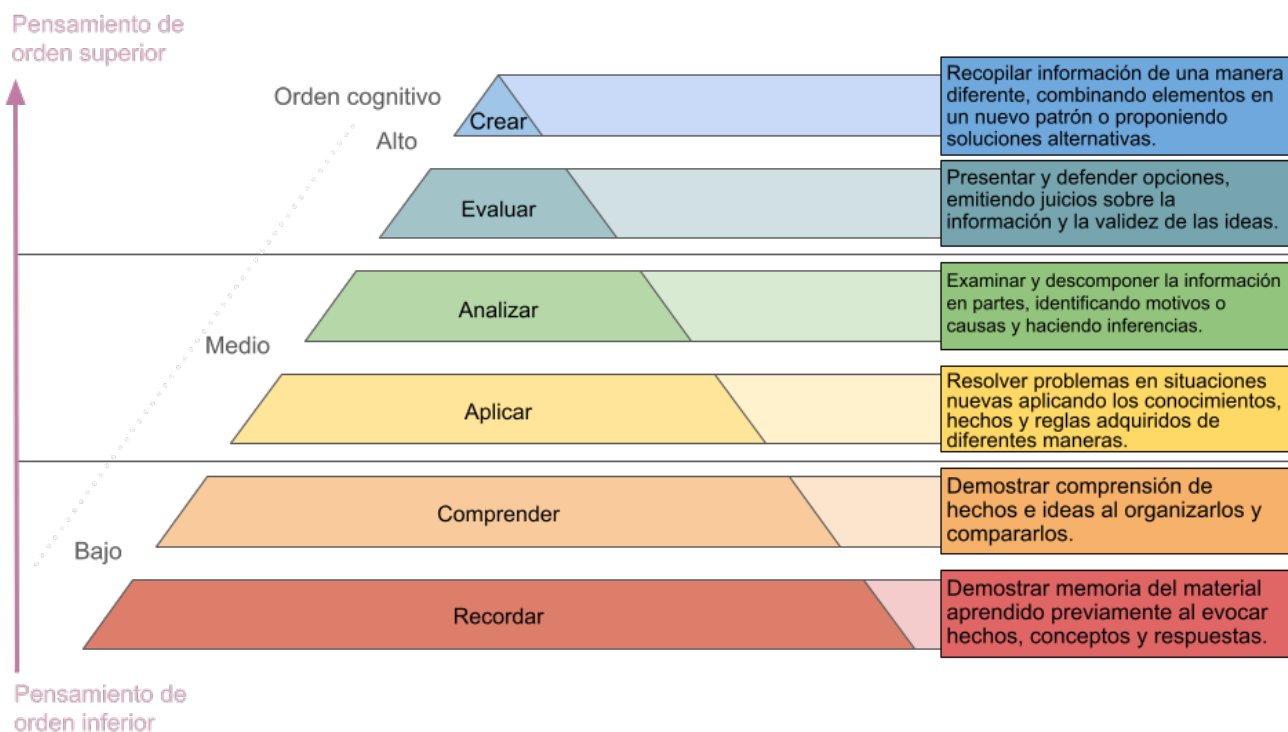


Figura 2: Pirámide taxonómica de Bloom (Creación propia basada en [1, 2, 3])

nivel de desarrollo potencial (NDP). El NDR es determinado por la capacidad de resolver problemas de manera autónoma, en cambio el NDP es lo alcanzado mediante la mediación con el otro, es decir, la guía de un adulto, la colaboración con pares más competentes, o el apoyo en guías, lecturas o herramientas (símbolos). Más allá del NDP está la zona o espacio incomprensible (véase la figura 3 como referencia).

Para aprender más allá de esta zona, se debe consolidar e incorporar la ZDP dentro del NDR del individuo, con el objetivo de avanzar sistemáticamente en la construcción de conocimiento. Vygotsky lo denominó andamiaje, por analogía a la construcción de conocimiento.

Este enfoque implica que el aprendizaje no se limita a lo que el estudiante domina previamente como desarrollo real, sino que se potencia en contextos de interacción social mediada donde el lenguaje, las herramientas culturales y el andamiaje permiten internalizar progresivamente habilidades cognitivas más complejas. Incluso menciona al juego como un rol clave para la creación de una ZDP, ya que permite al individuo actuar más allá de su nivel actual de desempeño, creando condiciones en las que emergen funciones psicológicas superiores. A través del juego simbólico, los sujetos desarrollan la autorregulación, la abstracción y la comprensión de normas sociales, además de la internalización de reglas, roles y significados que exceden su nivel actual [35, 36].

4.1.4. La importancia de las condiciones de enseñanza

Desde la teoría instruccional de Robert Gagné, la adquisición de aprendizajes complejos está condicionada por la calidad y estructura de las condiciones de enseñanza. Gagné sostiene que el aprendizaje no ocurre de manera espontánea, sino que requiere la activación de procesos internos mediante eventos ins-

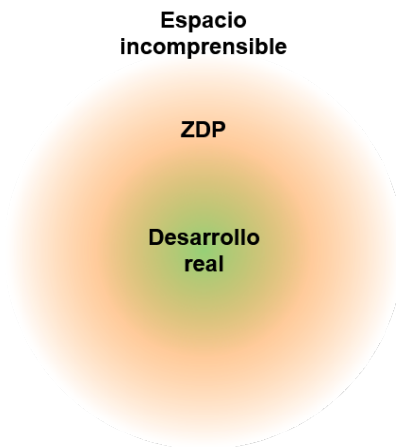


Figura 3: Diagrama de ZDP (Elaboración propia)

truccionales cuidadosamente diseñados. La secuencia por la cual uno puede activar estos procesos internos en el alumno consta de las siguientes fases (en orden): captar la atención, informar los objetivos, activar conocimientos previos, presentar el contenido, guiar el aprendizaje, provocar el desempeño, proporcionar retroalimentación, evaluar el desempeño y favorecer la retención y transferencia. También menciona que antes de enseñar, primero se debe estructurar los contenidos, definiendo inicialmente el objetivo final, luego descomponiéndolo en habilidades más simples, identificando prerequisites y, finalmente, ordenando el aprendizaje de lo básico a lo complejo [37, 38]. Estas condiciones dependen fuertemente del docente y la institución, estas no solo habilitan una eficiencia en la adquisición inicial del conocimiento, sino que también su organización, retención y transferencia a nuevas situaciones.

4.1.5. Dimensiones del aprendizaje

Wang con su trabajo del 2022 [4] explora, define, discute y compara el modelo tradicional de enseñanza con los métodos de enseñanza moderna. En su comparativa destaca 3 ejes principales en la estructura del modelo.

El primero es el estilo de enseñanza, el cual nos habla de cuánta tecnología y multimedia estamos usando (ver fig. 4). La figura no representa únicamente la presencia o ausencia de tecnología, sino el grado en que esta media el proceso educativo. Wang argumenta que las tecnologías multimedia permiten diversificar las formas de representación del conocimiento y flexibilizar el acceso a los contenidos para aumentar el conocimiento a sus alumnos (por ejemplo visualizando conceptos abstractos mediante la multimedia). También advierte que su uso excesivo puede reducir los procesos de análisis y reflexión profunda, favoreciendo una actitud más pasiva hacia el contenido. En consecuencia, el desplazamiento hacia métodos más tecnológicos no implica necesariamente una mejora automática del aprendizaje, sino una transformación en las formas de acceso y construcción del conocimiento.

Luego habla del enfoque educativo, donde Wang indaga en quién se centra el modelo, si en el profesor o en el alumno (ver fig. 5). Más que representar una oposición entre profesor y estudiante, la figura ilustra una transformación progresiva en la distribución del protagonismo dentro del proceso educativo. A medida que se avanza hacia enfoques centrados en el estudiante, el rol del docente evoluciona desde transmisor de conocimiento hacia facilitador y mediador del aprendizaje. No obstante, Wang señala que el docente como



Figura 4: Estilo de enseñanza (Creación propia)

facilitador no es universalmente superior, reconoce sus limitaciones como un alto costo, mayores recursos, difícil escalabilidad e implementación compleja. En contraste, con el docente como transmisor constituye una simple manera de transmitir conocimiento, directo, sin interferencias y generando un ambiente de clases serio que fomente el aprendizaje consciente. Aunque las aulas centradas en el profesor fomentan la dependencia de los estudiantes y ofrecen escasas oportunidades de cooperación y comunicación entre alumnos. Además, limitan la construcción de conocimientos más allá de los contenidos del plan de estudios definidos por el docente.

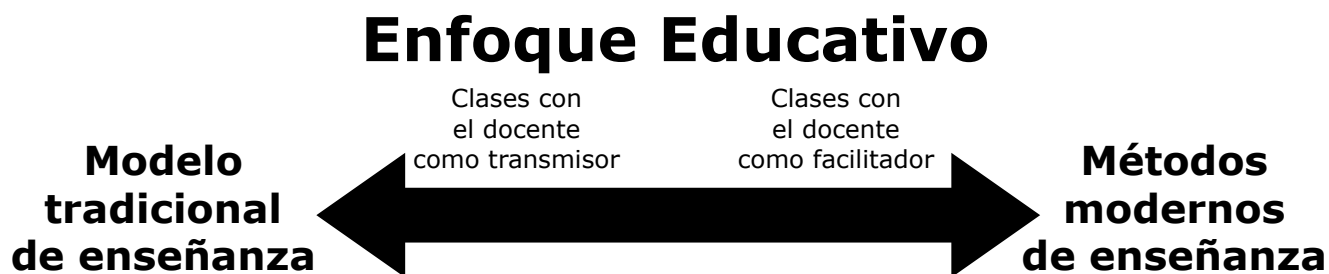


Figura 5: Enfoque educativo (Creación propia)

Y por último, Wang habla de la forma de aprendizaje, es decir, si el alumno tiene un rol pasivo, activo o interactivo hacia el contenido aprendido (ver fig. 6). Cabe mencionar que la forma interactiva no es más que el enfoque activo pero con interacciones entre alumnos. Wang destaca que los enfoques pasivos, activos e interactivos poseen fortalezas distintas y responden a necesidades educativas diferentes. Mientras las metodologías pasivas pueden resultar efectivas para la transmisión estructurada de conocimientos, las metodologías activas e interactivas buscan fomentar la participación, la colaboración y la construcción compartida del aprendizaje. En este sentido, la transición hacia modelos más interactivos representa una transformación en el rol del estudiante, más que una sustitución completa de los métodos tradicionales.

Es importante recalcar que Wang no plantea estas dimensiones como categorías absolutas o mutuamente excluyentes. Por el contrario, el autor explica que la evolución desde modelos tradicionales hacia modelos modernos no debe entenderse como un reemplazo de unas prácticas por otras, sino como una transformación gradual en el uso de la tecnología, el rol del docente y la participación del estudiante en el proceso de aprendizaje. Como consecuencia, es importante observar cada una de ellas con sus defectos y ventajas, siendo responsabilidad del docente de usarlas correctamente. De esta forma el estilo, enfoque o forma de aprendizaje tradicionales no son presentados necesariamente como incorrectos u obsoletos,

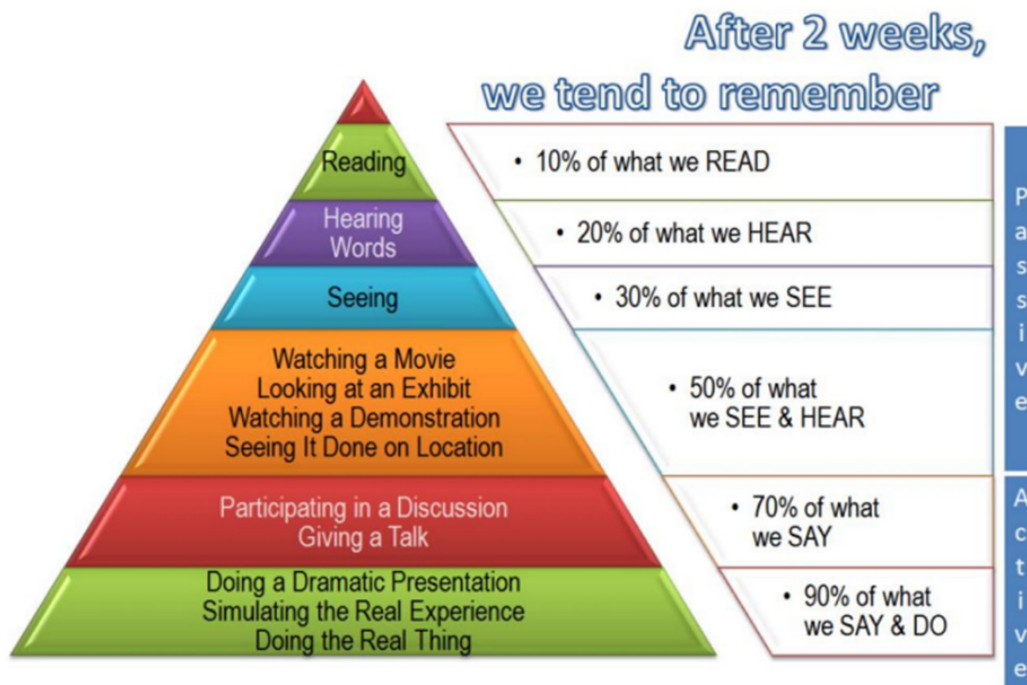


Figura 6: Diagrama de aprendizaje pasivo y activo (Wang [4])

sino como enfoques con limitaciones y ventajas dependiendo del contexto, especialmente en disciplinas donde la transmisión estructurada de contenido sigue siendo relevante. Esta visión se encuentra alineada con los planteamientos anteriores de Vygotsky y Gagné, quienes destacan la importancia de la mediación pedagógica, el andamiaje y las condiciones instruccionales como elementos fundamentales para favorecer el aprendizaje, independientemente del nivel de tecnología utilizado.

Con esto Wang define el modelo tradicional como: un modelo centrado en el profesor, quien da clases expositivas con, a lo sumo, material visual (Ej. PPT), dotando al alumno de un rol pasivo en su aprendizaje. Además, define los métodos de enseñanza moderna como un paradigma donde el centro es el estudiante, apoyado en la tecnología y personalización, donde el estudiante es un sujeto activo y que interactúa.

Wang también menciona en la siguiente frase: *“The essence of education has changed from educating people into talents to cultivating talents for examination”* [4]. Mostrando como el enfoque general en la educación ha cambiado, de educar personas hacia talentos, a cultivar talentos para examinar.

4.1.6. Marco de trabajo para la definición de métricas

Plaza, Marcuello, Igual y Arcega en [5] plantearon un marco de trabajo para definir métricas específicas para software educativo, los autores buscaron estandarizar y unificar criterios, métodos y herramientas. Su propósito era evaluar la calidad del software educativo y, por lo tanto, poder crear productos educativos de calidad comparables. Para esto, integraron aspectos técnicos (ingenieros de software) y pedagógicos (profesores) en un solo marco, con cierta flexibilidad para la creación de métricas, manteniendo una adaptabilidad frente a distintos y diversos software educativos. Se basaron en las buenas prácticas de las

normas ISO/IEC 19796 [39] para la educación, y para el software la familia ISO/IEC 25000 (SQuaRE project) [40] (que en el momento del artículo estaba en desarrollo), por lo que mantuvieron a su predecesora la ISO/IEC 9126 [41] como base.

Es así como el framework nos propone dos grandes modelos para aplicar nuestra evaluación, un Modelo A (para evaluar la calidad externa e interna, enfocado en el proceso de diseño, implementación, cumplimiento y validación, al que llamaremos modelo de calidad de software educativo) y el Modelo B (para evaluar la calidad en uso del software educativo en un contexto específico).

En el estudio se enfocaron en consolidar únicamente el Modelo A, véase fig. 7. Esta consta de una primer columna con las características de la ISO 9126 [41]; una segunda columna como las subcaracterísticas; y cuatro columnas para los sendos dominios que buscan incluir el aspecto pedagógico a la evaluación (explicadas en la siguiente sección).

La utilización del modelo A, según los autores, es genérica para cualquier tipo de software educativo. Consta de evaluar la importancia de las subcaracterísticas y dimensiones según el caso. Luego, el evaluador las identifica en la tabla (fig. 7) mediante un símbolo que represente a la métrica correspondiente. Después, se requiere definir métricas o indicadores en esas casillas marcadas (dependiendo de la evaluación, pueden ser cualitativas o cuantitativas). Finalmente se evalúa el software y se sacan conclusiones.

4.1.7. Dominios del software educativo

Con el fin de adaptar los modelos tradicionales definidos en las normas ISO al contexto educativo, los autores del framework (Plaza et al. [5]) incorporaron una dimensión extra al análisis, la cual permite evaluar el software desde múltiples perspectivas complementarias, incluyendo la perspectiva pedagógica. En particular, el modelo planteado introduce cuatro dominios transversales dadas sus recurrentes apariciones en otros trabajos similares, estos son:

- D1. **Técnico:** Corresponde a la dimensión basada directamente en estándares ISO/IEC. Son las propiedades técnicas del sistema, considerando aspectos como la funcionalidad, rendimiento, seguridad, manejo de errores y arquitectura del sistema.
- D2. **Estético:** Esta dimensión aborda cómo el sistema presenta la información al usuario. Considera aspectos como la interfaz, la estructura visual y la navegación. Analiza de qué manera las propiedades son limitadas o facilitadas por la presentación visuales y la forma de presentación de los datos y la herramienta.
- D3. **Contenidos:** Se refiere a la calidad y estructura del contenido proporcionado por la propiedad del software. Evalúa aspectos como coherencia, estructura, precisión, pertinencia y alineación con los objetivos de aprendizaje, constituyendo un punto base en la integración entre la ingeniería de software y la pedagogía.
- D4. **Pedagógica:** Esta dimensión se centra en la forma en que la propiedad del software facilita, aplica y logra el proceso de enseñanza y aprendizaje. Considera el enfoque pedagógico y las estrategias utilizadas para promover la comprensión y el aprendizaje significativo.

Es importante destacar que los dominios definidos (D1–D4) no reemplazan las características del modelo ISO/IEC, sino que actúan como una dimensión complementaria al análisis (de manera ortogonal) dotando de una mayor profundidad al análisis. Mientras que las características de la ISO/IEC describen las propiedades del software, los dominios permiten evaluar dichas propiedades desde distintas perspectivas.

PROPOSAL OF A QUALITY MODEL FOR EDUCATIONAL SOFTWARE.

Characteristics	Subcharacteristics	D1	D2	D3	D4
Functionality	Suitability				
	Accuracy				
	Interoperability				
	Security				
	Funct. Compliance				
Reliability	Maturity				
	Fault tolerance				
	Recoverability				
	Reliab. Compliance				
Usability	Understandability				
	Learnability				
	Operativity				
	Attractiveness				
	Usabil. Compliance				
Efficiency	Time Behaviour				
	Resource utilization				
	Effici. Compliance				
Maintainability	Analysability				
	Changeability				
	Stability				
	Testability				
	Mainta. Compliance				
Portability	Adaptability				
	Installability				
	Co-existence				
	Replaceability				
	Portab. Compliance				

D1 – Technical aspects. **D2** – Organization – presentation. **D3** – Contents.
D4 – Educational aspects.

Figura 7: Modelo A de calidad de software educativo (Plaza et al. [5])



Puede entenderse como formular 4 preguntas con distintos enfoques para la misma propiedad del software, una pregunta para cada dominio. Por lo tanto, los dominios no son mutuamente excluyentes, ya que parte de la propiedad como base y punto en común, tampoco los son todas las subcaracterísticas, pues es señalado que la mayoría de otros autores omiten o subordinan algunas de estas.

También se solidificaron las definiciones de los dominios, basándose en el contexto del trabajo de Plaza et al. [5], ya que los autores las explican mediante ejemplos más que mediante definiciones formales.

4.2. Profundidad de entendimiento

En este trabajo, como una síntesis teórica del análisis de la literatura, se propone el concepto de profundidad de entendimiento. Se define como: el grado cognitivo que una persona alcanza al abordar un contenido específico, el cual puede ser categorizado a partir de los niveles dentro de la Taxonomía de Bloom. En este sentido, no se concibe como una progresión estrictamente lineal, sino como un gradiente cognitivo que va desde la memorización y comprensión hasta la evaluación y la creación. Así, la profundidad de entendimiento se refleja según el tipo de operaciones mentales que un individuo es capaz de realizar sobre un determinado contenido.

Esta forma de conceptualizar el aprendizaje nos permite no solo estimar cuánto sabe una persona, sino también como utiliza, transforma y aplica ese conocimiento en distintos contextos. Como plantea Vygotsky, está mediada por la interacción social y cultural. Su estudio permite entender cómo uno progresa en la profundidad de entendimiento mediante el andamiaje. Además, según lo propuesto por Gagné, las condiciones y el método de enseñanza, en conjunto del diseño de experiencias de aprendizaje, tienen un impacto significativo en el avance del entendimiento, es decir en la aplicación del andamiaje, definiendo así una serie de pasos claros para lograr activar el andamiaje y conseguir aprendizaje. Asimismo, se reconoce que dicha profundidad está condicionada biológicamente hasta al menos los 11 años (según Piaget).

En consecuencia, la profundidad de entendimiento no solo refleja cuanto se conoce un contenido, sino que nos permite conocer algunas limitaciones, englobar cómo se construye, se aplica y se transfiere dicho conocimiento en distintos contextos.

5. Metodología

La presente investigación se basa en la actualización y extensión del marco de trabajo propuesto por Plaza et al. [5]. A partir de esto, y con carácter cualitativo, se definieron métricas orientadas a evaluar dentro del contexto de uso la aplicación en términos de eficacia educativa y facilidad de uso. Esto nos permite organizar y analizar la información de una manera deductiva.

Paralelamente, se realizó durante un trimestre, la recolección de datos en una prueba con la herramienta. Esta observación fue dentro de un contexto real con un curso de segundo medio. Posteriormente, se llevó a cabo un focus group con docentes del área de matemáticas que utilizaron la plataforma, compuesto por tres profesores de enseñanza media, cuyas edades variaban entre los 30 y 46 años.

A partir de esta información, y fundamentados en las métricas definidas, se construyó un análisis estructurado en tres pasos: (1) la descripción de hallazgos por dominio, (2) la interpretación de los resultados, (3) la extracción de implicancias.

Finalmente para contrastar lo evidenciado con la herramienta, se agrega una comparación con herramientas digitales de educación.

5.1. Marco de definición de métricas adaptado

Plaza et al. [5] se centra en la evaluación de la calidad del producto (Modelo A). En este trabajo se actualiza el Modelo A, con las características y subcaracterísticas de la última ISO/IEC 25010:2023 [42], quedando como se muestra en la tabla 1.

Adicionalmente, se extiende el marco de trabajo mediante la construcción del Modelo B, orientado a la calidad en uso. Para ello, se construye la tabla 2, basada en las características y subcaracterísticas de la norma ISO/IEC 25019:2023 [43]. Esta recoge la evolución del modelo de calidad en uso previamente contenido en la versión ISO/IEC 25010:2011 [44]. Dado que se evalúa Kimel en el contexto de uso dentro de un liceo, se utilizará el Modelo B en este trabajo.

De acuerdo con el estándar, la calidad en uso (Modelo B, tabla 2) se estructura en tres características principales, las cuales permiten evaluar el sistema desde la perspectiva de la experiencia real del usuario dentro de un contexto determinado (en este caso el uso bajo un liceo chileno). A continuación se detallan las características y subcaracterísticas del modelo calidad en uso definidas en la ISO/IEC 25019:2023 [43]:

- **Beneficio (beneficialness):** Grado de beneficio que resulta del uso de la herramienta.
 - Usabilidad (usability): Grado de facilidad para que un usuario específico pueda cumplir objetivos específicos relacionado a la efectividad, eficiencia y satisfacción con la herramienta, en determinados contextos de uso.
 - Accesibilidad (accessibility): Grado de la herramienta para ser usado por distintos y diversos usuarios, atendiendo a sus necesidades, características y capacidades.
 - Idoneidad (suitability): Grado en que el comportamiento y/o los resultados de un producto cumplen (satisfacen) los requisitos de calidad especificados cuando se utiliza.
- **Aceptabilidad (acceptability):** Grado en que la respuesta de un humano es favorable para aceptar o instalar la herramienta.
 - Experiencia (experience): Grado en el cual los usuarios acumulan conocimientos o habilidades específicas a través del tiempo, gracias al uso de la herramienta.
 - Confianza (trustworthiness): Grado subjetivo en cual los usuarios sienten sus expectativas cumplidas por la herramienta, generando la percepción de confianza en la utilización de esta.
 - Cumplimiento (compliance): Grado en cual los usuarios confían en que la herramienta cumple los requerimientos asociados a las leyes o reglas.
- **Mitigación de riesgos (freedom from risk):** Mitigación de diversos riesgos asociados al uso del software.
 - Libertad de riesgo económico (freedom from economic risk): Grado de mitigación hacia el potencial riesgo económico, englobando el estado financiero, propiedad comercial, reputación u otros aspectos similares.
 - Libertad de riesgo socioambiental (freedom from environmental and societal risk): Grado de mitigación hacia el potencial riesgo socioambiental en los contextos de uso previstos.
 - Libertad de riesgo a la salud (freedom from health risk): Grado de mitigación hacia el potencial riesgo sobre la salud de las personas en los contextos de uso previstos.
 - Libertad de riesgo a la vida humana (freedom from human life risk): Grado de mitigación hacia el potencial riesgo sobre la vida de las personas en los contextos de uso previstos.



Adaptación ISO/IEC 25010:2023 Modelo de calidad del producto					
Característica principal	Subcaracterísticas	D1	D2	D3	D4
Adecuación funcional	Compleitud funcional Corrección funcional Adecuación funcional				
Eficiencia del desempeño	Comportamiento temporal Utilización de recursos Capacidad				
Compatibilidad	Coexistencia Interoperabilidad				
Capacidad de interacción (Usabilidad)	Adecuación reconocible Aprendibilidad Operabilidad Protección contra errores del usuario Motivación usuaria Inclusividad Asistencia usuaria Autodescriptividad				
Fiabilidad	Ausencia de fallos Disponibilidad Tolerancia a fallos Capacidad de recuperación				
Seguridad	Confidencialidad Integridad No repudio Responsabilidad Autenticidad Resistencia				
Mantenibilidad	Modularidad Reusabilidad Analizabilidad Modificabilidad Testabilidad				
Flexibilidad	Adaptabilidad Escalabilidad Instalabilidad Reemplazabilidad				
Seguridad operacional	Restricción operacional Identificación de riesgos Modo seguro Advertencia de peligros Integración segura				

Tabla 1: Modelo A actualizado, sobre calidad del producto (Elaboración propia)

Adaptacion ISO/IEC 25019:2023 Modelo de calidad en uso					
Característica principal	Subcaracterísticas	D1	D2	D3	D4
Beneficio	Usabilidad				
	Accesibilidad				
	Idoneidad				
Aceptabilidad	Experiencia				
	Confianza				
	Cumplimiento				
Mitigación de riesgos	Riesgo económico				
	Riesgo socioambiental				
	Riesgo a la salud				
	Riesgo a la vida humana				

Tabla 2: Modelo B, sobre calidad en uso (Elaboración propia)

5.2. Definición de métricas

Cada métrica definida se ancla principalmente a una subcaracterística del modelo de calidad en uso definido (véase tabla 2), aunque en la práctica y como mencionan los autores del modelo (Plaza et al. [5]), la superposición de estas métricas es común. Es relevante tener en cuenta que en el contexto del software educativo, las subcaracterísticas de Experiencia e Idoneidad pueden presentar cierto grado de solapamiento, ya que el propósito de estas herramientas suele estar relacionado con la adquisición de conocimientos. Sin embargo, ambas evalúan aspectos distintos. Mientras que la Idoneidad se centra en el grado en que la herramienta cumple el propósito para el cual fue diseñada, la Experiencia considera la acumulación de conocimientos y habilidades que los usuarios desarrollan a lo largo del tiempo mediante su utilización. Por esta razón, es relevante tener presentes que la mejora en el aprendizaje de los estudiantes puede contribuir a ambas subcaracterísticas, mientras que aspectos como la familiarización progresiva de los docentes con la plataforma constituyen manifestaciones de la Experiencia sin incidir directamente en la Idoneidad.

A partir del marco de trabajo definido y del análisis de las dimensiones de calidad en uso (véase tabla 2), se definieron tres métricas cualitativas presentadas a continuación:

5.2.1. MÉTRICA 1: Nivel de aprendizaje significativo percibido

Evalúa el grado en que la herramienta promueve la capacidad de aumentar la profundidad de entendimiento sobre un tema de manera significativa. La evaluación se basa en la percepción docente como juicio experto sobre el aprendizaje logrado por los estudiantes. Esta métrica es el enfoque sobre la eficacia educativa del sistema, y ya que el propósito de la herramienta es aumentar la profundidad de entendimiento de los alumnos sobre el material curricular, se construye bajo la subcaracterística de Idoneidad.

Niveles de evaluación: Esta métrica se evalúa en cinco niveles cualitativos, anclados directamente en los niveles cognitivos de la TdB como referente teórico. Cada nivel corresponde a un estrato cognitivo observado desde la percepción docente sobre la profundidad de aprendizaje alcanzado por los estudiantes. Cabe considerar que, para el nivel de segundo año de enseñanza media, el máximo grado cognitivo esperable se sitúa hasta el nivel de análisis, por lo que el nivel superior de esta escala engloba de manera conjunta los niveles de evaluación y creación, cuya ocurrencia en este contexto es posible pero infrecuente.



Asimismo el consenso docente del nivel cognitivo esperado esta al nivel de aplicar según la TdB, y nivel medio según la siguiente escala:

- **Bajo:** los docentes perciben que la herramienta favorece únicamente la memorización y el reconocimiento de información previamente aprendida, correspondiente al nivel recordar de la taxonomía.
- **Medio-bajo:** se percibe que los estudiantes logran organizar, explicar, parafrasear o relacionar conceptos, correspondiente al nivel comprender, sin evidencia consistente de aplicación.
- **Medio:** los docentes perciben que los estudiantes pueden resolver situaciones nuevas aplicando los conocimientos adquiridos de formas distintas, correspondiente al nivel aplicar.
- **Medio-alto:** se percibe que los estudiantes son capaces de examinar, descomponer, inferir y establecer relaciones causales sobre el contenido, correspondiente al nivel analizar.
- **Alto:** los docentes perciben que la herramienta favorece la emisión de juicios fundamentados o la generación de soluciones originales, correspondiente a los niveles evaluar y crear.

5.2.2. MÉTRICA 2: Confianza docente en la herramienta

Evalúa el grado de confianza percibida por los docentes con el uso de la herramienta, considerando la relación de los docentes con tecnologías educativas y sus expectativas sobre su impacto en el aprendizaje. Al ser el usuario principal en la herramienta, y ser una evaluación cualitativa, esta surge como un habilitador para las métricas M1 y M3.

Niveles de evaluación: Dado su rol mediador sobre el conjunto del sistema, esta métrica se evalúa en cinco niveles que reflejan el grado de adopción, delegación y autonomía observado en la práctica docente.

- **Bajo:** el docente rechaza o evita el uso de la herramienta, su adopción es nula o está condicionada por imposición externa, y la percepción sobre su utilidad pedagógica es negativa.
- **Medio-bajo:** el docente utiliza la herramienta de forma esporádica y con supervisión exhaustiva, revisa la totalidad de los resultados generados antes de utilizarlos, requiere soporte externo frecuente y percibe los errores técnicos como señales de poca confiabilidad del sistema.
- **Medio:** el docente utiliza la herramienta con regularidad y valida los resultados de forma selectiva, delega funciones específicas y comienza a confiar en el contenido, aunque mantiene un rol de supervisión activa.
- **Medio-alto:** el docente incorpora la herramienta de manera habitual y delega progresivamente la generación de contenido, la validación es puntual y orientada a casos específicos, y la herramienta comienza a utilizarse para tareas de mayor complejidad pedagógica.
- **Alto:** el docente integra la herramienta de forma autónoma y proactiva en su práctica regular, la delega sin supervisión sistemática y la considera un recurso confiable para el diseño y evaluación de actividades de aprendizaje de alta exigencia cognitiva.

5.2.3. MÉTRICA 3: Facilidad de integración académica

Evalúa la capacidad de integración de la herramienta en la práctica docente. Más que medir únicamente la facilidad para utilizar la interfaz y su experiencia (usabilidad), busca analizar qué tan viable resulta incorporar la herramienta dentro de un contexto educativo real. Para ello se utiliza la definición de usabilidad propuesta por la ISO/IEC 25019:2023 [43]. Esta definición amplía el concepto tradicional presente en la ISO/IEC 25010:2023 [42], incorporando explícitamente el contexto de uso como parte de la evaluación. En este caso, se toma como la definición mencionada en la sección 5.1, grado en que un sistema, producto o servicio puede ser utilizado por usuarios específicos para lograr objetivos específicos con eficacia, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso determinado. En este caso, dentro de un proceso de trabajo pedagógico real, con todas las restricciones institucionales y normativas que eso implica y, por ende, tomando elementos como la resistencia al cambio y las dinámicas reales de uso en el aula.

Niveles de evaluación: Esta métrica se evalúa en cinco niveles que reflejan el grado de fricción observado al insertar la herramienta en el flujo de trabajo pedagógico real, considerando tanto las dimensiones técnicas como las institucionales y metodológicas.

- **Bajo:** la herramienta genera fricciones severas en las prácticas docentes existentes, su uso requiere cambios profundos en la metodología o en las estructuras institucionales, y es percibida de manera consistente como una carga adicional que no justifica su adopción.
- **Medio-bajo:** la herramienta presenta puntos de fricción técnica o metodológica relevantes que limitan su uso continuo, si bien algunos aspectos son compatibles con las prácticas existentes, las barreras de adopción superan los beneficios percibidos en el corto plazo, resultando en una frecuencia de uso baja e irregular.
- **Medio:** la herramienta se integra parcialmente en las prácticas docentes, existen fricciones técnicas o estéticas identificables, pero la alineación con el contenido y las herramientas pedagógicas permiten una adopción inicial, con una frecuencia de uso moderada y dependiente del contexto.
- **Medio-alto:** la herramienta se inserta con relativa fluidez en el flujo de trabajo pedagógico, las fricciones son puntuales y manejables, el esfuerzo de adopción es bajo y la frecuencia de uso es consistente, con mínimas barreras institucionales o técnicas.
- **Alto:** la herramienta se integra de manera natural y transparente en las prácticas docentes existentes, no requiere cambios metodológicos significativos, su adopción es inmediata y sostenida, y genera alta satisfacción en el contexto pedagógico real.

5.3. Limitaciones

La metodología presenta limitaciones propias de los estudios cualitativos, especialmente en cuanto a la primera métrica (sobre el aprendizaje real), razón por la cual se presenta como *percepción* significativa. También hay que recordar que la muestra del estudio está acotada a tres profesores, es decir la muestra es reducida y de una naturaleza específica, esto imposibilita generalizar los resultados. Asimismo, al estar basado en percepciones declaradas y observaciones parciales, los resultados pueden verse influenciados por sesgos subjetivos del contexto en el que se desarrolló la experiencia. Aun así, el enfoque permitió comprender la experiencia de los usuarios principales, los profesores, traduciendo los hallazgos en mejoras concretas al sistema, alineándose con metodologías de diseño y mejoras centrado en el usuario.

Adaptación ISO/IEC 25019:2023 Modelo de calidad en uso					
Característica principal	Subcaracterísticas	D1	D2	D3	D4
Beneficio	Usabilidad	M3	M3	M3	M3
	Accesibilidad				
	Idoneidad	M1	M1	M1	M1
Aceptabilidad	Experiencia				
	Confianza	M2	M2	M2	M2
	Cumplimiento				
Mitigación de riesgos	Riesgo económico				
	Riesgo socioambiental				
	Riesgo a la salud				
	Riesgo a la vida humana				

M1: Nivel de aprendizaje significativo percibido.

M2: Confianza docente en la herramienta.

M3: Facilidad de integración académica.

Tabla 3: Modelo B, sobre calidad en uso con métricas mapeadas (Elaboración propia)

6. Resultados

Cada métrica es abordada mediante un proceso de clasificación y posterior análisis interpretativo de la información recolectada por observaciones del uso de la herramienta y de los discursos, en función de la consistencia, profundidad y significado de las opiniones recogidas. También, dentro del análisis, se toma en cuenta lo establecido en el estado del arte, particularmente el concepto de profundidad de entendimiento, definido anteriormente en la sección 4.2.

Con esto se toma cada métrica e inicialmente se clasifican los hallazgos encontrados según dominios, posteriormente se interpretan los resultados (orientado a comprender relaciones y significados subyacentes), para luego extraer implicancias enfocadas en orientar decisiones de diseño e implementación de la herramienta.

Finalmente se contrastan las implicancias e interpretaciones con una comparativa de herramientas de educación digital y Kimel, este enfoque permite construir una comprensión contextualizada del uso de herramientas digitales para el aprendizaje, priorizando la interpretación por sobre la cuantificación. De esta forma se busca sustentar las implicancias, revisando las similitudes y diferencias en las tres métricas a través de un cuadro comparativo, contribuyendo así a la formulación de mejoras de diseño sólidas para la herramienta.

6.1. Métrica 1: Nivel de aprendizaje significativo percibido

Esta métrica evalúa el grado en que Kimel cumple su propósito educativo central: promover un aprendizaje que trascienda la memorización y avance hacia niveles cognitivos superiores. El concepto de profundidad de entendimiento (Definido en la sección 4.2) en conjunto con la TdB constituye el referente teórico principal para interpretar los hallazgos de esta métrica.

Los profesores percibieron el nivel de aprendizaje significativo de Kimel como **Medio-alto**. Según los docentes, esto se debe a que la contextualización obliga a los estudiantes a operar principalmente desde el



nivel Medio (aplicar). Además, las preguntas contextualizadas suben de dificultad cognitivo hasta analizar (que corresponde con el MINEDUC y lo que refleja el material buscado para el banco de preguntas). De esta manera, exige a los alumnos que analicen la información dentro de un contexto más desafiante, generando un andamiaje eficaz a través de la contextualización en este nivel.

6.1.1. Análisis por dominios

Dominio pedagógico (D4)

En el focus group, se formuló a los docentes la siguiente pregunta: *“¿Cómo sabrían realmente que una herramienta ayuda a los alumnos a entender?”* Los tres profesores coincidieron en definir el aprendizaje como la capacidad de transferir y aplicar el conocimiento a contextos distintos al original. Esto corresponde a niveles medios y superiores de la Taxonomía de Bloom, específicamente se evidencia desde el tercer nivel cognitivo (aplicar). Las estrategias que identificaron como más efectivas para promover ese tipo de aprendizaje fueron cuatro: (1) la contextualización de problemas en situaciones relevantes para el alumno, (2) las actividades prácticas, (3) el trabajo colaborativo y (4) ayudantes. Tanto (1) como (2) facilitan la conexión entre el conocimiento abstracto y su aplicación concreta, en cambio (3) y (4) permiten activar mecanismos de andamiaje entre pares. Cabe mencionar que la figura de ayudante no tiene por qué ser explicitado, surge muchas veces de manera natural en los grupos, como el alumno que más sabe de un tema y tiende a explicar al resto.

Los docentes también indicaron que es importante que la herramienta no entregue la respuesta de forma inmediata, sino que exija un esfuerzo previo de resolución. Sin embargo, refirieron que los estudiantes frecuentemente no saben por dónde comenzar ante preguntas de mayor complejidad cognitiva, y que esta dificultad aumenta en correlación con el nivel taxonómico al que pertenece la pregunta.

Dominio de contenido (D3)

El principal temor de los docentes no se relacionó con la calidad del contenido de Kimel. Sin embargo, el temor se desvió al uso que los estudiantes podrían hacer de los recursos tecnológicos externos no diseñados con fines educativos, particularmente herramientas de generación de texto por IA (LLMs, peculiarmente nombraron frecuentemente a ChatGPT como un sinónimo constante). Esta preocupación llevó a los docentes a valorar especialmente el contenido alineado con fuentes oficiales del MINEDUC o elaborado por ellos mismos, ya que proporciona coherencia curricular y permite mantener el control sobre el proceso de aprendizaje.

Dominio estético (D2)

Los estudiantes no reportaron dificultades para interactuar con la herramienta, ya que el elemento principal de interacción fue la guía impresa en papel, lo que implica que la interfaz digital queda abstraída del alumno durante esta fase. Los docentes manifestaron interés en incorporar dinamismo tecnológico al aula (similar al que ofrecen herramientas como Kahoot) con el fin de aumentar la participación activa de los estudiantes durante las sesiones. También, mencionan la relevancia que la multimedia tiene en el aprendizaje (particularmente los videos) dando ideas de incorporar un QR que lleve a los alumnos a cápsulas de video explicativas con la materia.

Dominio técnico (D1)

El principal problema técnico evidenciado fue el proceso de traspaso de las respuestas del papel a la plataforma. El flujo contemplaba que los docentes generaran la guía, la imprimieran, la aplicaran y luego subieran las respuestas escaneadas para que la aplicación realizara la corrección automática. Sin embargo, los docentes manifestaron resistencia a realizar el escaneo manualmente con herramientas externas a la plataforma, incluso reconociendo que era más rápido que la corrección manual. La externalización de este



proceso fue identificada como el principal punto de fricción en el ciclo de uso.

6.1.2. Interpretación

El hallazgo central de esta métrica es que la profundidad de entendimiento alcanzada por los estudiantes está condicionada por dos factores concurrentes el origen del contenido y su forma pedagógica de presentación.

En términos generales, la percepción de aprendizaje por parte de los docentes tiende a ser **Medio-alto**. Una de las razones más mencionadas fue la contextualización de las preguntas, estrategia que los profesores identifican como una vía efectiva para favorecer el aprendizaje. Desde su perspectiva, contribuye a la forma de aprendizaje modificando el rol tradicional del estudiante a una participación más activa en la construcción de conocimiento. En lugar de limitarse a responder ejercicios descontextualizados, los alumnos deben relacionar los contenidos con situaciones concretas y cercanas a su realidad. Esto es consistente con el planteamiento de Vygotsky, donde el uso de contextos significativos y actividades de simulación puede favorecer el aprendizaje al ampliar la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP). No obstante, la contextualización por sí sola no garantiza un aprendizaje profundo. Su efectividad depende de cómo se diseñen las actividades y del nivel de razonamiento que estas exijan al estudiante. El dominio estético y técnico de la herramienta limita actualmente su capacidad multimedia, para apoyar este ambiente.

Se evidenció, una tensión entre el modelo tradicional de enseñanza, orientado principalmente a la supervisión directa y la memorización, contra el enfoque que promueve Kimel basado en métodos modernos. Los docentes definen el aprendizaje real en términos de transferencia, pero las estructuras evaluativas que operan siguen priorizando niveles cognitivos inferiores. La herramienta al alinearse más con la primera visión, genera un potencial pedagógico al ampliar las capacidades de estilo, enfoque y formas de aprendizajes (recordar sección 4.1.5), pero también cierta tensión con las prácticas evaluativas vigentes.

Desde el dominio técnico, las fricciones observadas no responden a la complejidad del sistema, sino a la ausencia de integración de un proceso esperado por los usuarios. El ciclo de retroalimentación, generar, aplicar, corregir, analizar, es precisamente el mecanismo mediante el cual la herramienta podría contribuir al avance progresivo en la profundidad de entendimiento. Cuando ese ciclo se interrumpe por fricciones técnicas, el potencial educativo del sistema queda sin realizarse.

6.1.3. Implicancias

La generación y contextualización de preguntas está correctamente implementada a nivel conceptual. Se sugiere potenciar la construcción del contexto, ya que podría aumentar significativamente la profundidad de entendimiento alcanzada por los estudiantes. Esto resulta especialmente relevante cuando los contenidos se vinculan con situaciones cercanas a su realidad y requieren una participación más activa en el proceso de aprendizaje. Por ejemplo, en lugar de utilizar una imagen para resolver un ejercicio de trigonometría, se podrían proponer actividades prácticas guiadas, como medir la altura de un árbol utilizando conceptos trigonométricos. Este tipo de experiencias permite conectar los contenidos con situaciones concretas y observables. De esta forma las actividades realizadas exigen niveles cognitivos más altos, ya que requieren comprender instrucciones, aplicar conocimientos en escenarios reales e incluso analizar los resultados, no únicamente reconocer o recordar información previamente presentada.

La herramienta debe incorporar ayudas progresivas, pistas, ejemplos graduales, andamiaje explícito, que oriente a los estudiantes en el proceso de resolución sin entregar la respuesta directamente, teniendo en cuenta el nivel y la capacidad del alumno. Este mecanismo es especialmente relevante en preguntas



de nivel cognitivo medio y alto, donde la mayor complejidad es mayor, siendo la forma de optimizar el avance en profundidad de entendimiento sin sacrificar el esfuerzo cognitivo del alumno.

El docente debe mantener un rol activo en la validación del contenido, con acceso a herramientas de edición y generación propias. El contenido debe mostrar su vínculo con referentes curriculares oficiales para reforzar su legitimidad pedagógica.

El escaneo de las guías debe integrarse dentro de la propia plataforma, eliminando la dependencia de herramientas externas para el escaneo. Este problema impacta directamente en la viabilidad del ciclo completo de uso y, en consecuencia, en la posibilidad de aplicar retroalimentación sistemática sobre el avance en profundidad de entendimiento de cada alumno.

6.2. Métrica 2: Confianza docente en la herramienta

A diferencia de M1 y M3 que operacionalizan directamente los dos objetivos centrales del estudio, M2 cumple un rol distinto en el análisis. Busca ser una dimensión habilitante y mediadora. En contextos donde el docente actúa simultáneamente como usuario primario del sistema y como mediador del aprendizaje, su nivel de confianza condiciona la calidad y continuidad del uso. Por tanto, existe la posibilidad de que tanto la eficacia (M1) como la usabilidad (M3) se manifiesten plenamente en la práctica. Un docente con baja confianza utilizará la herramienta de forma esporádica o excesivamente supervisada, lo que reduce el alcance real de las otras dos métricas.

La relación con el concepto de profundidad de entendimiento es también relevante, aunque indirecta. Un docente que confía en la herramienta está dispuesto a utilizarla para actividades de mayor complejidad cognitiva, ampliando el rango de profundidad de entendimiento al que los estudiantes pueden acceder.

A partir del análisis por dominios, la confianza docente en Kimel describe una trayectoria que parte de un nivel **Medio-bajo** al inicio del período de prueba y avanza hacia un nivel **Medio-alto** al cierre de este. Particularmente el inicio es debido a las fallas técnicas y gestión del cambio, que posteriormente con un servicio de soporte eficiente y capacitación se lograron gestionar.

6.2.1. Análisis por dominios

Dominio pedagógico (D4)

Los docentes participantes utilizan habitualmente una variedad amplia de herramientas tecnológicas, tanto institucionales (que son las pedidas por la institución educativa) como personales (que son las utilizadas de manera independiente por los profesores u alumnos). Como ejemplo de las primeras, en este caso, tenemos Alexia Classroom, pizarras interactivas, proyectores y tablets. En cambio las personales serían Kahoot, Plickers, suites de Microsoft y Google, Canvas, ChatGPT, YouTube, Instagram o TikTok. Esta diversidad evidencia que la tecnología no genera desconfianza por sí misma, dentro del rango etario observado (30-46 años), sino que es visto como un recurso habitual en la enseñanza.

No obstante, nuevamente se observó una tensión persistente entre el modelo tradicional y los métodos modernos en lo relativo a la evaluación. Aunque confiaban en las evaluaciones digitales, los docentes expresaron confiar principalmente en los resultados de evaluaciones que supervisaron directamente, actitud que es resumida en la expresión recogida durante el focus group: *“Si no lo veo hacerlo, no sé si realmente aprendió”* (En el contexto de la baja autorregulación que los estudiantes demuestran en el uso de la tecnología fuera del entretenimiento u ocio). Adicionalmente, se observó que la confianza docente aumenta cuando existe una relación notoria entre el uso de la herramienta y mejoras en el rendimiento académico de los estudiantes.

Dominio de contenido (D3)

El profesorado valoró positivamente que el contenido de Kimel estuviera alineado con el currículum del MINEDUC. Pese a lo anterior, mencionan que les gustaría participar en la creación de las preguntas, y por ende, del contenido. Se observó también que el proceso de generación de preguntas de Kimel es estructuralmente similar al que los docentes ya realizan. Primero buscan material en libros del MINEDUC; luego, de ser necesario completan agregando más preguntas con herramientas externas, en particular aprueban y admiten utilizar herramientas como LLMs para esta tarea, en especial ChatGPT; por último, revisan y ajustan. Esta similitud redujo la percepción de extrañeza ante la herramienta, más aún cuando se les explicó su funcionamiento de manera simplificada.

Se registró una dinámica progresiva relevante. Inicialmente los docentes revisaban todas las guías generadas por Kimel antes de utilizarlas. Tras varias sesiones, al validar la calidad de los resultados, comenzaron a confiar en las generaciones posteriores sin revisarlas sistemáticamente.

Dominio estético (D2)

Los docentes comprendieron el concepto general de la herramienta con relativa facilidad, pero manifestaron dificultades en el uso concreto de la plataforma, lo que hizo necesarias sesiones de capacitación. Estas sesiones resultaron efectivas. Aquí, los docentes aumentaron su confianza tras comprender el funcionamiento del sistema. Se destaca que la confianza docente se ve afectada por su percepción sobre las capacidades digitales de los estudiantes fuera del contexto de juego o de redes sociales. Específicamente, se menciona: *“Yo siento que los niños de ahora, [...] lo único que manejan de la tecnología al final es como jugar los juegos y ver redes sociales. [...] Ejemplo, esta plataforma Classroom que es súper fácil de ocupar, o sea, ellos van y tienen que buscar la prueba. Eso ya, para ellos, es buscar una aguja en un pajar.”*

Dominio técnico (D1)

La implementación presentó errores técnicos puntuales que afectaron la confianza docente. Estos errores carecían del manejo adecuado desde la interfaz, impidiendo a los usuarios comprender qué había fallado. El ejemplo más claro fue la generación de guías que se detenía sin aviso visible ante fallos de conexión con APIs externas. Para mitigar el impacto ante errores, desde un inicio, se mantuvo contacto directo con los docentes vía mensajería instantánea, lo que permitió resolver los problemas en minutos. Esta gestión ágil fue determinante para sostener la confianza durante la fase de implementación.

6.2.2. Interpretación

En términos generales, la confianza siguió un proceso de construcción dinámico y no lineal, fluctuante ante hechos particulares, desde un **Medio-bajo** hasta **Medio-alto** para el final de la prueba.

El hallazgo principal es que la confianza no es una característica estática del sistema, sino un fenómeno que se construye progresivamente con el uso, y está al menos mediado por factores pedagógicos, de contenido, estéticos y técnicos que actúan simultáneamente. Esta dinámica compromete directamente M1 y M3 en las etapas iniciales. Aquí, la desconfianza lleva a los docentes a usar la herramienta de forma restrictiva y supervisada, limitando tanto el alcance pedagógico como la profundidad de entendimiento alcanzable. A medida que la confianza aumenta, gracias al correcto desempeño de la herramienta en las métrica 1 y 2, el docente delega más funciones y utiliza la herramienta para tareas de mayor complejidad.

Es así como la sensación de control emerge como el factor central de la confianza. Las herramientas que permiten al docente supervisar, editar y validar el proceso generan mayor confianza que aquellas que operan de forma autónoma o poco transparente. La desconfianza no se dirige a la herramienta en sí misma, sino al uso autónomo que los estudiantes podrían hacer del dispositivo sin mediación pedagógica adecuada; por ende, hacia las posibilidades reales de aprendizaje autónomo de los estudiantes con ella.



Esto posiciona la confianza como un fenómeno no ligado únicamente a la herramienta, sino también a la percepción que el docente tiene sobre el pensamiento crítico de sus estudiantes.

La alineación con prácticas pedagógicas existentes reduce la percepción de riesgo asociada al cambio y facilita la adopción, es significativo que esto sea transparente y explicado al usuario. En contraste, los errores técnicos, inclusive poco frecuentes, tienen un impacto desproporcionado sobre la confianza cuando no son gestionados de forma transparente desde la interfaz.

6.2.3. Implicancias

Dado el rol mediador de M2 sobre el conjunto del sistema, las implicancias de esta métrica son transversales y condicionan M1 y M3.

La herramienta debe ofrecer altos niveles de control docente en las etapas iniciales, es decir, permitir la revisión y edición. Además, debe mostrar la trazabilidad del contenido, con mecanismos que faciliten la delegación progresiva a medida que el docente adquiere confianza. La explicabilidad, entendida como la capacidad del sistema de hacer visibles sus procesos internos, es igualmente un factor clave que aumenta la confianza al mostrar de dónde proviene el contenido, cómo se generan las preguntas y qué criterios pedagógicos se aplican.

Para mitigar la desconfianza asociada al uso estudiantil, el sistema debe incorporar trazabilidad del proceso de resolución del alumno y no solo del resultado final, permitiendo al docente verificar cómo el estudiante responde y de esta manera validar el aprendizaje (al menos de una manera inicial).

La estabilidad técnica es una condición base. Los errores son inevitables, pero su impacto sobre la confianza puede gestionarse mediante la aplicación de transparencia e interfaces que comuniquen el estado del sistema de forma clara. La incorporación de canales de soporte ágil es especialmente relevante en las fases iniciales de adopción, que es cuando la confianza es más frágil.

6.3. Métrica 3: Facilidad de integración académica

Esta métrica evalúa la usabilidad de Kimel desde la perspectiva del modelo de calidad en uso propuesto por la ISO 25019 [43], específicamente dentro de la característica Beneficio y su subcaracterística Usabilidad. A diferencia de las definiciones de usabilidad centradas exclusivamente en la interfaz o interacción, en este contexto de uso educativo incorpora dimensiones más amplias como la compatibilidad con metodologías existentes, el esfuerzo de implementación, las restricciones institucionales y la heterogeneidad de competencias digitales de los usuarios.

El concepto de profundidad de entendimiento es relevante aquí de forma indirecta, como una herramienta que se integra con bajo esfuerzo puede ser utilizada con mayor frecuencia y para tareas de mayor complejidad cognitiva, lo que amplía el rango de profundidad de entendimiento alcanzable. La facilidad de integración no solo afecta al docente, sino que determina el techo pedagógico del sistema en condiciones reales de uso, actuando como limitador de la eficacia.

A partir del análisis por dominios, Kimel alcanza un nivel **Medio-bajo** en esta métrica. Si bien la compatibilidad con formatos conocidos facilita la adopción inicial, la dependencia del escaneo externo, la única opción de responder en papel y los errores técnicos generan fricciones que impiden clasificarla con un nivel mayor.



6.3.1. Análisis por dominios

Dominio pedagógico (D4)

La facilidad de integración está fuertemente condicionada por el esfuerzo requerido para la implementación y por el grado de cambio que la herramienta introduce en las prácticas existentes. Se observó resistencia al cambio incluso en docentes con alta disposición a innovar. Esta resistencia no responde únicamente a preferencias individuales sino también a restricciones institucionales, como por ejemplo: currículum fijo, evaluaciones estandarizadas y lineamientos del MINEDUC o del liceo/colegio en específico.

Esto se evidencio especialmente al utilizar Kimel para preparar a los alumnos para el Simce 2025 de segundo medio. En la práctica, los docentes manifestaban cierta reticencia a utilizar la herramienta debido al temor de que los alumnos no adquirieran los aprendizajes esperados o incorporaran conocimientos ajenos a los objetivos curriculares a través de los contextos utilizados. Sin embargo, el hecho de que las evaluaciones generadas fueran similares a las del SIMCE (alternativas) favoreció la aceptación e incorporación de la herramienta en el proceso educativo.

El escenario de integración más favorable esperado, es aquel en que la herramienta generará un impacto positivo y visible rápidamente (como una mayor participación o atención en el aula) sin requerir un esfuerzo significativo por parte del docente.

Para esto los profesores propusieron dar acceso a los alumnos a la plataforma, como usuarios que puedan utilizarla para responder las guías y como una herramienta de reforzamiento. La idea es que puedan usar Kimel de manera autónoma, aunque también expresaron preocupación por la autogestión de los alumnos. En ese sentido enfatizaron la importancia de su abordaje pedagógico y la capacidad de poder hacerlo de manera supervisada en clase.

Dominio de contenido (D3)

El uso de preguntas de alternativas resultó familiar para los docentes, al corresponder a formatos ampliamente utilizados en evaluaciones estandarizadas como SIMCE y PAES. Esta familiaridad facilitó la integración inicial, aunque la misma característica limita el potencial pedagógico de la herramienta al restringir la diversidad de tipos de preguntas, y por ende la disposición a su uso. Los docentes no identificaron esta limitación como una barrera crítica en el uso cotidiano. Sin embargo, al ser consultados directamente, manifestaron interés en contar con mayor variedad de formatos.

Dominio estético (D2)

Se observaron diferencias en las preferencias respecto a la forma de aprender a utilizar nuevas herramientas digitales. Algunos profesores prefirieron cápsulas de video explicativas, otros guías paso a paso integradas en la plataforma. También mencionaron estrategias más tradicionales, como aprender a través de colegas o en la participación de instancias de capacitación formal.

Por otra parte, los docentes que se consideraban más familiarizados con el uso de tecnologías, incorporaron la herramienta con mayor rapidez. Mientras que quienes presentaban menores competencias digitales, aunque mostraron interés, enfrentaron mayores dificultades en el uso inicial.

Dominio técnico (D1)

La estabilidad del sistema se presentó como un factor crítico, donde los errores técnicos visibles aumentaron directamente la percepción de dificultad de uso. La velocidad de respuesta del sistema, particularmente en la generación de guías, emergió como un factor relevante no anticipado. Los docentes no utilizaron la herramienta para planificar con anticipación la creación de material, inclusive al tener analítica de la respuestas de los alumnos. En cambio, valoraron mayormente la capacidad de obtener resultados de forma inmediata.

La falta de compatibilidad con herramientas existentes especialmente Excel (ya sea en formatos .XLSX



o .CSV), resulta fundamental para integrarse en los flujos administrativos del establecimiento.

6.3.2. Interpretación

La usabilidad evaluada fue **Medio-baja**, producto de la frecuencia real de utilización de la herramienta en el curso y con base en las limitaciones encontradas principalmente en los dominios técnico (D1) y estético (D2).

El hallazgo central es que la facilidad de integración no depende exclusivamente del diseño de la interfaz, sino de la capacidad de la herramienta para insertarse sin fricción en las prácticas educativas existentes y en las restricciones del contexto real. La adopción responde a una lógica pragmática, alto beneficio percibido con bajo costo de uso. Cuando este balance no se cumple, la herramienta puede ser percibida como una carga adicional antes que como un apoyo, o peor aún, inútil.

En el dominio de contenido, la alineación con formatos evaluativos conocidos facilita la adopción inicial, pero puede generar un efecto contraproducente con el potencial pedagógico, mientras más familiar es el formato, más fácil es adoptarlo. Sin embargo, es necesario tener el cuidado de explorar y andamiar correctamente niveles cognitivos superiores. Esto se refleja directamente sobre la profundidad de entendimiento alcanzable. Si la herramienta queda restringida a formatos de bajo nivel cognitivo, por razones de facilidad de integración, el techo pedagógico del sistema queda artificialmente limitado. Principalmente, esto ocurre cuando las preguntas no exigen una mayor complejidad cognitiva y se centran en procesos de memorización. Un caso común son algunas evaluaciones de selección múltiple, donde el estudiante puede progresar sin necesariamente desarrollar una comprensión profunda de los contenidos. En estos casos, parte del aprendizaje puede orientarse a responder correctamente el formato de evaluación más que a comprender la materia evaluada. Algunas estrategias que favorecen este fenómeno son las técnicas de descarte de alternativas, la identificación de pistas presentes en la redacción de otras preguntas, la inferencia de respuestas a partir de patrones observados en preguntas ya contestadas o simplemente aleatoriedad (cábalas como “C de correcto”). De esta forma, un estudiante puede obtener buenos resultados utilizando mecanismos asociados al formato de la evaluación, sin que ello implique necesariamente un dominio más profundo del contenido. Como consecuencia, el rendimiento observado no siempre refleja un aumento real en la profundidad de entendimiento.

La heterogeneidad en competencias digitales introduce una barrera que no puede resolverse solo con un buen diseño de interfaz, sino que requiere estrategias de acompañamiento diferenciadas. Lo anterior implica que la facilidad de integración es en parte una propiedad emergente de la interacción entre usuario, sistema y objetivo, más que una característica intrínseca del software (Algo que la ISO/IEC acepta como definición de usabilidad).

En el dominio técnico, la rapidez en la generación de contenido emerge como un factor crítico de adopción no anticipado. En la generación de evaluaciones, los docentes priorizan la inmediatez sobre la planificación anticipada, lo que convierte la velocidad de respuesta en un requisito funcional. Además, resulta indispensable que la aplicación tenga la capacidad de exportar la información (en especial las notas) a diversos formatos que permitan compatibilidad, para que pueda ser utilizada como una aplicación institucional.

6.3.3. Implicancias

La herramienta debe integrarse de forma natural en las prácticas existentes, evitando requerir cambios profundos en la metodología o en las estructuras institucionales. En este sentido, es necesario considerar las



restricciones del contexto curricular, evaluativo, y de formatos de trabajo, para una integración efectiva. Sin dejar de sacrificar innovación y dinamismo en la clase, este es el objetivo final al que debería apuntar Kimel, ser un facilitador moderno. Dentro de este concepto se deben ofrecer múltiples modalidades de aprendizaje para que el docente pueda aplicar, desde tutoriales en video, distintos tipos de evaluaciones y preguntas, como guías paso a paso integradas en la plataforma, hasta distintas modalidades de aprendizaje. Es clave explorar todo el rango que menciona Wang [4]. En esto es necesario siempre tener en cuenta al docente como juez último, dándole siempre la capacidad de intervenir, decidir y crear.

La adopción se ve favorecida cuando el beneficio es claro y el esfuerzo de uso es bajo. En consecuencia, es clave reducir pasos innecesarios en los flujos de trabajo más frecuentes. Se sugiere iniciar usando formatos conocidos para facilitar la adopción inicial. Sin embargo, es necesario incorporar progresivamente nuevas funcionalidades que amplíen el potencial pedagógico, y por tanto la profundidad de entendimiento alcanzable sin generar rechazo. Para esto se propone diversificar formas de guiar al “usuario docente” por la herramienta, pueden ser foros comunes entre profesores, cápsulas con videos, guías dentro de la interfaz, etc.

La rapidez en la generación de contenido es un factor de adopción necesario, no solo un requisito técnico. La robustez del sistema y la compatibilidad con formatos, como mínimo .XLSX o .CSV, son condiciones básicas para el uso sostenido en entornos educativos reales.

6.4. Comparación con otros productos

Esta sección busca indagar en herramientas educativas similares con gran popularidad, siendo estas Khan Academy, Duolingo, Moodle y Quizizz. Esto permite catalogar a Kimel dentro del ámbito educativo actual. De esta forma, se busca obtener un mayor entendimiento de la herramienta al contrastar los hallazgos de los resultados previos (sección 6.1 a 6.3) con las herramientas seleccionadas.

6.4.1. Khan Academy (KA)

Khan Academy es una plataforma de aprendizaje en línea, que ofrece servicios gratuitos basado en la licencia de Creative Commons. Sin embargo, tiene un modelo de suscripción especializado para instituciones. Se fundamenta en un modelo de aprendizaje para el dominio (mastery learning), propuesto por Benjamin Bloom, que implica que los estudiantes deben alcanzar un dominio del 90 % en una prueba de conocimientos previos antes de continuar aprendiendo la información subsiguiente [45]. Khan Academy tiene 3 perfiles usuarios (estudiante, profesor y padre o apoderado) que permiten personalizar la experiencia de aprendizaje. El docente puede crear cursos que permitan adaptar el contenido al progreso individual, gestionando su clase a través de la plataforma. Todo lo anterior implica que cada alumno avanza a su propio ritmo, por lo que es importante que integre analítica de datos, seguimiento en tiempo real y adaptabilidad en la experiencia individual mediante ejercicios interactivos y recursos multimedia. Desde una perspectiva pedagógica, este enfoque favorece el aprendizaje autónomo y la autorregulación, posicionando a Khan Academy dentro de los métodos modernos centrados en el estudiante.

Diversos estudios han mostrado que su uso sistemático se asocia con mejoras en el rendimiento académico, especialmente cuando se implementa de manera continua y estructurada [46]. Sin embargo, también se ha observado que su efectividad depende fuertemente del acompañamiento docente, ya que su uso aislado tiende a generar resultados más limitados [47, 48].



6.4.2. Duolingo

Duolingo es una aplicación de aprendizaje, principalmente de idiomas asistida por dispositivos móviles (MALL, por sus siglas en inglés *mobile-assisted language learning*), aunque también ha incorporado cursos de matemáticas, música y ajedrez. La plataforma adopta un modelo multiplataforma (web y móvil) con un esquema freemium, lo que facilita su acceso masivo. Su diseño está fuertemente basado en la gamificación utilizando puntos, rachas, vidas, niveles, experiencia y recompensas. Junto a esto, incluye retroalimentación inmediata y un sistema adaptativo que refuerza aquellos contenidos en los que el usuario presenta mayores dificultades (en los que recurrentemente se equivoca). En conjunto, estas características reflejan un enfoque predominantemente conductivista [49], centrado en la repetición, el refuerzo y la práctica constante.

Distintos estudios experimentales indican que su uso sostenido puede mejorar habilidades lingüísticas básicas, como vocabulario, comprensión lectora, competencias receptivas y productivas [50]. Sin embargo, estos resultados deben interpretarse con cautela, ya que una revisión sistemática muestra limitaciones metodológicas como muestras reducidas o bajo control de variables, y más importante aún, los estudios se centran más en la creación de herramientas que al entendimiento humano asociado con la herramienta, lo que restringe la generalización de sus conclusiones. También la literatura señala que si bien Duolingo favorece el aprendizaje inicial, su impacto en dimensiones más profundas (como la aplicación contextual del lenguaje o la autoeficacia) es limitado, especialmente cuando se utiliza de forma aislada [51].

Desde una perspectiva pedagógica, la plataforma destaca por su capacidad de mantener la motivación y la constancia en el aprendizaje, gracias a su sistema de gamificación y a la estructura de contenidos en unidades pequeñas. Esto facilita la participación y el acceso, pero al mismo tiempo puede generar una sobredependencia en dinámicas de repetición, priorizando la memorización por sobre la comprensión profunda. En este sentido, Duolingo resulta más efectiva como herramienta complementaria que como una solución educativa integral, especialmente en contextos donde no existe mediación docente. Esto se ve reflejado especialmente en la percepción de algunos usuarios, quienes reportan dificultades para transferir lo aprendido a situaciones reales [52].

Finamente cabe destacar que Duolingo tiene una modalidad pagada para instituciones, y anteriormente una versión gratuita para crear aulas para los profesores, que no se abordó en este estudio.

6.4.3. Moodle

Moodle es un sistema de gestión de aprendizaje (LMS, por sus siglas en inglés “*Learning Management System*”) de código abierto ampliamente utilizado en entornos educativos formales. Desde el punto de vista pedagógico, Moodle se fundamenta en el constructivismo social, promoviendo el aprendizaje mediante un ambiente digital colaborativo. Permite subir contenido, generar roles (como profesor, ayudante y alumno), conversar mediante foros, actividades grupales y evaluaciones formativas. Además, técnicamente permite la administración de cursos, evaluación automatizada, seguimiento del progreso y la integración de múltiples recursos digitales dentro de una misma plataforma, lo que la transforma en una plataforma digital que posee una gran versatilidad, permitiendo a criterio y capacidades del gestor (generalmente el profesor), integrar métodos modernos de aprendizaje con la metodología tradicional. Esto permite al gestor la libertad de explorar los rangos que habla Wang [4] explicados en la sección 4.1.5. También lo responsabiliza de su correcto uso, asimismo ocurre con las condiciones de enseñanzas que nos habló Gagné.

La plataforma Moodle no está orientada a la generación de contenido educativo. Más bien, funciona como un facilitador que proporciona la infraestructura necesaria para gestionar procesos de enseñanza



y aprendizaje en línea. Moodle opera como un aula virtual donde la administración de los contenidos y actividades recae principalmente en el usuario, generalmente el docente o la institución educativa. Esta versatilidad y funcionalidad es potenciada por la posibilidad de incorporar múltiples complementos (plugins), que facilita la construcción de entornos virtuales de aprendizaje en la web adaptados a distintos contextos educativos.

Estudios empíricos indican que tanto factores intrínsecos (interacción, contenido) como extrínsecos (evaluaciones, tareas) influyen positivamente en la percepción de aprendizaje y en el desempeño académico de los estudiantes. No obstante, su efectividad depende en gran medida del diseño instruccional implementado por el docente, ya que la plataforma por sí sola no garantiza experiencias de aprendizaje significativas y depende fuertemente de los contenidos y base pedagógica que el docente quiera utilizar [53].

Revisiones sistemáticas de la literatura muestran que Moodle mejora el rendimiento académico, la participación y la satisfacción de los estudiantes, especialmente en contextos de educación superior y aprendizaje en línea [54]. Su arquitectura modular permite adaptaciones específicas según el contexto institucional, aunque esto implica una mayor complejidad en su implementación. Es por esto que muchas veces las instituciones pagan a proveedores certificados, aunque sea de código abierto, para la configuración inicial y el mantenimiento del sistema.

6.4.4. Quizizz

Quizizz se presenta como una herramienta de evaluación digital gamificada que permite integrar dinámicas de juego en contextos educativos formales. Permite la recopilación de datos de desempeño y analiza los resultados a nivel individual y grupal. Se basa en la participación activa de los estudiantes a través de distintos dispositivos digitales, donde responden cuestionarios en tiempo real o de forma asincrónica, y reciben retroalimentación inmediata. Esta dinámica no solo facilita la evaluación del aprendizaje, sino que también permite a los docentes identificar brechas de conocimiento y ajustar sus estrategias pedagógicas de manera oportuna.

Estudios muestran que Quizizz genera un beneficio en la motivación, participación, satisfacción y la autosuficiencia de los alumnos. En particular, hay estudios de mediano plazo que han demostrado una mejora en la percepción del rendimiento académico y en su capacidad de resolver tareas, aunque varía enormemente dependiendo del contexto y la orientación dada [55]. Por otro lado, los profesores destacan la efectividad, facilidad de integración y la capacidad de motivación de la herramienta. No obstante, estos resultados podrían estar parcialmente influenciados por un efecto de adopción acelerada asociado a la pandemia por COVID-19, periodo en el que las plataformas digitales pasaron de ser recursos complementarios a convertirse en elementos esenciales para la continuidad educativa. En consecuencia, parte de la valoración positiva observada podría reflejar tanto las ventajas propias de la herramienta como las necesidades contextuales que favorecieron su incorporación generalizada en los procesos de enseñanza y aprendizaje [56]. Sin embargo, el estudio es principalmente sobre el contexto del estudiante sobre la plataforma y no sobre su rendimiento académico real, ya que se concluyó que no siempre presentan diferencias estadísticas relevantes.

Finalmente, Quizizz oficialmente es ahora Wayground, donde pasó a ser una suite de aprendizaje mucho más robusta y fuertemente impulsada por IA. Dada la limitada cantidad de estudios por su novedad, este estudio utilizara la versión anterior.

6.5. Análisis comparativo con Kimel

Con el fin de contextualizar los resultados obtenidos en la evaluación de Kimel, se presenta a continuación una comparación sistemática entre la herramienta y las plataformas descritas, utilizando el mismo marco analítico empleado en toda la sección de resultados. De esta forma se busca adoptar una nueva dimensión comparativa en el análisis, que permita consolidar las implicancias extraídas de los resultados. Para esto, se crearon tres tablas que buscan estructurar la comparativa alrededor de las tres métricas definidas, la tabla 4 para M1, la tabla 5 para M2 y la tabla 6 para M3. Dentro de cada una de las tablas, se expanden los cuatro dominios del modelo de calidad (D1 técnico, D2 estético, D3 contenidos, D4 pedagógico) y cada opción de herramientas digitales mencionada, incluyendo Kimel. El objetivo no es establecer un ranking de herramientas, sino identificar en qué elementos Kimel presenta convergencias, diferencias o elementos diferenciadores respecto a soluciones consolidadas en el mercado.

Según la tabla 4 dentro de la comparativa de la métrica 1 (sobre el nivel de aprendizaje percibido) Kimel es la única herramienta entre las comparadas que articula explícitamente la Taxonomía de Bloom con la generación de contenido, lo que representa un diferenciador relevante frente a plataformas como Quizizz o Duolingo, orientadas a niveles cognitivos inferiores (aprendizaje a través de la repetición y memorización). Su ventaja más clara es la contextualización de preguntas como mecanismo de transferencia, comparable en intención pedagógica de Khan Academy, que busca hacer más visual y entendibles los conceptos, aunque sin la madurez técnica de este último. La principal brecha identificada es la ausencia de andamiaje progresivo, que limita el potencial pedagógico especialmente en los niveles cognitivos superiores de la taxonomía. El elemento innovador es la abstracción de lo digital a los alumnos, facilitando una integración transparente a los alumnos en lugares con baja capacidades digitales, aún así es necesario agregar opciones digitales para que el profesor pueda diversificar, y más investigación en la utilidad real de esta característica. Moodle al no tener contenido propio, su potencial depende totalmente del gestor, pudiendo desarrollar un aula muy potente y significativa en el aprendizaje, tanto como una contraproducente. En este sentido Kimel debe guiar más al profesor y dejar la opción manual cuando este acostumbrado a la herramienta.

Según la tabla 5, la confianza docente en Kimel sigue un patrón distinto al de las otras plataformas comparadas. Mientras herramientas como Quizizz y Duolingo generan confianza desde el primer contacto por su sencillez técnica, Khan Academy la sostiene por su trayectoria consolidada e impacto, y Moodle dado su potencial. En cambio Kimel al ser una herramienta emergente, necesita ir construyendo su confianza progresivamente a través del uso y la validación del contenido generado. La principal área de mejora identificada en Kimel es el manejo de errores, donde plataformas ya consolidadas abstraen los fallos técnicos del usuario de forma efectiva, mientras que Kimel los expone sin mediación. También, se evidencia la relevancia de incorporar y empoderar al docente. Siendo la excepción Duolingo, dado que es una plataforma diseñada para ser usado en periodos breves y con baja complejidad, sin intervención docente, enfocándose directamente en el estudiante como usuario. Por ello, su diseño prioriza la autonomía del alumno por sobre la participación activa del profesor. Más allá de estar alineados con el currículo nacional chileno, no se identificó otro elemento realmente innovador.

Según la tabla 6, en facilidad de integración, Kimel se posiciona en un nivel medio comparado con las herramientas analizadas. Comparte en su mayoría el formato de preguntas de alternativa (familiar para los docentes), lo que facilita la adopción inicial. Sin embargo, las mayores fricciones técnicas es la dependencia del escaneo externo y la poca digitalización implica al alumno, alejando a Kimel significativamente de la fluidez necesaria. Herramientas que requieren configuración mínima como Quizizz o Duolingo, tienen una gran ventaja en la implementación inicial. A diferencia de Moodle, cuyo alto esfuerzo inicial se compensa con una integración profunda a largo plazo, Kimel no logra ese equilibrio ni una madurez para competir en



complejidad o facilidad de uso con la herramientas mencionadas. Un buen ejemplo del equilibrio buscado es Khan Academy, donde el esfuerzo de uso es bajo y la integración es profunda. Además, la compatibilidad con formatos administrativos estándar, la eliminación de dependencias externas, la simplificación de flujos frecuentes, la incorporación de ayudas visuales y una mayor capacidad de adaptación a distintos estilos, enfoques y formas de aprendizaje emergen como condiciones necesarias para mejorar esta métrica.

Finalmente el análisis comparativo permite situar a Kimel dentro del ecosistema de software educativo actual con mayor precisión. Podemos ver herramientas orientadas a la facilidad de uso, enganche con gamificación y rápida implementación como Quizizz y Duolingo, dentro de este tipo de herramientas queremos mencionar también a Kahoot!. Al otro lado del espectro, se tienen herramientas con alta personalización y complejidad como Moodle, donde se empodera al docente y se construye un sistema equilibrado entre enseñanza tradicional y el enfoque moderno, limitado únicamente por su compleja implementación y utilización por parte docente. Finalmente están las herramientas balanceadas como Khan Academy, que logran una armonía entre facilidad de uso y complejidad, generando una confianza y eficiencia educativa elevadas. Este balance es el ejemplo a seguir para la construcción de una suite educativa completa.

Kimel presenta un perfil diferenciado, su mayor fortaleza está en la dimensión de contenido y pedagógica (D3 y D4), viéndose relevante dentro de M1 donde la combinación de alineación curricular, clasificación taxonómica y contextualización por LLM no tiene un equivalente directo entre las plataformas comparadas. La mayor área de desarrollo está en M3, donde la fricción técnica (D1) limita una integración que, conceptualmente es compatible con las prácticas docentes existentes.

El comportamiento de M2, es dependiente del contexto de uso y está inicialmente condicionado por M1 y M3. En otras palabras, la confianza no surge de manera aislada, sino a partir de la percepción de que la herramienta es útil para el aprendizaje (Idoneidad) y puede integrarse fácilmente a la práctica docente (Usabilidad). Posteriormente, el uso continuo de la herramienta reafirma dicha confianza generando una retroalimentación positiva sobre M1 y M3. Por ello, se sugiere que el diseño de la confianza debe ser tratado como un proceso de construcción progresiva. Este proceso debería depender, al menos, de la calidad inicial del software, basado en la percepción de aprendizaje con la herramienta (Idoneidad) y de su facilidad de integración (Usabilidad), no únicamente como una propiedad inmediata del sistema.

7. Conclusiones

Este trabajo tuvo como propósito analizar la propuesta de software educativo desarrollada como Kimel, evaluando su eficacia educativa y su facilidad de uso a partir de un período de prueba en un contexto educativo real. Para ello se construyó un marco de evaluación adaptado a partir del modelo de calidad propuesto por Plaza et al., el cual fue actualizado con las normas ISO/IEC 25010:2023 [42] e ISO/IEC 25019:2023 [43], y se definieron tres métricas cualitativas, donde por cada una de ellas se analizó desde múltiples perspectivas: pedagógica, de contenido, estética y técnica.

Los resultados revelan que el valor de Kimel no reside únicamente en el uso de inteligencia artificial, sino en la forma en que esa tecnología se articula con prácticas pedagógicas reales y con el currículo nacional. La contextualización de preguntas mediante LLM emerge como el elemento diferenciador más significativo, permite operar como mecanismo motivacional, que además obliga al estudiante a trabajar en niveles cognitivos más altos de la Taxonomía de Bloom. Esto favorece el avance en la profundidad de entendimiento e impulsa al alumno hacia un enfoque educativo con el docente como facilitador, además le permite contar su contexto fomentando el rol activo. El docente también puede cambiar de enfoque educativo. Sin embargo, este potencial queda limitado por la ausencia de andamiaje progresivo dentro



Tabla 4: Comparación por M1 — Nivel de aprendizaje significativo percibido

	D1 Técnico	D2 Estético	D3 Contenidos	D4 Pedagógico
Khan Academy	Sistema adaptativo con analítica en tiempo real y seguimiento por objetivo de aprendizaje.	Ejercicios interactivos y visuales con retroalimentación inmediata que activan al estudiante.	Contenido estructurado bajo modelo de dominio; profundidad progresiva garantizada por diseño.	Mastery learning promueve avance cognitivo gradual.
Duolingo	Sistema adaptativo que refuerza contenido, pero no evalúa transferencia ni aplicación contextual.	Gamificación motiva la práctica constante. Retroalimentación inmediata aunque superficial.	Contenido acotado y repetitivo. No diseñado para profundidad cognitiva alta.	Enfoque conductivista centrado en memorización y repetición. Limitado para alcanzar niveles medios y altos de la Taxonomía de Bloom.
Moodle	Capacidad técnica de evaluación enteramente dependiente del diseño instruccional del docente.	Presentación del contenido variable, depende de cómo el docente estructura el material.	Calidad del contenido educativo determinada por el docente. Potencial muy alto si el diseño instruccional es adecuado.	Constructivismo social facilita aprendizaje profundo cuando está bien diseñado. Sin diseño instruccional cuidadoso, el potencial queda sin realizarse.
Quizizz	Analítica individual y grupal disponible, sin seguimiento del aprendizaje sostenido en el tiempo.	Gamificación, favorece la participación activa.	Preguntas cerradas de baja complejidad cognitiva predominan. Limitado para evaluación de niveles superiores de Bloom.	Diseñado para evaluación formativa y repaso. No promueve transferencia ni profundidad de entendimiento de forma estructural.
Kimel	Corrección automática disponible, dependencia del escaneo externo. Analítica por objetivo educativo del MINEDUC.	Interfaz de alumno en papel abstrae la tecnología, limita interactividad pero reduce distracción. Busca mantener la tradición	Contenido alineado con MINEDUC y clasificado por Taxonomía de Bloom. Contextualización por LLM promueve transferencia del conocimiento.	Contextualización de preguntas promueve niveles cognitivos medios y altos. Ausencia de andamiaje progresivo limita el apoyo en tareas de alta complejidad.



Tabla 5: Comparación por M2 — Confianza docente en la herramienta

	D1 Técnico	D2 Estético	D3 Contenidos	D4 Pedagógico
Khan Academy	Plataforma estable y consolidada con alta transparencia en el seguimiento del progreso.	Interfaz clara y bien documentada, curva de aprendizaje moderada para docentes.	Contenido revisado con alta legitimidad académica y trayectoria comprobada.	Alta visibilidad del proceso de aprendizaje del alumno, el docente mantiene rol activo de monitor.
Duolingo	Plataforma estable y de uso extendido, pero con bajo control docente sobre el proceso.	Interfaz altamente intuitiva y familiar para los estudiantes, no diseñada para uso en aula formal.	Contenido fijo y no editable por el docente, bajo control sobre lo que los estudiantes aprenden.	Uso principalmente autónomo por el estudiante, el docente tiene poca visibilidad del proceso.
Moodle	Estabilidad dependiente de la implementación institucional, requiere soporte técnico especializado.	Alta curva de aprendizaje, requiere formación específica considerable antes de un uso fluido.	Control total del docente sobre el contenido genera alta confianza en el material utilizado.	El docente diseña y controla todo el proceso.
Quizizz	Plataforma estable con buen manejo de errores, genera confianza técnica desde las primeras sesiones.	Interfaz intuitiva con reportes visuales claros y fáciles de interpretar para el docente.	El docente crea o importa el contenido, control directo sobre las preguntas utilizadas.	Visibilidad en tiempo real del desempeño estudiantil.
Kimel	Errores técnicos puntuales sin manejo adecuado desde la interfaz, requirió soporte externo.	Requirió sesiones de capacitación. Confianza aumentó significativamente tras comprender el sistema.	Alineación con MINEDUC genera confianza en el contenido. Delegación progresiva observada tras validación inicial.	Autonomía del sistema de IA. Confianza construida de forma dinámica con el uso.



Tabla 6: Comparación por M3 — Facilidad de integración académica (Usabilidad en contexto)

	D1 Técnico	D2 Estético	D3 Contenidos	D4 Pedagógico
Khan Academy	Requiere configuración inicial, integraciones con LMS disponibles pero con complejidad moderada.	Interfaz clara para docentes con documentación abundante, curva de aprendizaje moderada.	Biblioteca de contenido extensa que reduce el esfuerzo de preparación, aunque no siempre alineada con el currículum local.	Requiere inversión de tiempo para estructurar cursos y monitorear estudiantes. Mejor como complemento con rol docente activo. Posible uso autónomo
Duolingo	Configuración prácticamente nula, aplicación lista para usar sin integración técnica requerida.	Interfaz altamente intuitiva, no se requiere capacitación de ningún tipo.	Contenido fijo sin necesidad de preparación por parte del docente, esfuerzo mínimo.	mínima intervención requerida en la práctica docente formal. No pensada para el aula (reforzamiento totalmente autónomo y personalizado)
Moodle	Alta complejidad de implementación inicial, requiere infraestructura institucional y soporte técnico certificado.	Curva de aprendizaje elevada, formación específica considerable necesaria para uso efectivo.	Alta carga inicial de creación de contenido para el docente, inversión significativa de tiempo.	Alto esfuerzo inicial, pero integración profunda una vez establecido. Personalizable al docente
Quizizz	Configuración mínima, funcionamiento inmediato desde el navegador sin instalación.	Interfaz intuitiva sin capacitación necesaria, los docentes la adoptan con rapidez.	Formato de preguntas familiar alineado con evaluaciones estandarizadas, bajo esfuerzo de preparación.	Integración rápida con bajo impacto en la metodología existente, mínimo esfuerzo de adopción.
Kimel	Dependencia del escaneo externo genera fricción en el flujo de trabajo. Falta de integración con formatos como Excel/CSV. Dependiente de la confianza.	Requirió capacitación, media facilidad de uso.	Formato de alternativas alineado con SIMCE/PAES facilita la integración inicial, limita diversidad pedagógica.	Compatible con prácticas evaluativas existentes. Resistencia al cambio observada incluso en docentes con disposición innovadora. Personalización automática al alumno.



de la herramienta, lo que limita el apoyo disponible para los estudiantes en tareas de alta complejidad cognitiva. Igualmente, la única modalidad que tienen los alumnos para responder limita el estilo de enseñanza y disminuye el control que podemos proporcionar a la forma de aprendizaje y al docente

La confianza docente emergió como la dimensión más determinante y menos anticipada del análisis. Su comportamiento no es estático ni inmediato en herramientas desconocidas. Este se construye progresivamente con el uso, condicionada por el nivel de control que el docente mantiene sobre el contenido, la transparencia del sistema y la posibilidad de observar el proceso de aprendizaje de sus estudiantes. Además, este comportamiento tiene implicancias directas sobre las otras dos métricas, donde en etapas de baja confianza, tanto la eficacia percibida como la facilidad de integración se ven limitadas independientemente del diseño del sistema. Esto sugiere que el diseño de la confianza debe tratarse como un proceso deliberado y relevante, no solamente como una consecuencia natural del uso.

La facilidad de integración docente está determinada principalmente por la capacidad de la herramienta de insertarse sin fricción en las prácticas existentes. Kimel logra esto gracias a la compatibilidad del formato de preguntas (de alternativas) con evaluaciones estandarizadas como SIMCE y PAES, así como su alineación con el currículum del MINEDUC. No obstante, presenta diversas limitaciones técnicas, visuales y pedagógicas identificadas (dominios 1, 2 y 4 respectivamente). En particular, la nula cantidad de multimedia, los problemas técnicos detectados durante la fase de prueba y la falta de flexibilidad docente para poder utilizar los rangos mencionados en la sección 4.1.5. Estas limitaciones interrumpen el ciclo completo de uso (que es generar, aplicar, corregir, analizar), proceso mediante el cual la herramienta puede aportar a la profundidad de entendimiento de forma sistemática. Esta fricción actúa como limitador tanto de la usabilidad como de la eficacia real del sistema. También nos muestra el impacto desproporcionado que tiene una falla en la integración y confianza.

El análisis comparativo con Khan Academy, Duolingo, Moodle y Quizizz permite contextualizar estos hallazgos dentro del ecosistema de software educativo actual. Kimel presenta un perfil diferenciado. Su mayor fortaleza está en el vínculo explícito entre contenido curricular, niveles cognitivos (de la TdB) y generación de contextos con IA, lo que no tiene equivalente directo entre las herramientas comparadas. Su mayor área de desarrollo está en la madurez técnica y en la fluidez del flujo de trabajo, donde el resto de herramientas estudiadas presentan ventajas significativas. La comparativa muestra a Khan Academy como la alternativa a seguir para crear una suite completa de educación, ya que termina siendo un balance en las métricas, integrando varios mundos que permiten flexibilidad y herramientas al docente. También, refuerza la conclusión sobre la importancia de la confianza, ya que todas las herramientas tienen en común que representan una alta confianza al utilizarlas.

En términos metodológicos, este trabajo contribuye con una actualización al marco de evaluación de Plaza et al. [5] que incorpora las nuevas normas ISO, extiende el modelo definiendo la tabla de calidad en uso, y propone un enfoque de métricas cualitativas contextualizadas que capturan mejor la complejidad del uso real de herramientas digitales en el aula. El concepto de profundidad de entendimiento, propuesto como síntesis teórica de Bloom, Piaget, Vygotsky y Gagné, ofrece un referente articulador que permite conectar el diseño pedagógico del software con los resultados de aprendizaje esperados. Este marco no evalúa solo una solución específica, sino que establece una base replicable y ampliable para el análisis de otras tecnologías educativas. Las limitaciones del estudio son inherentes a su carácter cualitativo. La muestra reducida de estudio (tres docentes en un único establecimiento) impide generalizar los resultados, y la ausencia de datos directos del estudiante restringe las afirmaciones sobre aprendizaje real a la percepción experta del docente. Estas limitaciones no invalidan los hallazgos, los centran principalmente en la mejora continua del software, aunque definen con precisión el alcance de sus conclusiones.

Como trabajo futuro, se identifican tres líneas prioritarias. La primera es complementar este análisis



con evaluaciones cuantitativas y sistemáticas que midan el impacto de Kimel en el rendimiento académico real de los estudiantes, incorporando las mejoras propuestas en este estudio, más al alumno como sujeto de estudio activo y no solamente enfocado en los docentes. La segunda es ampliar la muestra a distintos contextos educativos, niveles, establecimientos y regiones, para explorar la robustez de los hallazgos. La tercera, y quizás la más relevante desde una perspectiva técnica, es explorar el potencial tecnológico en la educación. Dentro de esta tercera propuesta se puede estudiar como otras disciplinas, como la inteligencia artificial explicable (XAI), pueden aplicarse como mecanismo para aumentar la transparencia del sistema y con ello, acelerar la construcción de confianza docente. En una herramienta donde la IA genera contenido curricular, la capacidad de explicar cómo y por qué se toman ciertas decisiones puede ser tan importante para la adopción como la calidad pedagógica del resultado.

En conjunto, Kimel se presenta como una herramienta con potencial real dentro del contexto educativo chileno. Con un nivel de percepción de aprendizaje **Medio-alto**, una confianza docente final **Medio-alto** y una facilidad de integración Media-baja. Kimel cuenta con una propuesta pedagógica y de contenido bien fundamentada pero cuyo desarrollo futuro dependerá de resolver las fricciones que hoy limitan su ciclo de uso completo, en especial M3, de fortalecer los mecanismos de confianza desde las primeras interacciones, y de incorporar al estudiante como usuario activo de la plataforma. El camino desde el diseño hacia una implementación consolidada sobre la educación es el que este estudio buscó recorrer.

Referencias

- [1] B. Bloom, E. Engelhart, W. Hill, and D. Krathwohl, “The classification of educational goals, handbook i: Cognitive domain,” *New York: David McKay*, 1956.
- [2] L. W. Anderson and D. R. Krathwohl, *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom’s taxonomy of educational objectives: complete edition*. Addison Wesley Longman, Inc., 2001.
- [3] F. A. Adesoji, “Bloom taxonomy of educational objectives and the modification of cognitive levels,” *Advances in Social Sciences Research Journal*, vol. 5, no. 5, May 2018. [Online]. Available: <https://journals.scholarpublishing.org/index.php/ASSRJ/article/view/4233>
- [4] Y. Wang, “A comparative study on the effectiveness of traditional and modern teaching methods,” in *Proceedings of the 2022 5th International Conference on Humanities Education and Social Sciences (ICHESS 2022)*, vol. 720. Atlantis Press SARL Paris, 2022, pp. 270–7.
- [5] I. Plaza, J. Marcuello, R. Igual, and F. Arcega, “Proposal of a quality model for educational software,” in *2009 EAEEIE Annual Conference*, 2009, pp. 1–6.
- [6] S. Chodorow, “Educators must take the electronic revolution seriously,” *Academic medicine*, vol. 71, no. 3, pp. 221–6, 1996.
- [7] J. M. Bernhardt and J. Hubley, “Health education and the internet: the beginning of a revolution,” pp. 643–645, 2001.
- [8] M. H. Harris, “Is the revolution now over, or has it just begun? a year of the internet in higher education,” *The Internet and higher education*, vol. 1, no. 4, pp. 243–251, 1998.



-
- [9] OECD, *Do Adults Have the Skills They Need to Thrive in a Changing World?: Survey of Adult Skills 2023*, ser. OECD Skills Studies. Paris: OECD Publishing, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1787/b263dc5d-en>
- [10] N. Thengal, “Social and economic consequences of illiteracy,” *International journal of behavioral social and movement sciences*, vol. 2, no. 2, pp. 124–132, 2013.
- [11] C. E. Rouse, “The labor market consequences of an inadequate education,” in *symposium on the Social Costs of Inadequate Education, Teachers College Columbia University*, 2005.
- [12] C. R. Belfield and H. M. Levin, *The price we pay: Economic and social consequences of inadequate education*. Brookings Institution Press, 2007.
- [13] Agencia de Calidad de la Educación, “Resultados nacionales since 2024,” <https://s3.us-east-1.amazonaws.com/archivos.agenciaeducacion.cl/Simce+PPT+EERR+Nacional+2024+-+P%C3%BAblica.pdf>, 2024, presentación oficial. Recuperado el 9 de mayo de 2025.
- [14] OECD, *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*, ser. PISA. Paris: OECD Publishing, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- [15] J. R. Anderson, A. T. Corbett, K. R. Koedinger, and R. Pelletier, “Cognitive tutors: Lessons learned,” *The Journal of the Learning Sciences*, vol. 4, no. 2, pp. 167–207, 1995.
- [16] K. VanLehn, “The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems,” *Educational Psychologist*, vol. 46, no. 4, pp. 197–221, 2011.
- [17] G. Siemens, “Learning analytics: The emergence of a discipline,” *American Behavioral Scientist*, vol. 57, no. 10, pp. 1380–1400, 2013.
- [18] R. Ferguson, “Learning analytics: drivers, developments and challenges,” *International Journal of Technology Enhanced Learning*, vol. 4, no. 5-6, pp. 304–317, 2012.
- [19] Ministry of Education Singapore. (2025) Artificial intelligence in education. [Online]. Available: <https://www.moe.gov.sg/education-in-sg/educational-technology-journey/edtech-masterplan/artificial-intelligence-in-education>
- [20] Government Technology Agency of Singapore. (2025) Inside singapore’s digital classroom: How ai is supporting teachers and students. [Online]. Available: <https://www.tech.gov.sg/technews/inside-singapore-digital-classroom-how-ai-is-supporting-teachers-and-students/>
- [21] Ministry of Education of Korea. (2024) Ai digital textbooks and future education initiatives. [Online]. Available: <https://english.moe.go.kr/boardCnts/viewRenewal.do?boardID=254&boardSeq=95291&lev=0&m=0202&opType=N&page=2&s=english>
- [22] International Trade Administration. (2025) South korea: Artificial intelligence in public schools. [Online]. Available: <https://www.trade.gov/market-intelligence/south-korea-artificial-intelligence-public-schools>
- [23] State Council Information Office of China. (2025, May) Press release on artificial intelligence and education. [Online]. Available: http://english.scio.gov.cn/pressroom/2025-05/13/content_117871666.html



-
- [24] Finnish National Agency for Education. (2025) Artificial intelligence in education: Legislation and recommendations. [Online]. Available: <https://www.oph.fi/en/artificial-intelligence-education-legislation-and-recommendations>
- [25] UNESCO. (2024) La plataforma colaborativa del aprendizaje ville de finlandia ha recibido un premio de la unesco. [Online]. Available: <https://www.unesco.org/es/articles/la-plataforma-colaborativa-del-aprendizaje-ville-de-finlandia-ha-recibido-un-premio-de-la-unesco>
- [26] Government of Japan. (2024, Nov.) The first policy speech by prime minister ishiba. [Online]. Available: https://www.japan.go.jp/kizuna/2024/11/the_first_policy_speech_by_ishiba.html
- [27] S. S. Noesgaard and R. Ørngreen, “The effectiveness of e-learning: An explorative and integrative review of the definitions, methodologies and factors that promote e-learning effectiveness.” *Electronic Journal of E-learning*, vol. 13, no. 4, pp. 278–290, 2015.
- [28] L. Bai, X. Liu, and J. Su, “Chatgpt: The cognitive effects on learning and memory,” *Brain-X*, vol. 1, no. 3, p. e30, 2023. [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/brx2.30>
- [29] F. J. d. Augusta, *Diccionario mapudungún-español y español-mapudungún*, B. Villena Araya, Ed. Santiago, Chile: Centro de Investigaciones Diego Barros Arana, 2017, edición revisada del diccionario original de 1916. [Online]. Available: <https://www.bibliotecanacional.gob.cl/sites/www.bibliotecanacional.gob.cl/files/2022-08/Diccionario-mapudungun-espanol-espanol-mapudungun.pdf>
- [30] Ministerio de Educación de Chile, “Matemática - ejes del currículum nacional,” n.d., consultado el 22 de abril de 2026. [Online]. Available: <https://www.curriculumnacional.cl/portal/Ejes/Matematica/>
- [31] —, “Ma2m oa 01: Operaciones con números reales,” n.d., consultado el 22 de abril de 2026. [Online]. Available: <https://www.curriculumnacional.cl/portal/Ejes/Matematica/Numeros/81041:MA2M-OA-01>
- [32] Real Academia Española, “Diccionario de la lengua española,” <https://dle.rae.es/>, 2026, versión 23.8.1 en línea; consultado el 13 de marzo de 2026.
- [33] J. Piaget and M. T. Cook, *The origins of intelligence in children*. WW Norton & Company, 1952.
- [34] J. Piaget and B. Inhelder, *The psychology of the child*. Basic books, 2008.
- [35] L. S. Vygotsky, *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.
- [36] S. Chaiklin *et al.*, “The zone of proximal development in vygotsky’s analysis of learning and instruction,” *Vygotsky’s educational theory in cultural context*, vol. 1, no. 2, pp. 39–64, 2003.
- [37] R. M. Gagné, *The Conditions of Learning*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1965.
- [38] R. M. Gagné, L. J. Briggs, and W. W. Wager, *Principles of Instructional Design*, 4th ed. Fort Worth, TX: Harcourt Brace Jovanovich, 1992.



-
- [39] International Organization for Standardization and International Electrotechnical Commission, *Information technology — Learning, education and training — Quality management, assurance and metrics. Part 1: General approach*, ISO/IEC Std. ISO/IEC 19796-1:2005, 2005, international Standard (withdrawn), consultado el 22 de abril de 2026. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/33934.html>
- [40] —, *Software Engineering — Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Guide to SQuaRE*, ISO/IEC Std. ISO/IEC 25000:2005, 2005, international Standard (withdrawn), consultado el 22 de abril de 2026. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/35683.html>
- [41] —, *Software engineering - Product quality. Part 1: Quality model*, ISO/IEC Std. ISO/IEC 9126-1:2001, 2001, international Standard (withdrawn), consultado el 6 de junio de 2025. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/22749.html>
- [42] —, *Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Product quality model*, ISO/IEC Std. ISO/IEC 25010:2023, 2023, international Standard, consultado el 6 de junio de 2025. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/78176.html>
- [43] —, *Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Quality-in-use model*, ISO/IEC Std. ISO/IEC 25019:2023, 2023, international Standard, consultado el 6 de junio de 2025. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/78177.html>
- [44] —, *Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — System and software quality models*, ISO/IEC Std. ISO/IEC 25010:2011, 2011, international Standard (withdrawn), consultado el 6 de junio de 2025. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/35733.html>
- [45] B. S. Bloom, “Learning for mastery. instruction and curriculum. regional education laboratory for the carolinas and virginia, topical papers and reprints, number 1.” *Evaluation comment*, vol. 1, no. 2, p. n2, 1968.
- [46] B. Yamkovenko. (2024) Khan academy efficacy results, november 2024. Khan Academy. Accessed: 2026-05-04. [Online]. Available: <https://blog.khanacademy.org/khan-academy-efficacy-results-november-2024/>
- [47] P. Oreopoulos, O. Keyes-Krysakowski, and D. Agarwal, “How in-school supervised ed-tech support produces massive learning gains: A khan academy field experiment in india,” National Bureau of Economic Research, Working Paper 34683, January 2026. [Online]. Available: <http://www.nber.org/papers/w34683>
- [48] H. E. Vidergor and P. Ben-Amram, “Khan academy effectiveness: The case of math secondary students’ perceptions,” *Computers & Education*, vol. 157, p. 103985, 2020.
- [49] J. B. Watson, “Psychology as the behaviorist views it.” *Psychological review*, vol. 20, no. 2, p. 158, 1913.



- [50] B. Smith, X. Jiang, and R. Peters, “The effectiveness of duolingo in developing receptive and productive language knowledge and proficiency,” *Language Learning and Technology*, 2024.
- [51] R. Hadi Mogavi, B. Guo, Y. Zhang, E.-U. Haq, P. Hui, and X. Ma, “When gamification spoils your learning: A qualitative case study of gamification misuse in a language-learning app,” in *Proceedings of the Ninth ACM Conference on Learning @ Scale*, ser. L@S '22. ACM, June 2022, p. 175–188. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1145/3491140.3528274>
- [52] M. Shortt, S. Tilak, I. Kuznetcova, B. Martens, and B. Akinkuolie, “Gamification in mobile-assisted language learning: A systematic review of duolingo literature from public release of 2012 to early 2020,” *Computer Assisted Language Learning*, vol. 36, no. 3, pp. 517–554, 2023.
- [53] M. Waheed, K. Kaur, N. Ain, and N. Hussain, “Perceived learning outcomes from moodle: An empirical study of intrinsic and extrinsic motivating factors,” *Information Development*, vol. 32, no. 4, pp. 1001–1013, 2016.
- [54] S. H. Gamage, J. R. Ayres, and M. B. Behrend, “A systematic review on trends in using moodle for teaching and learning,” *International journal of STEM education*, vol. 9, no. 1, p. 9, 2022.
- [55] V. Hernanz, C. Latorre-Coscolluela, C. Suárez, and E. Lanchares-Sancho, “Revitalising learning in three university contexts: Unleashing the power of the quizizz app to increase self-efficacy, intrinsic motivation, satisfaction and performance,” *Education and Information Technologies*, vol. 29, no. 17, pp. 23 917–23 935, 2024.
- [56] T. M. Lim and M. M. Yunus, “Teachers’ perception towards the use of quizizz in the teaching and learning of english: A systematic review,” *Sustainability*, vol. 13, no. 11, p. 6436, 2021.