

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

Facultad Ciencias de la vida y tecnología

Carrera:

Ingeniería en Tecnologías de la información

Tema:

Implementación de Khan Academy en el Aprendizaje Adaptativo. Una
mirada desde la Analítica de datos.

Trabajo de titulación: Modalidad Proyecto de investigación previo a la
obtención del título Ingeniera en tecnologías de la información

Estudiante:

María Fernanda Rendón Calderón

Docente Tutor:

Ing. Jorge Iván Pincay Ponce.

2025(2)

Manta-Manabí-Ecuador

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnología de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante **María Fernanda Rendón Calderón**, legalmente matriculada en la carrera de Tecnologías de la Información, periodo académico 2025 (2), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es ***"Implementación de Khan Academy en el Aprendizaje Adaptativo. Una mirada desde la Analítica de datos"***.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 26 de enero de 2026.

Lo certifico,

Ing. Pincay Ponce Jorge Ivan, PhD.

Docente Tutor

**Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnología
Carrera Tecnologías de la Información**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quien suscribe la presente:

María Fernanda Rendón Calderón

Estudiante de la Carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información, declaro bajo juramento que el siguiente proyecto cuyo título: “Implementación de Khan Academy en el Aprendizaje Adaptativo: Una mirada desde la Analítica de Datos.”, previo a la obtención del Título de Ingeniería en Tecnologías de la Información, es de autoría propia y ha sido desarrollado respetando los derechos intelectuales de terceros y consultando las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Manta, enero de 2026



Atentamente:

Rendón Calderón María Fernanda

CI:0106814916

Dedicatoria

Primero, quiero dedicar este trabajo a Dios y a la Virgen Santísima del Cisne por ser mi guía y protección en cada paso que di, por darme la sabiduría necesaria para llegar hasta aquí y cumplir uno de mis sueños más anhelados.

A mis padres, María Calderón y Juan Rendón, por su amor incondicional, sacrificio y ejemplo de vida. Me enseñaron el valor del esfuerzo y la perseverancia. Gracias por ser mi sostén y fortaleza en los momentos difíciles.

A mis hermanas, Anita y Diana, por su cariño, compañía y constante aliento durante cada etapa de este recorrido. Sin sus locuras, sus llamadas constantes no hubiesen podido tener la fuerza para alejarme de ustedes y llegar hasta aquí.

A mi pareja, Kevin Farías, por su amor, paciencia y fe inquebrantable en mí; por no dejarme sola en los momentos más duros, por hacerme sonreír en los momentos que más lo necesitaba y por impulsarme día a día a dar lo mejor de mí. Su apoyo ha sido clave para alcanzar este logro. Gracias por acompañarme durante mi etapa universitaria.

Y no puedo dejar de agradecer a mis amigos que si los nombro a cada uno me va a faltar hojas, ustedes formaron parte de esta linda etapa llamada universidad. Gracias por todos los momentos compartidos, por las risas que nunca faltaron y por haberme hecho sentir parte de ustedes por acogerme en esta bella ciudad. Siempre los llevaré en mi corazón.

A todos ustedes les dedico este trabajo como expresión de amor, fe y apoyo incondicional. Este logro existe gracias a su presencia y aporte constante en cada etapa del camino

Agradecimiento

Expreso un profundo agradecimiento a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) por la formación académica integral y por los espacios que favorecieron el crecimiento profesional hasta alcanzar esta meta.

A cada docente que me acompañó el proceso de aprendizaje, gracias por su dedicación, paciencia y conocimientos que aportaron de manera significativa a mi formación profesional y personal.

De manera especial agradezco al Ing. Jorge Pincay, docente tutor de este trabajo de titulación, por su guía, apoyo constante y orientaciones oportunas que resultaron esenciales para la culminación del proyecto.

A todos, el más sincero agradecimiento por ser parte de este logro.

Índice de Contenidos

Caratula	I
Dedicatoria	II
Agradecimiento	V
Índice de Contenidos.....	VI
Índice Gráficos e Ilustraciones.....	XI
Índice de Tablas.....	XI
Índice de Figuras	XII
Resumen.....	XV
Introducción	XVII
Ubicación y Contextualización de la Problemática	XVII
Planteamiento de problema	XVIII
Objetivos General – Específicos	XIX
Objetivo General	XIX
Objetivos Específicos.....	XIX
Justificación.....	XX
Marco Teórico	22
2.1 Antecedentes de investigaciones relacionadas al tema presentado	22
2.2 Definiciones conceptuales.....	23

2.2.1. Aprendizaje Adaptativo	23
2.2.2. Khan Academy	23
2.2.3. Analítica de Datos en Educación (Learning Analytics)	24
2.2.4. Infraestructura tecnológica educativa	24
2.2.5. Modelo Teoría Unificada de Aceptación y Uso de la Tecnología UTAUT2...	25
2.2.6 Algoritmo A-priori	26
2.2.7 Reglas de asociación	26
2.3 Conclusiones relacionadas al Marco Teórico en referencia al tema planteado.	29
Marco Investigativo	30
1.2. Método de Investigación	30
1.3. Herramientas de recolección de datos.....	30
1.3.1. Encuesta - Entrevista - Observación / Otras	30
1.4. Fuentes de Información de datos.....	30
1.4.1. Fuentes primarias - Fuentes secundarias.....	30
1.5. Instrumental Operacional	31
1.5.1. Estructura y características de los instrumentos de recolección de datos	31
1.6. Estrategia Operacional para la recolección y tabulación de datos	32
1.6.1. Plan de recolección, tabulación, análisis e interpretación de los datos	32
1.7. Plan de Muestreo.....	34
1.7.1. Segmentación - Técnica de muestreo - Tamaño de la muestra	34

1.8. Presentación y Análisis de los resultados	34
1.8.1. Presentación y Descripción de los resultados obtenidos	34
1.8.2. Informe final del análisis de los resultados	35
Marco Propositivo	36
3.1 Introducción	36
3.2 Descripción de la propuesta	36
3.3 Determinación de recursos.....	37
3.3.1 Recursos tecnológicos.....	37
3.3.2 Recursos económicos.....	37
3.4 Etapas de acción para el desarrollo de la Propuesta	38
3.4.1 Comprensión del negocio	38
3.4.1.1 Determinación de los objetivos educativos.....	38
3.4.1.2 Evaluación de la situación.....	39
3.4.1.2.1 Datos disponibles para el análisis	39
3.4.1.2.2 Recurso humano.....	40
3.4.1.2.3 Principales Factores de riesgo	41
3.4.1.2.4 Planes de contingencia	42
3.4.1.3 Determinación de los objetivos de minería de datos.....	42
3.4.1.4 Producción de un plan de proyecto	42
3.4.2 Comprensión de los datos	42

3.4.2.1	Recopilación de datos iniciales	43
3.4.2.1.1	Datos existentes.....	43
3.4.2.1.2	Datos adquiridos.....	43
3.4.2.1.3	Datos adicionales	49
3.4.2.2	Descripción de los datos.....	49
3.4.2.2.1	Cantidad de datos	49
3.4.2.2.2	Tipos de valores	49
3.4.2.2.3	Esquemas de codificación	50
3.4.2.3	Exploración de datos	51
3.4.2.4	Verificación de calidad de datos.....	51
3.4.3	Preparación de los datos.....	51
3.4.3.1	Selección de datos	51
3.4.3.2	Limpieza de datos	54
3.4.3.3	Construcción de nuevos datos.....	54
3.4.3.4	Integración de datos	55
3.4.3.5	Formato de datos	56
3.4.4	Modelado	56
3.4.4.1	Selección de técnicas de modelado	56
3.4.4.2	Generación de un diseño de comprobación	57
3.4.4.3	Generación de los modelos	57

3.4.4.4	Evaluación del modelo	58
3.4.5	Evaluación.....	59
3.4.5.1	Evaluación de los resultados	59
3.4.5.2	Proceso de revisión	62
3.4.5.3	Determinación de los pasos siguientes.....	65
3.4.6	Despliegue:	66
3.4.6.1	Evaluación de los resultados	66
3.4.6.2	Proceso de revisión	73
3.4.6.3	Determinación de los pasos siguientes.....	74
4.3.	Seguimiento y Monitoreo de resultados.....	74
	Conclusiones	76
	Recomendaciones.....	79
	Trabajos Futuros.....	81
	Referencias.....	83

Índice Gráficos e Ilustraciones

Ilustración 1: Aprendizometro de los resultados de los estudiantes.	41
Ilustración 2: Dominio del curso por parte de los estudiantes y de manera general	41
Ilustración 3: Visualización de las nuevas columnas creadas en Power Bi.	55
Ilustración 4: Archivos csv ingresados en Power BI.	56
Ilustración 5: <i>Esquema de funcionamiento de A-priori</i>	58
Ilustración 6: Contribución a la explicabilidad del soporte, confianza de A-prior ajustado al presente proyecto integrador.	59
Ilustración 7: La "historia" que cuentan los datos.	62
Ilustración 8: Modelo de Validación del Aprendizaje Adaptativo mediante Métricas de Asociación.....	64
Ilustración 9: Métricas que validan las conclusiones de analítica	65

Índice de Tablas

Tabla 1: Ilustración de las principales métricas de las reglas de asociación.	28
Tabla 2: Presupuesto Referencial de Implementación Operativa.	38
Tabla 3: Variables utilizadas en la encuesta para evaluar la adopción y uso de Khan Academy.	39
Tabla 4: Características demográficas y descriptivas de la población encuestada.....	39
Tabla 5: Resumen de significancia para de las métricas reportadas.	61
Tabla 6: Resumen de significancia para de las métricas de soporte y confianza	65

Índice de Figuras

Figura 1: Modelo de teoría unificada de aceptación y uso de la tecnología (UTAUT2) (Venkatesh et al., 2012)	25
Figura 2: Resultados obtenidos de Edad de los estudiantes.....	43
Figura 3: Resultados del género de los estudiantes.	43
Figura 4: Resultados del uso de la plataforma.....	44
Figura 5: Resultado de las preguntadas basadas en el modelo UTAUT2.	44
Figura 6: Resultado de las preguntadas basadas en el modelo UTAUT2.....	44
Figura 7: Resultados de los dispositivos utilizados para el uso de Khan Academy.	45
Figura 8: Resultados del nivel educativo que rinden clases de los docentes encuestados.	46
Figura 9: Resultados del género de los docentes encuestados.....	46
Figura 10: Resultados de los años de experiencia de los docentes.....	46
Figura 11: Resultados del uso de Khan Academy por parte de los docentes.	46
Figura 12: Resultados obtenidos de las preguntadas realizadas a los docentes a partir del modelo UTAUT2.	47
Figura 13: Resultados obtenidos de las preguntas realizadas a los docentes a partir del modelo UTAUT2.	47
Figura 14: Resultados sobre la recomendación de la plataforma de un docente a otro colega.....	48
Figura 15: Resultados sobre los dispositivos que utilizan los docentes para el uso de la plataforma Khan Academy.....	49
Figura 16: Captura parcial de reglas generadas con una métrica de Lift aceptable.....	60

Figura 17: Captura parcial de reglas generadas con una métrica de Lift extremos.	61
Figura 18: Captura parcial de reglas generadas con una métrica de soporte y confianza valores máximo.....	63
Figura 19: Captura parcial de reglas generadas con una métrica de soporte y confianza	63
Figura 20: Visualización del número de encuestados	66
Figura 21: Resultados del uso y la recomendación de los estudiantes de Khan Academy	67
Figura 22 Resultados del género femenino con la edad de 13 a 14 años.....	67
Figura 23 Resultados del género femenino con la edad de 15 a 16 años.....	67
Figura 24 Resultados del género femenino con la edad de 17 a 18 años.....	68
Figura 25 Resultados del género femenino mayores de 18 años	68
Figura 26 Resultados del género masculino con la edad de 13 a 14 años	68
Figura 27 Resultados del género masculino con la edad de 15 a 17 años	69
Figura 28 Resultados del género masculino con la edad de 17 a 18 años	69
Figura 29 Resultados del género masculino mayor a 18 años	69
Figura 30: Reglas de asociación aplicadas a la encuesta de estudiantes	70
Figura 31: Resultados del uso y la recomendación de los docentes de Khan Academy..	70
Figura 32 Percepción docente sobre la implementación de la herramienta educativa....	71
Figura 33 Resultados del género masculino con la experiencia de los docentes menor a 5 años	71
Figura 34 Resultados del género femenino con la experiencia de los docentes de 5 a 10 años	71

Figura 35 Resultados del género femenino con la experiencia de los docentes de 10 a 20 años 72

Figura 36 Resultados del género masculino con la experiencia de los docentes de 10 a 20 años 72

Figura 37 Resultados del género femenino con la experiencia de los docentes más de 20 años 72

Figura 38 Resultados del género femenino con la experiencia de los docentes más de 20 años 72

Figura 39: Reglas de asociación aplicadas a la encuesta de docentes 73

Figura 40: Resultados del uso y la recomendación de los docentes de Khan Academy.. 73

Resumen

Introducción: Esta investigación examina la plataforma Khan Academy como herramienta de aprendizaje adaptativo en la asignatura de Matemáticas de bachillerato. El estudio adopta un enfoque de analítica de datos. La propuesta surge ante la necesidad de procesos educativos personalizados en contextos con limitaciones tecnológicas. En estos entornos, el volumen de datos de las plataformas digitales carece de un aprovechamiento sistemático para la toma de decisiones pedagógicas.

Objetivo: El propósito central consiste en la incorporación de actividades y recursos adaptativos en Khan Academy. El trabajo evalúa su impacto mediante técnicas de minería de datos. Estas herramientas buscan la optimización de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Metodología: El estudio emplea un enfoque metodológico mixto. La recolección de datos primarios se realiza mediante encuestas estructuradas basadas en el modelo de la Teoría Unificada de la Aceptación y Uso de Tecnología (UTAUT2). Estos instrumentos se aplican a estudiantes y docentes. El análisis integra indicadores de desempeño de la plataforma, estadística descriptiva y modelos de aprendizaje automático. Específicamente, la investigación utiliza el algoritmo de reglas de asociación (A-priori) para identificar patrones de comportamiento a través de métricas de soporte, confianza y Lift.

Resultados: Los hallazgos evidencian una alta aceptación de la plataforma y una percepción positiva sobre su utilidad. La expectativa de rendimiento, las condiciones facilitadoras y la motivación hedónica actúan como predictores claves de la intención de uso. El análisis de reglas de asociación identifica patrones de interacción críticos. Este procedimiento detecta factores

de éxito masivo y brechas tecnológicas vinculadas al acceso mediante dispositivos móviles. Los datos obtenidos orientan la asignación de actividades de refuerzo y profundización con precisión.

Conclusión: La implementación del aprendizaje adaptativo, respaldada por la analítica de datos, permite una gestión educativa estratégica. El estudio valida la eficacia de la herramienta. Asimismo, la investigación proporciona una hoja de ruta clara para mitigar los obstáculos técnicos en el aula.

Introducción

Ubicación y Contextualización de la Problemática

La tecnología de la información (TI) se ha convertido en un elemento clave para la transformación de los sistemas educativos contemporáneos. La incorporación de recursos digitales, en especial de plataformas adaptativas, facilita la adecuación de los procesos de enseñanza a las necesidades de los estudiantes. Su uso contribuye de manera notable a mejorar la experiencia educativa, beneficiando tanto al alumnado como al personal docente (Mora Zambrano, 2025).

Khan Academy constituye una alternativa estratégica para el aprendizaje adaptativo mediante el análisis de datos. No obstante, su aplicación efectiva presenta desafíos críticos, como la configuración de entornos alineados con los requerimientos del alumnado.(Vélez Basurto et al., 2024). Estos obstáculos se agudizan en contextos con infraestructura tecnológica precaria o ante la insuficiente formación digital del personal docente

Por lo tanto, este trabajo de investigación se concibe como una contribución directa desde el área de TI. Su objetivo principal es solucionar estas carencias, mediante a la implementación de la plataforma, que desde ya posee amplio reconocimiento por su fácil acceso y la calidad de su material. No obstante, se requiere un examen profundo de las realidades tecnológicas existentes. Además, la articulación de estrategias metodológicas resulta necesaria.

Estas tácticas aseguran la adaptabilidad de la plataforma y su eficacia pedagógica. El estudio comprende diversas fases: la evaluación de la infraestructura tecnológica, el diseño de experiencias de enseñanza personalizadas y el desarrollo de sistemas analíticos para la optimización de los recursos adaptativos. Según Brüggemann (2023), Khan Academy favorece el

rendimiento académico a través de la instrucción individualizada y el análisis de datos. En esta línea, la presente investigación fortalece prácticas educativas dinámicas y personalizadas, las cuales se sustentan en evidencia científica. Con ello, se pretende avanzar hacia una educación más equitativa, innovadora y centrada en las necesidades reales del estudiantado.

Planteamiento de problema

En el ámbito educativo moderno, resulta indiscutible que cada alumno posee requerimientos específicos y distintas maneras de aprender. La metodología de enseñanza convencional, sin embargo, se caracteriza por ser uniforme. Esta uniformidad restringe de forma severa la posibilidad de atender las variaciones individuales. Plataformas digitales como Khan Academy constituyen un ejemplo destacado; proporcionan vías valiosas para personalizar la educación mediante instrumentos adaptativos y el uso estratégico de la analítica de datos (Brüggemann et al., 2023).

La aplicación efectiva de estas herramientas en el sistema educativo enfrenta varios obstáculos. Estos incluyen:

- La falta de una infraestructura tecnológica apropiada (Warschauer et al., 2004).
- Existe una preparación inadecuada del profesorado en cuanto al manejo de tecnologías didácticas. (Mishra & Koehler, 2006).
- Se observa la inexistencia de mecanismos eficientes para el procesamiento e interpretación de la información que genera el estudiantado.

Estas dificultades adquieren mayor relevancia en entornos con conectividad limitada o acceso escaso a equipos digitales. Tal escenario disminuye la utilidad y la eficacia de Khan Academy. La plataforma posee un potencial amplio para la personalización; sin embargo, la

evidencia revela un aprovechamiento insuficiente de los datos Asimismo, el estudio contextualiza el modelo de integración tecnológica UTAUT2 disponibles. Por consiguiente, existe una carencia de estrategias con impacto real en el progreso del aprendizaje (Brüggemann et al., 2023). Tal escenario resalta la necesidad de metodologías innovadoras para su aplicación inmediata. Dichas metodologías deben superar las barreras descritas. A la vez, deben garantizar el máximo aprovechamiento de los recursos digitales en el entorno educativo.

Bajo esta premisa, se intenta responder a la pregunta de

¿Cómo la implementación de Khan Academy como soporte del Aprendizaje Adaptativo, junto con Analítica de datos, favorecen la mejora de los procesos de enseñanza?

Objetivos General – Específicos

Objetivo General

Implementar actividades recursos adaptativos en la plataforma Khan Academy y valorar sus resultados con analítica de datos respecto de la personalización y optimización de los procesos educativos.

Objetivos Específicos

1. Caracterizar la infraestructura tecnológica disponible para identificar las condiciones necesarias para la implementación de Khan Academy y la recolección de datos relevantes.
2. Capturar los datos generados por el uso de la plataforma Khan Academy en la asignatura de Matemáticas a nivel del Bachillerato, para identificar variables relevantes de interacción, aceptación tecnología y personalización educativa.

3. Estimar la forma en la que los usuarios adoptan las tecnologías de Khan como recurso adaptativo mediante el modelo UTAUT2 a través de los resultados.
4. Diseñar una solución de analítica de datos que facilite la toma de datos informadas respecto de la personalización de recursos de aprendizaje.

Justificación

Esta investigación adquiere relevancia porque aporta a la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje mediante el uso de tecnologías adaptativas, con énfasis en el análisis del potencial que ofrece la plataforma Khan Academy. En un contexto donde la personalización del aprendizaje resulta indispensable, el uso de los datos generados por plataformas digitales se convierte en un recurso fundamental para diseñar estrategias ajustadas a las necesidades de cada estudiante (Domínguez Figaredo et al., 2020). La plataforma beneficia al estudiantado y ofrece a los docentes un recurso valioso para enriquecer sus métodos, la cual promueve las clases dinámicas, interactivas y basadas en evidencia (Mishra & Koehler, 2006).

El aprendizaje adaptativo posee una relación estrecha con los avances en inteligencia artificial. Las soluciones tecnológicas educativas emplean algoritmos que ajustan contenidos y ritmos de enseñanza según el desempeño estudiantil. Este enfoque transforma los datos en conocimiento para la retroalimentación automatizada y continua del proceso de enseñanza-aprendizaje. La vinculación entre la inteligencia artificial y el aprendizaje adaptativo constituye una apuesta por una educación moderna y eficiente que optimiza el tiempo de instrucción y detecta dificultades de forma temprana. (Warschauer et al., 2004).

La investigación evidencia la capacidad de la analítica de datos para el fortalecimiento de la toma de decisiones y la detección de brechas académicas. El estudio contextualiza el modelo de

integración tecnológica UTAUT2, el cual permite su réplica en diversos entornos educativos. Esta propuesta impulsa la innovación pedagógica y promueve la equidad en el acceso a recursos de calidad.

En el ámbito académico, el proyecto aporta al desarrollo de metodologías sustentadas en ciencia de datos e inteligencia artificial. Estas contribuciones expanden el marco teórico del aprendizaje adaptativo. En el plano social, el trabajo fomenta una educación inclusiva y respalda las iniciativas para la modernización del sistema educativo. Sin embargo, indicaron que la ausencia de acompañamiento docente limita su impacto.

La investigación responde a la necesidad de formación profesional en análisis de datos, competencia fundamental en la sociedad contemporánea.

Si bien, este estudio se enfoca específicamente en Matemáticas, una asignatura donde el uso de plataformas como Khan Academy ha demostrado un impacto significativo en el refuerzo de contenidos, personalización del aprendizaje y mejora del rendimiento académico (Ifenthaler & Yau, 2020). En modo más global, la aplicabilidad es mayor a sólo las matemáticas, por lo que las mejoras son extrapolables a toda la formación básica y superior que requiere enfoques innovadores para atender la diversidad de ritmos y estilos de aprendizaje del estudiantado.

Aplicar el algoritmo A-priori a variables basadas en UTAUT2 (como la motivación, el apoyo institucional y la facilidad de uso) permite descubrir patrones ocultos que una simple estadística descriptiva no vería. Por ejemplo, podrías descubrir si las "Capacitaciones recibidas" son realmente el detonante de la "Satisfacción docente" o si hay otros factores mediadores.

Marco Teórico

2.1 Antecedentes de investigaciones relacionadas al tema presentado

En el ámbito latinoamericano, Pagès-Puigdemont & Valverde-Merino, (2018) estudiaron la implementación de plataformas digitales adaptativas en contextos con baja conectividad. Sus resultados señalaron que el éxito de estas herramientas depende del acceso a la tecnología y del nivel de formación docente. También advirtieron que, sin una estrategia de implementación ajustada al contexto, los beneficios de estas plataformas pueden disminuir.

Diversas investigaciones han examinado la incorporación de tecnologías educativas como Khan Academy en entornos escolares, Vidergor & Ben-Amram (2020) evaluaron su aplicación en instituciones de Estados Unidos y concluyeron que el uso constante de la plataforma favorece el rendimiento académico, especialmente en Matemáticas.

La ausencia de acompañamiento docente limita el impacto de estas herramientas. Ifenthaler y Yau (2020) definen la analítica de aprendizaje como un proceso para la recopilación, medición, análisis e interpretación de información sobre los estudiantes. El objetivo de esta disciplina es la mejora del aprendizaje. Su trabajo demuestra que esta práctica facilita la identificación de patrones de comportamiento, la personalización de la enseñanza y la detección temprana de dificultades. Estos elementos fortalecen un enfoque educativo fundamentado en la evidencia.

Respecto a la aceptación de herramientas educativas, Nojaja y Kajee (2022) ejecutan una revisión bibliométrica sobre la inteligencia artificial en contextos formativos. El estudio resalta la utilidad del modelo UTAUT2 para la evaluación de la aceptación tecnológica. Asimismo, el análisis destaca factores determinantes como la expectativa de rendimiento, la influencia social y las condiciones facilitadoras.

La Conferencia de *Educational Data Mining* (EDM) de 2023 expuso un estudio sobre el uso de Khan Academy en Azerbaiyán. Los resultados indicaron un efecto positivo en la motivación y el rendimiento académico, producto de los elementos interactivos y la gamificación de la plataforma (Sghir et al., 2023).

El proyecto ALAS-KA, de la Universidad Carlos III de Madrid, desarrolló una extensión de analítica de aprendizaje para Khan Academy. Esta herramienta ofrece visualizaciones de progreso grupal e individual con el fin de agilizar la toma de decisiones pedagógicas basadas en datos («Predictive Analytics in Education», 2023).

Estos antecedentes confirman que, pese a los beneficios de Khan Academy, su aplicación efectiva exige un enfoque integral. Dicho modelo requiere infraestructura tecnológica, capacitación docente y el aprovechamiento de los datos para la gestión pedagógica.

2.2 Definiciones conceptuales

2.2.1. Aprendizaje Adaptativo

El aprendizaje adaptativo es un enfoque educativo que emplea tecnologías digitales y algoritmos inteligentes para ajustar automáticamente el contenido, la metodología y el ritmo de enseñanza a las necesidades particulares de cada estudiante. Según (Martin et al., 2020), este enfoque permite a cada alumno avanzar a su propio ritmo, obtener retroalimentación personalizada y mejorar su comprensión mediante intervenciones basadas en datos sobre su desempeño y progreso.

2.2.2. Khan Academy

Khan Academy es una plataforma educativa gratuita que ofrece contenidos en diversas áreas, principalmente matemáticas, ciencias y programación. Incluye ejercicios interactivos,

videos instructivos y herramientas para el seguimiento del progreso del estudiante. Esta combinación facilita un aprendizaje autónomo y adaptativo, permitiendo que los usuarios avancen a su propio ritmo y reciban apoyo personalizado en función de su desempeño. La plataforma además proporciona a docentes y familiares herramientas para monitorear el progreso y apoyar el proceso educativo (Vélez Basurto et al, 2024).

2.2.3. Analítica de Datos en Educación (Learning Analytics)

La analítica de datos en educación consiste en medir, recopilar, analizar e interpretar información sobre los estudiantes y sus contextos con el objetivo de comprender y optimizar el aprendizaje. Este proceso permite identificar patrones de comportamiento, anticipar dificultades y personalizar la enseñanza, lo que mejora el rendimiento académico y respalda decisiones pedagógicas fundamentadas. La analítica se estructura en etapas como la recolección de datos, análisis de información, aplicación de estrategias educativas y evaluación continua para adaptar las intervenciones conforme avanza el estudiante (Ifenthaler & Yau, 2020).

2.2.4. Infraestructura tecnológica educativa

La infraestructura tecnológica en una institución educativa comprende el conjunto de recursos tecnológicos que facilitan y apoyan el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esta infraestructura comprende computadoras, tabletas, conectividad a Internet, plataformas digitales y soporte técnico. Dichos recursos facilitan el acceso a contenidos digitales por parte de estudiantes y docentes. Asimismo, permiten la gestión eficiente del entorno pedagógico. La efectividad de estos servicios reside en la capacitación del personal educativo y en políticas institucionales que aseguran su uso adecuado y sostenible. El modelo pone énfasis en contextos marcados por la desigualdad tecnológica. (Mora Zambrano, 2025)

2.2.5. Modelo Teoría Unificada de Aceptación y Uso de la Tecnología UTAUT2

El modelo UTAUT2 (Teoría Unificada de Aceptación y Uso de Tecnología) es un marco predictivo ampliamente utilizado para analizar la aceptación e integración de tecnologías en distintos contextos, incluidos los educativos. Este modelo evalúa factores clave como la expectativa de rendimiento, el esfuerzo percibido, la influencia social y las condiciones facilitadoras, que afectan la intención de uso de herramientas digitales. Su aplicación resulta especialmente útil para estudiar la adopción de plataformas como Khan Academy, permitiendo comprender cómo estudiantes y docentes incorporan tecnologías adaptativas en sus procesos de aprendizaje y enseñanza para mejorar la experiencia educativa y los resultados académicos (Al-Emran, 2020).

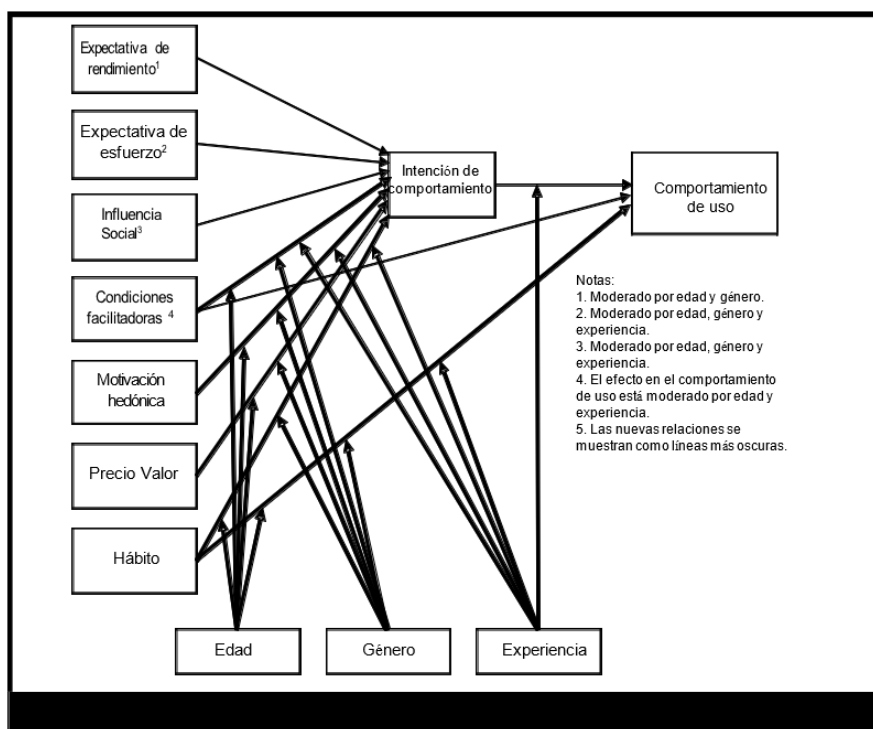


Figura 1: Modelo de teoría unificada de aceptación y uso de la tecnología (UTAUT2) (Venkatesh et al., 2012)

2.2.6 Algoritmo A-priori

El algoritmo A-priori, propuesto por Agrawal y Srikant (1994), es una técnica fundamental en minería de datos para la extracción de reglas de asociación. Su propósito es identificar patrones frecuentes en grandes volúmenes de información y expresar relaciones del tipo “*si ocurre A, entonces también ocurre B*”.

Su funcionamiento se basa en el principio de que los subconjuntos de un conjunto frecuente también deben ser frecuentes. A partir de este criterio, A-priori reduce el espacio de búsqueda y mejora la eficiencia del análisis. El proceso se desarrolla en dos fases principales:

1. Generación de conjuntos frecuentes de ítems: se identifican combinaciones de elementos que aparecen con una frecuencia mayor al umbral mínimo de soporte definido por el investigador.
2. Construcción de reglas de asociación: a partir de los conjuntos frecuentes, se generan reglas evaluadas con métricas.

En el ámbito educativo, el algoritmo A-priori facilita el análisis del comportamiento estudiantil en plataformas digitales. Esta herramienta detecta, por ejemplo, el vínculo entre la ejecución de ejercicios de álgebra y la consulta de videos de refuerzo. Tal hallazgo permite el diseño de estrategias adaptativas y personalizadas. De este modo, el algoritmo constituye un recurso fundamental para la analítica del aprendizaje y la optimización de los procesos pedagógicos.

2.2.7 Reglas de asociación

Las reglas de asociación se utilizan para explorar conjuntos de datos transaccionales e identificar patrones e interacciones entre características, para expresarlas e interpretarlas en reglas

de la forma if (antecedente) then (consecuente), dónde tanto el antecedente como el consecuente se expresan como Atributo1=Valor1 y Atributo2=Valor2 y...AtributoN=ValorN. Ejemplo: if (Color='Claro') then (Diámetro='Chico'). En general, las reglas de asociación se implementan con el algoritmo de patrones frecuentes FP-Growth y con optimización de bucketing. (Abdulhamit, (2020); Orange, (2016); F. Quiroga, (2021).

Bucketing es una técnica de optimización que consiste en agrupar los datos de una tabla con base en el valor de una o varias columnas, de forma que las instancias con igual valor caigan en el mismo bucket, aunque un bucket puede tener valores distintos de la columna sobre la que se hace bucketing (Pincay-Ponce et al., 2022) FP-Growth es explicado en la siguiente sección.

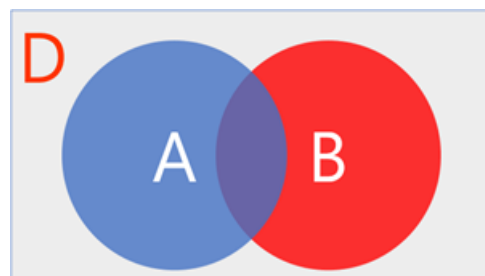
De acuerdo con F. Quiroga (2021), el objetivo con las reglas es obtenerlas con alto valor en algunas de sus cuatro principales métricas: Cobertura, Confianza, Soporte e Interés. Si se denota a $|A|$ como el antecedente de la regla y a $|B|$ como el consecuente, con el apoyo del siguiente Diagrama de Venn se comprenderá cada métrica. Esta explicación se amplía en la **Tabla 1**.

$|A|$ = Número de instancias que cumplen A

$|B|$ = Número de instancias que cumplen B

$|D|$ = Número de instancias en total

$|A \text{ y } B|$ = Número de instancias que cumplen A y B



El soporte es el número de casos del conjunto de datos que contienen la combinación X de elementos. Se formula como: $\text{Soporte}(X) = (|X|)/D$. Entonces, el soporte representa el número de veces que los antecedentes y consecuentes aparecen juntos en los datos, por tanto:

$$\text{Soporte}(A \rightarrow B) = \frac{|A \text{ y } B|}{|D|} = \text{Soporte}(A \text{ y } B)$$

La confianza también denominada probabilidad, representa la fracción de casos del conjunto de datos que contienen A y que también contienen B. Se formula como:

$$\text{Confianza } (A \rightarrow B) = \frac{|A|}{|B|} = \frac{\text{Soporte } (A)}{\text{Soporte } (B)}$$

La cobertura o soporte de antecedentes, es el número de instancias que la regla predice correctamente, para expresarla en porcentaje se formula como:

$$\text{Cobertura } (A \rightarrow B) = \frac{|A|}{|D|} = \text{Soporte } (A)$$

El Interés expresa la proporción del soporte de la regla observado en $|D|$ respecto del soporte teórico de ese conjunto dado el supuesto de independencia. Un valor de Interés = 1 indica que ese conjunto aparece una cantidad de veces acorde a lo esperado bajo condiciones de independencia. Por tanto:

$$\text{Interés } (A \rightarrow B) = \frac{\text{Confianza } (A \rightarrow B)}{\text{Soporte } (B)} = \frac{\text{Soporte } (A \text{ y } B)}{\text{Soporte } (A) * \text{Soporte } (B)}$$

Tabla 1: Ilustración de las principales métricas de las reglas de asociación.



Regla	Soporte	Confianza	Interés
$A \rightarrow D$	$\frac{2}{5}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{10}{9}$
$C \rightarrow A$	$\frac{2}{5}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{5}{6}$
$A \rightarrow C$	$\frac{2}{5}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{5}{6}$
$(B \text{ y } C) \rightarrow D$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{5}{9}$

2.3 Conclusiones relacionadas al Marco Teórico en referencia al tema planteado

El marco teórico presentado facilita la comprensión de la complejidad y las múltiples dimensiones involucradas en la implementación de Khan Academy como herramienta de aprendizaje adaptativo. Los antecedentes muestran que existen beneficios claros, aunque su impacto varía según factores contextuales como el acceso a la tecnología y la formación del profesorado.

Las definiciones conceptuales establecen que el aprendizaje adaptativo y la analítica de datos forman pilares fundamentales para la personalización del proceso educativo. Khan Academy representa un caso ejemplar de plataforma que integra ambos elementos, pero su implementación requiere planificación cuidadosa.

El modelo UTAUT2 constituye una herramienta útil para evaluar la aceptación tecnológica por parte de estudiantes y docentes, lo que permite identificar barreras y proponer estrategias de adopción efectivas.

El marco teórico ofrece fundamentos sólidos para desarrollar una investigación que analice el uso de Khan Academy y proponga mejoras basadas en datos, contribuyendo al avance de una educación más equitativa, personalizada y fundamentada en evidencia.

Marco Investigativo

3.1 Método de Investigación

En la investigación se usó un enfoque mixto, por combinar investigaciones de tipo cuantitativo y cualitativo.

- El método cuantitativo permitirá medir el impacto del uso de Khan Academy mediante el análisis de datos de uso y rendimiento académico de los estudiantes.
- El método cualitativo permitirá explorar percepciones, actitudes y experiencias de los docentes y estudiantes con respecto al aprendizaje adaptativo en Matemáticas.

3.2 Herramientas de recolección de datos

3.2.1 Encuesta - Entrevista - Observación / Otras

Encuestas: Dirigidas a estudiantes y docentes para conocer su experiencia con la plataforma Khan Academy.

3.3 Fuentes de Información de datos

3.3.1 Fuentes primarias - Fuentes secundarias

- **Fuentes primarias:** Encuestas, entrevistas, observaciones y registros de uso de Khan Academy por parte de estudiantes y docentes.
- **Fuentes secundarias:** Artículos científicos, informes técnicos, documentos institucionales y literatura académica sobre aprendizaje adaptativo y analítica de datos en Matemáticas.

3.4 Instrumental Operacional

3.4.1 Estructura y características de los instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos se diseñó un instrumento tipo encuesta estructurada, elaborada en Google Forms, compuesto por preguntas cerradas de opción múltiple con escala tipo Likert de 5 puntos: “Totalmente en desacuerdo” hasta “Totalmente de acuerdo”.

El cuestionario estará basado en las dimensiones del modelo UTAUT2 el cual permite medir la aceptación y uso de tecnologías digitales como Khan Academy. (Venkatesh et al., 2012)

Las dimensiones que se tomarán en cuenta son:

- Expectativa de rendimiento
- Expectativa de esfuerzo
- Influencia social
- Condiciones facilitadoras
- Motivación hedónica
- Valor del precio, percepción del valor, en este caso adaptado como percepción del beneficio educativo.
- Hábito
- Intención de uso

Cada dimensión constó entre 1 y 2 ítems adaptados al contexto educativo. El instrumento se aplicó a estudiantes de nivel secundario que hayan utilizado Khan Academy en Matemáticas.

3.5 Estrategia Operacional para la recolección y tabulación de datos

- **Recolección de datos:** Se aplicó la encuesta en línea mediante Google Forms. El enlace se distribuyó a estudiantes seleccionados en instituciones donde se haya utilizado Khan Academy como parte del proceso de enseñanza de Matemáticas.
- **Tabulación:** Las respuestas se exportaron automáticamente a una hoja de cálculo de Microsoft Excel para su procesamiento.
- **Análisis:**
 - Se aplicó estadística descriptiva, frecuencias, promedios y desviaciones estándar, por dimensión.
 - Se calculó el nivel de aceptación tecnológica general e individual por variable del modelo UTAUT2.
- **Interpretación:** Los resultados se reconstruyen en un tablero desarrollado de Microsoft Power BI.

3.5.1 Plan de recolección, tabulación, análisis e interpretación de los datos

- **Segmentación:** Estudiantes de educación básica superior y bachillerato que hayan tenido contacto con la plataforma Khan Academy en la asignatura de Matemáticas.
- **Técnica de muestreo:** No probabilístico por conveniencia, considerar disponibilidad y accesibilidad a Internet.
- **Tamaño de la muestra:** Para determinar el tamaño de muestra se utilizó la fórmula clásica de estimación para proporciones en estudios descriptivos, como se propone en (García-García, 2013) se considera un nivel de confianza del 95%, una proporción esperada de 0.5 y un margen de error del 6% al 7%. Esto dio como resultado un tamaño estimado entre

196 y 267 estudiantes, por lo que se considera adecuada una muestra entre 200 y 250 participantes.

Fórmula clásica para estimar tamaño de muestra

Para estudios con enfoque **descriptivo y exploratorio**, se puede usar la siguiente fórmula basada en proporciones:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{e^2}$$

Donde:

n = tamaño de muestra

Z = 1.96 (nivel de confianza del 95%)

p = 0.5 (cuando no se conoce la proporción)

e = 0.05 (margen de error $\pm 5\%$)

$$n = \frac{1.96^2 \cdot 0.5 \cdot (1 - 0.5)}{0.05^2}$$

$$n = \frac{3.8416 \cdot 0.25}{0.0025}$$

$$n = \frac{0.9604}{0.0025}$$

$$n = \frac{0.9604}{0.0025}$$

$$n = 384.16$$

El tamaño de muestra necesario es 384 personas

3.6 Plan de Muestreo

3.6.1 Segmentación - Técnica de muestreo - Tamaño de la muestra

Segmentación: La población objetivo está conformada por dos grupos diferenciados:

- Estudiantes de educación básica superior y bachillerato que hayan utilizado la plataforma Khan Academy como parte de su aprendizaje.
- Docentes que han implementado Khan Academy como recurso educativo en su práctica pedagógica.

Técnica de muestreo: Se empleará un muestreo no probabilístico por conveniencia, dado que se seleccionarán los participantes según su accesibilidad, disposición a colaborar y uso previo de la plataforma. Esta técnica es apropiada para investigaciones exploratorias con acceso limitado a la población total.

Tamaño de la muestra: Se espera contar con la participación de 200 a 250 estudiantes y al menos 50 docentes, lo cual resulta suficiente para realizar un análisis descriptivo de los resultados y obtener tendencias generales dentro del contexto específico del estudio.

3.7 Presentación y Análisis de los resultados

3.7.1 Presentación y Descripción de los resultados obtenidos

Los resultados se presentarán mediante gráficos y tablas, y las respuestas de estudiantes y docentes serán presentadas por separado. Para cada dimensión del modelo UTAUT2: expectativa de rendimiento, esfuerzo, influencia social, condiciones facilitadoras, motivación hedónica e intención de uso, se calcularán:

- Porcentajes de frecuencia para cada opción del 1 al 5.

- Promedios generales por ítem.
- Comparaciones entre grupos según edad, curso o experiencia docente.
- Se incluirán gráficos de barras o de pastel para mostrar visualmente las tendencias, junto con tablas resumen por cada dimensión.

3.7.2 Informe final del análisis de los resultados

El análisis se centrará en identificar

- El nivel de aceptación tecnológica de Khan Academy según el modelo UTAUT2
- Las barreras o limitaciones en su implementación por ejemplo, conectividad, acceso a dispositivos o falta de capacitación.
- Las percepciones positivas sobre su utilidad, facilidad de uso y motivación generada.

Adicionalmente, se discutirán los hallazgos a la luz del marco teórico y de investigaciones previas, destacar coincidencias, diferencias y oportunidades de mejora en el uso de Khan Academy como herramienta adaptativa.

Se concluirá con una síntesis de los principales hallazgos, orientada a reforzar las decisiones pedagógicas basadas en datos y apoyar futuras estrategias de integración tecnológica en entornos educativos similares.

Marco Propositivo

4.1 Introducción

El procesamiento de información y la disponibilidad de plataformas digitales han transformado la enseñanza y el aprendizaje. En este contexto, la personalización de las rutas formativas se presenta como una necesidad para atender la diversidad de los estudiantes. La propuesta se orienta a evaluar la implementación de Khan Academy como recurso adaptativo, apoyado en analítica de datos para orientar decisiones pedagógicas y administrativas.

4.2 Descripción de la propuesta

La propuesta implementa un ecosistema de aprendizaje adaptativo a través de la plataforma Khan Academy en la asignatura de Matemáticas. Esta iniciativa transforma la práctica pedagógica tradicional hacia un modelo dinámico en el cual la analítica de datos funciona como el eje para la personalización y optimización de los procesos educativos.

Para asegurar la viabilidad del proyecto, se establecen las siguientes dimensiones de intervención:

- **Evaluación de la Infraestructura:** Se ejecuta un diagnóstico técnico inicial. El objetivo es la garantía de un entorno tecnológico apto para la recolección constante de datos.
- **Gestión y Captura de Datos:** Un protocolo de monitoreo define la extracción de variables sobre la interacción estudiantil con los recursos matemáticos. Este proceso identifica patrones de uso y niveles de aceptación tecnológica de manera precisa.
- **Modelado del Comportamiento UTAUT2:** El proyecto integra el modelo UTAUT2 para la estimación de la adopción de herramientas por parte de los usuarios. La

validación de la sostenibilidad operativa considera factores como la motivación, el hábito y la facilidad de uso.

- **Inteligencia de Datos y Estrategia Didáctica:** El diseño de una solución de analítica avanzada traduce la información en decisiones concretas. Este sistema facilita la creación de estrategias de personalización para la atención a la diversidad del estudiantado. Esta fase fortalece la adaptabilidad educativa y asegura el avance individual mediante recursos ajustados a cada necesidad.

La propuesta integra la tecnología para establecer un sistema de toma de decisiones basado en evidencia. Este enfoque eleva la calidad de la experiencia de aprendizaje y la eficacia pedagógica de la asignatura.

4.3 Determinación de recursos

4.3.1 Recursos tecnológicos

Se necesitan dispositivos con acceso a Internet como computadores, laptops, tabletas o teléfonos móviles y una conexión estable que permita trabajar con Khan Academy en modalidad presencial o híbrida. La institución aprovechará la infraestructura ya existente en laboratorios de computación y redes escolares, complementada con los dispositivos personales del estudiantado cuando sea posible, tal como se evidenció en los resultados de las encuestas sobre medios de acceso.

4.3.2 Recursos económicos

La ejecución de la propuesta no requiere inversión económica directa en licencias de software, dado que Khan Academy es una plataforma gratuita. El presupuesto institucional se limita al uso de la infraestructura tecnológica disponible y en caso de ser necesario, a acciones

formativas internas para el profesorado que pueden gestionarse mediante jornadas de capacitación ya planificadas por la institución, sin generar un rubro adicional específico para la implementación. Para fines referenciales, en la **Tabla 2**, se ubican valores de base como guía.

Tabla 2: *Presupuesto Referencial de Implementación Operativa.*

Categoría	Descripción	Tipo de Recurso	Valor Estimado (Referencial)
Software y Licencias	Acceso a plataforma Khan Academy y herramientas de analítica Google Forms, Excel.	Gratuito	\$ 0.00
Infraestructura Tecnológica	Uso de laboratorios de computación, servidores escolares y conectividad a Internet.	Institucional Existente	Cubierto por presupuesto operativo anual
Recurso Humano	Coordinación pedagógica, personal técnico para análisis de datos y docentes de Matemáticas	Institucional Existente	Cubierto por nómina institucional
Acciones Formativas	Talleres de capacitación docente en el modelo UTAUT2 y aprendizaje adaptativo	Gestión Interna	\$ 0.00 (Incluido en planificación anual)
Dispositivos Móviles	Equipos personales de estudiantes y docentes.	Externo / Privado	No aplica rubro institucional
Total de inversión			\$ 0.00

4.4 Etapas de acción para el desarrollo de la Propuesta

4.4.1 Comprensión del negocio

4.4.1.1 Determinación de los objetivos educativos

Implementar actividades recursos adaptativos en la plataforma Khan Academy y valorar sus resultados con analítica de datos.

4.4.1.2 Evaluación de la situación

4.4.1.2.1 Datos disponibles para el análisis

Para el análisis se utilizaron los datos obtenidos a partir de encuestas basadas en el modelo UTAUT2, que permiten medir la aceptación y uso de la tecnología entre estudiantes y docentes.

Tabla 3: Variables utilizadas en la encuesta para evaluar la adopción y uso de Khan Academy.

Variable	Tipo de variable	Descripción
Edad	Cuantitativa	Edad de los estudiantes
Género	Categorica	Sexo del participante
Expectativa de rendimiento	Cuantitativa	Percepción de mejora en rendimiento
Facilidad de uso	Cuantitativa	Facilidad percibida para usar Khan Academy
Influencia social	Cuantitativa	Influencia de otros en el uso de la plataforma
Intención de uso	Cuantitativa	Intención de continuar el uso de Khan Academy

Nota. En esta tabla se muestran las variables utilizadas en la encuesta realizadas a estudiantes y docentes usuarios de la plataforma de Khan Academy.

Tabla 4: Características demográficas y descriptivas de la población encuestada.

Métrica	Valor
Población total	310
Estudiantes encuestados	250
Docentes encuestados	60
Edad promedio	16.5 años
Desviación estándar edad	1.2

Nota. En esta tabla se muestra el número de personas encuestadas

4.4.1.2.2 Recurso humano

El recurso humano involucrado en este proyecto está conformado por docentes encargados de orientar y administrar el uso de la plataforma Khan Academy, estudiantes participantes y el personal técnico responsable de la recopilación y análisis de los datos. El equipo recibe capacitación previa y apoyo durante el proceso de implementación, y facilitar la adaptación tanto metodológica como tecnológica

Dentro de la plataforma Khan Academy hay una herramienta llamada aprendizómetro la cual es diseñada para maestros, que rastrea en tiempo real el progreso colectivo de la clase hacia metas de dominio de habilidades. Muestra cómo el esfuerzo y los niveles de dominio alcanzados por cada estudiante contribuyen a un objetivo común, a menudo representado por un anillo que se completa tal como se muestra en la **Ilustración 1** entre ellos están las características principales son:

- **Visualización de Progreso:** Expone las habilidades dominadas por los alumnos y las brechas de aprendizaje pendientes.
- **Motivación:** Facilita a los docentes la definición de metas de clase a corto y largo plazo. Asimismo, integra la gamificación para fomentar una mentalidad de crecimiento en el estudiantado.
- **Funcionamiento:** La resolución de ejercicios, el consumo de videos y la superación de desafíos otorgan puntos para el sistema de medición de la clase.
- **Uso:** El panel del docente mantiene la herramienta disponible durante todo el ciclo escolar. Este recurso permite el reconocimiento de logros tras completar los objetivos grupales.

El Aprendizómetro se utiliza a menudo para fomentar la colaboración, ya que el objetivo no es individual, también lograr que toda la clase avance junta hacia la maestría de los temas.

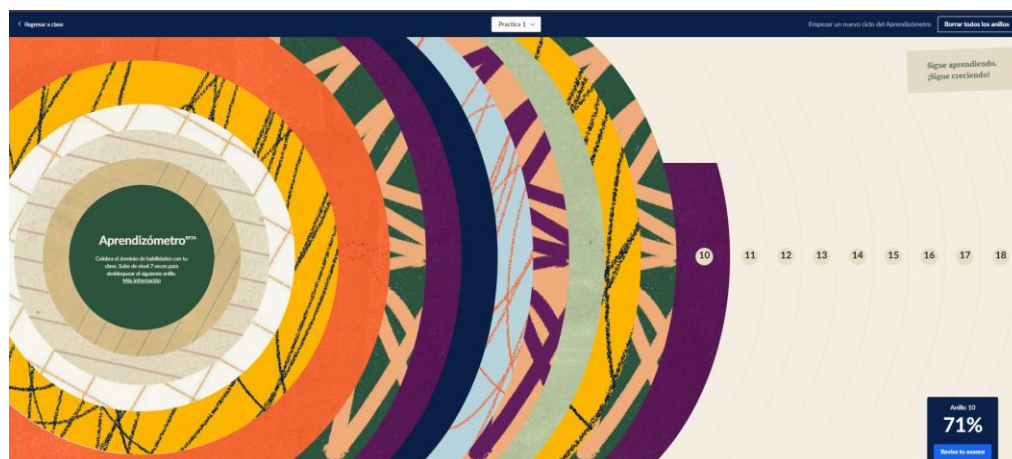


Ilustración 1: Aprendizómetro de los resultados de los estudiantes.

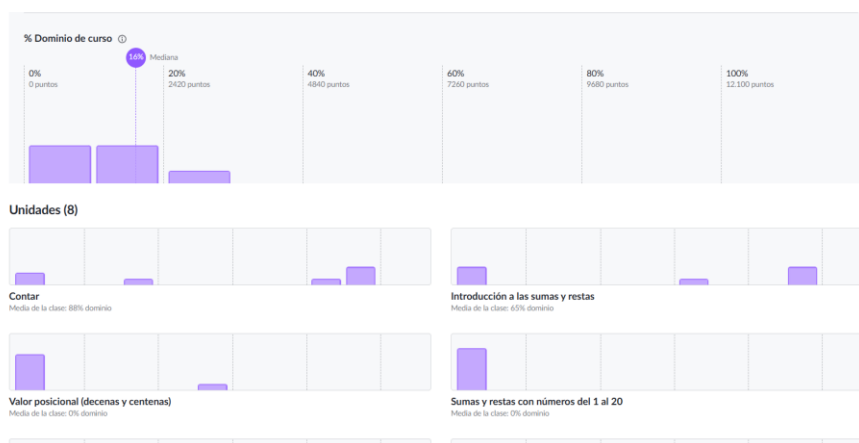


Ilustración 2: Dominio del curso por parte de los estudiantes y de manera general

4.4.1.2.3 Principales Factores de riesgo

- Resistencia de usuarios a adoptar la plataforma de Khan Academy.
- Limitaciones tecnológicas: acceso a internet, dispositivos.
- Calidad y complejidad insuficiente de datos recolectados.

4.4.1.2.4 Planes de contingencia

- Proveer acceso tecnológico básico, o considerar alternativas offline.
- Verificar y validar los datos temprano para asegurar calidad.

4.4.1.3 Determinación de los objetivos de minería de datos

El objetivo es identificar patrones de uso, factores que influyen en la adopción tecnológica y segmentar perfiles de estudiantes para personalizar la experiencia educativa.

4.4.1.4 Producción de un plan de proyecto

El plan incluye fases de recolección, análisis y modelado de datos, evaluación y puesta en marcha de recomendaciones basadas en resultados de minería de datos.

4.4.2 Comprensión de los datos

El conjunto de datos de la investigación surge de encuestas aplicadas a estudiantes de bachillerato. Estos instrumentos recopilan información sobre el rendimiento académico, los hábitos de estudio, el uso de recursos digitales y la percepción de las plataformas educativas. La recolección de datos incluye variables cuantitativas, como la frecuencia de uso de herramientas digitales, y cualitativas, como opiniones, expectativas y experiencias. Posteriormente, los registros pasan por un proceso de organización y depuración para garantizar su consistencia y confiabilidad.

Este dataset constituye la base para la aplicación de técnicas de minería de datos. Específicamente, el estudio emplea el algoritmo A-priori para descubrir reglas de asociación entre las respuestas de los estudiantes. Este método identifica patrones, como la relación entre los hábitos de estudio y el desempeño académico. La información obtenida orienta la toma de decisiones y el diseño de estrategias adaptativas en la educación superior.

4.4.2.1 Recopilación de datos iniciales

4.4.2.1.1 Datos existentes

Se identificaron registros institucionales previos sobre el uso de tecnologías digitales en matemáticas, que ayudaron a contextualizar el nivel de acceso a recursos y familiaridad tecnológica entre docentes y estudiantes.

4.4.2.1.2 Datos adquiridos

Se obtuvieron 250 respuestas de estudiantes y 60 respuestas de docentes a encuestas estructuradas

- En estudiantes: La muestra incluyó rangos de edad de 13 a más de 18 años, con 58% masculinos y 42% femeninos. El 100% manifestó haber usado Khan Academy en la asignatura de matemáticas. Los resultados en la escala Likert reflejan que la mayoría percibe beneficios claros en aprendizaje, facilidad de uso y motivación. El acceso principal es por celular y computadora

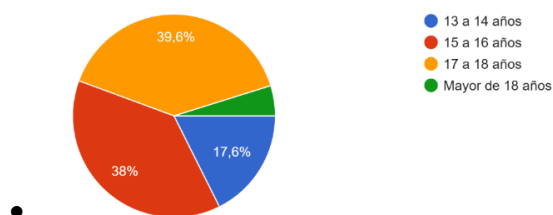


Figura 2: Resultados obtenidos de Edad de los estudiantes.

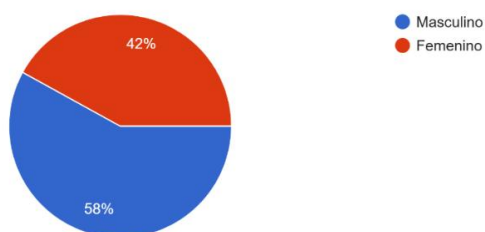


Figura 3: Resultados del género de los estudiantes.

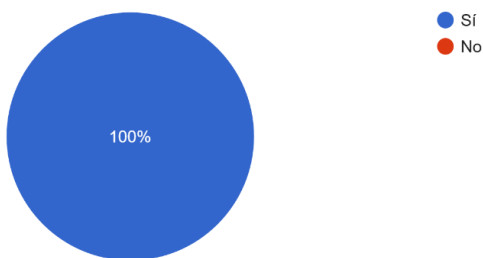


Figura 4: Resultados del uso de la plataforma.

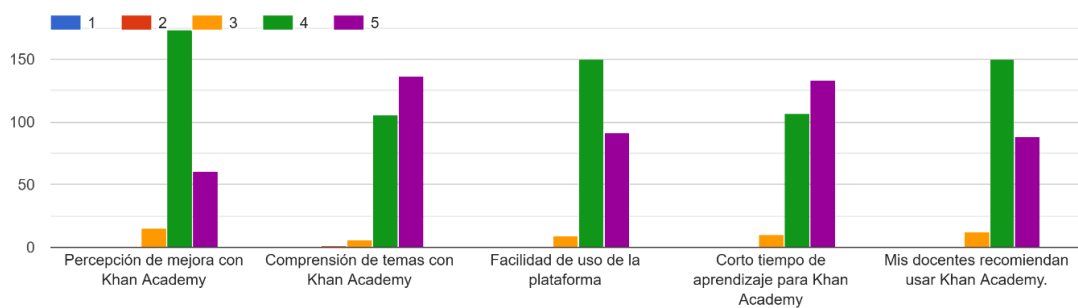


Figura 5: Resultado de las preguntadas basadas en el modelo UTAUT2.

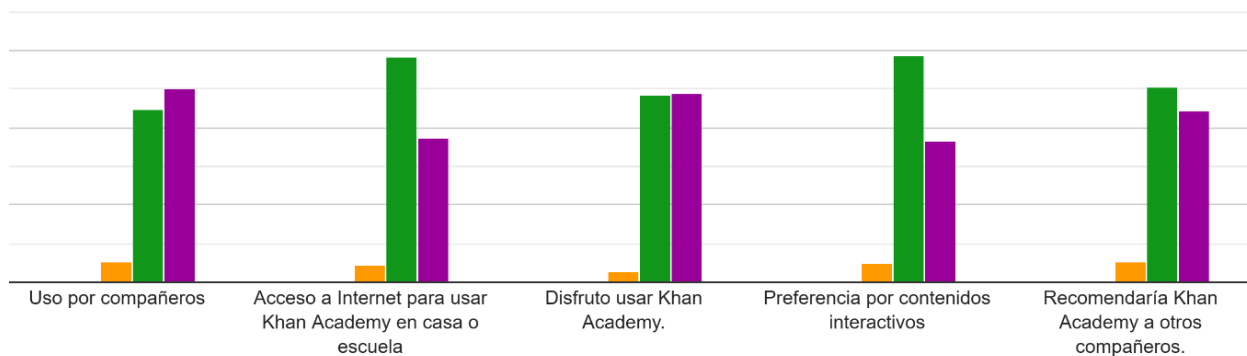


Figura 6: Resultado de las preguntadas basadas en el modelo UTAUT2.

Análisis de Resultados de la **Figura 5** y la **Figura 6**

El análisis de los datos recolectados permite validar la eficacia de Khan Academy bajo tres ejes fundamentales:

La alta valoración en la comprensión de temas y la mejora percibida niveles 4 y 5 evidencia que la personalización del contenido responde eficazmente a las necesidades del estudiante, cumpliendo el objetivo del modelo adaptativo. La facilidad de uso y el corto tiempo de aprendizaje reportados aseguran que la interacción del usuario sea fluida. Para la analítica de datos, esto es crucial: garantiza que los registros de progreso reflejen competencias académicas reales y no sesgos por dificultades técnicas. El acceso constante a internet y el respaldo docente consolidan la viabilidad del ecosistema digital. La preferencia por contenidos interactivos asegura un flujo constante de datos, permitiendo un seguimiento continuo y preciso del rendimiento estudiantil.

Los resultados confirman una aceptación positiva de la plataforma, donde la facilidad tecnológica potencia la recolección de datos y la personalización del aprendizaje resulta en una mejora pedagógica tangible.

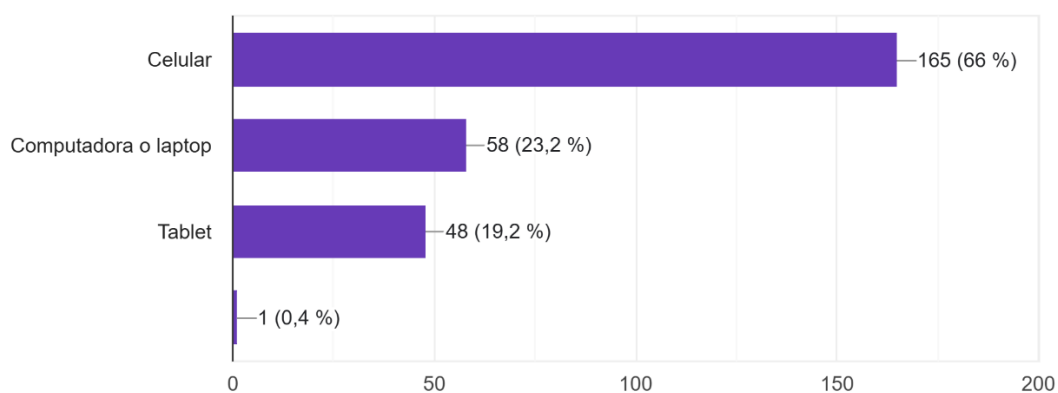


Figura 7: Resultados de los dispositivos utilizados para el uso de Khan Academy.

Nota: Entre los docentes, el 49,2% es femenino y el 50,8 masculino, de los cuales el 96,6% utiliza la plataforma para enseñar matemáticas. El acceso y recursos se concentran en computadoras/laptops (94,8%), tablets (17,2%) y celulares (6,9%), y la mayoría recomienda la herramienta como apoyo didáctico.

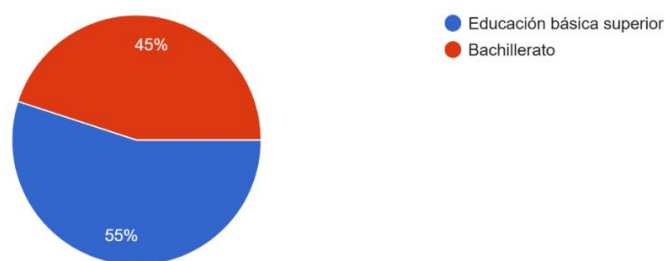


Figura 8: Resultados del nivel educativo que rinden clases de los docentes encuestados.

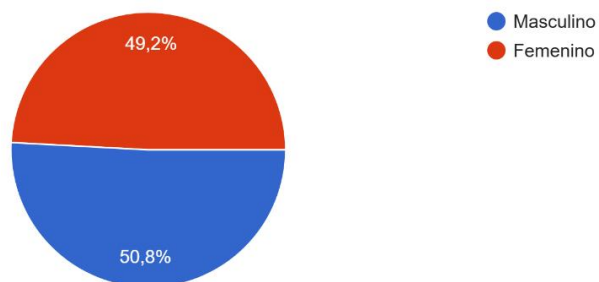


Figura 9: Resultados del género de los docentes encuestados.

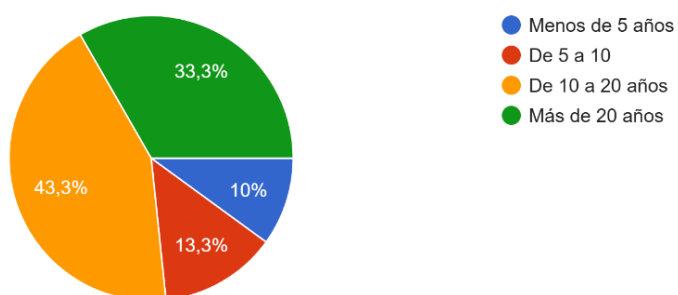


Figura 10: Resultados de los años de experiencia de los docentes.

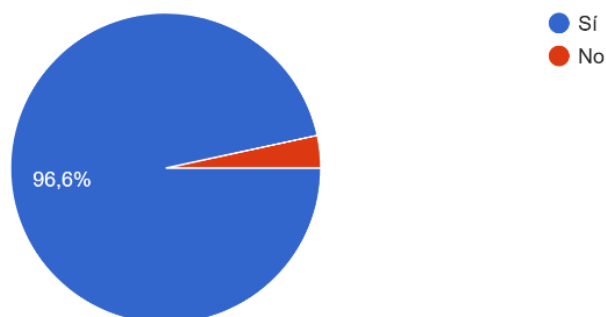


Figura 11: Resultados del uso de Khan Academy por parte de los docentes.

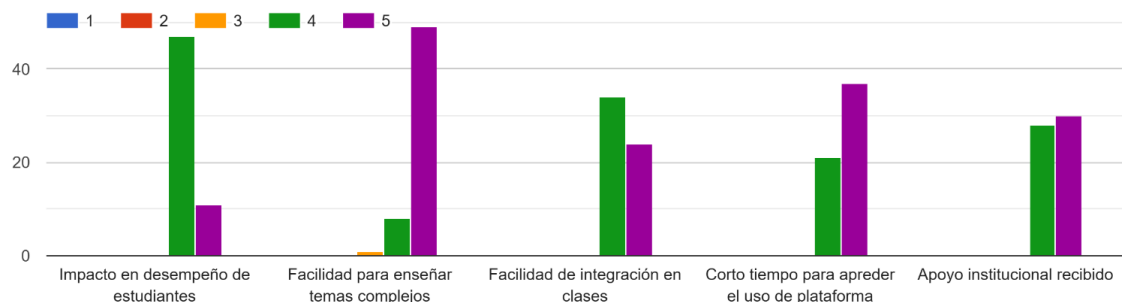


Figura 12: Resultados obtenidos de las preguntadas realizadas a los docentes a partir del modelo UTAUT2.

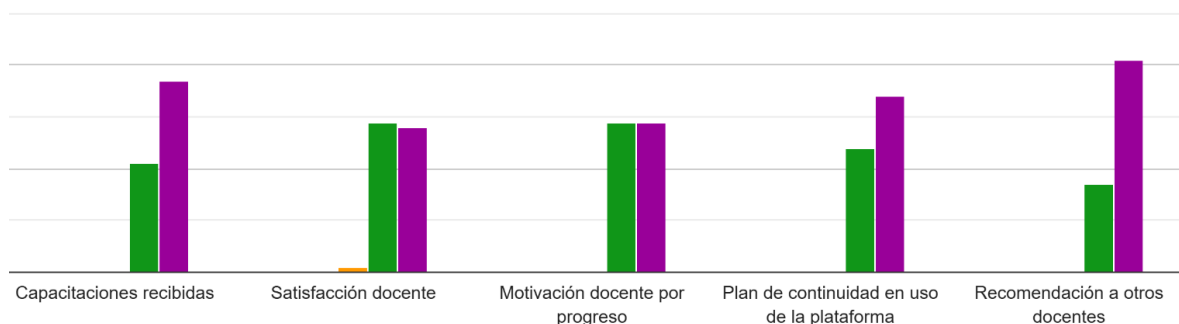


Figura 13: Resultados obtenidos de las preguntas realizadas a los docentes a partir del modelo UTAUT2.

Análisis de los resultados la **Figura 12** y la **Figura 13** La percepción del profesorado confirma que la plataforma funciona como un facilitador de la enseñanza personalizada y un generador de métricas valiosas:

- **Optimización de la Enseñanza Compleja:** La alta valoración en la "Facilidad para enseñar temas complejos" y el "Impacto en el desempeño" indica que la herramienta asume la carga de la nivelación básica. Esta funcionalidad permite que el docente se enfoque en el análisis de datos para la ejecución de intervenciones personalizadas. Dicha labor constituye el núcleo del aprendizaje adaptativo.

- **Eficiencia Operativa y Analítica:** La rapidez en el aprendizaje de la plataforma y la facilidad de integración en las sesiones aseguran la gestión del flujo de datos sin un aumento en la carga administrativa del docente. Un sistema de integración sencilla garantiza la recolección constante de información de alta calidad.
- **Motivación Basada en el Progreso:** Existe un equilibrio positivo entre la "Motivación docente por el progreso" y la "Satisfacción". Esto sugiere que el acceso a analíticas claras sobre el avance estudiantil refuerza el compromiso del profesor con el modelo tecnológico.
- **Sostenibilidad y Escalabilidad:** Los altos índices en el "Plan de continuidad" y la "Recomendación a otros docentes" validan la viabilidad institucional del proyecto. La analítica de datos requiere periodos prolongados para ser predictiva, y la disposición docente asegura la permanencia necesaria para dichos estudios longitudinales.

La aceptación docente valida que Khan Academy no solo es una herramienta de apoyo, también es un motor de datos que facilita la transición de una enseñanza tradicional a un modelo adaptativo eficiente y respaldado institucionalmente.

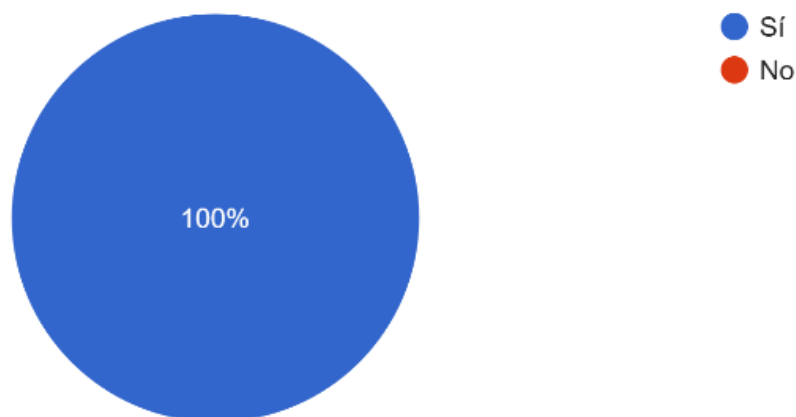


Figura 14: Resultados sobre la recomendación de la plataforma de un docente a otro colega.

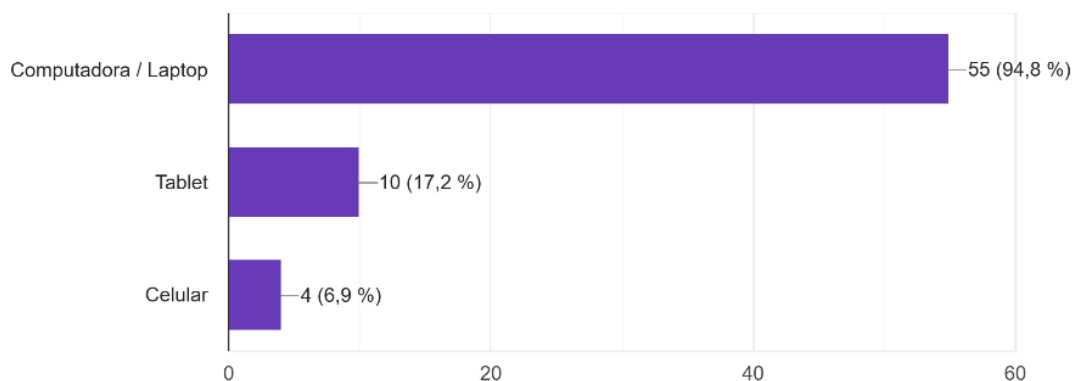


Figura 15: Resultados sobre los dispositivos que utilizan los docentes para el uso de la plataforma Khan Academy.

4.4.2.1.3 Datos adicionales

Se recolectaron registros breves sobre el contexto de uso real de la plataforma, para ampliar la riqueza de la información.

4.4.2.2 Descripción de los datos

4.4.2.2.1 Cantidad de datos

El conjunto de datos incluye respuestas de 250 estudiantes y 60 docentes, en donde abarca múltiples indicadores cuantitativos y cualitativos seleccionados según los objetivos de la investigación. Estas muestras proporcionan una base robusta para el análisis de patrones y tendencias relevantes en la adopción de Khan Academy en la enseñanza de matemáticas.

4.4.2.2.2 Tipos de valores

Las variables recogidas incluyen:

- **Datos cuantitativos:** Resultados de ítems Likert de 1 a 5 para cada afirmación del modelo UTAUT2. Para el análisis de cada dimensión expectativa de rendimiento, expectativa de esfuerzo, influencia social, motivación hedónica, intención de uso

se calcularon promedios al combinar las respuestas de los ítems correspondientes, obteniendo así un valor resumen de estudiantes y docentes en cada dimensión.

- **Datos categóricos:** Género, grupo etario, tipo de dispositivo de acceso.

4.4.2.2.3 Esquemas de codificación

Se emplearon escalas lineales para las afirmaciones del modelo UTAUT2, código numérico para identificar género, dispositivo y acceso, y categorías para agrupar edades y niveles educativos.

Para cada dimensión del modelo UTAUT2 se construyó un indicador compuesto mediante el promedio de los ítems relacionados:

Estudiantes:

- El valor de Promedio de expectativa de rendimiento es la medida de “Khan Academy me ha ayudado a mejorar mi aprendizaje” y “Gracias a Khan Academy entiendo mejor los temas que estudio”
- El valor de Promedio de expectativa de esfuerzo es la medida de “Usar Khan Academy es fácil para mí” y “Me toma poco tiempo aprender a usar la plataforma”
- El valor de Influencia social es la medida de “Mis docentes recomiendan usar Khan Academy” y “Mis compañeros también usan esta plataforma”
- El valor de Motivación hedónica es la medida de “Disfruto usar Khan Academy” y “Me gusta aprender con los videos y ejercicios interactivos”
- El valor de Intención de uso es la medida de “Me gustaría seguir usando Khan Academy en el futuro” y “Recomendaría Khan Academy a otros estudiantes”

4.4.2.3 Exploración de datos

Se realizó un análisis descriptivo inicial, es decir, frecuencias, medias, desviaciones estándar, para cada sección de la encuesta y se identificaron tendencias, valores extremos y relaciones preliminares entre variables.

4.4.2.4 Verificación de calidad de datos

Se verificó la consistencia de los registros, se eliminaron duplicados o respuestas incompletas y se comprobó la coherencia en la entrada de datos durante el proceso de digitalización. El control de calidad aseguró la confiabilidad en los análisis posteriores.

4.4.3 Preparación de los datos

4.4.3.1 Selección de datos

Se seleccionaron las variables de acuerdo al modelo UTAUT2 para cumplir con los objetivos del estudio. El enfoque estuvo en las relacionadas con la adopción y el uso de Khan Academy, la percepción tecnológica y los factores asociados. Se descartaron los datos irrelevantes, incompletos o inconsistentes que podrían afectar la validez del análisis.

Formulas para calcular las dimensiones del modelo UTAUT2

- **Expectativa de rendimiento**

Docentes

```
ExpectativaRendimiento =
AVERAGEX(
  'Resp Docentes',
  (
    'Resp Docentes'[Impacto en desempeño de estudiantes.] +
    'Resp Docentes'[Facilidad para enseñar temas complejos.]
  ) / 2
)
```

Estudiantes

```
Expectativa de Rendimiento =
AVERAGEX(
  'Resp Estudiantes',
  (
    'Resp Estudiantes'[Percepción de mejora con Khan Academy.] +
    'Resp Estudiantes'[Compresión de temas con Khan Academy.]
  ) / 2
)
```

- **Expectativa de esfuerzo**

Docentes

```
ExpectativaEsfuerzo =
AVERAGEX(
  'Resp Docentes',
  (
    'Resp Docentes'[Facilidad de integración en clases.] +
    'Resp Docentes'[Corto tiempo para aprender el uso de la plataforma.]
  ) / 2
)
```

Estudiantes

```
Expectativa de Esfuerzo =
AVERAGEX(
  'Resp Estudiantes',
  (
    'Resp Estudiantes'[Facilidad de uso de la plataforma.] +
    'Resp Estudiantes'[Corto tiempo de aprendizaje para Khan Academy.]
  ) / 2
)
```

- **Influencia social**

Estudiantes

```
Influencia Social =
AVERAGEX(
  'Resp Estudiantes',
  (
    'Resp Estudiantes'[Mis docentes recomiendan usar Khan Academy.] +
    'Resp Estudiantes'[Uso por compañeros.]
  ) / 2
)
```

- **Condiciones facilitadoras**

Docentes

```
CondicionesFacilitadoras =
  AVERAGEX(
    'Resp Docentes',
    (
      'Resp Docentes'[Apoyo institucional recibido.] +
      'Resp Docentes'[Capacitaciones recibidas.]
    ) / 2
  )
```

Estudiantes

```
Condiciones Facilitadoras =
  AVERAGE('Resp Estudiantes'[Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela.])
```

- **Motivación hedónica**

Docentes

```
MotivacionHedonica =
  AVERAGEX(
    'Resp Docentes',
    (
      'Resp Docentes'[Satisfacción docente.] +
      'Resp Docentes'[Motivación docente por progreso.]
    ) / 2
  )
```

Estudiantes

```
Motivacion Hedonica =
  AVERAGEX(
    'Resp Estudiantes',
    (
      'Resp Estudiantes'[Disfruto usar Khan Academy.] +
      'Resp Estudiantes'[Preferencia por contenidos interactivos.]
    ) / 2
  )
```

- **Intención de uso**

Docentes

```
IntencionUso =
AVERAGEX(
'Resp Docentes',
(
'Resp Docentes'[Plan de continuidad en uso de la plataforma.] +
'Resp Docentes'[Recomendación a otros docentes.]
) / 2
)
```

Estudiantes

```
Intencion de Uso =
AVERAGE('Resp Estudiantes'[Recomendaría Khan Academy a otros compañeros.] )
```

4.4.3.2 Limpieza de datos

Se realizó la depuración de los datos para eliminar duplicados, corregir errores y tratar valores faltantes mediante la imputación o exclusión, asegurar la calidad y coherencia de la información para el análisis posterior.

4.4.3.3 Construcción de nuevos datos

Se construyeron nuevas columnas numéricas a partir de las variables originales de la encuesta. Estas columnas codifican las respuestas en una escala Likert de 1 a 5. En esta escala, 1 corresponde a "totalmente en desacuerdo" y 5 a "totalmente de acuerdo". Esta transformación proporcionó variables cuantitativas para el análisis estadístico y la posterior aplicación de técnicas de minería de datos basadas en reglas de asociación.

Sobre esta base, se generaron atributos derivados, ver **Ilustración 3**. Estos incluyen promedios por dimensión del modelo UTAUT2 expectativa de rendimiento, esfuerzo, influencia social, condiciones facilitadoras, motivación hedónica e intención de uso.

Fórmula para la construcción de las nuevas columnas numéricas

```
Nombre de la columna que vamos a construir. =
SWITCH(
    TRUE(),
    'Nombre de la tabla'[Nombre de la columna] = "Totalmente de acuerdo", 5,
    'Nombre de la tabla'[Nombre de la columna] = "De acuerdo", 4,
    'Nombre de la tabla'[Nombre de la columna] = "Ni de acuerdo ni en desacuerdo", 3,
    'Nombre de la tabla'[Nombre de la columna] = "En desacuerdo", 2,
    'Nombre de la tabla'[Nombre de la columna] = "Totalmente en desacuerdo", 1
)
```

Con esta fórmula se creará todas las columnas que sean tipo de la escala Likert de 1 a 5.

Impacto en desempeño de estudiantes.	Facilidad de integración en clases.	Apoyo institucional recibido.	Capacitaciones recibidas.	Corto tiempo para aprender.
4	4	4	4	4
4	4	5	4	4
4	5	5	4	4
4	4	4	4	4
4	5	5	5	5
4	5	4	4	5
4	5	5	5	4
5	4	5	4	4
5	4	4	4	5
4	5	5	5	5
4	4	4	4	5

Ilustración 3: Visualización de las nuevas columnas creadas en Power Bi.

Nota. En esta captura se evidencia las nuevas columnas creadas a partir de la fórmula para convertir los datos de la escala de Likert a valores numéricos

4.4.3.4 Integración de datos

Los datos recopilados de estudiantes y docentes, junto con los provenientes de los reportes de uso de la plataforma Khan Academy, se integraron en una base consolidada. Esta base unificó la información demográfica, las respuestas en escala Likert y los indicadores de interacción con la plataforma.

4.4.3.5 Formato de datos

Finalmente, la información fue organizada y almacenada en formatos compatibles con las herramientas de análisis utilizadas, principalmente archivos CSV y hojas de cálculo estructuradas, lo que permitió un manejo eficiente y reproducible durante todo el proceso investigativo. Estos archivos sirvieron como insumo directo para los procedimientos de limpieza, transformación y minería de datos orientados a la construcción de reglas de asociación y al análisis estadístico descriptivo de las variables del modelo UTAUT2.

Resp Docentes	Resp Estudiantes
Años de experiencia docente	Acceso a Internet para usar Khan ...
Apoyo institucional recibido	Acceso a Internet para usar Khan ...
Apoyo institucional recibido.	Comprensión de temas con Khan ...
Capacitaciones recibidas	Comprensión de temas con Khan ...
Capacitaciones recibidas.	Corto tiempo de aprendizaje para...
Corto tiempo para aprender el uso...	Corto tiempo de aprendizaje para...
Corto tiempo para aprender el us...	Disfrute usar Khan Academy
Facilidad de integración en clases	Disfrute usar Khan Academy.
Facilidad de integración en clases.	Dispositivos usados para acceso
Facilidad para enseñar temas com...	Edad
Facilidad para enseñar temas com...	Facilidad de uso de la plataforma
Género	Facilidad de uso de la plataforma.
Impacto en desempeño de estudi...	Género
Impacto en desempeño de estudi...	Marca temporal
Marca temporal	Mis docentes recomiendan usar K...
Motivación docente por progreso	Mis docentes recomiendan usar K...

Ilustración 4: Archivos csv ingresados en Power BI.

Nota. Aquí se encuentra ya los datos pulidos y listo para el respectivo análisis

4.4.4 Modelado

4.4.4.1 Selección de técnicas de modelado

Se seleccionaron técnicas de modelado acordes con la naturaleza de los datos educativos y con los objetivos del modelo UTAUT2, el cual explica la adopción tecnológica de Khan Academy. En primer lugar, se consideraron análisis de regresión para estimar la relación entre las dimensiones del modelo: expectativa de rendimiento, expectativa de esfuerzo, influencia social,

condiciones facilitadoras, motivación hedónica, hábito e intención de uso y las variables que representan la aceptación de la plataforma. De forma complementaria, se empleó análisis factorial exploratorio. Esto permitió verificar la agrupación de los ítems de la escala Likert en los constructos teóricos de UTAUT2 y reducir la dimensionalidad de los datos cuando fue necesario.

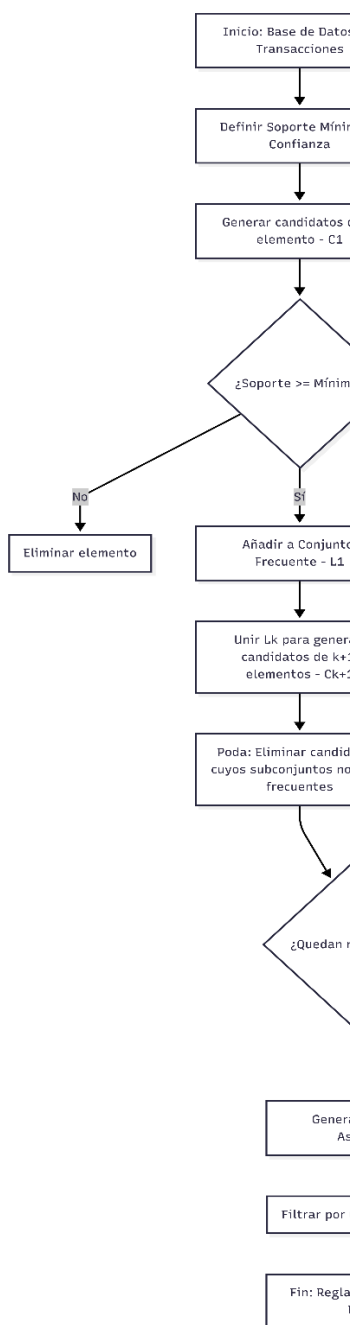
4.4.4.2 Generación de un diseño de comprobación

Se diseñó un plan de validación para evaluar la capacidad explicativa y la estabilidad de los modelos. Este plan incluyó la partición de la base de datos en conjuntos de entrenamiento y prueba. Sobre el conjunto de entrenamiento se ajustaron los modelos de regresión y las soluciones factoriales. En contraste, el conjunto de prueba se utilizó para comprobar su capacidad de generalización en nuevos casos. Adicionalmente, se aplicaron esquemas de validación cruzada. Este proceso repitió el análisis con diferentes particiones de los datos, lo cual redujo el riesgo de sobreajuste y aseguró la robustez de los resultados obtenidos.

4.4.4.3 Generación de los modelos

Una vez definidas las técnicas y el diseño de comprobación, se procedió a la estimación de los modelos estadísticos y de minería de datos sobre el conjunto de datos preparado. Estas variables fueron explicadas de acuerdo con las dimensiones del modelo UTAUT2 y por variables demográficas relevantes. Se generaron modelos de asociación y agrupamiento, que permitieron identificar patrones frecuentes entre niveles altos de acuerdo en determinadas dimensiones por ejemplo, expectativa de rendimiento o motivación hedónica y la disposición a seguir con el uso de la plataforma. Esta evidencia aportó información adicional para la toma de decisiones pedagógicas.

4.4.4.4 Evaluación del modelo



La evaluación de los modelos, enmarcada en la fase de modelado de la metodología CRISP-DM, aseguró la validez técnica y estadística previa de la fase de despliegue. Se recuerda que la base del análisis es la Teoría Unificada de Aceptación y Uso de Tecnología, UTAUT2, y como aporte de la Analítica de Datos, se empleó a las reglas de asociación implementadas con A-priori, cuyo funcionamiento se muestra en la Ilustración 5.

Con la aplicación de A-priori se logró identificar patrones de interacción, tanto de alumnos como docentes. Estos patrones se validaron a través de las métricas de soporte, confianza e interés lo cual confirmó la significancia de los hallazgos.

Ilustración 5: Esquema de funcionamiento de A-priori

Para fines explicativos, en la

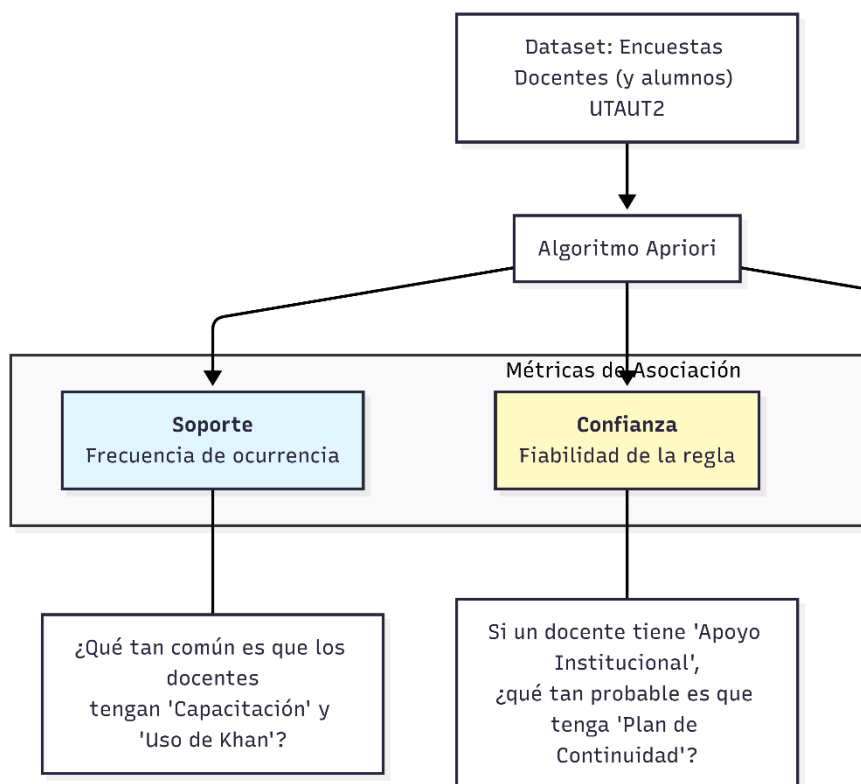


Ilustración 6 se muestra un enfoque de interpretación de datos de las respuestas de los docentes

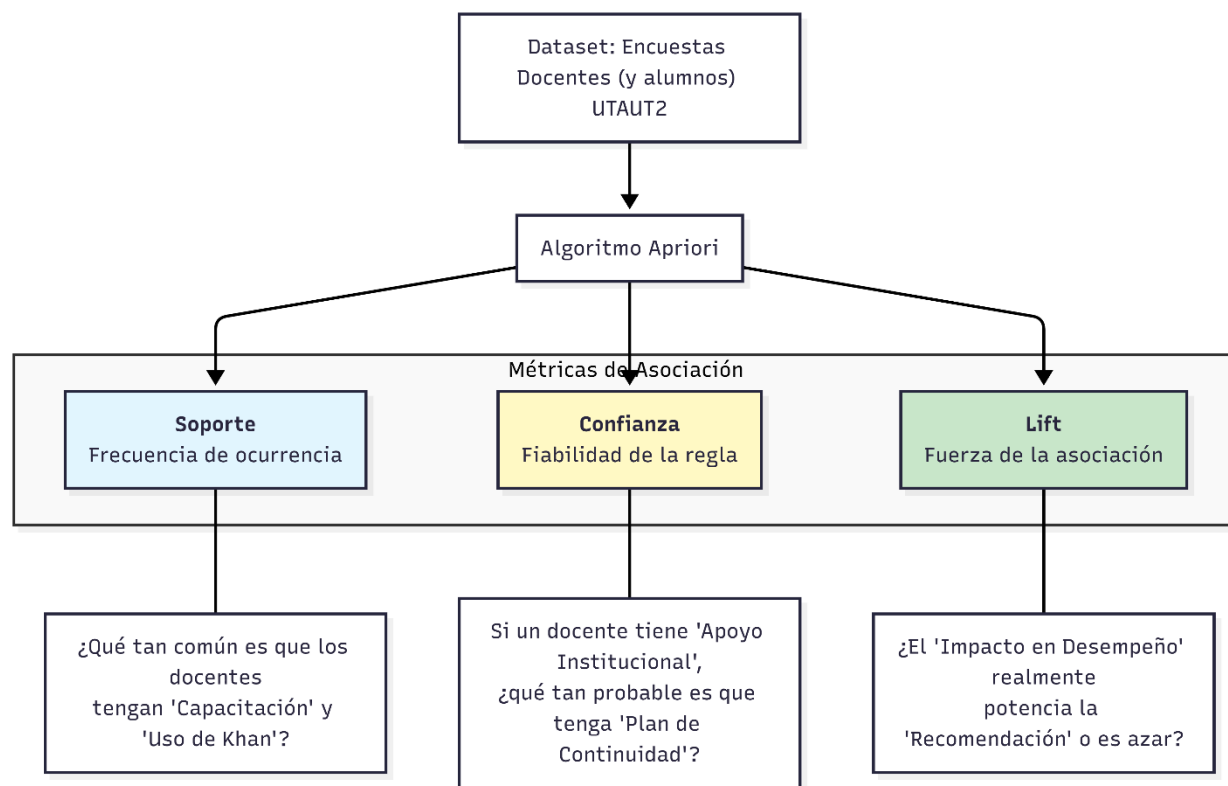


Ilustración 6: Contribución a la explicabilidad del soporte, confianza de A-priori ajustado al presente proyecto integrador.

4.4.5 Evaluación

4.4.5.1 Evaluación de los resultados

Los resultados obtenidos a partir de los modelos estadísticos y de minería de datos se evaluaron de forma cuantitativa y cualitativa. El objetivo fue determinar su validez y relevancia en el contexto del uso adaptativo de Khan Academy en la enseñanza de Matemáticas.

En el plano cualitativo, se valoró la medida en que estos resultados aportan a la comprensión de la personalización del aprendizaje. Por ejemplo, se identificaron qué factores se asocian con un mayor uso autónomo de la plataforma o con actitudes más favorables hacia los

recursos

adaptativos.

Así,

la

Artículo	Artículo2	Lift.Estudiantes
Uso de Khan Academy - Sí	Percepción de mejora con Khan Academy - De acuerdo	1,39
Uso de Khan Academy - Sí	Facilidad de uso de la plataforma - De acuerdo	1,61
Uso de Khan Academy - Sí	Mis docentes recomiendan usar Khan Academy - De acuerdo	1,61
Uso de Khan Academy - Sí	Dispositivos usados para acceso - Celular	1,63
Uso de Khan Academy - Sí	Preferencia por contenidos interactivos - De acuerdo	1,64
Uso de Khan Academy - Sí	Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	1,66
Uso de Khan Academy - Sí	Género - Masculino	1,67
Uso de Khan Academy - Sí	Comprensión de temas con Khan Academy - Totalmente de acuerdo	1,76
Uso de Khan Academy - Sí	Corto tiempo de aprendizaje para Khan Academy - Totalmente de acuerdo	1,82
Uso de Khan Academy - Sí	Recomendaría Khan Academy a otros compañeros - De acuerdo	1,92
Uso de Khan Academy - Sí	Uso por compañeros - Totalmente de acuerdo	1,93
Uso de Khan Academy - Sí	Disfruto usar Khan Academy - Totalmente de acuerdo	1,98
Percepción de mejora con Khan Academy - De acuerdo	Uso de Khan Academy - Sí	2,00
Uso de Khan Academy - Sí	Disfruto usar Khan Academy - De acuerdo	2,00
Uso de Khan Academy - Sí	Uso por compañeros - De acuerdo	2,16
Uso de Khan Academy - Sí	Recomendaría Khan Academy a otros compañeros - Totalmente	2,18

Figura 16 muestra algunas reglas que se pueden dar como altamente relevantes para el contexto de este proyecto integrador, y que se explican en líneas posteriores.

Artículo	Artículo2	Lift.Estudiantes
Uso de Khan Academy - Sí	Percepción de mejora con Khan Academy - De acuerdo	1,39
Uso de Khan Academy - Sí	Facilidad de uso de la plataforma - De acuerdo	1,61
Uso de Khan Academy - Sí	Mis docentes recomiendan usar Khan Academy - De acuerdo	1,61
Uso de Khan Academy - Sí	Dispositivos usados para acceso - Celular	1,63
Uso de Khan Academy - Sí	Preferencia por contenidos interactivos - De acuerdo	1,64
Uso de Khan Academy - Sí	Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	1,66
Uso de Khan Academy - Sí	Género - Masculino	1,67
Uso de Khan Academy - Sí	Comprensión de temas con Khan Academy - Totalmente de acuerdo	1,76
Uso de Khan Academy - Sí	Corto tiempo de aprendizaje para Khan Academy - Totalmente de acuerdo	1,82
Uso de Khan Academy - Sí	Recomendaría Khan Academy a otros compañeros - De acuerdo	1,92
Uso de Khan Academy - Sí	Uso por compañeros - Totalmente de acuerdo	1,93
Uso de Khan Academy - Sí	Disfruto usar Khan Academy - Totalmente de acuerdo	1,98
Percepción de mejora con Khan Academy - De acuerdo	Uso de Khan Academy - Sí	2,00
Uso de Khan Academy - Sí	Disfruto usar Khan Academy - De acuerdo	2,00
Uso de Khan Academy - Sí	Uso por compañeros - De acuerdo	2,16
Uso de Khan Academy - Sí	Recomendaría Khan Academy a otros compañeros - Totalmente	2,18

Figura 16: Captura parcial de reglas generadas con una métrica de Lift aceptable.

Para ejemplificar la significancia: Un Lift de 2.16, en la regla Uso de Khan Academy: Si → Uso por compañeros: De acuerdo. Significa que un estudiante que usa la plataforma tiene 2.16 veces más probabilidades de estar de acuerdo con recomendarla alguien más.

Respecto de la regla “Uso de Khan Academy: Si →Recomendaría Khan Academy a otros compañeros - Totalmente de acuerdo”, significa que un estudiante que usa la plataforma tiene 2.18 veces más probabilidades de recomendarla que alguien que la ha elegido al azar, por tanto, existe una evidente vinculación entre la Expectativa de Desempeño y la Influencia Social. Por lo que, si el uso, es decir, el hábito, genera una recomendación, el aprendizaje adaptativo está logrando un impacto positivo en la percepción del alumno.

Además, como regla destacada y con Lift de 1.98, se tiene el “Uso de Khan Academy” en alta relación con el “Disfruto usar Khan Academy”, lo que valida la Motivación Hedónica, es decir, la búsqueda de placer y satisfacción inmediata en el aprendizaje, como disfrutar la resolución de un problema difícil o sentirse bien al obtener una insignia... Un pilar de UTAUT2 que explica por qué el alumno persiste en una plataforma adaptativa.

Los valores de Lift también reportaron valores extremos en este proyecto integrador, tal como se muestra en la **Figura 17**, cuya significancia se explica en líneas posteriores.

Artículo	Artículo2	Lift Estudiantes
Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - Totalmente de acuerdo	60.416,67
Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Corto tiempo de aprendizaje para Khan Academy - De acuerdo	60.416,67
Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Disfruto usar Khan Academy - Totalmente de acuerdo	60.416,67
Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Dispositivos usados para acceso - Celular	60.416,67
Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Edad - 15 a 16 años	60.416,67
Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Facilidad de uso de la plataforma - Ni de acuerdo ni en desacuerdo	60.416,67
Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Género - Masculino	60.416,67
Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Mis docentes recomiendan usar Khan Academy - De acuerdo	60.416,67
Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Percepción de mejora con Khan Academy - Ni de acuerdo ni en desacuerdo	60.416,67
Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Preferencia por contenidos interactivos - Totalmente de acuerdo	60.416,67
Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Recomendaría Khan Academy a otros compañeros - De acuerdo	60.416,67
Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Uso de Khan Academy - Sí	60.416,67
Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Uso por compañeros - De acuerdo	60.416,67
Dispositivos usados para acceso - Celular,	Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela -	60.416,67

Figura 17: Captura parcial de reglas generadas con una métrica de Lift extremos.

Estos valores aceptables y extremos tienen significados relevantes, tal como se detalla en la **Tabla 5**

Tabla 5: Resumen de significancia para de las métricas reportadas.

Métrica	Hallazgo en tus datos	Implicación en el Aprendizaje Adaptativo
Lift ~2.0	Uso-Mejora/Disfrute	El algoritmo de Khan Academy logra enganchar al alumno (Motivación Hedónica).
Lift Extremo	Desacuerdo-Acceso Celular	Existe una barrera tecnológica (Condiciones Facilitadoras) que anula el beneficio del aprendizaje adaptativo.
Confianza	Alta en "Corto tiempo de aprendizaje"	La Expectativa de Esfuerzo es baja; los alumnos perciben que la curva de aprendizaje es rápida.

La tabla anterior ofrece datos relevantes, por ejemplo, la Expectativa de Desempeño: Reflejada en reglas de "Percepción de mejora" (Lift 2.0), se interpreta como que el alumno siente que el sistema adaptativo funciona.

En el mismo sentido, con las Condiciones Facilitadoras, donde: El "Acceso a internet" y "Dispositivos" aparecen como predictores críticos en las reglas de Lift alto. Sin buena infraestructura, el aprendizaje adaptativo se detiene.

En lo que respecta al Hábito, el "Uso de Khan Academy" actúa como el nodo central que dispara todas las demás percepciones positivas. Por lo expresado, se afirma que los valores de Lift de 1.5 a 3.0 son "asociaciones robustas y generalizables", mientras que los valores de 60k deben tratarse como "patrones de comportamiento en segmentos críticos o vulnerables".

Para ampliar la "historia" que cuentan los datos se tiene la siguiente ilustración.

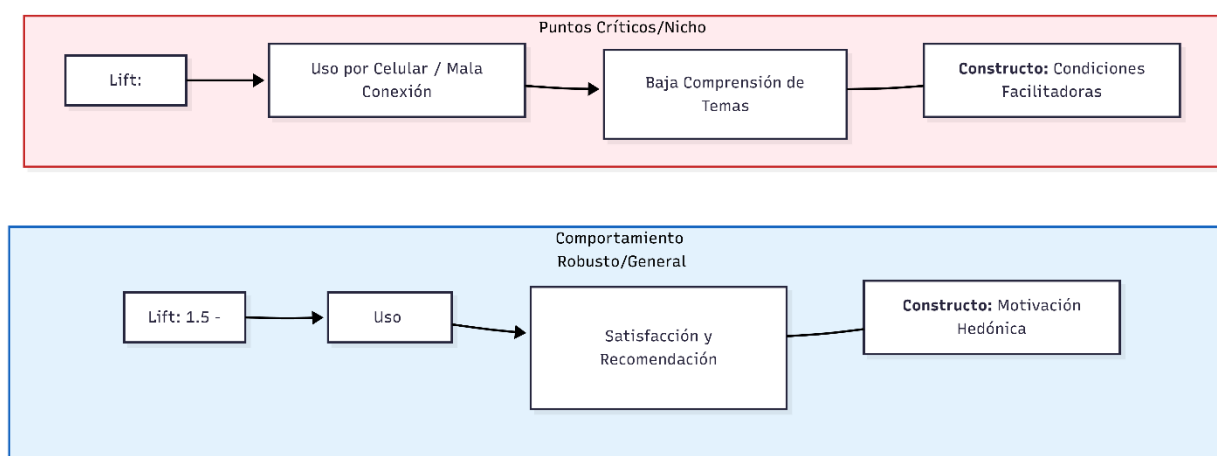


Ilustración 7: La "historia" que cuentan los datos.

4.4.5.2 Proceso de revisión

Se estableció un proceso de revisión iterativo. En este proceso, los resultados de los modelos se contrastaron con la opinión de expertos en educación, tecnología educativa y análisis de datos. Esto aseguró la coherencia pedagógica y metodológica. Esta retroalimentación se complementó con la percepción de los propios usuarios docentes y estudiantes respecto a la interpretación de los hallazgos. Esto permitió ajustar parámetros del modelado, depurar variables

poco relevantes y reforzar aquellas que aportaban una explicación más clara de la aceptación y el uso de Khan Academy.

Artículo	Artículo2	Confianza	Soporte
Uso por compañeros - Totalmente de acuerdo	Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	1,93	0,43
Uso por compañeros - Totalmente de acuerdo	Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - Ni de acuerdo ni en desacuerdo	1,93	0,02
Uso por compañeros - Totalmente de acuerdo	Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - Totalmente de acuerdo	1,93	0,05
Uso por compañeros - Totalmente de acuerdo	Comprensión de temas con Khan Academy - De acuerdo	1,93	0,13
Uso por compañeros - Totalmente de acuerdo	Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	1,93	0,00
Uso por compañeros - Totalmente de acuerdo	Comprensión de temas con Khan Academy - Ni de acuerdo ni en desacuerdo	1,93	0,00
Uso por compañeros - Totalmente de acuerdo	Comprensión de temas con Khan Academy - Totalmente de acuerdo	1,93	0,36
Uso por compañeros - Totalmente de acuerdo	Corto tiempo de aprendizaje para Khan Academy - De acuerdo	1,93	0,11
Uso por compañeros - Totalmente de acuerdo	Corto tiempo de aprendizaje para Khan Academy - Ni de acuerdo ni en desacuerdo	1,93	0,03
Uso por compañeros - Totalmente de acuerdo	Corto tiempo de aprendizaje para Khan Academy	1,93	0,36
Total		1,93	0,50

Figura 18: Captura parcial de reglas generadas con una métrica de soporte y confianza valores máximo

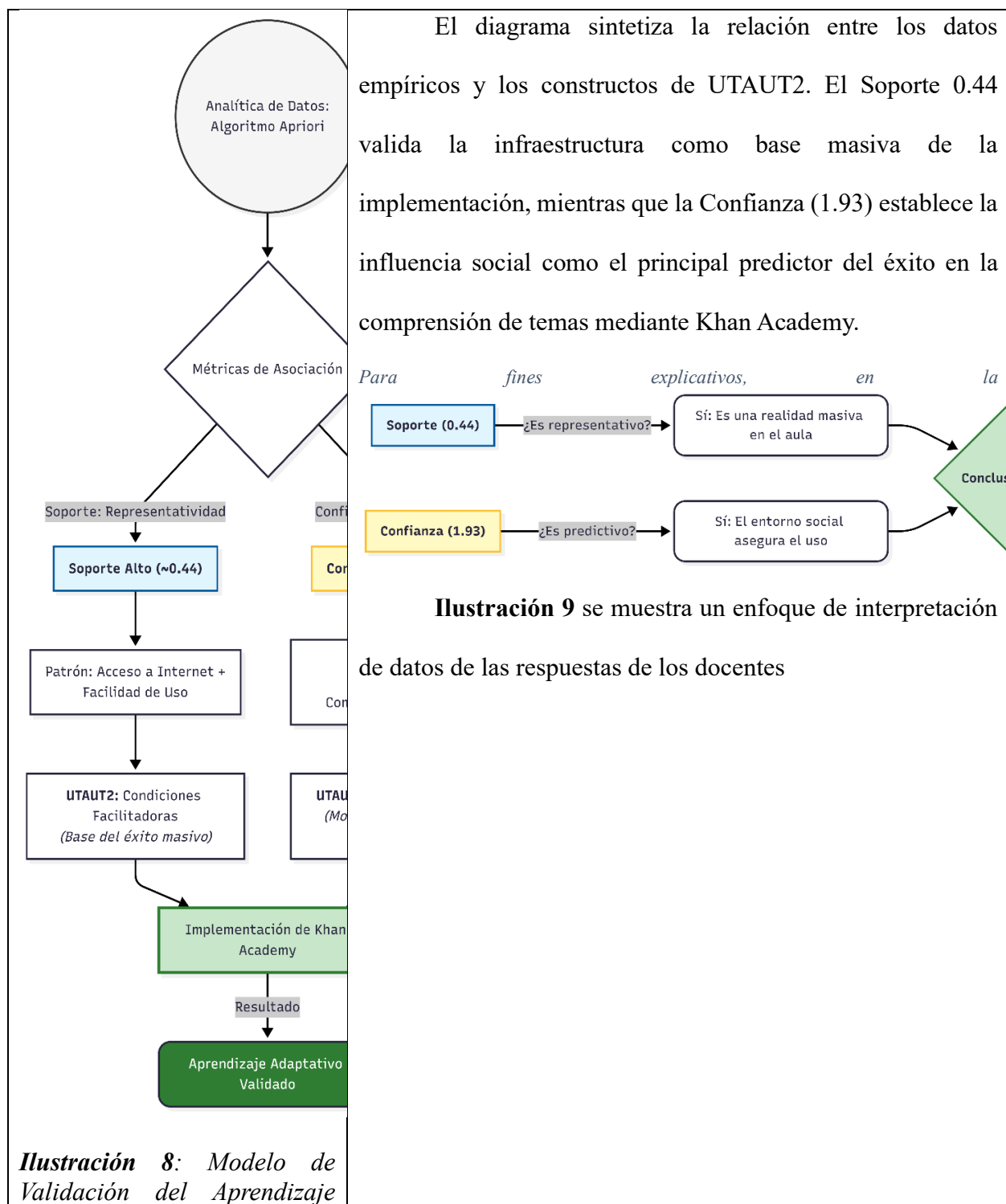
Artículo	Artículo2	Confianza	Soporte
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Dispositivos usados para acceso - Celular, Computadora o laptop	1,66	0,02
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Dispositivos usados para acceso - Celular, Computadora o laptop, Tablet	1,66	0,01
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Dispositivos usados para acceso - Celular, Tablet	1,66	0,02
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Dispositivos usados para acceso - Computadora o laptop	1,66	0,09
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Dispositivos usados para acceso - Computadora o laptop, Tablet	1,66	0,00
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Dispositivos usados para acceso - Tablet	1,66	0,06
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Edad - 13 a 14 años	1,66	0,11
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Edad - 15 a 16 años	1,66	0,22
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Edad - 17 a 18 años	1,66	0,24
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Edad - Mayor de 18 años	1,66	0,01
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Facilidad de uso de la plataforma - De acuerdo	1,66	0,44
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Facilidad de uso de la plataforma - Ni de acuerdo ni en desacuerdo	1,66	0,01
Total		1,93	0,50

Figura 19: Captura parcial de reglas generadas con una métrica de soporte y confianza

Más allá de la fuerza de asociación (Lift), la robustez del modelo se sustenta en niveles de Soporte significativos reflejados en la **Figura 18** y la **Figura 19**, alcanzando el 44% en la relación entre el acceso tecnológico y la facilidad de uso percibida. Esto demuestra que los beneficios del aprendizaje adaptativo no son fenómenos marginales, más bien realidades presentes en casi la mitad de la población estudiantil.

Asimismo, los niveles de Confianza superiores a 1.66 en variables de influencia social sugieren que el ecosistema de pares actúa como un predictor confiable del desempeño. En términos de la teoría UTAUT2, esto confirma que la 'Influencia Social' y las 'Condiciones Facilitadoras' no solo

están correlacionadas, además tienen una capacidad predictiva determinante sobre el éxito de la implementación de Khan Academy.



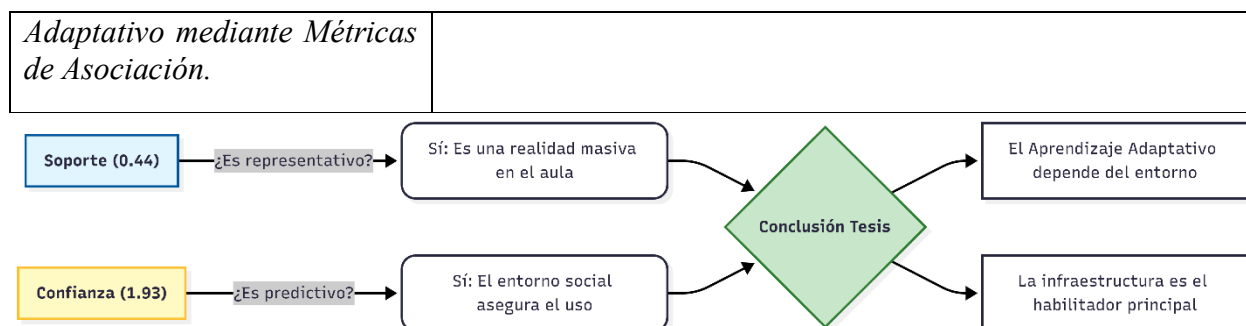


Ilustración 9: Métricas que validan las conclusiones de analítica

Tabla 6: Resumen de significancia para de las métricas de soporte y confianza .

Métrica	Valor Destacado	Interpretación en UTAUT2	Hallazgo Principal
SopORTE	0.44	Condiciones Facilitadoras	El acceso a Internet es la base del 44% de las experiencias positivas.
Confianza	1.93	Influencia Social	Si los pares usan la herramienta, el éxito está casi garantizado.
Lift	60,416.67	Barreras Tecnológicas	El uso exclusivo de celular se asocia drásticamente a la falta de comprensión.

La analítica de datos demuestra que el aprendizaje adaptativo en Khan Academy no es solo un proceso técnico, también un ecosistema donde la infraestructura permite el uso (Soporte) y el entorno social asegura el aprendizaje (Confianza).

4.4.5.3 Determinación de los pasos siguientes

A partir de la evaluación y la revisión, se definieron los siguientes pasos. Primero, se refinarán los modelos, se incorporará las mejoras identificadas: ajuste de variables, reconsideración de supuestos y actualización de parámetros. Segundo, se extenderá el análisis a nuevas muestras o contextos educativos para comprobar la estabilidad de los hallazgos. Finalmente, se preparará el despliegue de la solución de analítica en un entorno real . Esta última

fase permitirá comprobar de manera empírica el impacto de las recomendaciones derivadas de los modelos sobre la personalización de las actividades en Khan Academy y sobre la mejora del rendimiento y la motivación del estudiantado.

4.4.6 Despliegue:

4.4.6.1 Evaluación de los resultados

Una vez validados y ajustados los modelos, los resultados se analizaron en términos de su aplicabilidad práctica. El objetivo fue facilitar la personalización educativa mediante el uso de Khan Academy en Matemáticas. Se valoró el impacto esperado sobre la experiencia de aprendizaje del estudiantado. Esto permitió identificar qué combinaciones de factores (por ejemplo, alta expectativa de rendimiento y condiciones facilitadoras adecuadas) se relacionan con un mayor uso autónomo y provechoso de la plataforma y por tanto, con una mejor optimización de los recursos adaptativos disponibles.

Capturas desde Power BI del respectivo análisis



Figura 20: Visualización del número de encuestados

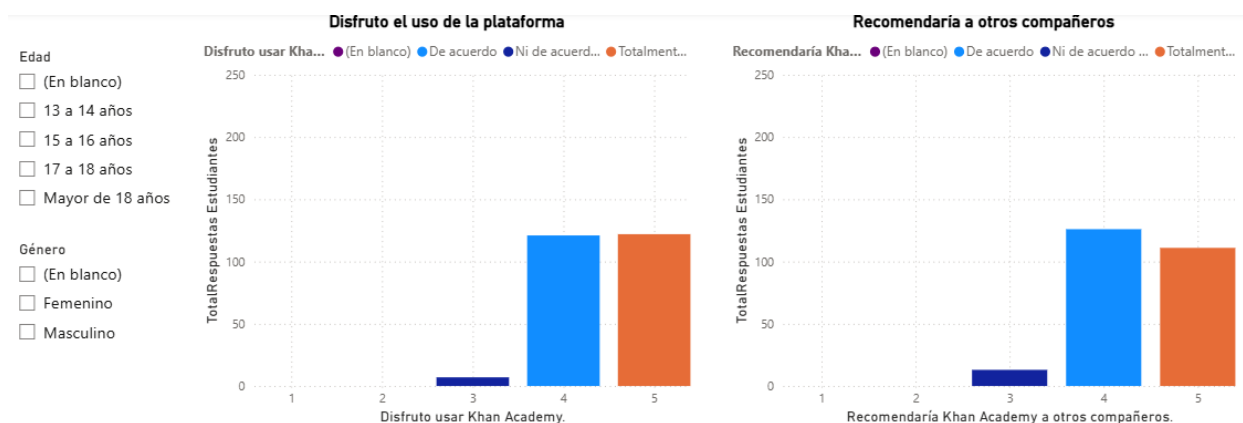


Figura 21: Resultados del uso y la recomendación de los estudiantes de Khan Academy

En la **Figura 22**, **Figura 23**, **Figura 24**, **Figura 25** se pueden visualizar los resultados de los estudiantes seleccionados por género Femenino y separadas por grupos de edad que recomiendan y disfrutan el uso de la plataforma

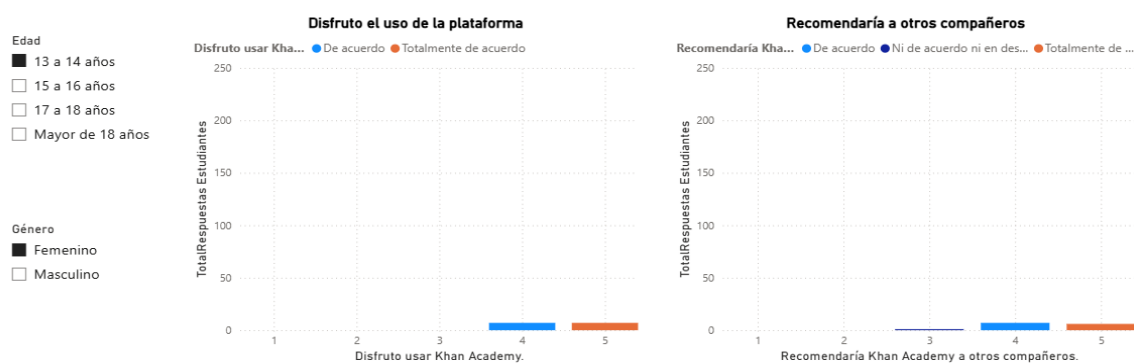


Figura 22 Resultados del género femenino con la edad de 13 a 14 años

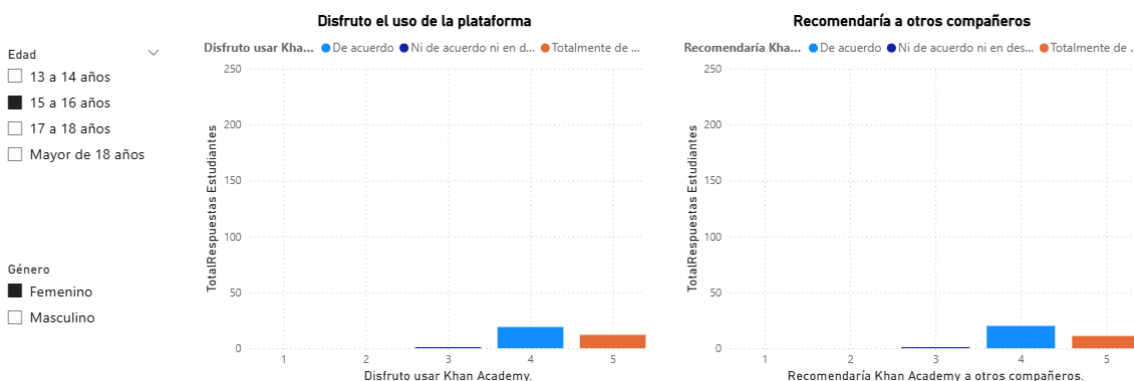


Figura 23 Resultados del género femenino con la edad de 15 a 16 años

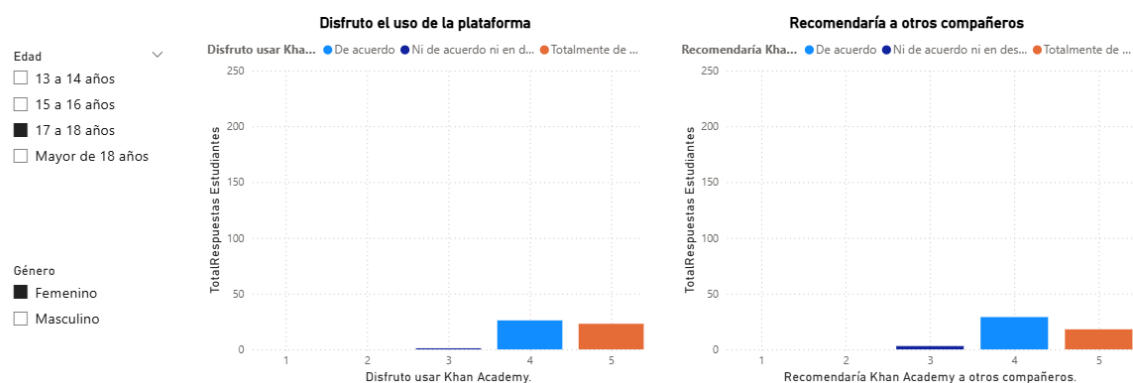


Figura 24 Resultados del género femenino con la edad de 17 a 18 años

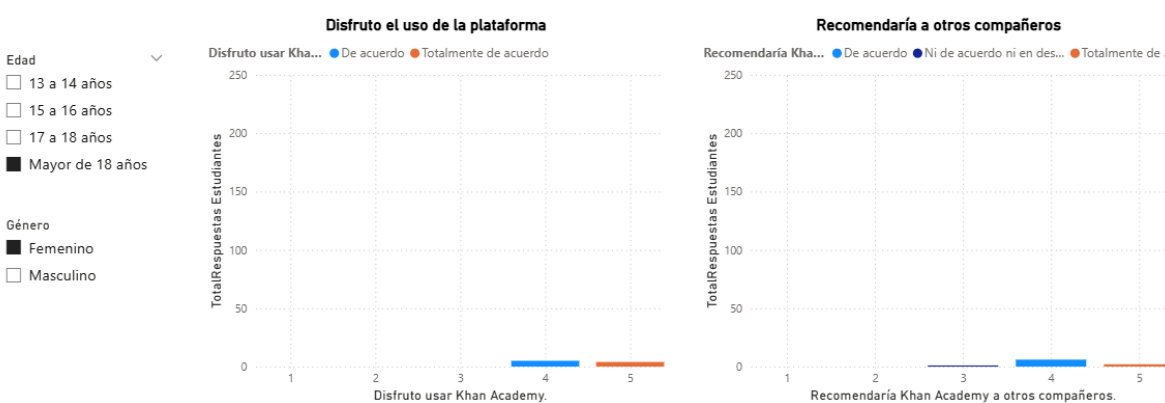


Figura 25 Resultados del género femenino mayores de 18 años

En la **Figura 26**, **Figura 27**, **Figura 28**, **Figura 29** se pueden visualizar los resultados de los estudiantes seleccionados por género masculino y separadas por grupos de edad que recomiendan y disfrutan el uso de la plataforma

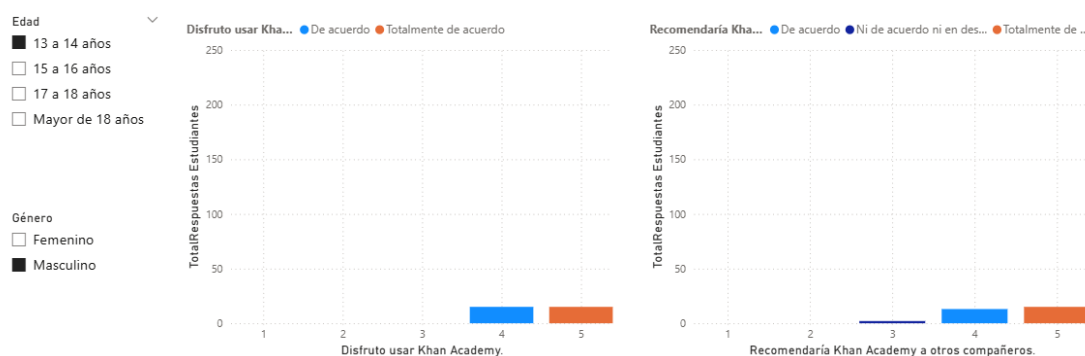


Figura 26 Resultados del género masculino con la edad de 13 a 14 años

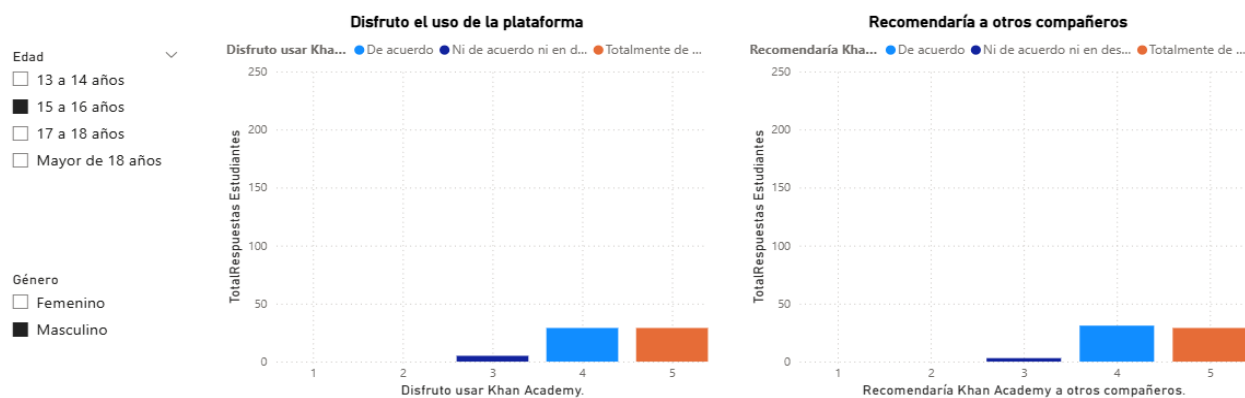


Figura 27 Resultados del género masculino con la edad de 15 a 17 años

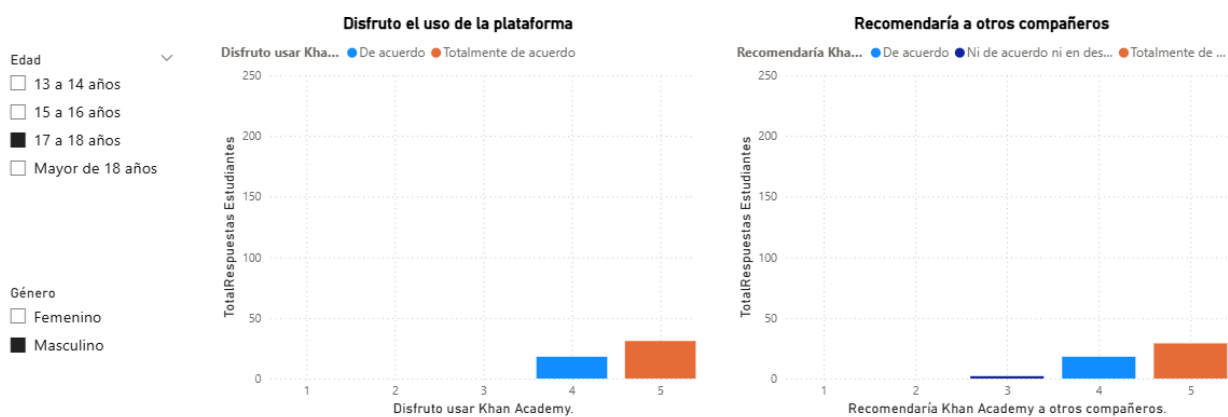


Figura 28 Resultados del género masculino con la edad de 17 a 18 años

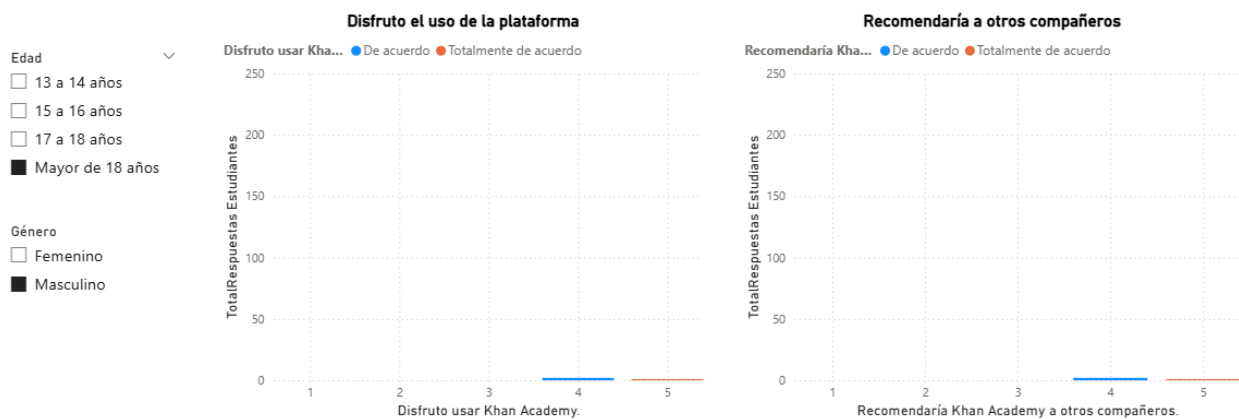


Figura 29 Resultados del género masculino mayor a 18 años

Edad	Artículo	Artículo2	Lift.Estudiantes
☐ (En blanco)	Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - Totalmente de acuerdo	60.416,67
☐ 13 a 14 años	Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Corto tiempo de aprendizaje para Khan Academy - De acuerdo	60.416,67
☐ 15 a 16 años	Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Disfruto usar Khan Academy - Totalmente de acuerdo	60.416,67
☐ 17 a 18 años	Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Dispositivos usados para acceso - Celular	60.416,67
☐ Mayor de 18 años	Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Edad - 15 a 16 años	60.416,67
	Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Facilidad de uso de la plataforma - Ni de acuerdo ni en desacuerdo	60.416,67
	Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Género - Masculino	60.416,67
	Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Mis docentes recomiendan usar Khan Academy - De acuerdo	60.416,67
	Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Percepción de mejora con Khan Academy - Ni de acuerdo ni en desacuerdo	60.416,67
	Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	Preferencia por contenidos interactivos - Totalmente de acuerdo	60.416,67
	Total		3,87

Artículo	Artículo2	Confianza	Soporte
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - Ni de acuerdo ni en desacuerdo	1,66	
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - Totalmente de acuerdo	1,66	
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Comprensión de temas con Khan Academy - De acuerdo	1,66	0,18
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Comprensión de temas con Khan Academy - En desacuerdo	1,66	
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Comprensión de temas con Khan Academy - Ni de acuerdo ni en desacuerdo	1,66	0,02
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Comprensión de temas con Khan Academy - Totalmente de acuerdo	1,66	0,39
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Corto tiempo de aprendizaje para Khan Academy - De acuerdo	1,66	0,18
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Corto tiempo de aprendizaje para Khan Academy - Ni de acuerdo ni en desacuerdo	1,66	0,02
Acceso a Internet para usar Khan Academy en casa o escuela - De acuerdo	Corto tiempo de aprendizaje para Khan Academy - Totalmente de acuerdo	1,66	0,38
Total		1,93	0,50

Figura 30: Reglas de asociación aplicadas a la encuesta de estudiantes

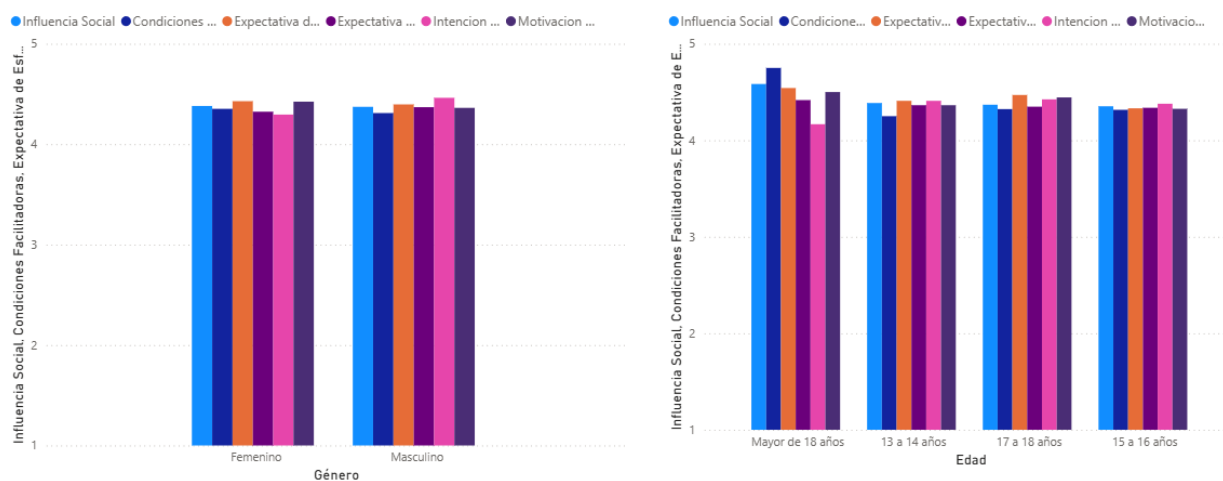


Figura 31: Resultados del uso y la recomendación de los docentes de Khan Academy

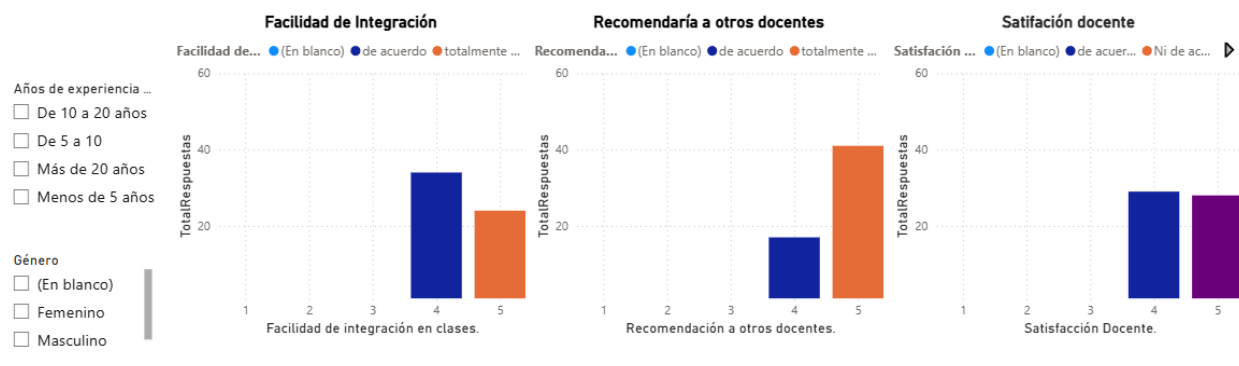


Figura 32 Percepción docente sobre la implementación de la herramienta educativa

En la **Figura 33**, **Figura 34**, **Figura 35**, **Figura 36**, **Figura 37**, **Figura 38** pueden visualizar los resultados de los docentes seleccionadas por género Femenino y masculino separadas por los años de experiencia de los docentes



Figura 33 Resultados del género masculino con la experiencia de los docentes menor a 5 años

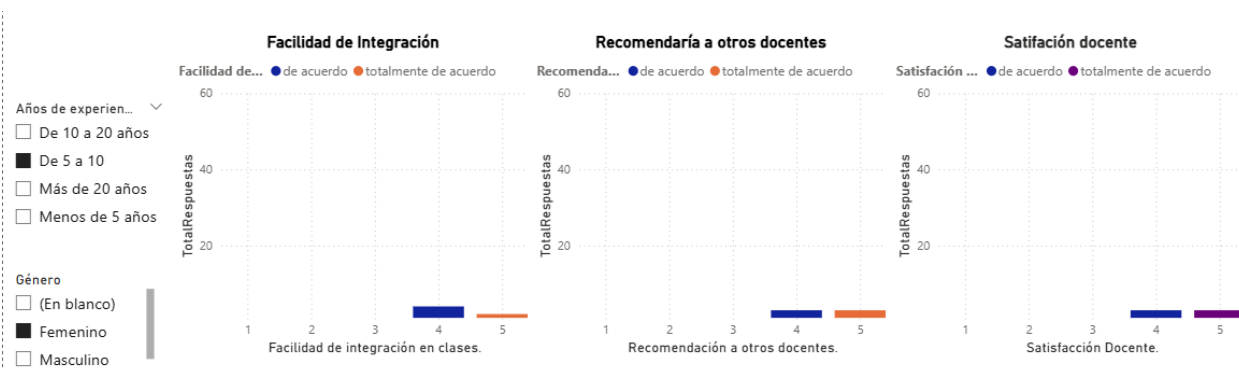


Figura 34 Resultados del género femenino con la experiencia de los docentes de 5 a 10 años

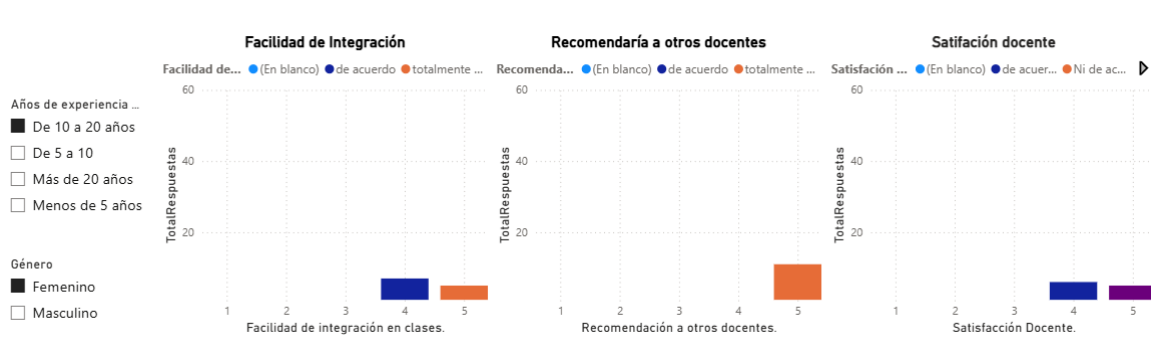


Figura 35 Resultados del género femenino con la experiencia de los docentes de 10 a 20 años

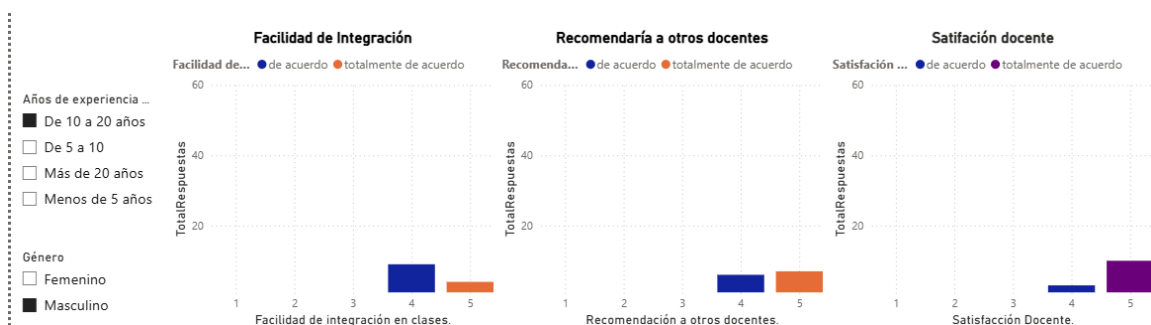


Figura 36 Resultados del género masculino con la experiencia de los docentes de 10 a 20 años

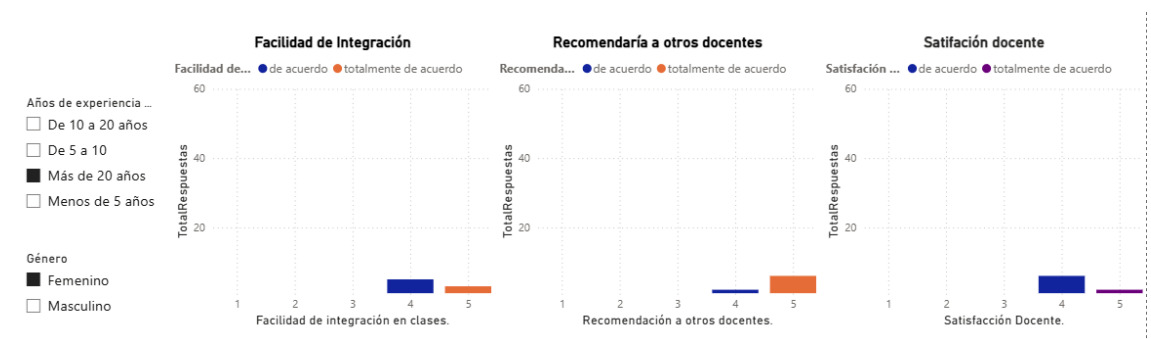


Figura 37 Resultados del género femenino con la experiencia de los docentes más de 20 años

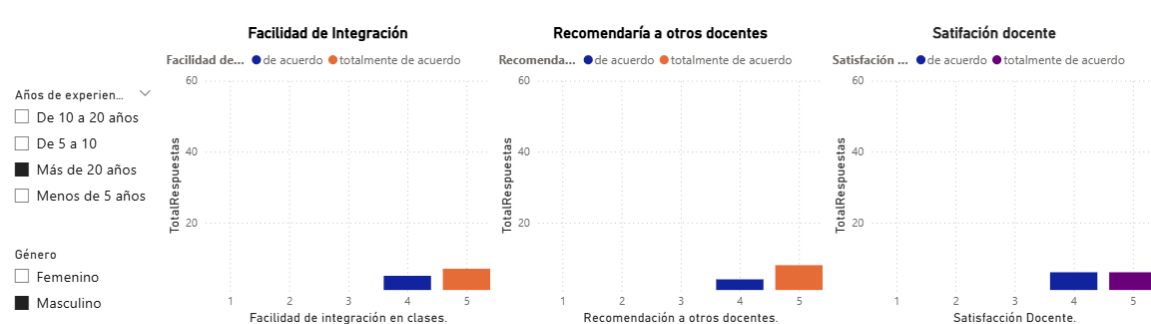


Figura 38 Resultados del género femenino con la experiencia de los docentes más de 20 años

Años de experiencia docente			
☐	De 10 a 20 años		
☐	De 5 a 10		
☐	Más de 20 años		
☐	Menos de 5 años		
Género			
☐	(En blanco)		
☐	Femenino		
☐	Masculino		
Artículo		Artículo2	Lift.
Facilidad para enseñar temas complejos - totalmente de acuerdo		Capacitaciones recibidas - totalmente de acuerdo	1,09
Recomendación a otros docentes - totalmente de acuerdo		Capacitaciones recibidas - totalmente de acuerdo	1,23
Facilidad para enseñar temas complejos - totalmente de acuerdo		Corto tiempo para aprender el uso de plataforma - totalmente de acuerdo	1,09
Impacto en desempeño de estudiantes - de acuerdo		Corto tiempo para aprender el uso de plataforma - totalmente de acuerdo	1,10
Facilidad para enseñar temas complejos - totalmente de acuerdo		Facilidad de integración en clases - de acuerdo	1,15
Capacitaciones recibidas - totalmente de acuerdo		Facilidad para enseñar temas complejos - totalmente de acuerdo	1,09
Corto tiempo para aprender el uso de plataforma - totalmente de acuerdo		Facilidad para enseñar temas complejos - totalmente de acuerdo	1,09
Facilidad de integración en clases - de acuerdo		Facilidad para enseñar temas complejos - totalmente de acuerdo	1,15
Impacto en desempeño de estudiantes - de acuerdo		Facilidad para enseñar temas complejos - totalmente de acuerdo	1,07
Recursos disponibles para uso - Computadora / Laptop		Facilidad para enseñar temas complejos - totalmente de acuerdo	1,06
Corto tiempo para aprender el uso de plataforma - totalmente de acuerdo		Impacto en desempeño de estudiantes - de acuerdo	1,10
Facilidad para enseñar temas complejos - totalmente de acuerdo		Impacto en desempeño de estudiantes - de acuerdo	1,07
Total			1,05

Artículo	Artículo2	Support.	Confidence.
Uso docente de Khan Academy - Sí	Nivel educativo en el que imparte clases - Educación básica superior	0,55	0,58
Uso docente de Khan Academy - Sí	Plan de continuidad en uso de la plataforma - totalmente de acuerdo	0,57	0,60
Recursos disponibles para uso - Computadora / Laptop	Facilidad para enseñar temas complejos - totalmente de acuerdo	0,63	0,86
Recomendación a otros docentes - totalmente de acuerdo	Capacitaciones recibidas - totalmente de acuerdo	0,52	0,76
Plan de continuidad en uso de la plataforma - totalmente de acuerdo	Uso docente de Khan Academy - Sí	0,57	1,00
Nivel educativo en el que imparte clases - Educación básica superior	Uso docente de Khan Academy - Sí	0,55	1,00
Impacto en desempeño de estudiantes - de acuerdo	Corto tiempo para aprender el uso de plataforma - totalmente de acuerdo	0,53	0,68
Impacto en desempeño de estudiantes - de acuerdo	Facilidad para enseñar temas complejos - totalmente de acuerdo	0,68	0,87
Facilidad para enseñar temas complejos - totalmente de acuerdo	Capacitaciones recibidas - totalmente de acuerdo	0,55	0,67
Facilidad para enseñar temas complejos - totalmente de acuerdo	Corto tiempo para aprender el uso de plataforma - totalmente de acuerdo	0,55	0,67
Facilidad para enseñar temas complejos - totalmente de acuerdo	Facilidad de integración en clases - de acuerdo	0,53	0,65
Facilidad para enseñar temas complejos - totalmente de acuerdo	Impacto en desempeño de estudiantes - de acuerdo	0,68	0,84
Total		0,95	1,00

Figura 39: Reglas de asociación aplicadas a la encuesta de docentes

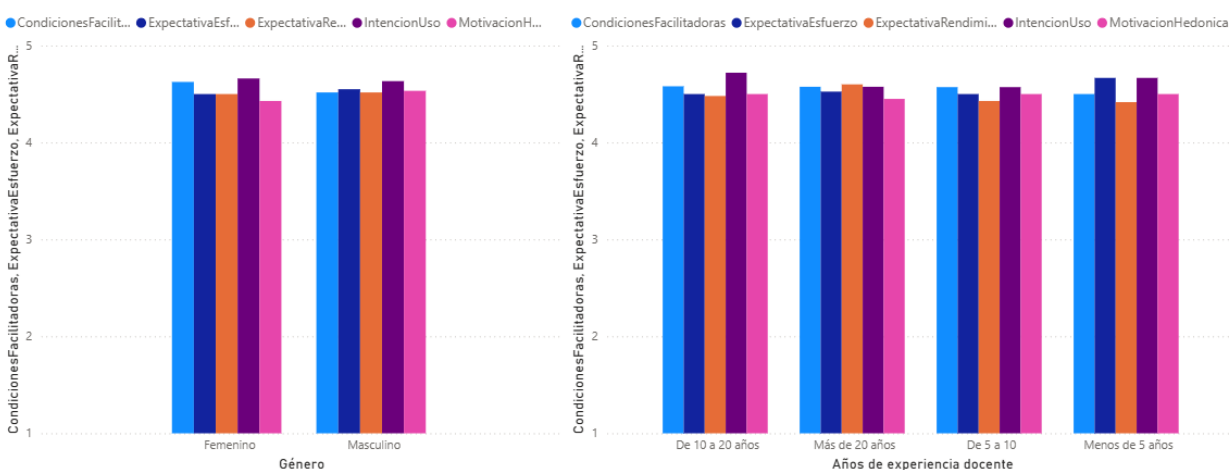


Figura 40: Resultados del uso y la recomendación de los docentes de Khan Academy

4.4.6.2 Proceso de revisión

Durante el despliegue se ejecutó un proceso de revisión continua. Este mecanismo incorpora la retroalimentación de docentes y estudiantes tras la aplicación piloto de la propuesta. Su función principal radica en la detección de áreas de mejora pedagógica y dificultades técnicas,

tales como el acceso a Internet, el manejo de cuentas y la comprensión de reportes. Asimismo, la revisión facilita el contraste entre los resultados de los modelos y la realidad del aula, lo cual asegura el ajuste de las estrategias de personalización y los parámetros de análisis de datos ante cualquier necesidad.

4.4.6.3 Determinación de los pasos siguientes

A partir de los hallazgos y comentarios recogidos en el piloto, se definieron acciones orientadas a: escalar la propuesta a otros cursos o instituciones con características similares, fortalecer la formación continua del personal docente en el uso pedagógico de Khan Academy y en la interpretación de los indicadores de analítica, y establecer un sistema de monitoreo periódico de resultados. Este seguimiento continuo busca garantizar la sostenibilidad del sistema adaptativo, identificar nuevos patrones de uso y mantener un proceso de mejora constante en la personalización del aprendizaje.

4.5 Seguimiento y Monitoreo de resultados

El seguimiento y monitoreo de resultados se realizará de forma continua para verificar el impacto de la implementación de Khan Academy y de la propuesta de personalización del aprendizaje en Matemáticas. Este proceso considera los indicadores cuantitativos generados por la plataforma: tiempo de trabajo, porcentaje de logro, dominio de habilidades, frecuencia de acceso y la información proveniente de encuestas y registros institucionales.

Esta combinación facilita una visión integral del progreso estudiantil. El equipo docente revisa de forma periódica los paneles de avance y los reportes de tareas. Este seguimiento identifica a estudiantes con dificultades, habilidades sin dominio y contenidos con necesidad de refuerzo. Asimismo, el sistema detecta casos de alto desempeño aptos para actividades de profundización.

A partir de esta evidencia, surgen decisiones pedagógicas concretas: el ajuste de la secuencia de contenidos, la reasignación de ejercicios, la planificación de sesiones de apoyo y la documentación de buenas prácticas.

Además, el proceso establece ciclos de revisión trimestrales para el análisis de tendencias globales de rendimiento y aceptación tecnológica. Estos ciclos incluyen la comparación de resultados entre cursos y periodos académicos. Los informes finales retroalimentan el modelo de analítica de datos e impulsan mejoras en la integración de Khan Academy dentro de la planificación curricular. Finalmente, estas acciones fortalecen el proceso de mejora continua de la propuesta adaptativa institucional.

Conclusiones

En relación con el objetivo general, la implementación de actividades y recursos adaptativos en Khan Academy, combinada con una solución básica de analítica de datos, permitió evidenciar que la plataforma favorece la personalización del aprendizaje de Matemáticas cuando el uso se planifica y se monitorea de manera sistemática. Los indicadores obtenidos muestran altos niveles de aceptación, percepción de utilidad y disposición a continuar con el uso la herramienta por parte de estudiantes y docentes, lo que respalda su potencial para optimizar los procesos educativos en contextos similares.

Respecto al objetivo específico 1, el diagnóstico de la infraestructura tecnológica identifica que las instituciones cuentan con las condiciones mínimas para la integración de Khan Academy. Este escenario persiste a pesar de las limitaciones de conectividad y disponibilidad de dispositivos. El análisis evidencia la relevancia del aprovechamiento de recursos institucionales y equipos personales. Asimismo, la implementación requiere acciones de organización y apoyo técnico básico.

En relación con el objetivo específico 2, la captura y sistematización de los datos de la plataforma, junto con las encuestas aplicadas, permite la caracterización de patrones de interacción y niveles de progreso. El tratamiento de esta información mediante métricas descriptivas y reglas de asociación demuestra un vínculo directo: los usuarios con mayor facilidad de uso y motivación emplean la herramienta con más frecuencia. Estos estudiantes alcanzan niveles superiores de dominio en los contenidos.

En cuanto al objetivo específico 3, el análisis fundamentado en el modelo UTAUT2 determina que la expectativa de rendimiento, las condiciones facilitadoras y la motivación hedónica influyen de forma significativa en la intención de uso. Los resultados indican que la percepción de mejora en el desempeño incrementa la disposición estudiantil. Este factor, sumado al apoyo docente y a los recursos básicos, favorece la incorporación habitual de la herramienta en el aprendizaje.

En cumplimiento del objetivo específico 4, el estudio diseña y valida una solución de analítica de datos. Esta herramienta unifica respuestas en escala Likert e indicadores de desempeño en una sola base para su estudio. La propuesta, estructurada bajo el enfoque de minería de datos, genera reportes interpretables para el profesorado. Además, el sistema facilita la toma de decisiones pedagógicas y establece las bases para futuras extensiones hacia una personalización profunda de los recursos.

La solución de Analítica, referida en el objetivo 4 e implementada con A-priori dejó hallazgos de gran interés, pues se identificaron reglas de asociación con valores de Lift situados en el rango de 1.39 a 2.18. Aunque numéricamente parecen moderados, en el contexto de la analítica de datos educativos representan asociaciones robustas y generalizables.

Por ejemplo, pues el uso de Khan Academy y su consecuente recomendación a otros compañeros, docentes o alumnos, aunados con el disfrute de la plataforma, confirman que la Motivación Hedónica y la Expectativa de Desempeño son los motores principales de la adopción del aprendizaje adaptativo. Por lo que un estudiante que utiliza habitualmente la herramienta tiene el doble de probabilidad de convertirse en un promotor de la misma, validando la efectividad percibida de la plataforma.

Respecto de resultados que en principio parecen anómalos, como los de valores de Lift excepcionalmente altos, por arriba de 60 mil, y que vinculan el "Desacuerdo en la comprensión de temas" con variables de infraestructura como el "Uso exclusivo de dispositivos celulares" o "Problemas de acceso a internet"... lo que reflejan invita a la reflexión: son señales de alta precisión sobre nichos específicos de la muestra e indican que, para un grupo particular de alumnos, la falta de Condiciones Facilitadoras (acceso técnico adecuado) está intrínsecamente ligada al fracaso en la percepción de logro del aprendizaje adaptativo.

Los hallazgos con el algoritmo A-priori, evidencian que el aprendizaje adaptativo pierde su eficacia cuando el mediador tecnológico, como el celular o la conexión débil, se convierte en un obstáculo en lugar de un facilitador.

Recomendaciones

Se busca establecer una educación más incluyente, personalizada y fundamentada en la evidencia.

Los hallazgos de este proyecto integrador sugieren que los docentes y directivos responsables deban de diseñar e implementar secuencias de aprendizaje personalizadas en Khan Academy, u otras plataformas afines, que articulen los contenidos del currículo de Matemáticas, o incluso de otras asignaturas, con rutas diferenciadas según el nivel de logro y el ritmo de cada estudiante. Ello implica el aprovechamiento de los reportes de progreso y dominio de habilidades para asignar ejercicios de refuerzo a quienes presentan dificultades y actividades de profundización a quienes alcanzan un desempeño avanzado.

Además de lo señalado en el párrafo precedente, también es recomendable que los gestores educativos y docentes dispongan o construyan un protocolo para el uso pedagógico de la plataforma que incluya tipos de actividades que se asignan en clase y en casa y cómo se integran los resultados en la evaluación formativa. Este protocolo debe enfatizar el acompañamiento cercano al estudiante durante las primeras fases de uso, con el fin de consolidar hábitos de trabajo autónomo y responsable.

En consonancia con lo dicho, también es recomendable que los gestores educativos y docentes cuenten con espacios periódicos de retroalimentación entre docentes y estudiantes para revisar conjuntamente los datos de desempeño y las recomendaciones generadas por la analítica, promoviendo la autorregulación del aprendizaje. Se sugiere que con estas circunstancias favorables, el alumnado identifique sus fortalezas y áreas de mejora, fije metas personales dentro de la plataforma y acuerde con el docente estrategias concretas para alcanzarlas.

Los actores educativos correspondientes, deben promover una memoria institucional, que progresivamente documente la estrategia de personalización a otros cursos y paralelos, documentar buenas prácticas y dificultades encontradas, con el propósito de construir un modelo institucional de uso adaptativo de Khan Academy.

A partir de esta evidencia, se recomienda promover nuevas líneas de investigación que integren otras fuentes de datos y herramientas de inteligencia artificial para enriquecer aún más la personalización del aprendizaje de Matemáticas.

Trabajos Futuros

La presente investigación sienta las bases para el análisis del aprendizaje adaptativo mediante técnicas de minería de datos. No obstante, para profundizar en la transformación digital educativa, se proponen las siguientes líneas de investigación para futuros proyectos de titulación:

Mientras que este estudio utilizó el algoritmo A-priori para describir asociaciones actuales, futuros trabajos podrían implementar modelos de Machine Learning (Random Forest o Redes Neuronales) para predecir el rendimiento estudiantil. El objetivo sería identificar, desde las primeras semanas de uso de Khan Academy, qué alumnos presentan patrones asociados al "Desacuerdo en la comprensión", permitiendo una intervención docente preventiva.

Dada la anomalía estadística encontrada en este estudio de valores de Lift superiores a 60,000 vinculados al uso de celulares y baja comprensión, se recomienda una investigación dedicada exclusivamente a la usabilidad de plataformas adaptativas en dispositivos móviles. Resulta valioso el análisis sobre la naturaleza de la limitación, sea pedagógica o técnica. El estudio propone el desarrollo de estrategias de diseño instruccional específicas para contextos donde el dispositivo móvil constituye el único medio de acceso.

Esta investigación se centra en la adopción inicial. Un proyecto futuro de corte longitudinal puede evaluar el constructo de "Hábito" tras un ciclo completo de implementación. Este enfoque permite determinar la estabilidad de la "Motivación Hedónica" en el tiempo. Asimismo, el análisis identifica si el aprendizaje adaptativo requiere nuevos estímulos para evitar la deserción en la plataforma.

Se propone integrar los resultados de la analítica de percepción realizar encuestas con las calificaciones reales obtenidas y los logs de actividad de Khan Academy como minutos de práctica, niveles de dominio. Una mirada desde la Analítica de Aprendizaje (Learning Analytics) permitiría validar si la "Percepción de Mejora" reportada por el alumno coincide matemáticamente con su progreso real en la plataforma.

Retomando la importancia del "Apoyo Institucional", futuros trabajos podrían evaluar la implementación de Khan Academy bajo el marco TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge). Esto ayudaría a entender cómo el conocimiento técnico del docente sobre la herramienta se traduce efectivamente en una mejor integración curricular en el aula de clases.

Referencias

- Agrawal, Rakesh; Srikant, Ramakrishnan. (1994). *Fast algorithms for mining association rules*. 487-499.
- Brüggemann, T., Ludewig, U., Lorenz, R., & McElvany, N. (2023). Effects of mode and medium in reading comprehension tests on cognitive load. *Computers & Education*, 192, 104649. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104649>
- Domínguez Figaredo, D., Reich, J., & Ruipérez-Valiente, J. A. (2020). Analítica del aprendizaje y educación basada en datos: Un campo en expansión. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 23(2), 33. <https://doi.org/10.5944/ried.23.2.27105>
- García-García, J. A., Reding-Bernal, A., & López-Alvarenga, J. C. (2013). Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica. *Investigación en Educación Médica*, 2(8), 217-224. [https://doi.org/10.1016/S2007-5057\(13\)72715-7](https://doi.org/10.1016/S2007-5057(13)72715-7)
- Ifenthaler, D., & Yau, J. Y.-K. (2020). Utilising learning analytics to support study success in higher education: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 68(4), 1961-1990. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09788-z>
- Izza, Y., Jabbour, S., Raddaoui, B., & Boudane, A. (2020). On the Enumeration of Association Rules: A Decomposition-based Approach. *Proceedings of the Twenty-Ninth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 1265-1271. <https://doi.org/10.24963/ijcai.2020/176>
- Martin, F., Chen, Y., Moore, R. L., & Westine, C. D. (2020). Systematic review of adaptive learning research designs, context, strategies, and technologies from 2009 to 2018. *Educational Technology Research and Development*, 68(4), 1903-1929. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09793-2>

- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record: The Voice of Scholarship in Education*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Mora Zambrano, E. R. (2025). Mejoramiento de la infraestructura TI en instituciones educativas: Impacto en las competencias académicas de estudiantes. *Revista Ingenio global*, 4(1), 237-249. <https://doi.org/10.62943/rig.v4n1.2025.227>
- Nojaja, V., & Kajee, L. (2022). “Mending Bridges”: English Teachers Teaching for Social Cohesion. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 22(1), 1-14. <https://doi.org/10.26803/ijlter.22.1.1>
- Orange Data Mining Team. (2016). *Orange Data Mining* (Versión 3) [Software]. <https://orangedatamining.com>
- Pagès-Puigdemont, N., & Valverde-Merino, M. I. (2018). Adherencia terapéutica: Factores modificadores y estrategias de mejora. *Ars Pharmaceutica (Internet)*, 59(4), 251-258. <https://doi.org/10.30827/ars.v59i4.7357>
- Pincay-Ponce, J., De Giusti, A., Reyes-Cárdenas, J., Pico, A., Macías-Espinales, A., & Quiroz-Palma, P. (2022). Analítica de datos de factores socioeconómicos que inciden en el rendimiento escolar: Revisión sistemática. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, E54, 531-545.
- Predictive Analytics in Education. (2023). En M. Kurni, M. S. Mohammed, & K. G. Srinivasa, *A Beginner's Guide to Introduce Artificial Intelligence in Teaching and Learning* (pp. 55-81). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-32653-0_4

- Sghir, N., Adadi, A., & Lahmer, M. (2023). Recent advances in Predictive Learning Analytics: A decade systematic review (2012–2022). *Education and Information Technologies*, 28(7), 8299-8333. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11536-0>
- Souza, C. R., Maia, V. A., Aguiar-Campos, N., Farrapo, C. L., & Santos, R. M. (2021). Tree species consistent co-occurrence in seasonal tropical forests: An approach through association rules analysis. *Forest Systems*, 30(2), e006. <https://doi.org/10.5424/fs/2021302-18044>
- Vélez Basurto, E. X., Bucarán Intriago, C., & García Murillo, G. (2024). Khan Academy como estrategia digital para el desarrollo del pensamiento matemático. *Revista San Gregorio*, 1(58), 40-45. <https://doi.org/10.36097/rsan.v1i58.2739>
- Venkatesh, Thong, & Xu. (2012). Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. *MIS Quarterly*, 36(1), 157. <https://doi.org/10.2307/41410412>
- Vidergor, H. E., & Ben-Amram, P. (2020). Khan academy effectiveness: The case of math secondary students' perceptions. *Computers & Education*, 157, 103985. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103985>
- Warschauer, M., Knobel, M., & Stone, L. (2004). Technology and Equity in Schooling: Deconstructing the Digital Divide. *Educational Policy*, 18(4), 562-588. <https://doi.org/10.1177/0895904804266469>