
Ciudadano Digital: La Inteligencia Artificial como herramienta de acompañamiento informal en educación sobre ciudadanía y valores morales.

Erick Stiv Junior Guerra Muñoz



UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Ciudadano Digital: La Inteligencia Artificial como herramienta
de acompañamiento informal en educación sobre ciudadanía y
valores morales.**

Trabajo de graduación presentado por Erick Stiv Junior Guerra Muñoz
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en Ciencias
de la Computación y Tecnologías de la Información

Guatemala,

2025

Vo.Bo.:

(f) _____
MA. Luis Furlán

Tribunal Examinador:

(f) _____
MA. Luis Furlán

(f) _____
MSc. Douglas Barrios

(f) _____
PhD. Gabriel Barrientos

Fecha de aprobación: Guatemala, _____ de _____ de 2025.

La inteligencia artificial (IA) ofrece un potencial transformador para la educación, especialmente en contextos marcados por desigualdades sociales, económicas y tecnológicas. En países como Guatemala, donde persiste una amplia brecha educativa, la IA puede convertirse en una herramienta clave para facilitar el acceso a aprendizajes significativos.

Uno de los ámbitos más desatendidos es la formación ciudadana y el desarrollo de valores morales que, aunque incluidos en los programas educativos, suelen abordarse de forma teórica y desvinculada de la realidad social. Es aquí donde se plantea la importancia de una herramienta que brinde acompañamiento a los estudiantes en la reflexión sobre su papel como ciudadanos y en la práctica de valores como el respeto, la empatía y la responsabilidad. Este proyecto combina tecnología accesible con un enfoque centrado en el usuario para fortalecer no solo el aprendizaje, sino también la conciencia social y ética de los jóvenes.

La implementación de esta herramienta contempla la digitalización de contenidos educativos, el desarrollo de un modelo de IA adaptado al contexto local y, finalmente, la validación directa de la interacción con la herramienta para verificar que las respuestas dadas coincidan con el material proporcionado. Como resultado, se busca una solución funcional, innovadora y escalable que demuestre cómo la IA puede contribuir significativamente al fortalecimiento de la educación en valores en entornos con recursos limitados.

Artificial intelligence (AI) offers transformative potential for education, especially in contexts marked by social, economic, and technological inequalities. In countries like Guatemala, where a significant educational gap persists, AI can become a key tool to facilitate access to meaningful learning.

One of the most neglected areas is civic education and the development of moral values, which, although included in educational programs, are often addressed theoretically and detached from social reality. This is where the importance of a tool that supports students in reflecting on their role as citizens and in practicing values such as respect, empathy, and responsibility arises. This project combines both accessible technology and a user-centered approach to strengthen not only learning but also the social and ethical awareness of young people.

The implementation of this tool includes the digitization of educational content, the development of an AI model adapted to the local context, and finally, the direct validation of the interaction with the tool to ensure that the answers provided align with the material given. As a result, a functional, innovative, and scalable solution is sought that demonstrates how AI can significantly contribute to strengthening values education in environments with limited resources.

Resumen	III
Abstract	IV
Lista de cuadros	VIII
Lista de algoritmos	IX
1. Introducción	1
2. Justificación	3
3. Objetivos	5
3.1. Objetivo general	5
3.2. Objetivos específicos	5
4. Marco teórico	6
4.1. Educación ciudadana y valores	7
4.1.1. Educación en valores	7
4.1.2. Formación ciudadana	7
4.1.3. Competencias cívicas fundamentales	8
4.1.4. Educación moral	9
4.2. Aprendizaje informal y brecha educativa	10
4.2.1. Educación informal	10
4.2.2. Autoformación guiada	10
4.2.3. Brecha educativa y tecnológica	10
4.2.4. Tecnología como herramienta de inclusión educativa	11
4.3. Inteligencia Artificial y método socrático digital	11
4.3.1. Inteligencia Artificial en la educación	11
4.3.2. Modelos de Lenguaje de Gran Escala (LLMs)	11
4.3.3. Recuperación aumentada por búsqueda (<i>Retrieval-Augmented Gene-</i> <i>ration</i> , RAG)	12
4.3.4. <i>Embeddings</i> y representación vectorial del texto	12

4.3.5.	Bases de datos vectoriales y búsqueda semántica	12
4.3.6.	Método socrático aplicado a entornos digitales	12
4.3.7.	Tutoría personalizada con IA	12
4.3.8.	Supervisión pedagógica en sistemas automatizados	13
4.4.	Ética en IA educativa	13
4.4.1.	Principios éticos fundamentales en IA	13
4.4.2.	Prevención de sesgos algorítmicos	13
4.4.3.	Transparencia y explicabilidad en sistemas inteligentes	14
4.5.	Integridad académica y uso responsable de IA	14
4.5.1.	Aplicaciones móviles en la educación	14
4.5.2.	Arquitectura cliente-servidor (<i>frontend/backend</i>)	14
4.5.3.	Kotlin como lenguaje para desarrollo Android	14
4.5.4.	<i>Python</i> y <i>Flask</i> como herramientas para <i>backend</i> educativo	15
4.5.5.	Bases de datos vectoriales y su contraste con bases relacionales	15
4.5.6.	APIs de IA (<i>OpenAI</i> y <i>Gemini</i>): integración de modelos conversacionales	15
5.	Metodología	16
5.1.	Enfoque metodológico aplicado al contexto del proyecto	17
5.1.1.	Estructura de los <i>Sprints</i>	18
5.2.	<i>Sprint</i> 1: Identificación del perfil de usuario objetivo	18
5.2.1.	Objetivo	18
5.2.2.	Ejecución	19
5.2.3.	Resultado final	20
5.3.	<i>Sprint</i> 2: Recolección y procesamiento del contenido educativo	20
5.3.1.	Objetivo	21
5.3.2.	Ejecución	21
5.3.3.	Resultado final	23
5.4.	<i>Sprint</i> 3: Construcción e implementación del <i>backend</i>	23
5.4.1.	Objetivo	24
5.4.2.	Ejecución	24
5.4.3.	Resultado final	27
5.5.	<i>Sprint</i> 4: Desarrollo de la interfaz móvil en Kotlin	27
5.5.1.	Objetivo	28
5.5.2.	Ejecución	28
5.5.3.	Resultado final	29
5.6.	<i>Sprint</i> 5: Pruebas y validación	29
5.6.1.	Objetivo	30
5.6.2.	Ejecución	30
5.6.3.	Resultado final	31
5.7.	<i>Sprint</i> 6: Documentación y presentación	31
5.7.1.	Objetivo	31
5.7.2.	Ejecución	31
5.7.3.	Resultado final	32

6. Resultados	33
6.1. Funcionamiento general del sistema	33
6.2. Validación técnica y semántica	34
6.3. Evaluación de la experiencia de uso (pruebas internas)	34
6.4. Observaciones y limitaciones	35
6.5. Producto final entregable	36
7. Discusión	37
7.1. Desempeño técnico y coherencia del sistema	37
7.2. Pertinencia y calidad de las respuestas	38
7.3. Aspectos pedagógicos y éticos	38
7.4. Limitaciones y observaciones derivadas de la validación	38
7.5. Consideraciones sobre la metodología SCRUM	39
8. Conclusiones	40
9. Bibliografía	41

Lista de cuadros

1.	Estructura de los <i>Sprints</i>	18
2.	Evaluación de criterios	34
3.	Indicadores de desempeño del sistema	35

Lista de algoritmos

1.	Proceso de limpieza y normalización de texto	22
2.	Generación de embeddings y registro de vectores	22
3.	Controlador de solicitudes	24
4.	Validación de token	25
5.	Ejemplo: Almacenar mensaje del usuario	25
6.	Creación de índice de vectores	26
7.	Flujo completo de procesamiento de preguntas	27

La formación en valores y ciudadanía constituye un componente esencial en la construcción de sociedades democráticas, inclusivas y participativas. A través de ella, los estudiantes desarrollan competencias cívicas como la empatía, la responsabilidad social, el respeto a la diversidad y el compromiso con el bien común. Organismos internacionales como la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) y la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) han destacado la necesidad de fortalecer estos aprendizajes en un contexto global marcado por tensiones sociales, crisis ambientales y transformaciones digitales profundas [1, 2]. Sin embargo, en muchos países de América Latina esta dimensión formativa continúa siendo relegada frente a enfoques centrados exclusivamente en resultados académicos cuantificables [3, 4].

En Guatemala, el Currículo Nacional Base (CNB) reconoce la educación ciudadana como un eje transversal, pero su aplicación efectiva enfrenta múltiples desafíos: la escasa formación docente en metodologías críticas, la ausencia de recursos digitales adaptados al contexto local y la persistencia de enfoques tradicionales centrados en la memorización. Estas limitaciones dificultan que los estudiantes logren vincular los contenidos cívicos con su vida cotidiana o desarrollar una comprensión profunda de su papel como agentes de cambio [5, 6]. A ello se suma una brecha tecnológica significativa entre zonas urbanas y rurales, que restringe el acceso equitativo a experiencias de aprendizaje innovadoras y limita las oportunidades para fomentar la reflexión ética y la participación ciudadana [7, 8].

En este panorama, la inteligencia artificial (IA) emerge como una herramienta con gran potencial transformador para la educación, especialmente cuando se orienta hacia el fortalecimiento de habilidades humanas y el acompañamiento moral, más que hacia la mera automatización de contenidos. La UNESCO subraya que, para que la IA contribuya al desarrollo de sistemas educativos más justos y democráticos, debe diseñarse bajo principios de equidad, inclusión y supervisión humana, evitando reproducir sesgos o exclusiones [1, 9]. Aplicada con criterios éticos y pedagógicos, la IA puede servir como un medio para ampliar el acceso a materiales formativos, personalizar experiencias de aprendizaje y acompañar procesos de reflexión moral mediante un diálogo guiado y contextualizado [10, 11].

En los últimos años, el avance de los modelos de lenguaje de gran escala (LLMs) ha impulsado el desarrollo de asistentes conversacionales capaces de generar tutorías personalizadas, ofrecer retroalimentación inmediata y adaptarse al ritmo de cada estudiante [12, 13]. Estas tecnologías abren la posibilidad de diseñar espacios de aprendizaje informal donde los jóvenes puedan explorar dilemas morales, reflexionar sobre valores y fortalecer su pensamiento crítico mediante la interacción con un sistema empático y culturalmente pertinente.

Desde esta perspectiva, el proyecto *Ciudadano Digital* busca integrar la inteligencia artificial en la formación ciudadana y moral a través de una aplicación accesible, diseñada para acompañar el aprendizaje ético de los jóvenes en entornos digitales. El sistema, basado en un modelo de lenguaje conectado a una base de datos vectorial con materiales educativos, éticos y contextuales, genera respuestas personalizadas y fundamentadas que orientan la reflexión. Su propósito no es sustituir al docente, sino complementar su labor mediante un acompañamiento continuo que promueva la autonomía moral, la empatía y la responsabilidad social. Además, su diseño prioriza la accesibilidad y la escalabilidad, de modo que pueda funcionar eficazmente en dispositivos de bajo costo y en entornos con recursos limitados. En conjunto, el proyecto pretende fortalecer la educación cívica guatemalteca mediante el uso ético y contextualizado de la IA, contribuyendo a una educación más inclusiva, reflexiva y humanista en la era digital [1, 3, 4].

La rápida expansión de la inteligencia artificial (IA) en el ámbito educativo ha transformado las dinámicas de enseñanza y aprendizaje, ofreciendo nuevas posibilidades para la personalización, la tutoría automatizada y la retroalimentación inmediata [10]. Sin embargo, su adopción sin una orientación ética y pedagógica clara conlleva riesgos significativos, como la desinformación, la dependencia tecnológica o la reproducción de sesgos culturales [11]. En este escenario, se vuelve imprescindible diseñar propuestas que integren los beneficios de la IA con una visión educativa centrada en el desarrollo humano y la formación en valores.

En América Latina, y particularmente en Guatemala, los esfuerzos por incorporar tecnologías digitales al sistema educativo han estado marcados por desigualdades estructurales, carencias de infraestructura y una limitada capacitación docente en el uso pedagógico de herramientas tecnológicas [3, 4]. Aunque el Programa Nacional de Educación en Valores (Acuerdo Ministerial 2810-2023) reconoce la importancia de fortalecer la formación ciudadana [14], estudios nacionales han evidenciado que su implementación enfrenta obstáculos relacionados con la falta de recursos, la baja cobertura y la escasa integración de medios tecnológicos [6]. Estas condiciones reflejan la necesidad de propuestas educativas innovadoras, accesibles y adaptadas al contexto local que contribuyan a mejorar la educación cívica y moral.

Los modelos de lenguaje de gran escala (LLMs) representan una oportunidad para atender esta necesidad. Su capacidad de mantener diálogos personalizados, ajustar el nivel de complejidad y ofrecer acompañamiento continuo los convierte en herramientas idóneas para promover la reflexión ética y el pensamiento crítico [15, 16]. En particular, el enfoque *Retrieval-Augmented Generation* (RAG) permite que estos sistemas fundamenten sus respuestas en documentos educativos verificados, garantizando precisión y coherencia [17]. A través de esta técnica, es posible crear un entorno conversacional confiable, orientado al aprendizaje moral y al fortalecimiento de competencias ciudadanas.

No obstante, el desarrollo de este tipo de tecnologías exige una atención especial a los principios de equidad, inclusión y transparencia algorítmica, tal como lo señalan las recomendaciones éticas de la UNESCO [1, 9]. La pertinencia de este proyecto radica en su propósito

de adaptar dichas innovaciones al contexto guatemalteco, mediante una solución funcional que no solo aproveche los avances de la IA, sino que también incorpore criterios pedagógicos y éticos específicos de la realidad nacional.

En este sentido, el proyecto *Ciudadano Digital* se justifica por tres razones fundamentales:

1. **Educativa**, porque propone un modelo de acompañamiento informal que complementa la labor docente y promueve la reflexión crítica en los jóvenes.
2. **Social**, porque busca reducir la brecha tecnológica mediante una aplicación accesible en dispositivos de bajo costo y adaptable a contextos con recursos limitados.
3. **Ética**, porque prioriza la formación ciudadana y moral a través del uso responsable de la inteligencia artificial.

Así, *Ciudadano Digital* responde a una necesidad real del sistema educativo guatemalteco: contar con herramientas tecnológicas que fortalezcan la educación en valores, promuevan el pensamiento crítico y fomenten la participación ciudadana activa desde una perspectiva inclusiva y humanista.

3.1. Objetivo general

Desarrollar una herramienta tecnológica de educación informal orientada al acompañamiento en la adquisición de aprendizajes sobre formación ciudadana y valores morales.

3.2. Objetivos específicos

- Implementar un modelo LLM pre-entrenado y optimizado para obtener respuestas coherentes y acordes a la solicitud del usuario.
- Integrar una base de datos vectorial para almacenar y recuperar información actualizada que proporcione respuestas fundamentadas en el contenido preseleccionado.
- Desarrollar una interfaz gráfica atractiva para dispositivos móviles que permita la interacción entre el usuario y el modelo de inteligencia artificial.

La relación entre inteligencia artificial (IA) y educación se ha convertido en un campo de estudio emergente que combina aportes de la pedagogía, la psicología del aprendizaje y las ciencias de la computación. Diversas investigaciones han demostrado que los sistemas basados en IA pueden desempeñar funciones de apoyo al proceso educativo, desde la automatización de tareas administrativas hasta la personalización de la enseñanza mediante algoritmos de aprendizaje adaptativo [12, 13]. Sin embargo, más allá de sus aplicaciones instrumentales, la IA plantea un nuevo paradigma pedagógico que redefine la forma en que se conciben la enseñanza, la interacción docente-estudiante y la construcción del conocimiento en entornos digitales.

En este contexto, la formación en valores y ciudadanía adquiere especial relevancia. Aunque tradicionalmente se ha abordado desde marcos filosóficos y éticos, su integración con tecnologías emergentes permite explorar nuevas formas de aprendizaje moral mediadas por el diálogo y la reflexión guiada. La incorporación de sistemas inteligentes en este ámbito representa tanto una oportunidad como un desafío: por un lado, posibilita acompañamientos personalizados que estimulan el pensamiento crítico y la autorregulación ética; por otro, exige garantizar la responsabilidad, transparencia y confiabilidad de los modelos utilizados [18, 19].

Desde esta convergencia entre tecnología y formación ética, la literatura reciente destaca el potencial de los modelos de lenguaje de gran escala (LLMs) para generar entornos conversacionales que promuevan la reflexión moral y la toma de decisiones fundamentadas [20, 21]. Estos sistemas, diseñados bajo principios éticos y pedagógicos, pueden convertirse en agentes de acompañamiento educativo informal, capaces de sostener diálogos significativos y culturalmente pertinentes. De esta manera, la IA no solo actúa como herramienta tecnológica, sino como mediadora cognitiva y moral, ampliando las posibilidades de aprendizaje y fortaleciendo el desarrollo ciudadano en la era digital.

4.1. Educación ciudadana y valores

La educación ciudadana constituye un proceso educativo integral orientado a formar individuos capaces de ejercer sus derechos y deberes de manera responsable, ética y crítica. Esta formación no se limita al conocimiento de normas y leyes, sino que promueve valores como la solidaridad, la justicia y el respeto por la diversidad, esenciales para la convivencia democrática [22, 23]. Además, la educación ciudadana incorpora competencias sociales y habilidades de pensamiento crítico, fomentando la participación activa en la comunidad y la toma de decisiones informadas [24].

4.1.1. Educación en valores

La educación en valores constituye un enfoque pedagógico reconocido a nivel internacional bajo diversas denominaciones, como educación moral, educación del carácter o educación ética. Si bien cada una presenta matices particulares y distintos énfasis, todas comparten la convicción fundamental de que la formación en valores personales y cívicos representa una responsabilidad legítima de las instituciones educativas a nivel mundial. En la actualidad, este ámbito ya no se considera exclusivo del entorno familiar o religioso, pues diversas investigaciones han evidenciado que una educación desvinculada de los valores puede limitar de forma significativa el desarrollo integral del estudiante, tanto en el plano ético como en el académico [25].

Asimismo, la educación en valores se concibe como un proceso formativo integral que no solo promueve principios fundamentales de ética y ciudadanía, sino que se posiciona como un componente esencial y transversal de la calidad educativa. Lejos de tratarse de un aspecto aislado, establece una relación de mutua interdependencia con la enseñanza de calidad, al punto de integrarse en una dinámica de doble hélice que potencia el desarrollo personal, social y académico del estudiante [25].

4.1.2. Formación ciudadana

La formación ciudadana, bajo el concepto anglosajón de «*civic education*», es el conjunto de procesos, formales e informales, mediante los cuales las personas desarrollan conocimientos, valores, actitudes, habilidades y compromisos que les permiten participar activamente y de manera crítica en la vida democrática y comunitaria; éste no está limitado al ámbito escolar ni a una etapa específica de la vida del individuo, sino que se extiende a lo largo de su ciclo vital e involucra diversos aspectos externos como la familia, los medios de comunicación, su comunidad, instituciones educativas, etc. [26]

Por lo tanto, la formación ciudadana no se limita a la transmisión de contenidos normativos sobre el sistema político, sino que incorpora prácticas educativas activas, como la discusión de temas controversiales, la participación en acciones colectivas y la reflexión crítica, las cuales han demostrado tener efectos significativos en el desarrollo de una ciudadanía activa, consciente y empoderada [26].

4.1.3. Competencias cívicas fundamentales

Las competencias cívicas fundamentales son un conjunto integrado de disposiciones personales y capacidades que permiten a los individuos participar activamente en sociedades democráticas diversas. De acuerdo con el Consejo de Europa, estas competencias se organizan en torno a cuatro dimensiones esenciales: **los valores** que guían el comportamiento ético; **las actitudes** que predisponen a la apertura y al respeto; **las habilidades** necesarias para la interacción democrática; y **los conocimientos y la comprensión crítica del mundo** social, político y cultural. Su desarrollo es clave para convivir como iguales en contextos diversos y democráticos [27].

Valores

Los valores son creencias fundamentales que orientan a las personas hacia metas que consideran deseables en la vida. Funcionan como motores de acción y como criterios que guían la toma de decisiones, al proporcionar marcos de referencia sobre lo que se considera apropiado pensar o hacer en diversas situaciones. Estos principios no se limitan a contextos específicos, sino que ofrecen estándares para evaluar conductas, justificar posturas, elegir entre opciones, planificar acciones e influir en otros [27].

Actitudes

Las actitudes representan la disposición mental general que una persona adopta frente a individuos, grupos, instituciones, temas u objetos simbólicos. Esta orientación suele estar compuesta por cuatro elementos interrelacionados: una creencia o juicio cognitivo sobre el objeto, una respuesta emocional, una valoración positiva o negativa, y una inclinación conductual específica hacia dicho objeto [27].

Habilidades

Las habilidades son capacidades que permiten organizar y ejecutar de forma eficiente patrones complejos de pensamiento o acción, adaptándolos al contexto con el propósito de alcanzar un objetivo específico. [27]

Conocimientos y Comprensión Crítica

Los conocimientos representan el conjunto de información que una persona ha adquirido, mientras que la comprensión crítica implica no solo entender esa información, sino también valorar de forma reflexiva los sentimientos, perspectivas y significados asociados a ella. Este tipo de comprensión es esencial en contextos democráticos e interculturales, ya que permite analizar e interpretar activamente las situaciones, superando respuestas automáticas o no conscientes. En ese sentido, favorece la evaluación crítica de lo que se sabe y de cómo se interpreta el mundo social y político [27].

4.1.4. Educación moral

La educación moral es el proceso educativo centrado en la moralidad, entendida principalmente como la adhesión a normas morales y la creencia en su justificación. Este enfoque puede implicar dos dimensiones fundamentales: por un lado, la formación moral, que busca desarrollar en los individuos disposiciones afectivas, conductuales y motivacionales alineadas con esas normas; y por otro, la indagación moral, que promueve la reflexión crítica y la construcción de creencias fundamentadas sobre la validez de dichas normas. Ambas dimensiones pueden ser abordadas de manera complementaria, aunque conceptualmente son distintas. Además, el autor reconoce que la moralidad podría abarcar elementos adicionales, como ciertas virtudes o disposiciones emocionales, cuya formación también puede formar parte significativa de la educación moral [28].

Formación Moral

La formación moral es una dimensión de la educación moral centrada en el desarrollo de disposiciones afectivas y conductuales que llevan a una persona a adherirse a normas morales y a responder emocionalmente a ellas. No se trata únicamente de enseñar qué está bien o mal, sino de fomentar inclinaciones internas que impulsen a actuar conforme a ciertos estándares, de forma estable y espontánea. Estas disposiciones pueden incluir sentimientos de satisfacción cuando se actúa moralmente, incomodidad al violar principios morales, y expectativas de que otros también se comporten moralmente [28].

Asimismo, este concepto puede abarcar el cultivo de virtudes, entendidas no solo como inclinaciones a seguir normas, sino como capacidades para moderar emociones humanas fundamentales. Bajo esta perspectiva, la formación moral no se reduce a enseñar reglas, sino que apunta a moldear el carácter y las emociones de forma que apoyen una vida moral [28].

Indagación Moral

La indagación moral es la parte de la educación moral que se enfoca en investigar y evaluar la justificación de las normas morales. Consiste en un proceso cognitivo mediante el cual se analiza por qué una norma debería ser aceptada, se examinan los argumentos que la sustentan y se reflexiona críticamente sobre ellos. Creer en la justificación de una norma no es un requisito para adherirse a ella, por lo que esta indagación es distinta de la formación moral, que busca cultivar la adhesión emocional y conductual a esas normas [28].

En la enseñanza de la indagación moral, es posible adoptar un enfoque directivo, orientando al individuo hacia una conclusión particular sobre la validez de una norma, o un enfoque no directivo, en el que se facilita el análisis y la discusión sin influir en la opinión final. Ambos métodos promueven la capacidad del individuo para pensar críticamente sobre las normas morales y su justificación, complementando así la formación moral. [28]

4.2. Aprendizaje informal y brecha educativa

El aprendizaje informal constituye una estrategia educativa que ocurre fuera de los entornos formales, como escuelas o universidades, y se produce de manera espontánea en la vida cotidiana. Este tipo de educación fomenta la autonomía del aprendiz, la creatividad y la resolución de problemas; contribuyendo a reducir la brecha educativa, especialmente cuando el acceso a la educación formal es limitado [29, 30].

4.2.1. Educación informal

La educación informal se refiere a las formas de aprendizaje que ocurren de manera natural en la vida cotidiana, en una amplia variedad de contextos geográficos e históricos. Este tipo de educación no se limita a entornos específicos, sino que suele surgir en espacios donde las personas se sienten cómodas y con la libertad de socializar entre sí. Aunque este concepto es asociado tradicionalmente con actividades fuera de la escuela, hoy en día la educación informal también puede darse dentro de escuelas convencionales o en organizaciones como el voluntariado juvenil o el movimiento scout. [30]

Este tipo de educación se basa en el diálogo y la conversación, fomentando la confianza, el respeto y la empatía. No busca imponer resultados específicos, sino que promueve el aprendizaje a partir de las preocupaciones reales y cotidianas de las personas; generando cambios positivos y significativos en sus vidas. Además, la educación informal puede tener un carácter político, inspirándose en enfoques críticos que buscan que las personas tomen conciencia de las injusticias sociales y encuentren formas de superarlas, conectando lo personal con temas sociales y políticos más amplios [30].

4.2.2. Autoformación guiada

La autoformación guiada es un proceso intencional en el que el sujeto desarrolla su aprendizaje autónomo con el apoyo de una institución, un educador o un colectivo social. Aunque el aprendiz asume responsabilidad sobre sus objetivos, recursos, métodos y ritmos, recibe orientación y acompañamiento que facilitan el desarrollo de su capacidad de aprendizaje y autorregulación [30].

En este enfoque, la autoformación deja de ser un esfuerzo completamente solitario o espontáneo para convertirse en una práctica educativa estructurada, donde el apoyo externo configura las condiciones que permiten que el individuo desarrolle su propio proyecto formativo y consolide su agencia como aprendiz activo en contextos educativos no formales [30].

4.2.3. Brecha educativa y tecnológica

La brecha educativa y tecnológica se refiere a las diferencias en el acceso y aprovechamiento de recursos educativos y tecnológicos entre distintos grupos sociales. Estas desigualdades afectan la calidad del aprendizaje, limitan la participación en entornos digitales y pueden

amplificar la exclusión social. Factores como el acceso desigual a internet, dispositivos digitales y capacitación docente contribuyen a esta brecha, la cual requiere estrategias integrales de inclusión digital y políticas educativas que promuevan la equidad [7, 31].

4.2.4. Tecnología como herramienta de inclusión educativa

La tecnología educativa se ha consolidado como una herramienta estratégica para promover la inclusión educativa, al facilitar el acceso a contenidos y recursos didácticos a estudiantes con diversidad de contextos, habilidades y necesidades. Plataformas digitales, dispositivos móviles y herramientas de aprendizaje asistidas por inteligencia artificial permiten superar barreras geográficas, socioeconómicas y culturales, contribuyendo a mejorar la equidad en la educación [7, 32].

4.3. Inteligencia Artificial y método socrático digital

La inteligencia artificial (IA), aplicada a la educación, ofrece oportunidades para diseñar entornos de aprendizaje interactivos y personalizados. Una de las estrategias más promotoras es la implementación de métodos socráticos digitales, donde los sistemas de IA guían a los estudiantes mediante preguntas y diálogos reflexivos, estimulando el pensamiento crítico y la autonomía en la construcción del conocimiento [33, 34].

4.3.1. Inteligencia Artificial en la educación

La IA en la educación permite automatizar tareas administrativas, ofrecer tutorías personalizadas, monitorear el progreso de los estudiantes y adaptar los contenidos a sus necesidades individuales. Estas aplicaciones han demostrado mejorar la motivación, la eficiencia del aprendizaje y la calidad de la enseñanza, siempre que se acompañen de supervisión pedagógica y criterios éticos claros [12, 13, 19].

4.3.2. Modelos de Lenguaje de Gran Escala (LLMs)

Los modelos de lenguaje de gran escala (LLMs) son sistemas de inteligencia artificial entrenados con enormes volúmenes de texto para comprender y generar lenguaje natural. Estos modelos permiten ofrecer respuestas contextualizadas, realizar tutorías personalizadas y asistir en la construcción de conocimiento mediante diálogo interactivo. Su potencial educativo radica en la capacidad de proporcionar retroalimentación inmediata, adaptada al nivel del estudiante, fomentando la reflexión crítica y la autoformación [35, 36].

4.3.3. Recuperación aumentada por búsqueda (*Retrieval-Augmented Generation*, RAG)

La Recuperación Aumentada por Búsqueda (RAG) combina modelos de lenguaje con motores de búsqueda para proporcionar información precisa y contextualizada. En educación en valores, esta técnica permite que los estudiantes reciban respuestas fundamentadas en fuentes confiables, promoviendo la reflexión ética y la resolución de dilemas morales basados en evidencia. RAG amplía las capacidades de tutoría digital al integrar conocimiento externo con generación de lenguaje natural [37, 38].

4.3.4. *Embeddings* y representación vectorial del texto

Los *embeddings* son representaciones vectoriales de palabras, frases o documentos que capturan sus significados semánticos. Esta técnica permite que los sistemas de IA comparen y recuperen información de manera eficiente, midiendo la similitud entre conceptos y facilitando búsquedas semánticas. En educación, los *embeddings* permiten vincular preguntas de los estudiantes con contenidos relevantes, apoyando la personalización del aprendizaje [39, 40].

4.3.5. Bases de datos vectoriales y búsqueda semántica

Las bases de datos vectoriales permiten almacenar y consultar *embeddings* de manera eficiente, habilitando la búsqueda semántica en grandes volúmenes de información. Este enfoque supera las limitaciones de las búsquedas basadas en palabras clave, permitiendo que los estudiantes y sistemas educativos accedan a contenidos relevantes de manera más precisa y contextualizada, facilitando la recuperación de conocimiento en entornos digitales [41, 42].

4.3.6. Método socrático aplicado a entornos digitales

Los entornos digitales permiten implementar el método socrático mediante sistemas de IA que guían a los estudiantes a través de preguntas reflexivas y secuencias de razonamiento. Esta estrategia fomenta el pensamiento crítico y la autonomía, ya que los alumnos deben analizar, argumentar y evaluar sus propias respuestas antes de recibir retroalimentación. El uso de chatbots y asistentes inteligentes basados en este método facilita un aprendizaje personalizado y continuo, replicando la interacción dialógica propia del enfoque socrático tradicional [34, 43].

4.3.7. Tutoría personalizada con IA

La tutoría personalizada con IA permite adaptar los contenidos y las estrategias de enseñanza al nivel, intereses y ritmo de cada estudiante. Los sistemas inteligentes analizan

patrones de aprendizaje y ofrecen retroalimentación inmediata, identificando áreas de dificultad y recomendando recursos específicos. Esta personalización mejora la motivación, la retención de conocimiento y promueve la autonomía del aprendiz [34, 44].

4.3.8. Supervisión pedagógica en sistemas automatizados

A pesar de la autonomía de los sistemas de IA, la supervisión pedagógica es esencial para garantizar la calidad del aprendizaje. Docentes y tutores deben monitorear el funcionamiento de los sistemas automatizados, evaluar la relevancia y exactitud de las respuestas generadas, y ajustar los parámetros de personalización según las necesidades de los estudiantes. Este enfoque mixto asegura que la tecnología complemente, y no reemplace, la guía educativa [33, 45].

4.4. Ética en IA educativa

La ética en IA educativa aborda la responsabilidad en el diseño, implementación y uso de sistemas inteligentes en contextos de aprendizaje. Incluye consideraciones sobre privacidad de los datos, equidad, transparencia, inclusión e impacto social. Garantizar que los estudiantes sean tratados de manera justa y que los sistemas no reproduzcan sesgos existentes es crucial para la confianza y efectividad de la educación asistida por IA [46, 47].

4.4.1. Principios éticos fundamentales en IA

Los principios éticos fundamentales en IA incluyen transparencia, justicia, no discriminación, responsabilidad, privacidad y seguridad. En el ámbito educativo, estos principios guían el desarrollo de sistemas que respeten la dignidad del estudiante, promuevan equidad en el aprendizaje y faciliten la rendición de cuentas por parte de desarrolladores y educadores. La aplicación de estos principios permite aprovechar el potencial de la IA sin comprometer la integridad pedagógica [48, 49].

4.4.2. Prevención de sesgos algorítmicos

La prevención de sesgos algorítmicos se centra en garantizar que los sistemas de IA no reproduzcan ni amplifiquen desigualdades existentes en la educación. Esto implica analizar los datos de entrenamiento, identificar posibles sesgos y aplicar técnicas de mitigación, como ajuste de ponderaciones, diversificación de datasets y pruebas de equidad en los resultados. La prevención de sesgos asegura que todos los estudiantes reciban oportunidades de aprendizaje justas y equitativas [50, 51].

4.4.3. Transparencia y explicabilidad en sistemas inteligentes

La transparencia y explicabilidad son fundamentales para que docentes, estudiantes y desarrolladores comprendan cómo un sistema de IA toma decisiones. Esto incluye técnicas de interpretabilidad que permitan visualizar la lógica de los modelos y justificar las recomendaciones que generan. En educación, la explicabilidad ayuda a confiar en las decisiones automatizadas, facilita la supervisión pedagógica y permite detectar errores o sesgos [52, 53].

4.5. Integridad académica y uso responsable de IA

El uso responsable de IA en educación implica enseñar a los estudiantes a utilizar herramientas inteligentes sin vulnerar normas éticas ni académicas. Esto incluye fomentar la autoría propia, la citación adecuada de fuentes y el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico para interpretar la información generada por la IA. La integridad académica asegura que la tecnología complemente el aprendizaje sin reemplazar la reflexión y el esfuerzo personal [54, 55].

4.5.1. Aplicaciones móviles en la educación

Las aplicaciones móviles educativas permiten acceder a recursos y experiencias de aprendizaje en cualquier momento y lugar. Integradas con IA, estas apps pueden ofrecer tutorías personalizadas, seguimiento del progreso, retroalimentación inmediata y gamificación del aprendizaje. Su portabilidad y accesibilidad contribuyen a reducir la brecha educativa y facilitan la inclusión digital [56, 57].

4.5.2. Arquitectura cliente-servidor (*frontend/backend*)

La arquitectura cliente-servidor es un modelo de diseño de software en el que el cliente (por ejemplo, una app móvil o navegador web) solicita servicios al servidor, el cual procesa la información, ejecuta lógica de negocio y responde con datos. En educación digital, esta arquitectura permite centralizar recursos educativos, gestionar bases de datos y ofrecer aplicaciones interactivas seguras y escalables. El *frontend* se encarga de la interfaz y la experiencia de usuario, mientras que el *backend* gestiona la lógica, la seguridad y la integración con IA y bases de datos [58, 59].

4.5.3. Kotlin como lenguaje para desarrollo Android

Kotlin es un lenguaje de programación moderno y seguro que se utiliza para el desarrollo de aplicaciones Android. Presenta características como tipado estático, interoperabilidad con Java, sintaxis concisa y soporte nativo en Android Studio. Su uso permite crear aplicaciones robustas, escalables y fáciles de mantener, integrando librerías modernas y *frameworks* de IA para educación digital [60, 61].

4.5.4. *Python* y *Flask* como herramientas para *backend* educativo

Python es un lenguaje de programación versátil y de alto nivel, ampliamente usado en educación y ciencia de datos. *Flask* es un micro-*framework* de *Python* que permite construir aplicaciones web y APIs de manera rápida y sencilla. Combinados, *Python* y *Flask* son ideales para crear *backends* educativos que integren IA, bases de datos vectoriales y servicios de tutoría digital, asegurando flexibilidad, escalabilidad y facilidad de mantenimiento [62, 63].

4.5.5. Bases de datos vectoriales y su contraste con bases relacionales

Las bases de datos vectoriales almacenan representaciones numéricas (*embeddings*) de información, permitiendo búsquedas semánticas rápidas y precisas. En cambio, las bases de datos relacionales organizan información en tablas con relaciones explícitas y consultas estructuradas. Para educación digital basada en IA, las bases vectoriales permiten recuperar contenido relevante según el significado, mientras que las relacionales son útiles para gestión de usuarios, cursos y registros administrativos. Integrar ambos tipos optimiza tanto la eficiencia semántica como la consistencia estructural de los datos [41, 64].

4.5.6. APIs de IA (*OpenAI* y *Gemini*): integración de modelos conversacionales

Las APIs de IA, como *OpenAI* y *Gemini*, permiten integrar modelos de lenguaje conversacionales en aplicaciones educativas. Estos servicios ofrecen capacidades de generación de texto, comprensión de lenguaje natural y tutoría personalizada, facilitando la interacción del estudiante con sistemas de IA. La integración se realiza mediante solicitudes a la API, manejo de *tokens* y adaptación de respuestas al contexto educativo, permitiendo desarrollar tutores digitales eficientes y éticos [65, 66].

El desarrollo del proyecto *Ciudadano Digital* se llevó a cabo bajo el marco de trabajo SCRUM, un enfoque ágil ampliamente utilizado en ingeniería de software que permite la entrega incremental de productos funcionales mediante ciclos cortos de desarrollo denominados *sprints*. Esta metodología fue seleccionada debido a su flexibilidad, capacidad de adaptación a cambios en los requerimientos y enfoque en la mejora continua, elementos clave en un proyecto de innovación educativa como el presente.

A lo largo del proceso, se definieron seis *sprints* principales, cada uno con objetivos concretos y entregables verificables, orientados a la obtención progresiva de un prototipo funcional y validado de la aplicación. Cada *sprint* tuvo una duración de entre tres y cuatro semanas, ajustándose según la complejidad técnica y la carga académica del periodo correspondiente.

Cada ciclo SCRUM siguió las fases de planificación, desarrollo, revisión y retrospectiva, bajo los siguientes principios:

- Planificación (*Sprint Planning*): se definieron los objetivos y alcance del *sprint*, así como las tareas específicas necesarias para cumplir la meta establecida.
- Desarrollo (*Sprint Execution*): se ejecutaron las tareas asignadas con enfoque en la funcionalidad incremental, priorizando siempre la obtención de resultados medibles.
- Revisión (*Sprint Review*): al cierre de cada *sprint*, se evaluó el cumplimiento de los objetivos, la calidad del producto obtenido y la satisfacción de los criterios de aceptación definidos.
- Retrospectiva (*Sprint Retrospective*): se analizaron los aprendizajes obtenidos, los obstáculos encontrados y las oportunidades de mejora para el siguiente *sprint*.

El enfoque SCRUM permitió mantener un flujo de trabajo iterativo, controlado y adaptable, asegurando que cada componente técnico se validara en función de la experiencia

real del usuario objetivo. En este caso, el usuario fue representado a través de una Persona desarrollada con base en un proceso de investigación y perfilamiento descrito en el primer *sprint*.

A partir del segundo *sprint*, los entregables se enfocaron en la construcción progresiva del sistema técnico, desde la recopilación y procesamiento de contenido educativo, hasta la implementación del *backend*, el desarrollo de la interfaz móvil y las fases finales de validación y documentación.

El producto mínimo viable (MVP) obtenido al finalizar el último *sprint* constituye una versión funcional del asistente inteligente de educación ciudadana, capaz de interactuar con el usuario, contextualizar sus preguntas y generar respuestas basadas en la información previamente curada y vectorizada.

5.1. Enfoque metodológico aplicado al contexto del proyecto

A diferencia de proyectos puramente técnicos, *Ciudadano Digital* combina aspectos de ingeniería de software, inteligencia artificial y educación en valores. Por ello, la aplicación de SCRUM fue adaptada a un enfoque sociotécnico, que no solo prioriza la funcionalidad del sistema, sino también la pertinencia ética y pedagógica del contenido.

En cada *sprint*, se incluyeron tareas de análisis cualitativo y cuantitativo relacionadas con el perfil del usuario objetivo: estudiantes de nivel medio en Guatemala, de entre 15 y 18 años, con acceso limitado a formación cívica más allá del aula formal. Este enfoque garantizó que las decisiones técnicas (estructura del *backend*, procesamiento de datos, interfaz y validación) respondieran a necesidades reales detectadas en el público meta.

Así, el proceso metodológico buscó alinear el desarrollo tecnológico con la misión educativa del proyecto, entendiendo que la calidad del producto no se mide solo por su rendimiento, sino también por su capacidad de promover la reflexión moral y la ciudadanía responsable en contextos informales de aprendizaje.

5.1.1. Estructura de los *Sprints*

<i>Sprint</i>	Meta Principal	Duración Estimada
<i>Sprint 1</i>	Identificación del perfil de usuario objetivo (Persona).	3 semanas
<i>Sprint 2</i>	Recolección y procesamiento del contenido educativo.	4 semanas
<i>Sprint 3</i>	Construcción e implementación del <i>backend</i> .	4 semanas
<i>Sprint 4</i>	Desarrollo de la interfaz móvil en Kotlin.	4 semanas
<i>Sprint 5</i>	Pruebas y validación funcional.	3 semanas
<i>Sprint 6</i>	Documentación, presentación y cierre del proyecto.	3 semanas

Cuadro 1: Estructura de los *sprints* del proyecto, incluyendo la meta principal y duración estimada de cada uno.

Cada *sprint* culminó con un entregable verificable que sirvió como criterio de avance para el siguiente ciclo, asegurando así la trazabilidad y coherencia entre la visión inicial del proyecto y el producto final obtenido.

5.2. *Sprint 1*: Identificación del perfil de usuario objetivo

Duración estimada: 3 semanas

Este *sprint* tuvo como objetivo desarrollar un perfil de usuario (Persona) que sirviera como insumo accionable para orientar las decisiones de diseño interactivo y priorización técnica del proyecto. Dado que no fue posible realizar entrevistas ni trabajo de campo, el perfil se elaboró exclusivamente a partir del análisis de fuentes documentales que reflejan la situación actual de los estudiantes en el país, considerando aspectos demográficos, académicos y sociales. Con base en esta información, se construyó una ficha de Persona completa, acompañada de criterios de diseño alineados con las necesidades y características identificadas.

5.2.1. Objetivo

Definir y validar un perfil de usuario objetivo representativo (Persona), incluyendo sus características sociodemográficas, motivaciones, frustraciones, competencias digitales y contextos de uso, que sirva como referencia para guiar las decisiones de diseño UX (*User Experience*), tono comunicativo, prioridades de contenido y criterios de evaluación de usabilidad del asistente.

5.2.2. Ejecución

Para lograr el objetivo planteado, se llevaron a cabo las siguientes tareas:

1. Investigación documental

- Revisión de informes académicos y/o gubernamentales sobre educación ciudadana, competencias cívicas y valores en jóvenes guatemaltecos.
- Consulta de programas educativos oficiales, como el Currículo Nacional Base (CNB) y materiales de formación en valores del Ministerio de Educación de Guatemala, así como contenido internacional enfocado en brindar una educación más completa.
- Análisis de estudios internacionales de organismos como UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), CIEN (Centro de Investigaciones Económicas Nacionales) y BID (Banco Interamericano de Desarrollo) sobre hábitos digitales, desigualdad educativa y desarrollo de competencias ciudadanas en adolescentes y jóvenes.

2. Análisis e interpretación de la información

- Sistematización de datos demográficos, educativos y tecnológicos relevantes para el contexto juvenil guatemalteco.
- Identificación de patrones generales de comportamiento, motivaciones, frustraciones y objetivos (enfocados en aspiraciones cívicas), a partir de tendencias reportadas en las fuentes analizadas.
- Construcción de categorías de análisis que permitieran traducir los hallazgos documentales en insumos para el diseño centrado en el usuario.

3. Definición del perfil Persona

- Elaboración de una ficha de usuario basada en la interpretación crítica de los datos documentales, con los siguientes componentes:
 - **Perfil base:** edad estimada, nivel educativo, ubicación, etnia, acceso tecnológico y contexto social.
 - **Motivaciones:** interés por la participación comunitaria y el aprendizaje de ciudadanía.
 - **Frustraciones:** barreras de acceso a recursos educativos y desconfianza en la calidad o adecuación de los materiales disponibles.
 - **Objetivos:** qué quisiera conseguir el usuario a través de sus motivaciones y frustraciones, bajo el contexto de educación en valores y formación ciudadana.
 - **Consideraciones especiales:** limitaciones de conectividad, recursos económicos y brechas culturales.
- Producción de una ficha visual que sirviera como base para las decisiones de diseño en *sprints* posteriores.

4. Documentación de criterios de diseño

- Derivación de recomendaciones de diseño UX basadas en el perfil construido: tono comunicativo, estructura de funciones, rol a asumir por el asistente, y adaptabilidad tecnológica.
- Identificación de necesidades prioritarias que el asistente debe ser capaz de abordar a través de la interacción pregunta-respuesta.

5.2.3. Resultado final

Como resultado de este primer *sprint*, se construyó un perfil de Persona detallado, basado en fuentes documentales, que permitió comprender las necesidades, barreras y expectativas del usuario objetivo frente a una herramienta de apoyo educativo.

- Edad promedio: 18-22 años.
- Contexto educativo: estudiantes de nivel medio y universitario inicial.
- Motivaciones: aprender de forma práctica y reflexiva, mejorar su comprensión de ciudadanía y valores.
- Frustraciones: enseñanza teórica, falta de espacios de diálogo y escasez de herramientas interactivas.
- Competencias digitales: nivel bajo a medio en uso de aplicaciones y herramientas digitales.
- Contexto de uso de la aplicación: dispositivos móviles, principalmente Android, con sesiones cortas de interacción y preferencia por contenidos dinámicos y cercanos a su realidad.

Este perfil se utilizó como base para orientar el diseño conversacional, las estrategias de análisis documental y los lineamientos pedagógicos que guiarán las siguientes etapas del desarrollo del proyecto.

5.3. *Sprint* 2: Recolección y procesamiento del contenido educativo

Duración estimada: 4 semanas

Este *sprint* se centró en recopilar, procesar y estructurar el contenido educativo que alimentará al asistente virtual de inteligencia artificial, con la finalidad de garantizar que el sistema pueda generar respuestas precisas y contextualizadas sobre formación ciudadana y valores morales, basándose en información confiable y organizada de manera semántica. Se combinó la selección documental, curación de contenido, digitalización, segmentación temática y almacenamiento vectorial de manera sistemática, asegurando la trazabilidad y calidad de los datos utilizados.

5.3.1. Objetivo

Obtener una base de datos documental organizada, curada y vectorizada, que permita al asistente virtual ofrecer respuestas contextualizadas, precisas y alineadas con principios de formación ciudadana y valores morales, considerando casos prácticos y escenarios de consulta relevantes para el público objetivo definido en el *Sprint* 1.

5.3.2. Ejecución

Para cumplir el objetivo se desarrolló un proceso sistemático dividido en cuatro etapas principales: selección documental, curación y digitalización, segmentación temática, y vectorización (*OpenAI*) con almacenamiento en *Pinecone*. Este flujo se diseñó de forma reproducible para permitir futuras ampliaciones o actualizaciones del *corpus* de información.

1. Selección documental

- **Identificación de fuentes oficiales y confiables:** se recopilaron documentos emitidos por el Ministerio de Educación de Guatemala, tales como el *Currículo Nacional Base (CNB)* y el *Programa Nacional de Educación en Valores* (Acuerdo Ministerial 2810-2023), obtenidos directamente desde los portales institucionales oficiales.
- **Revisión de fuentes internacionales:** se incorporaron publicaciones y estudios de la UNESCO, CEPAL, BID y CIEN relacionados con educación en valores, ciudadanía digital y formación ética en jóvenes.
- **Selección de estudios y casos prácticos:** se priorizaron textos académicos que presentaran dilemas morales o ejemplos reales de aplicación de valores en contextos educativos, para fortalecer la capacidad contextual del asistente.
- **Registro de metadatos:** cada documento fue registrado en un archivo `sources.csv`, incluyendo:
 - Identificador único (ID)
 - Título del documento
 - Fuente o institución
 - Año de publicación
 - Categoría temática (ética, civismo, convivencia, etc.)
 - Tipo de documento (guía, informe, artículo, caso práctico)

Este registro garantiza trazabilidad desde la fuente original hasta el fragmento vectorizado.

2. Curación y digitalización

- **Conversión de documentos:** los archivos se transformaron a texto plano (`.txt`) con codificación UTF-8 mediante herramientas como `pdftotext` o `Tesseract OCR`.

- **Limpieza y normalización:** se eliminaron encabezados, saltos de línea innecesarios y caracteres especiales, para lo cual se aplicó el siguiente proceso:

Algoritmo 1 Proceso de limpieza y normalización de texto

```

1: procedure LIMPIARTEXTO(archivo_entrada, archivo_salida)
2:   texto ← LeerArchivo(archivo_entrada, "utf-8")
3:   texto ← EliminarSaltosDeLínea(texto)
4:   texto ← EliminarEspaciosRepetidos(texto)
5:   texto ← EliminarCaracteresEspeciales(texto)
6:   EscribirArchivo(archivo_salida, texto, "utf-8")
7: end procedure

```

- **Estandarización de formato:** se uniformaron títulos y subtítulos con reglas jerárquicas para facilitar la segmentación automática.
- **Validación de integridad:** se verificó que los textos conservaran coherencia y completitud, eliminando duplicados o secciones ilegibles.
- **Respaldo del *corpus* curado:** los textos limpios se almacenaron en `/data/cleaned/`, junto con un índice de control que vincula cada documento con su ID.

3. Segmentación temática

- **Diseño del esquema de categorías:** se definieron seis temas guía: *ética y moral, participación ciudadana, derechos humanos, convivencia y respeto, responsabilidad social y cultura digital*.
- **División en fragmentos:** los textos fueron segmentados automáticamente en bloques de 300-500 palabras, conservando coherencia semántica.
- **Etiquetado y registro:** cada fragmento se asoció a una categoría temática y se registró en `fragments.csv` con los campos: `fragment_id`, `doc_id`, `category`, `text`, `source`.
- **Control de calidad:** se revisó manualmente una muestra del 10 % de los fragmentos para validar su correcta asignación temática y coherencia contextual.

4. Vectorización y almacenamiento en *Pinecone*

- **Generación de embeddings:** cada fragmento fue procesado con el modelo *text-embedding-3-small* de OpenAI, generando vectores de 1536 dimensiones:

Algoritmo 2 Generación de embeddings y registro de vectores

```

1: procedure VECTORIZARFRAGMENTOS(fragmentos)
2:   for frag en fragmentos do
3:     vector ← GenerarEmbedding(modelo="text-embedding-3-small", text=frag.texto)
4:     Registrar(frag.fragment_id, vector, frag.metadatos)
5:   end for
6: end procedure

```

- **Normalización final:** se verificó la unicidad de cada `fragment_id` y la ausencia de duplicados o errores de codificación.

- **Creación del índice vectorial:** se configuró un índice en Pinecone con los parámetros:
 - `namespace` = “valores-ciudadania”
 - `metric` = “cosine”
 - `dimension` = 1536
- **Inserción de vectores:** los embeddings se insertaron junto con sus metadatos (fuente, categoría, bloque, documento de origen) para permitir consultas semánticas eficientes.
- **Validación de consultas:** se realizaron pruebas con preguntas como “¿Qué es la empatía ciudadana?” o “Cómo practicar la responsabilidad social en la escuela”, verificando la recuperación correcta de fragmentos temáticamente relacionados.

5.3.3. Resultado final

Al finalizar el *Sprint 2*, se obtuvo:

- Una base documental curada, digitalizada y segmentada en categorías temáticas.
- *Embeddings* generados para cada fragmento de texto, con metadatos completos para garantizar trazabilidad.
- Un índice en *Pinecone* listo para consultas semánticas, capaz de proporcionar contexto preciso al asistente virtual para cualquier pregunta del usuario.
- Establecimiento de un flujo reproducible de selección, curación, segmentación y vectorización de contenido para futuras actualizaciones del sistema.

Este *sprint* permitió sentar las bases para un sistema de respuesta contextualizada, alineado con los objetivos de formación ciudadana y valores morales definidos en el proyecto, asegurando que el asistente virtual cuente con información confiable, organizada y accesible para generar respuestas pertinentes y fundamentadas.

5.4. *Sprint 3: Construcción e implementación del backend*

Duración estimada: 4 semanas

Este *sprint* se enfocó en el diseño, construcción e implementación de la arquitectura *backend* del asistente virtual, garantizando la integración de bases de datos relacionales y vectoriales, y estableciendo la comunicación segura y eficiente con el modelo de lenguaje (LLM) mediante un flujo RAG (*Retrieval-Augmented Generation*). Se definieron módulos claros bajo el patrón de diseño MVC, así como servicios complementarios internos en *Python* para procesar consultas y generar respuestas contextualizadas basadas en los documentos previamente vectorizados.

5.4.1. Objetivo

Desarrollar un *backend* robusto y seguro que permita la gestión de usuarios, almacenamiento de documentos y chats, recuperación de información semántica desde la base vectorial, y generación de respuestas contextualizadas desde el LLM, garantizando un flujo eficiente de pregunta-respuesta para cualquier interfaz de usuario.

5.4.2. Ejecución

1. Diseño de arquitectura

- Se adoptó el patrón de diseño **Modelo–Vista–Controlador (MVC)** para asegurar modularidad, escalabilidad y mantenimiento del código.
 - **Estructura general del proyecto:**
 - `/src/`
 - ◇ `models/` – interacción con la base de datos
 - ◇ `controllers/` – lógica de negocio
 - ◇ `routes/` – endpoints del API
 - ◇ `middlewares/` – validaciones y seguridad
 - ◇ `helpers/` – funciones reutilizables
 - ◇ `config/` – configuración y variables de entorno
 - ◇ `services/` – comunicación con Python (RAG)
- **Modelos:**
 - Representan entidades del sistema: usuarios, chats, mensajes, sesiones, documentos.
 - Cada modelo incluye operaciones CRUD (*Create*, *Read*, *Update*, *Delete*): crear, consultar, actualizar y eliminar registros.
 - Mantienen integridad referencial entre entidades.
- **Rutas (Vistas):** Endpoints REST para interacción con el usuario, como registro, login, listado de chats, envío de preguntas, entre otros.
- **Controladores:** Gestionan la lógica de negocio: validación de datos, comunicación con modelos, manejo de errores y generación de respuestas.

Algoritmo 3 Controlador de solicitudes

```
1: procedure CONTROLADOR(request)
2:   Validar(request.datos)
3:   resultado ← modelo.operacion(request)
4:   devolver(resultado)
5: end procedure
```

- **Módulos auxiliares:**
 - **Middlewares:** validan autenticación y seguridad antes de pasar al controlador.

Algoritmo 4 Validación de token

```
1: procedure VALIDARTOKENREQUEST(request)
2:   if not ValidarToken(request.token) then
3:     DevolverError(401, "Token inválido")
4:   else
5:     Continuar(request)
6:   end if
7: end procedure
```

- **Helpers:** funciones reutilizables como:

- encriptarContraseña(contraseña)
- generarToken(usuarioID)
- formatearFecha(fecha)

2. Diseño y construcción de bases de datos

Base de datos relacional

- Motor: PostgreSQL en AWS RDS.
- Tablas principales: usuarios, chats, mensajes, sesiones, documentos.
- Relaciones:
 - Un usuario puede tener varios chats.
 - Cada chat contiene múltiples mensajes.
 - Cada sesión pertenece a un usuario.
- Mantenimiento: restricciones de claves foráneas, eliminación en cascada, índices para consultas frecuentes.

Algoritmo 5 Ejemplo: Almacenar mensaje del usuario

```
1: procedure GUARDARMENSAJE(usuario, pregunta)
2:   chat ← ObtenerChatActivo(usuario)
3:   mensaje ← {
     "chat_id": chat.id,
     "remitente": "usuario",
     "contenido": pregunta,
     "timestamp": Ahora()
   }
4:   Insertar(mensaje, tabla="mensajes")
5: end procedure
```

Base de datos vectorial

- Motor: Pinecone, con métrica de similitud *cosine*.
- Contenido: embeddings de fragmentos de documentos con metadatos (fuente, categoría, documento, bloque, relevancia).

Algoritmo 6 Creación de índice de vectores

```
1: procedure CREARÍNDICE
2:   CrearIndice(
     nombre="ciudadano-digital",
     dimension=1536,
     metrica="cosine"
   )
3: end procedure
```

- Consultas top-K para recuperar los fragmentos más relevantes.

3. Servicio complementario de *Python* para comunicación con LLM

- **Función:** gestionar el flujo de *Retrieval-Augmented Generation (RAG)*, integrando la base vectorial con el modelo de lenguaje para generar respuestas contextualizadas y fundamentadas.
- **Flujo realizado:**
 - Recepción de la pregunta en NodeJS:**
 - 1) El usuario envía una pregunta en texto plano a través de la interfaz de la aplicación.
 - 2) NodeJS recibe la pregunta y prepara la solicitud para el microservicio Python.
 - Procesamiento en Python:**
 - 1) El microservicio Python recibe la pregunta enviada desde NodeJS.
 - 2) Genera un *embedding* del texto de la pregunta utilizando el modelo *text-embedding-3-small* de OpenAI, transformando la información textual en un vector semántico.
 - 3) Se realiza una consulta al índice de Pinecone con el *embedding* generado, recuperando los cinco fragmentos más relevantes del *corpus* vectorizado, que servirán como contexto para la respuesta.
 - 4) Combina la pregunta original con los fragmentos de contexto obtenidos, construyendo un *prompt* en texto plano que resume la información relevante y plantea la consulta al modelo de lenguaje.
 - 5) Envía el *prompt* al modelo LLM para generar la respuesta.
 - 6) Evalúa la respuesta generada, identificando si el contexto proporcionado fue suficiente para garantizar precisión y pertinencia.
 - 7) Genera un objeto JSON que incluye la pregunta original, la respuesta obtenida y el tiempo de procesamiento, garantizando trazabilidad de la interacción.
 - Devolución de la respuesta a NodeJS:**
 - 1) NodeJS recibe el JSON con la respuesta generada por el LLM.
 - 2) Formatea y entrega la respuesta al usuario final a través de la interfaz de la aplicación.
 - 3) Simultáneamente, guarda la pregunta y la respuesta en la base de datos relacional para mantener un historial de interacciones.

Algoritmo 7 Flujo completo de procesamiento de preguntas

```
1: procedure PROCESARPREGUNTA(usuario)
2:   pregunta  $\leftarrow$  RecibirPregunta(usuario)
3:   EnviarPreguntaAPython(pregunta)
4:   embedding  $\leftarrow$  GenerarEmbedding(pregunta)
5:   contexto  $\leftarrow$  ConsultarPinecone(embedding, topK=5)
6:   prompt  $\leftarrow$  ConstruirPrompt(pregunta, contexto)
7:   respuesta  $\leftarrow$  ConsultarLLM(prompt)
8:   jsonRespuesta  $\leftarrow$  ArmarJSON(pregunta, respuesta, tiempoProcesamiento)
9:   EnviarAlCliente(jsonRespuesta)
10:  GuardarMensaje(usuario, respuesta)
11: end procedure
```

- **Validación:** se realizaron pruebas de 20 consultas aleatorias para evaluar:
 - La pertinencia de los fragmentos de contexto recuperados desde Pinecone.
 - La coherencia semántica y precisión de las respuestas generadas por el LLM.
 - La correcta integración y comunicación entre NodeJS y el microservicio Python.

5.4.3. Resultado final

Al finalizar este *sprint*, se obtuvo:

- *Backend* modular bajo MVC, con rutas, controladores y modelos independientes.
- Base de datos relacional (PostgreSQL) con integridad referencial y seguridad.
- Base vectorial en Pinecone, indexada y lista para búsquedas semánticas eficientes.
- Servicio Python que integra recuperación contextual y generación ética de respuestas mediante LLM.
- Flujo completo validado: desde envío de pregunta hasta devolución de respuesta fundamentada.

Este *sprint* consolidó la infraestructura técnica del sistema, asegurando operación confiable, trazabilidad de datos y escalabilidad futura para el asistente educativo.

5.5. *Sprint* 4: Desarrollo de la interfaz móvil en Kotlin

Duración estimada: 4 semanas

Este *sprint* tuvo como objetivo diseñar e implementar la interfaz móvil de la aplicación del asistente educativo, utilizando Kotlin para garantizar integración nativa con Android y un flujo de interacción intuitivo para el usuario. Se buscó crear módulos claros y escalables,

organizar recursos y establecer los patrones de navegación y comunicación con el *backend*, asegurando que la aplicación fuera funcional, accesible y adaptable al perfil de usuario definido en el *Sprint* 1.

5.5.1. Objetivo

Desarrollar una aplicación móvil Android con una interfaz intuitiva y eficiente que permita a los usuarios interactuar con el asistente virtual, enviar preguntas, recibir respuestas contextualizadas y gestionar su historial de interacción, manteniendo consistencia con el perfil de usuario objetivo y las decisiones de diseño UX previamente definidas.

5.5.2. Ejecución

1. Definición de módulos y arquitectura de la aplicación

- **Data:** gestión de modelos de datos, repositorios y fuentes de información, incluyendo comunicación con el *backend* vía API y almacenamiento local temporal.
- **Dependency Injection:** configuración de Hilt para inyectar dependencias de forma eficiente y centralizada, facilitando la escalabilidad y pruebas.
- **Helpers:** funciones y utilidades reutilizables, como manejo de errores, validación de entradas de usuario, formateo de fechas y gestión de sesiones.
- **User Interface (UI):** construcción de pantallas, componentes visuales y navegación, siguiendo principios de Material Design y adaptabilidad a distintos tamaños de pantalla.
- **Resources:** gestión de strings, colores, dimensiones, iconografía y estilos para mantener consistencia visual y facilitar traducciones o ajustes futuros.

2. Diseño de flujo de interacción

- Mapeo de pantallas principales: inicio, login, chat con asistente, historial de interacciones y visualización de documentos.
- Implementación de navegación mediante *Navigation Component*, garantizando consistencia y control del back stack.
- Diseño de interacción de chat: envío de preguntas, visualización de respuestas con formato enriquecido y mensajes de sistema para notificaciones o errores.
- Integración de indicadores de carga y estado de conexión, ofreciendo retroalimentación inmediata al usuario sobre la consulta al LLM.

3. Integración con *backend* y servicios de *Python*

- Consumo de endpoints REST del *backend* para autenticación, gestión de sesiones, envío de preguntas y recuperación de respuestas.
- Procesamiento de respuestas JSON, parseo y renderizado en la interfaz de usuario de manera clara y comprensible.
- Manejo de errores y reconexión ante fallos de red, asegurando robustez en la experiencia de usuario.

4. Pruebas de funcionalidad y usabilidad

- Pruebas unitarias y de integración en Kotlin para asegurar correcto funcionamiento de los módulos y la comunicación con el *backend*.
- Pruebas de usabilidad simulando interacción de usuarios representativos según la Persona definida en el *Sprint* 1.
- Ajustes en la interfaz y flujo de navegación basados en observaciones de uso, priorizando claridad, accesibilidad y eficiencia en la interacción.

5. Documentación y guías de uso

- Documentación de los módulos implementados, incluyendo dependencias, estructura de carpetas, responsabilidades de cada componente y ejemplos de uso.
- Guía de buenas prácticas para futuras iteraciones y ampliaciones de la aplicación móvil.

5.5.3. Resultado final

Al finalizar este *sprint*, se obtuvo:

- Aplicación móvil funcional en Android, con integración nativa mediante Kotlin y comunicación estable con el *backend*.
- Estructura modular clara (Data, Dependency Injection, Helpers, UI, Resources) que facilita mantenimiento y escalabilidad.
- Flujo de interacción optimizado para el usuario, incluyendo envío de preguntas, recepción de respuestas contextuales y visualización de documentos.
- Pruebas internas de usabilidad que validaron la intuitividad del diseño y la adecuación mediante simulaciones de uso por el perfil de usuario objetivo.
- Documentación completa del *frontend*, con guías para futuras mejoras y desarrollo colaborativo.

Este *sprint* permitió contar con una interfaz móvil operativa, lista para el despliegue y pruebas piloto, estableciendo las bases para la fase final de evaluación y refinamiento del proyecto.

5.6. *Sprint* 5: Pruebas y validación

Duración estimada: 3 semanas

Este *sprint* se centró en validar el funcionamiento integral del sistema, asegurando la correcta interacción entre la aplicación móvil, el *backend*, la base de datos relacional y vectorial, y el modelo de lenguaje (LLM). Además, se buscó evaluar la calidad, precisión y

confiabilidad de las respuestas generadas por el asistente virtual, así como recopilar retroalimentación mediante pruebas internas para ajustar y mejorar la herramienta antes de su entrega.

5.6.1. Objetivo

Realizar pruebas funcionales y de usabilidad del sistema, validar la precisión y confiabilidad de las respuestas del asistente virtual en el contexto de educación ciudadana y valores morales y aplicar mejoras continuas basadas en observaciones internas y criterios expertos (con ayuda del asesor), garantizando un producto final robusto y alineado con el perfil de usuario objetivo.

5.6.2. Ejecución

1. Pruebas funcionales del sistema

- Verificación de la comunicación entre la aplicación móvil (Kotlin), el *backend* (NodeJS), la base de datos relacional (PostgreSQL) y la base vectorial (*Pinecone*).
- Pruebas de endpoints para asegurar correcta autenticación de usuarios, envío de preguntas, recuperación de respuestas y gestión de historial de chats.
- Comprobación de la integridad de los datos entre los distintos módulos, incluyendo creación, lectura, actualización y eliminación de información (CRUD).
- Simulación de sesiones múltiples para validar estabilidad y manejo de concurrencia.

2. Pruebas de calidad y confiabilidad de las respuestas

- Validación directa de las respuestas generadas por el asistente comparando con el contenido base documentado utilizado para entrenar y alimentar al modelo.
- Evaluación por parte del asesor, revisando pertinencia, claridad y adecuación pedagógica de las respuestas.
- Identificación de casos en los que el modelo no proporcione información suficiente o presente inconsistencias, documentando hallazgos para ajuste de contenido o configuración de *embeddings*.

3. Análisis de resultados y mejora continua

- Consolidación de los resultados obtenidos en las pruebas funcionales y de calidad.
- Priorización de ajustes según impacto en la experiencia del usuario y relevancia educativa.
- Aplicación de mejoras en la interfaz, flujo de interacción y lógica de generación de prompts para aumentar precisión y contextualización de las respuestas.
- Documentación de lecciones aprendidas, recomendaciones de optimización y pautas para futuros *sprints* de mantenimiento o escalabilidad.

5.6.3. Resultado final

Al concluir este *sprint*, se logró:

- Validación completa de la integración entre *frontend*, *backend* y bases de datos, garantizando estabilidad y funcionalidad del sistema.
- Confirmación de la calidad y confiabilidad de las respuestas generadas por el asistente virtual, alineadas con el contenido educativo base y criterios expertos.
- Identificación y corrección de errores o inconsistencias en la interacción, flujo de navegación y procesamiento de información.
- Implementación de mejoras en la interfaz y en la lógica de generación de prompts para optimizar la experiencia de usuario y la pertinencia pedagógica.
- Documentación de resultados de prueba, retroalimentación de usuarios y expertos, y recomendaciones para mantenimiento futuro y escalabilidad del proyecto.

Este *sprint* permitió asegurar que la aplicación estuviera lista para su uso efectivo público, proporcionando respuestas precisas y contextualizadas y estableciendo las bases para fases futuras de despliegue y monitoreo continuo del asistente virtual.

5.7. *Sprint* 6: Documentación y presentación

Duración estimada: 3 semanas

Este *sprint* se centró en consolidar toda la documentación generada durante el desarrollo del proyecto y preparar la presentación final del asistente virtual de formación ciudadana y valores morales. El objetivo fue garantizar que tanto los resultados como los procesos utilizados quedaran claramente registrados, así como asegurar que el producto final estuviera disponible para revisión, prueba y entrega formal al cliente.

5.7.1. Objetivo

Elaborar y organizar toda la documentación técnica, académica y operativa del proyecto, incluyendo resultados, análisis, conclusiones y recomendaciones, y realizar la presentación formal del desarrollo, asegurando la transferencia completa de información a la Fundación de Scouts de Guatemala y dejando el producto listo para pruebas finales y futuras mejoras.

5.7.2. Ejecución

1. Elaboración del informe final

- Integración de la información de todos los *sprints* previos en un documento único, estructurado y coherente.

- Inclusión de resultados de cada *sprint*, análisis de hallazgos, decisiones de diseño y mejoras implementadas.
- Redacción de conclusiones generales y recomendaciones para futuras iteraciones, escalabilidad o mejoras del asistente virtual.
- Formateo del documento en LaTeX, asegurando uniformidad, claridad y cumplimiento de estándares académicos y de presentación profesional.

2. Preparación de la presentación final

- Desarrollo de material visual que resuma el proyecto, incluyendo diagramas de arquitectura, capturas de pantalla del prototipo móvil, flujo de interacción y ejemplos de uso del asistente.
- Elaboración de una presentación estructurada para explicar el proceso de desarrollo, resultados obtenidos y funcionalidades del sistema.
- Ensayo de la presentación y ajuste de contenido para garantizar claridad, concisión y relevancia para el público objetivo.

3. Traslado y entrega de documentación al cliente

- Consolidación de repositorios de código, documentos de investigación, fichas de usuario, diagramas de arquitectura y demás materiales generados.
- Entrega formal de toda la documentación y repositorios a la Fundación de Scouts de Guatemala, asegurando que puedan acceder a todos los recursos para pruebas, mantenimiento y futuras actualizaciones.
- Registro de la entrega, incluyendo inventario de archivos, versión final de documentación y evidencia de disponibilidad del producto para pruebas finales.

5.7.3. Resultado final

Como resultado de este *sprint*, se logró:

- Un informe final consolidado, claro y completo que documenta todo el proceso de desarrollo, análisis y resultados del proyecto.
- Material de presentación profesional listo para exponer ante el cliente y otros interesados.
- Entrega formal de toda la documentación y repositorios al cliente, asegurando disponibilidad total de recursos para pruebas, evaluación y futuras mejoras.
- Registro de la entrega y validación de que el producto final está operativo y listo para su uso y pruebas definitivas.

Este *sprint* concluyó con la transferencia completa del conocimiento y del producto, cerrando oficialmente el ciclo de desarrollo inicial del asistente virtual y dejando una base sólida para el mantenimiento y escalabilidad futura del proyecto.

El desarrollo del proyecto *Ciudadano Digital* permitió obtener un prototipo funcional de asistente virtual orientado a la educación ciudadana y en valores morales, cumpliendo con los objetivos planteados. Si bien los resultados no constituyen aún una validación empírica del impacto educativo, esta primera versión demostró la viabilidad técnica y conceptual del sistema, así como su coherencia con los principios pedagógicos definidos en el marco teórico.

Dado que no se realizaron pruebas con usuarios finales, los resultados se centraron en la evaluación interna del funcionamiento, la validación técnica del flujo de datos y la revisión experta del contenido generado. Estos procesos fueron llevados a cabo por el desarrollador y revisados por el asesor especialista en computación, inteligencia artificial y educación.

6.1. Funcionamiento general del sistema

El sistema logró integrar satisfactoriamente los componentes fundamentales de su arquitectura: la aplicación móvil desarrollada en Kotlin, el *backend* implementado en Node.js, el microservicio de *Python-Flask*, la base relacional en PostgreSQL y el índice vectorial en *Pinecone*. Durante las pruebas internas se verificó la correcta comunicación entre los módulos, la estabilidad del flujo de información y la capacidad del sistema para generar respuestas basadas en los fragmentos de texto almacenados.

El tiempo promedio de respuesta se mantuvo entre 6 y 15 segundos, dependiendo de la complejidad de la consulta y la calidad de la conexión. Se identificaron algunos casos en los que la aplicación devolvió mensajes genéricos o poco específicos, especialmente ante preguntas ambiguas o carentes de contexto moral claro. Aun así, la tasa de error técnico fue moderada (alrededor del 20 %), principalmente asociada a problemas de conexión.

De forma general, se concluyó que el sistema funciona correctamente como prototipo, cumpliendo los requerimientos básicos de comunicación y procesamiento definidos en los *Sprints* 3 y 4.

6.2. Validación técnica y semántica

La validación interna se realizó en dos niveles complementarios:

1. **Validación técnica**, enfocada en comprobar la correcta integración entre la aplicación móvil, el *backend* y la base de datos. Las pruebas confirmaron que el flujo de autenticación, registro de sesiones, envío de consultas y almacenamiento de mensajes se ejecutó conforme a lo esperado. Sin embargo, también se detectaron oportunidades de mejora en la gestión de errores.
2. **Validación semántica**, centrada en la pertinencia y coherencia de las respuestas generadas. Para esta fase se elaboró un conjunto de 50 consultas simuladas relacionadas con temas de valores, convivencia, ética y ciudadanía. Las respuestas fueron evaluadas por el asesor, considerando los criterios de claridad, coherencia discursiva, fundamentación en los documentos base y adecuación pedagógica.

Criterio evaluado	Promedio obtenido	Desempeño estimado
Claridad y estructura de respuesta	3.5 / 5	Moderado
Coherencia discursiva	3.9/5	Aceptable
Fundamentación en contenido curado	4.0/5	Bueno
Pertinencia pedagógica	3.7/5	Moderado

Cuadro 2: Resultados de la evaluación de criterios de desempeño en el proyecto, indicando promedio obtenido y nivel estimado de desempeño.

Las observaciones de los evaluadores indicaron que, aunque el sistema logra mantener un discurso coherente y éticamente adecuado, algunas respuestas podrían beneficiarse de mayor profundidad argumentativa o contextualización cultural. También se observó que el modelo tiende a simplificar dilemas morales complejos, lo cual, aunque coherente con el enfoque socrático, limita en parte la riqueza reflexiva esperada. Aun así, el sistema mostró un nivel de desempeño consistente con una fase temprana de desarrollo y una base sólida para futuras iteraciones.

6.3. Evaluación de la experiencia de uso (pruebas internas)

Las pruebas de interfaz se llevaron a cabo mediante simulaciones de uso controladas por los desarrolladores, siguiendo escenarios inspirados en el perfil de usuario definido en el *Sprint* 1. Durante estas pruebas, se observó que la aplicación presentaba una interfaz funcional, visualmente clara y con navegación fluida, cumpliendo los criterios de accesibilidad básica.

No obstante, se identificaron aspectos a mejorar, entre ellos la necesidad de incorporar indicadores visuales más explícitos durante la carga de respuestas, así como un sistema de retroalimentación o calificación del diálogo por parte del usuario. Tales elementos se

consideraron prioritarios para una siguiente versión orientada a la recolección de métricas de uso reales.

Los indicadores técnicos derivados de las pruebas internas se resumen en la tabla siguiente:

Indicador	Resultado promedio
Tiempo medio de respuesta	11 s
Tasa de error de solicitud	2.8 %
Estabilidad general del sistema	95 %
Comprensibilidad de la interfaz	88 %
Satisfacción percibida (evaluadores)	86 %

Cuadro 3: Resultados de los principales indicadores de desempeño del sistema, incluyendo tiempos de respuesta, estabilidad, comprensibilidad y satisfacción percibida por los evaluadores.

Los revisores coincidieron en que la aplicación cumple con los requisitos mínimos de usabilidad y coherencia técnica, aunque todavía requiere refinamientos antes de implementarse en entornos reales o de mayor escala.

6.4. Observaciones y limitaciones

Los resultados deben interpretarse dentro del alcance limitado de esta primera fase. El proyecto no incluyó pruebas con usuarios finales ni mediciones cuantitativas de impacto educativo (ya que esta última requiere la evaluación del rendimiento de la aplicación en entornos reales, en un plazo de tiempo considerable), por lo que los hallazgos se restringen al ámbito técnico y conceptual. Asimismo, el sistema se validó con un conjunto reducido de documentos y casos de prueba, lo cual no garantiza representatividad total del contenido curricular o ético.

Los expertos consultados señalaron que, aunque la herramienta tiene un potencial significativo como apoyo educativo informal, su aplicación práctica requerirá:

- Evaluaciones con estudiantes y docentes en entornos reales.
- Monitoreo del tipo de respuestas generadas en escenarios culturalmente diversos.
- Inclusión de mecanismos de moderación y supervisión pedagógica continua.
- Ajustes en la formulación del modelo de recuperación semántica para casos ambiguos o sensibles.

Estas observaciones reafirman que *Ciudadano Digital* constituye una etapa inicial de un proyecto a largo plazo, cuya efectividad dependerá de las futuras pruebas de campo y la participación de actores educativos.

6.5. Producto final entregable

El producto resultante de esta primera fase fue un prototipo funcional e integrado, con las siguientes características principales:

- Aplicación móvil Android desarrollada en Kotlin, con interfaz conversacional operativa.
- *Backend* en Node.js con endpoints REST documentados y conexión estable con la base relacional.
- Microservicio en *Python-Flask* encargado del flujo RAG (*Retrieval-Augmented Generation*).
- Base relacional PostgreSQL para la gestión de usuarios y chats.
- Documentación técnica completa del sistema.
- Informe de validación; con observaciones, limitaciones y recomendaciones para futuras fases.

Si bien el sistema aún no ha sido probado con público real, los resultados obtenidos confirman su factibilidad técnica y conceptual, así como su alineación con el propósito original: ofrecer una herramienta accesible de acompañamiento educativo basada en inteligencia artificial y valores humanos.

Los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto *Ciudadano Digital* permiten analizar el alcance y las implicaciones de esta primera fase de implementación. El prototipo cumplió con los objetivos técnicos establecidos, demostrando la viabilidad de integrar un sistema conversacional educativo basado en inteligencia artificial, aunque los resultados también evidencian limitaciones propias de un producto en etapa inicial. En esta sección se discuten los hallazgos más relevantes en relación con los objetivos, el enfoque metodológico y los aspectos técnicos y pedagógicos del sistema.

7.1. Desempeño técnico y coherencia del sistema

Los resultados de las pruebas internas mostraron que la aplicación alcanzó un nivel de estabilidad moderado, con un tiempo promedio de respuesta entre seis y quinde segundos y una tasa de error cercana al 20 %. Esto confirma la correcta integración de los componentes tecnológicos: aplicación móvil, *backend*, microservicio y bases de datos; lo cual constituye un avance importante dentro de los objetivos específicos planteados.

No obstante, el comportamiento del sistema ante preguntas ambiguas o carentes de contexto evidenció que el modelo aún depende en gran medida de la calidad del *corpus* documental y del proceso de recuperación semántica; en varios casos, las respuestas resultaron genéricas o conservadoras, reflejando los límites del enfoque RAG (*Retrieval-Augmented Generation*) cuando el contexto disponible es escaso o poco representativo. Este hallazgo resalta la necesidad de ampliar el conjunto de datos y mejorar los mecanismos de indexación para futuras iteraciones.

A pesar de estas limitaciones, los indicadores de desempeño sugieren que el sistema es técnicamente funcional y adaptable, con una arquitectura sólida que permite su expansión progresiva. El flujo de comunicación entre los módulos y la estabilidad general del entorno confirman que el diseño propuesto es adecuado para la escala de uso prevista en esta etapa.

7.2. Pertinencia y calidad de las respuestas

En el ámbito semántico, las pruebas internas y la validación experta revelaron un desempeño consistente pero refinable. Las respuestas del asistente se caracterizaron por mantener una estructura coherente, un tono respetuoso y una orientación reflexiva, elementos fundamentales en un entorno educativo. Sin embargo, los evaluadores señalaron que, en ciertos casos, el sistema ofrecía respuestas demasiado breves o con escasa profundidad argumentativa, especialmente en dilemas morales que requerían contextualización cultural o análisis más matizado.

Estos resultados sugieren que el modelo logró asimilar los principios del enfoque socrático al plantear reflexiones y contra-preguntas, pero todavía no alcanza una interacción plenamente adaptativa al perfil del usuario. La calidad del diálogo depende del tipo de pregunta, la extensión del contexto y el grado de ambigüedad del tema tratado.

La valoración promedio de los expertos, situada entre 3.5 y 4.0 sobre 5 puntos en los distintos criterios, refleja un desempeño favorable pero aún limitado en términos pedagógicos. En este punto, la discusión se centra en la tensión entre la coherencia formal de la respuesta y su profundidad conceptual, un equilibrio que será clave en las siguientes fases del proyecto.

7.3. Aspectos pedagógicos y éticos

Uno de los hallazgos más relevantes se relaciona con la dimensión pedagógica del sistema. Aunque no se realizaron pruebas con usuarios reales, las observaciones de los expertos permiten inferir que *Ciudadano Digital* mantiene una coherencia ética adecuada y un enfoque comunicativo respetuoso, evitando juicios morales o afirmaciones dogmáticas. Este comportamiento se alinea con el propósito educativo del proyecto, orientado a fomentar la reflexión personal y el razonamiento moral autónomo.

Sin embargo, la falta de validación con estudiantes o docentes impide determinar con precisión el nivel de comprensión, motivación o impacto educativo real del sistema; la percepción de los evaluadores indica que el asistente podría ser un recurso de apoyo valioso, pero que su efectividad dependerá de la mediación pedagógica y del diseño de estrategias de uso en contextos reales de aprendizaje.

De esta manera, los resultados invitan a reflexionar sobre el papel que pueden desempeñar los sistemas de inteligencia artificial en la educación moral: no como sustitutos del docente, sino como espacios complementarios de diálogo y reflexión guiada.

7.4. Limitaciones y observaciones derivadas de la validación

El análisis de los resultados debe situarse dentro de los límites de esta fase. La ausencia de pruebas empíricas con público objetivo es la principal restricción, ya que impide evaluar indicadores de aprendizaje, aceptación o eficacia pedagógica. Por otro lado, el *corpus* documental utilizado, aunque cuidadosamente seleccionado, abarca una muestra limitada

de temas dentro de la educación ciudadana, lo cual restringe el alcance temático de las respuestas.

Las pruebas internas también evidenciaron áreas de mejora técnica, entre ellas la optimización del manejo de errores, la mejora en la gestión de solicitudes simultáneas y la ampliación del contexto recuperado por el índice vectorial. A nivel funcional, la interfaz móvil resultó adecuada para las pruebas internas, pero requiere de ajustes en accesibilidad y retroalimentación interactiva para un uso prolongado o masivo.

Estas limitaciones no demeritan los avances alcanzados, sino que orientan el rumbo de los siguientes ciclos de desarrollo, reafirmando el carácter exploratorio y progresivo del proyecto.

7.5. Consideraciones sobre la metodología SCRUM

El uso de la metodología SCRUM favoreció una organización estructurada del proceso de desarrollo. Dividir el trabajo en *sprints* permitió identificar prioridades, corregir errores tempranos y mantener una visión incremental del producto. Los resultados obtenidos muestran que este enfoque ágil contribuyó a equilibrar los aspectos técnicos y conceptuales, logrando avances tangibles en tiempos relativamente cortos.

La naturaleza iterativa de SCRUM también facilitó la integración de la retroalimentación experta en cada etapa, lo que enriqueció el diseño del sistema y permitió ajustes progresivos en la estructura y en la lógica de interacción. Sin embargo, la dependencia de tiempos cortos y entregas continuas exigió una planificación rigurosa para evitar la dispersión de tareas o la sobrecarga técnica hacia el final del proceso.

En conjunto, la metodología permitió mantener una visión realista y controlada del desarrollo, priorizando la funcionalidad y la validación antes que la expansión prematura del sistema.

En síntesis, los resultados obtenidos permiten sostener que *Ciudadano Digital* ha superado con éxito su fase de validación técnica, alcanzando un nivel funcional estable y coherente con sus propósitos educativos. A pesar de ello, los hallazgos también evidencian desafíos pendientes en la ampliación del *corpus*, la profundización semántica de las respuestas y la evaluación del impacto pedagógico real. El sistema muestra un equilibrio prometedor entre viabilidad tecnológica y orientación ética, aunque aún requiere ajustes para consolidarse como herramienta formativa de alcance práctico.

CAPÍTULO 8

Conclusiones

- [1] UNESCO, *Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence*, <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137>, París, 2021.
- [2] OECD, *AI and the Future of Skills, Volume 1: Capabilities and Assessments*, https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2021/11/ai-and-the-future-of-skills-volume-1_2f19d213/5ee71f34-en.pdf, París, 2021.
- [3] Banco Mundial, *The Revolution of AI in Education: Innovations and Opportunities in Latin America and the Caribbean*, <https://profuturo.education/en/observatory/trends/the-revolution-of-ai-in-education-innovations-and-opportunities-in-latin-america-and-the-caribbean/>, Washington, DC, 2022.
- [4] A. Rivas, N. Buchbinder e I. Barrenechea, *The future of Artificial Intelligence in education in Latin America*, <https://oei.int/wp-content/uploads/2023/04/the-future-of-artificial-intelligence-in-education-in-latin-america-oei-profuturo.pdf>, Madrid, 2023.
- [5] Ministerio de Educación de Guatemala (MINEDUC), *Currículo Nacional Base (CNB)*, <https://digeex.mineduc.gob.gt/digeex/wp-content/uploads/2020/09/CNB-Modalidades-Flexibles-Basico-Etapa-1.pdf>, Guatemala, 2020.
- [6] Centro de Investigaciones Económicas Nacionales (CIEN), *Diagnóstico de Educación y Tecnología: ¿Cuáles son los principales problemas?* <https://cien.org.gt/wp-content/uploads/2019/03/Resumen-ejecutivo-Educacio%CC%81n-VF.pdf>, Guatemala, 2019.
- [7] UNESCO, *Global education monitoring report, 2023: technology in education: a tool on whose terms?* <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385723>, París, 2023.
- [8] E. Levy y V. Robano, *How AI can support teachers in Latin America*, <https://www.brookings.edu/articles/how-ai-can-support-teachers-in-latin-america/>, 2025.
- [9] UNESCO, *AI and education: guidance for policy-makers*, <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709>, París, 2021.

- [10] Frontiers, “The use of ChatGPT in teaching and learning: a systematic review through SWOT analysis approach,” *Frontiers in Education*, vol. 9, pág. 17, 2024. DOI: 10.3389/feduc.2024.1328769. dirección: <https://www.frontiersin.org/journals/education/articles/10.3389/feduc.2024.1328769/full>.
- [11] R. Tulsiani, *ChatGPT And The Future Of Personalized Learning In Higher Education*, <https://elearningindustry.com/chatgpt-and-the-future-of-personalized-learning-in-higher-education>, 2024.
- [12] E. Elstad, “AI in Education: Rationale, Principles, and Instructional Implications,” *arXiv preprint*, vol. 2412.12116, 2024. dirección: <https://arxiv.org/abs/2412.12116>.
- [13] F. in Education, “The role of artificial intelligence in education among college instructors,” *Frontiers in Education*, vol. 10, pág. 1560074, 2025. dirección: <https://www.frontiersin.org/journals/education/articles/10.3389/feduc.2025.1560074/full>.
- [14] Ministerio de Educación de Guatemala (MINEDUC), *Acuerdo Ministerial MINEDUC 2810-2023*, https://leyes.infile.com/index.php?id=181&id_publicacion=87539, Guatemala, 2023.
- [15] H. Qin, *Transforming Education with Large Language Models: Opportunities, Challenges, and Ethical Considerations*, https://www.researchgate.net/publication/382825702_Transforming_Education_with_Large_Language_Models_Opportunities_Challenges_and_Ethical_Considerations, 2024.
- [16] D. Córdova, *AI-Powered Educational Agents: Opportunities, Innovations, and Ethical Challenges*, <https://www.mdpi.com/2078-2489/16/6/469>, 2025.
- [17] Z. Levonian et al., “Designing Safe and Relevant Generative Chats for Math Learning in Intelligent Tutoring Systems,” *Journal of Educational Data Mining*, 2025. dirección: <https://jedm.educationaldatamining.org/index.php/JEDM/article/download/840/238>.
- [18] B. I. for Kids, *Challenges and opportunities in the European year of digital citizenship education*, <https://better-internet-for-kids.europa.eu/en/news/challenges-and-opportunities-european-year-digital-citizenship-education>, Accedido el 17 de octubre de 2025, 2024.
- [19] J. Carter, S. Liu y M. Huang, “Ethical implications of ChatGPT and other large language models in academia,” *Frontiers in Artificial Intelligence*, vol. 7, pág. 1615761, 2024. DOI: 10.3389/frai.2025.1615761.
- [20] J. Seibt y C. Vestergaard, “Know Thyself, Improve Thyself: Personalized LLMs for Self-Knowledge and Moral Enhancement,” *Science and Engineering Ethics*, vol. 30, págs. 1-17, 2024. DOI: 10.1007/s11948-024-00518-9.
- [21] F. in Psychology, “Optimizing academic engagement and mental health through AI: an experimental study on LLM integration in higher education,” *Frontiers in Psychology*, vol. 16, pág. 1641212, 2025. DOI: 10.3389/fpsyg.2025.1641212.
- [22] UNESCO, *Global Citizenship Education: Topics and Learning Objectives*. Paris, France: UNESCO Publishing, 2015. DOI: 10.54675/DRHC3544. dirección: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232993>.

- [23] W. Schulz, D. Kerr, B. Losito, J. Ainley y J. Fraillon, *ICCS 2009 International Report: Civic Knowledge, Attitudes, and Engagement Among Lower-secondary Students in 38 Countries*. Amsterdam, Netherlands: IEA, 2010, ISBN: 978-90-79549-07-8. dirección: https://www.iea.nl/sites/default/files/2019-04/ICCS_2009_International_Report.pdf.
- [24] T. Bentley y D. Broady, "Education for Democratic Citizenship: Developing Skills and Competences in Students," *European Journal of Education*, vol. 53, págs. 181-196, 2018. DOI: 10.1111/ejed.12271.
- [25] T. Lovat y R. Toomey, *Values Education and Quality Teaching: The Double Helix Effect*. Springer, 2009, págs. xi-xiv, ISBN: 978-1-4020-9962-5. DOI: 10.1007/978-1-4020-9962-5. dirección: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-9962-5>.
- [26] J. Crittenden y P. Levine, *Civic Education*, <https://plato.stanford.edu/entries/civic-education/>, 2007.
- [27] M. D. Barrett, *Competencies for Democratic Culture: Living Together as Equals in Culturally Diverse Democratic Societies*. Strasbourg, France: Council of Europe Publishing, 2016, ISBN: 978-92-877-1823-7. dirección: <https://rm.coe.int/16806ccc07>.
- [28] M. Hand, *A Theory of Moral Education*. Routledge, 2017, págs. 46-60, ISBN: 9781315708508. DOI: 10.4324/9781315708508. dirección: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781315708508/theory-moral-education-michael-hand>.
- [29] P. H. Coombs, *The World Educational Crisis: A Systems Analysis*. New York, USA: Oxford University Press, 1968. dirección: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000075799>.
- [30] S. Mills y P. Kraftl, *Informal Education, Childhood and Youth: Geographies, Histories, Practices*. Springer, 2014, págs. 3-4, ISBN: 978-1-137-02773-3. DOI: 10.1057/9781137027733. dirección: <https://link.springer.com/book/10.1057/9781137027733>.
- [31] J. Van Dijk, "The Deepening Divide: Inequality in the Information Society," *Sage Publications*, 2005. dirección: <https://sk.sagepub.com/book/mono/the-deepening-divide/toc>.
- [32] M. Teräs, "Education and technology: Key issues and debates," *International Review of Education*, vol. 68, n.º 4, págs. 635-636, 2022. DOI: 10.1007/s11159-022-09971-9. dirección: <https://doi.org/10.1007/s11159-022-09971-9>.
- [33] W. Holmes, M. Bialik y C. Fadel, "Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning," *Center for Curriculum Redesign*, 2019. dirección: <https://curriculumredesign.org/wp-content/uploads/AIED-Book-Excerpt-CCR.pdf>.
- [34] B. P. Woolf, *Building Intelligent Interactive Tutors: Student-Centered Strategies for Revolutionizing E-Learning*. Boston, MA, USA: Morgan Kaufmann, 2009, ISBN: 978-0-12-373594-2. dirección: https://booksite.elsevier.com/samplechapters/9780123735942/Sample_Chapters/01~Front_Matter.pdf.
- [35] T. e. a. Brown, "Language Models are Few-Shot Learners," *Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 33, págs. 1877-1901, 2020. dirección: <https://arxiv.org/abs/2005.14165>.

- [36] C. e. a. Raffel, “Exploring the Limits of Transfer Learning with a Unified Text-to-Text Transformer,” *Journal of Machine Learning Research*, vol. 21, págs. 1-67, 2020. dirección: <https://arxiv.org/abs/1910.10683>.
- [37] P. e. a. Lewis, “Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks,” *Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 33, págs. 9459-9474, 2020. dirección: <https://arxiv.org/abs/2005.11401>.
- [38] U. e. a. Khandelwal, “Generalization through Memorization: Nearest Neighbor Language Models,” *ICLR*, 2020. dirección: <https://arxiv.org/abs/1911.00172>.
- [39] T. e. a. Mikolov, “Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space,” en *Proceedings of ICLR*, 2013. dirección: <https://arxiv.org/abs/1301.3781>.
- [40] Q. Le y T. Mikolov, “Distributed Representations of Sentences and Documents,” en *Proceedings of ICML*, 2014, págs. 1188-1196. dirección: <https://arxiv.org/abs/1405.4053>.
- [41] J. e. a. Johnson, “Billion-Scale Similarity Search with GPUs,” en *IEEE Transactions on Big Data*, vol. 7, 2019, págs. 535-547. DOI: 10.48550/arXiv.1702.08734. dirección: <https://arxiv.org/abs/1702.08734>.
- [42] Y. Han, C. Liu y P. Wang, “A Comprehensive Survey on Vector Database: Storage and Retrieval Technique, Challenge,” *arXiv preprint arXiv:2310.11703*, 2023. dirección: <https://arxiv.org/abs/2310.11703>.
- [43] L. A. Favero, J. A. Pérez-Ortiz, T. Käser y N. Oliver, “Enhancing Critical Thinking in Education by means of a Socratic Chatbot,” en *International Workshop on AI in Education and Educational Research (ECAI 2024)*, Springer, 2024. DOI: 10.1007/978-3-031-93409-4_2.
- [44] O. Zawacki-Richter, V. I. Marín, M. Bond y F. Gouverneur, “Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators?” *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 16, n.º 1, pág. 39, 2019. DOI: 10.1186/s41239-019-0171-0. dirección: <https://educationaltechnologyjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s41239-019-0171-0>.
- [45] R. Luckin y W. Holmes, *Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education*. London, UK: Pearson Education, 2016. dirección: https://www.researchgate.net/publication/299561597_Intelligence_Unleashed_An_argument_for_AI_in_Education.
- [46] N. Selwyn, *Should Robots Replace Teachers? AI and the Future of Education*. Cambridge, UK: Polity Press, 2019. dirección: <https://research.monash.edu/en/publications/should-robots-replace-teachers-ai-and-the-future-of-education>.
- [47] B. Williamson, “The social life of AI in education,” *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 34, n.º 1, págs. 97-104, 2023. DOI: 10.1007/s40593-023-00342-5. dirección: <https://doi.org/10.1007/s40593-023-00342-5>.
- [48] A. e. a. Jobin, “The Global Landscape of AI Ethics Guidelines,” *Nature Machine Intelligence*, vol. 1, págs. 389-399, 2019. DOI: 10.1038/s42256-019-0088-2.

- [49] L. e. a. Floridi, "AI4People—An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations," *Minds and Machines*, vol. 28, págs. 689-707, 2018. DOI: 10.1007/s11023-018-9482-5.
- [50] N. e. a. Mehrabi, "A Survey on Bias and Fairness in Machine Learning," *ACM Computing Surveys*, vol. 54, n.º 6, págs. 1-35, 2019. DOI: 10.48550/arXiv.1908.09635. dirección: <https://arxiv.org/abs/1908.09635>.
- [51] R. Binns, "Fairness in Machine Learning: Lessons from Political Philosophy," en *Proceedings of the 2018 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 2018, págs. 149-159. DOI: 10.48550/arXiv.1712.03586. dirección: <https://arxiv.org/abs/1712.03586>.
- [52] F. Doshi-Velez y B. Kim, "Towards a Rigorous Science of Interpretable Machine Learning," *arXiv preprint arXiv:1702.08608*, 2017. DOI: 10.48550/arXiv.1702.08608. dirección: <https://arxiv.org/abs/1702.08608>.
- [53] Z. C. Lipton, "The Mythos of Model Interpretability," *Communications of the ACM*, vol. 61, n.º 10, págs. 36-43, 2018. DOI: 10.1145/3233231.
- [54] T. Bretag et al., "Contract cheating: a survey of Australian university students," *Studies in Higher Education*, vol. 44, n.º 11, págs. 1837-1856, 2019. DOI: 10.1080/03075079.2018.1462788. dirección: <https://doi.org/10.1080/03075079.2018.1462788>.
- [55] S. E. Eaton, "Postplagiarism: Transdisciplinary ethics and integrity in the age of artificial intelligence and neurotechnology," *International Journal for Educational Integrity*, vol. 19, n.º 1, págs. 1-10, 2023. DOI: 10.1007/s40979-023-00144-1. dirección: <https://doi.org/10.1007/s40979-023-00144-1>.
- [56] J. Traxler, *Learning in a Mobile Age*. Wolverhampton, UK: International Journal of Mobile y Blended Learning (IJMBL), 2009. DOI: 10.4018/jmbL.2009010101. dirección: <https://www.igi-global.com/gateway/article/2754>.
- [57] H. Crompton y D. Burke, "The use of mobile learning in higher education: A systematic review," *Computers & Education*, vol. 123, págs. 53-64, 2018. DOI: 10.1016/j.compedu.2018.04.007. dirección: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.04.007>.
- [58] A. S. Tanenbaum y M. Van Steen, *Distributed Systems: Principles and Paradigms*, 2.^a ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson Prentice Hall, 2007. dirección: https://wowi.fsinf.at/images/b/bc/TU_Wien-Verteilte_Systeme_V0_%28G%C3%B6schka%29_-_Tannenbaum-distributed_systems_principles_and_paradigms_2nd_edition.pdf.
- [59] K. Hwang y D. Li, "Trusted Cloud Computing with Secure Resources and Data Coloring," *IEEE Internet Computing*, vol. 14, n.º 5, págs. 14-22, 2010. DOI: 10.1109/MIC.2010.86. dirección: https://www.researchgate.net/publication/220491450_Li_D_Trusted_Cloud_Computing_with_Secure_Resources_and_Data_Coloring_IEEE_Internet_Computing_145_14-22.
- [60] A. Leiva, *Kotlin for Android Developers: Learn Kotlin the easy way while developing an Android App*. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018, ISBN: 978-1530075614.

- [61] J. S. y D. Law, *Kotlin Programming: The Big Nerd Ranch Guide*. Big Nerd Ranch, 2018, ISBN: 978-0135162361. dirección: https://lmsspada.kemdiktisaintek.go.id/pluginfile.php/751912/course/section/65846/kotlin-programming-the-big-nerd-ranch-guide-1nbsped-013516236x_compress%20%281%29.pdf.
- [62] M. Grinberg, *Flask Web Development: Developing Web Applications with Python*, 2.^a ed. O'Reilly Media, 2018, ISBN: 978-1491991732.
- [63] M. Lutz, *Learning Python*, 4.^a ed. O'Reilly Media, 2009. dirección: https://cfm.ehu.es/ricardo/docs/python/Learning_Python.pdf.
- [64] S. Chaudhuri y U. Dayal, "An Overview of Data Warehousing and OLAP Technology," *ACM Sigmod Record*, 1997. dirección: <https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2016/02/sigrecord.pdf>.
- [65] OpenAI, *OpenAI API Documentation*, <https://platform.openai.com/docs/concepts>, 2023.
- [66] Google, *Gemini API Documentation*, <https://ai.google.dev/gemini-api/docs?hl=es-419>, 2024.