

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

Sparkle: Gamificación en tiempo real para reuniones virtuales en entornos educativos

Autor/es:

Franco Feresini - LU: 1134116

Thomas Imbriago - LU: 1157255

Carrera:

Ingeniería en Informática

Tutor/es:

Nicolás Alberto Monzón

Año:

2025

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

Sparkle: Gamificación en tiempo real para reuniones virtuales en entornos educativos

Feresini, Franco – LU 1134116

Ingeniería Informática

Imbriago, Thomas – LU 1157255

Ingeniería Informática

Tutor:

Monzón, Nicolás Alberto,

(UADE) Universidad Argentina de la Empresa, Cdad. Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

(UdelaR) Universidad de la República, Departamento de Montevideo, Uruguay.

4 de noviembre de 2025

UADE

**UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS**

Agradecimientos

El desarrollo de *Sparkle* no habría sido posible sin la ayuda y el apoyo diario de las siguientes personas.

A nuestras familias y amigos, tanto dentro como fuera de la universidad, por el apoyo incondicional brindado en esta última etapa con la cual culminamos nuestra formación como ingenieros. A nuestro tutor, Nicolás Alberto Monzón, por su dedicación, compromiso y tiempo, siempre dispuesto a colaborar, aportar ideas y revisar minuciosamente cada avance del proyecto. A los docentes Gustavo Prillo y Lucas Katarzynski, por brindarnos su tiempo y espacio.

Agradecimientos personales

Franco Feresini: A mi pareja, Sophia Minor; a mis padres, Silvina La Rosa y Pablo Feresini; a mi hermana, Candela Feresini; y a mis abuelos, tías, tíos y primos, quienes siempre estuvieron a mi lado, alentándome a convertirme en la persona que soy hoy y a dar lo mejor de mí.

Thomas Imbriago: A mi madre y hermana, Lilian y Marie; a Berta, quien me acompañó en muchas tardes y noches de estudio; y a todas mis tías, que desde cerca o lejos siempre me brindaron su amor y palabras de apoyo.

Sin más preámbulos, nos agradecemos a nosotros mismos por acompañarnos y por haber elegido el camino del estudio.

“Realizar el destino de uno es la única obligación de una persona.”

— Paulo Coelho

Resumen

La presente propuesta aborda una problemática central de la educación remota sincrónica: la baja participación activa de los estudiantes y la dificultad para sostener su atención durante las clases. Para ello, se desarrolló un servicio complementario a plataformas de videoconferencia que integra técnicas de gamificación con procesamiento de lenguaje natural en tiempo real. El sistema utiliza un modelo de lenguaje de gran escala para generar dinámicamente preguntas interactivas. La solución propuesta apunta a mejorar el compromiso estudiantil, reducir la carga operativa del docente y ofrecer una experiencia de enseñanza más interactiva y adaptativa. El proyecto se implementa como un producto mínimo viable que se integra directamente con Google Meet, y está orientado a materias de carácter teórico o discursivo.

Abstract

This proposal addresses a central issue in synchronous remote education: limited active participation from students and the challenge of maintaining their attention during classes. To address this, a complementary service to video conferencing platforms was developed, integrating gamification techniques with real-time natural language processing. The system uses a large language model to dynamically generate interactive questions. The proposed solution aims to enhance student engagement, reduce the teacher's operational workload, and provide a more interactive and adaptive teaching experience. The project is implemented as a minimum viable product that integrates directly with Google Meet and is oriented towards theoretical or discursive subjects.

Índice

1. Introducción	8
1.1. Objetivo	8
1.2. Alcance	8
1.3. Descripción	9
2. Antecedentes	11
2.1. Marco Teórico	11
2.1.1. Educación a distancia	11
2.1.2. Historia de la educación a distancia	12
2.1.3. Educación a distancia en Argentina en la actualidad	13
2.1.4. Participación activa en entornos educativos	14
2.1.5. Gamificación	15
2.1.6. Modelos de Lenguaje Extensos (LLM)	16
2.1.7. Agente	18
2.2. Estado del arte	19
2.2.1. La transformación forzada hacia la virtualidad	19
2.2.2. Diferencias en la participación según la modalidad educativa	20
2.2.3. Gamificación en el ámbito de la educación	21
2.2.4. Conclusión	22
2.3. Competencia	22
2.3.1. Plataformas Competitivas en el Ámbito Educativo	23
2.3.2. Océano Azul	24
2.3.3. Matriz ERIC	24
2.3.4. Diccionario de variables	25
2.3.5. Curva de valor	26
2.3.6. Tabla comparativa	27
2.3.7. Síntesis del análisis competitivo	27
3. Descripción	29
3.1. User Research	29
3.1.1. Entrevistas	29
3.1.1.1. Entrevista a Enzo Meneguini Bernal	29
3.1.1.2. Entrevista a Gustavo Prillo	30
3.1.1.3. Análisis y reflexiones de entrevistas	31

3.1.2.	Encuesta a estudiantes	31
3.1.3.	User persona	34
3.2.	Solución	35
3.2.1.	Requerimientos	36
3.2.1.1.	Requerimientos funcionales	36
3.2.1.2.	Requerimientos no funcionales	37
3.2.2.	Casos de uso	38
3.2.3.	Diagrama de secuencia	42
3.2.4.	Producto	43
3.2.4.1.	Estilo	43
3.2.4.2.	Logo	44
3.2.4.3.	Misión	45
3.2.4.4.	Visión	45
3.2.4.5.	Cruz de Porter	45
3.2.4.6.	Análisis FODA	47
3.2.5.	Pantallas	48
3.2.6.	Tecnologías y servicios	56
3.2.6.1.	Vexa.ai	56
3.2.6.2.	WebSockets	57
3.2.6.3.	Express	58
3.2.6.4.	React	58
3.2.6.5.	Google Meet	58
3.2.6.6.	Google Workspace Marketplace API	58
3.2.6.7.	Google Meet Add-ons SDK	59
3.2.6.8.	Google Meet REST API	59
3.2.6.9.	OpenAI API	59
3.2.6.10.	OpenAI: Selección del modelo de lenguaje	59
3.2.6.11.	Amazon Web Services (AWS)	61
3.2.6.12.	Redis	61
3.2.6.13.	Base de datos NoSQL	61
3.2.7.	Arquitectura de la solución	61
3.2.7.1.	Arquitectura física	61
3.2.7.2.	Arquitectura de la base de datos	64
3.2.7.3.	Modelo C4	68
3.3.	Modelo de negocio	73
3.3.1.	Propuesta de valor	74
3.3.2.	Socios clave	74

3.3.3.	Actividades clave	74
3.3.4.	Segmentos de clientes	75
3.3.5.	Relación con los clientes	75
3.3.6.	Recursos clave	75
3.3.7.	Canales	75
3.3.8.	Vías de ingreso	76
3.3.9.	Estructura de costos	77
3.3.9.1.	Recursos humanos	77
3.3.9.2.	Infraestructura tecnológica	78
3.3.9.3.	Resumen de costos	79
3.4.	Análisis financiero	79
3.4.1.	Valor actual neto (VAN)	80
3.4.2.	Tasa interna de retorno (TIR)	80
3.4.3.	Período de recuperación de la inversión (Payback)	81
3.4.4.	Supuestos generales	81
3.4.5.	Escenarios	82
3.4.5.1.	Escenario optimista	82
3.4.5.2.	Escenario neutral	84
3.4.5.3.	Escenario pesimista	86
3.4.5.4.	Evaluación financiera de escenarios	88
3.5.	Análisis legal	89
3.5.1.	Protección de datos personales	90
3.5.2.	Propiedad intelectual y derechos de autor	90
3.5.3.	Términos y condiciones de uso	90
4.	Metodología de Desarrollo	92
4.1.	Planificación y definición de requisitos	92
4.2.	Diseño del sistema y arquitectura	92
4.3.	Implementación	92
4.4.	Pruebas y validación	92
5.	Pruebas Realizadas	94
5.1.	Pruebas funcionales de integración	94
5.1.1.	Caso de prueba 1: Integración y carga inicial	94
5.1.2.	Caso de prueba 2: Procesamiento de transcripción en tiempo real	95
5.1.3.	Caso de prueba 3: Generación y validación de preguntas	96
5.1.4.	Caso de prueba 4: Respuesta, puntaje y ranking	97

5.1.5. Caso de prueba 5: Cierre y persistencia de sesión	98
5.2. Prueba de usabilidad y rendimiento en entorno educativo real	98
5.3. Validación complementaria con docente particular y estudiantes	103
5.4. Síntesis general del proceso de validación	108
6. Discusión	110
7. Conclusión	111
Bibliografía	111
Anexo	117
Anexo A: Transcripción de la entrevista con Enzo Meneguini Bernal	118
Anexo B: Transcripción de la entrevista con Gustavo Prillo	121
Anexo C: Encuesta a estudiantes	126
Lista de Figuras	131
Lista de Tablas	133

1 Introducción

1.1 Objetivo

A continuación se presentan los objetivos que guían el desarrollo del proyecto. Se distingue entre el objetivo general, que establece el propósito principal de la propuesta, y los objetivos específicos, que detallan las acciones concretas necesarias para su implementación.

- **Objetivo general:** Desarrollar un servicio que, mediante la aplicación de técnicas de gamificación, incremente la participación activa y la atención de los estudiantes durante clases sincrónicas en entornos virtuales, en el contexto de carreras de grado en Argentina durante el año 2025.
- **Objetivos específicos:**
 - Diseñar e implementar un sistema gamificado de preguntas interactivas que responda en tiempo real al contenido desarrollado durante la clase y se adapte al cuerpo temático previamente definido.
 - Utilizar un agente basado en modelos de lenguaje capaz de generar preguntas formativas a partir de la transcripción en tiempo real de la clase y de un documento de referencia provisto por el docente.
 - Establecer criterios automáticos para detectar momentos oportunos en los que formular preguntas a los estudiantes, considerando la temporalidad y la progresión del contenido.
 - Integrar el servicio con plataformas de videoconferencia existentes, permitiendo la visualización de las preguntas generadas, el registro de las respuestas estudiantiles y la gestión de un sistema de puntajes asociado al desempeño.

1.2 Alcance

El alcance del presente trabajo consiste en la creación de un *Minimum Viable Product* (MVP). Esta primera versión busca evaluar, en un contexto real, una propuesta orientada a estimular la participación y mantener la atención de estudiantes universitarios durante clases sincrónicas virtuales, utilizando técnicas de gamificación y procesamiento del lenguaje en tiempo real.

El desarrollo del MVP se basa en la versión web de *Google Meet*. La elección de esta plataforma responde a las prestaciones que ofrece su *Software Development Kit* (SDK) oficial, que facilita la integración con la interfaz existente. Este entorno permite incrustar componentes

visuales directamente en el navegador, evitando instalaciones adicionales del lado del usuario y la necesidad de alternar entre distintas plataformas. Para asegurar la compatibilidad con Google Meet, el MVP se ejecuta exclusivamente en el navegador *Google Chrome*, que ofrece el soporte más completo y una integración óptima con dicha plataforma.

Además, se emplean *Application Programming Interfaces* (API) públicas específicas para obtener la transcripción en vivo de las sesiones y recolectar metadatos relevantes. Esto permite una extracción precisa de la información necesaria para alimentar el funcionamiento principal del sistema.

El núcleo del servicio es un modelo de lenguaje encargado de interpretar dinámicamente la transcripción de cada clase. Este modelo toma como referencia adicional un documento PDF previamente cargado por el docente, que actúa como contexto. A partir de esta información, se activa un sistema gamificado automático de preguntas interactivas, del tipo opción múltiple o verdadero/falso, destinadas a reforzar los conocimientos del tema tratado. La aparición de las preguntas se realiza en función de las preferencias del docente, con una validación previa que asegura su corrección y evite interrumpir el flujo de la clase.

Las respuestas de los estudiantes se traducen en un puntaje visible, diseñado para incentivar la competencia saludable y aumentar la motivación por participar activamente. Además, se proporciona al docente un reporte con indicadores simples que identifican el grado de comprensión general observado, permitiendo ajustes inmediatos en el desarrollo de la clase.

Este MVP se limita inicialmente a asignaturas predominantemente discursivas o teóricas, en las que predomine el contenido textual y conceptual, excluyendo aquellas materias que requieran notación simbólica, expresiones matemáticas complejas o representaciones gráficas especializadas.

Finalmente, quedan expresamente excluidos del alcance del proyecto: el desarrollo de una plataforma de videoconferencia propia, la adaptación específica para entornos móviles o de escritorio, y el procesamiento de archivos distintos al formato PDF con capa de texto libre de restricciones.

1.3 Descripción

La presente propuesta aborda una de las principales problemáticas a las que los docentes se enfrentan al dictar clases virtuales. La transición de la presencialidad a la virtualidad se vio acelerada por la pandemia de COVID-19 y, una vez finalizada, la enseñanza mediada por tecnología continúa en expansión. No obstante, esta transformación evidenció desafíos propios del entorno virtual, siendo uno de los más relevantes la disminución de la atención y la baja participación activa de los estudiantes. Para los docentes, resulta complejo evaluar la atención del alumnado en un entorno digital, a diferencia de las clases presenciales, donde existe retroalimentación visual y gestual inmediata (Bergdahl, 2022).

La participación en clase es un factor clave en el desarrollo de nuevas metodologías de enseñanza. Dado que la percepción de los estudiantes constituye un buen indicador de la calidad educativa, su satisfacción con los resultados obtenidos se considera una medida del éxito de dichas metodologías. Los resultados demuestran una correlación positiva entre la participación en clase y la satisfacción: a mayor participación, mayor satisfacción (Novo *et al.*, 2020).

En este escenario, resulta indispensable redefinir las estrategias educativas para fomentar una participación más activa y generar entornos virtuales que promuevan el compromiso del estudiante. El desafío no radica solo en trasladar los contenidos al formato virtual, sino en diseñar experiencias pedagógicas que mantengan el interés, estimulen el diálogo y favorezcan la construcción del conocimiento, incluso a distancia.

Esta problemática involucra tanto a docentes de grado que no logran obtener retroalimentación suficiente de sus cursos como a estudiantes que se ven afectados por entornos poco propicios para mantener la atención.

La propuesta consiste en un servicio complementario a las plataformas de videoconferencia que funcione como asistente pedagógico en tiempo real, utilizando técnicas de gamificación con el objetivo de fomentar la participación activa del alumnado durante la clase. La herramienta emplea distintos parámetros de la actividad estudiantil junto con la transcripción del contenido dictado para generar preguntas dinámicas a lo largo de la sesión. Los aciertos permiten a los estudiantes acumular puntos y comparar su desempeño con el de sus compañeros. Este enfoque de aprendizaje, basado en dinámicas interactivas, ha demostrado ser eficaz en diversos entornos académicos (Smirani *et al.*, 2022).

Al finalizar, se presenta un reporte sintético al docente con la finalidad de evaluar el nivel de comprensión de los conocimientos adquiridos y se destacará a los estudiantes con mejor desempeño.

La herramienta se basa en un modelo de lenguaje grande (*Large Language Model*, LLM) existente, encargado de generar preguntas de opción múltiple o abiertas en función del contexto de la clase. Este modelo tiene acceso a la transcripción en tiempo real, y la decisión sobre qué y cuándo preguntar se sustenta en el análisis de múltiples variables extraídas del desarrollo de la clase. De esta manera, el sistema adapta su comportamiento dinámicamente. La recopilación de respuestas se almacena además para generar información valiosa sobre el nivel de comprensión del grupo, lo que permite al docente abordar los puntos críticos y asegurar la apropiación de los conocimientos clave.

En síntesis, la propuesta busca no solo resolver una limitación actual de la enseñanza virtual, sino también habilitar nuevas formas de interacción más dinámicas, personalizadas y adaptativas en los entornos digitales de aprendizaje.

2 Antecedentes

2.1 Marco Teórico

En esta sección se presentan los conocimientos necesarios para el seguimiento efectivo del desarrollo del proyecto. Los antecedentes presentes permiten brindar un contexto al problema y fundamentar sus puntos de dolor.

En primer lugar, se analiza la educación a distancia, desde su definición general hasta su evolución histórica y su situación actual en el contexto argentino. A continuación, se explora el concepto de participación activa en entornos educativos. Luego, se introduce el concepto general de gamificación, con el objetivo de describir sus características principales, sus componentes y su funcionamiento. Finalmente, se presentan los LLMs, junto con el concepto de agente.

2.1.1 Educación a distancia

El concepto de educación a distancia puede prestar a confusión. A lo largo de la historia, este fue tomando distintos valores de acuerdo con el tiempo, lugar y tecnologías disponibles.

La educación a distancia puede definirse como un instrumento caracterizado por la separación física entre docente y estudiante, con la posibilidad de encuentros presenciales ocasionales que permiten fortalecer el vínculo pedagógico (Zigerell, 1984). Esta concepción se distingue de las primeras modalidades de educación por correspondencia, basadas únicamente en el intercambio asincrónico de materiales escritos, al incorporar instancias de interacción directa.

Por su parte, la educación a distancia ha sido conceptualizada también como la experiencia que combina los componentes de separación física del estudiante - docente, influencia de una institución educacional, el uso de medios técnicos y la comunicación bidireccional (Keegan, 1980).

Para el desarrollo de este proyecto interesa una definición de mayor actualidad que no solo tome como principal factor distintivo a la distancia física entre estudiante y docente, sino que también tome como clave al sincronismo del dictado del contenido, estableciendo una relación en tiempo real del estudiante y el docente. A continuación, se distinguen los siguientes conceptos (Rosen *et al.*, 2025):

- **Educación por redes virtuales.** La experiencia es autónoma y autodirigida usando tecnologías que conecten a los estudiantes con los recursos, instructores y docentes sin estar relacionados necesariamente a una institución.
- **Educación por contenido clonado.** Una institución dirige la experiencia de aprendizaje utilizando tecnologías que conecten a los estudiantes a contenido predesarrollado, donde los estudiantes tienen menos autonomía, pero más contacto con el docente a cargo.

- **Educación por aulas remotas.** Un curso dictado por un instructor o docente que mediante tecnologías permite extender la experiencia sincrónica del aula a largas distancias. En ellas, los estudiantes tienen menos autonomía y flexibilidad, pero tienen contacto y dirección concreta de un docente.

Para el uso concreto del MVP, resulta de especial importancia la definición de educación por aulas remotas, ya que es el contexto en el que se desarrolla el proyecto.

2.1.2 Historia de la educación a distancia

La educación a distancia no es un fenómeno nuevo. Ha estado presente en la sociedad desde, al menos, el año 1700 (Harting *et al.*, 2005).

El recorrido comienza con la educación por mensajería. Esta modalidad fue posible gracias al establecimiento de un servicio consistente y confiable, que evitara períodos de espera muy extensos entre los intercambios (Harting *et al.*, 2005). El primer registro de esta práctica se encuentra en 1728, en la Boston Gazette, donde Caleb Philips publicó un anuncio ofreciendo enviar lecciones semanales a estudiantes potenciales (Holmberg, 1995).

Los siguientes sucesos fueron los servicios de extensión universitaria. En 1800, las universidades de Oxford y Cambridge comenzaron a ofrecer servicios de extensión por correspondencia en Gran Bretaña. En Estados Unidos, hay referencias a programas de esta índole en universidades como Illinois Wesleyan University o la Universidad de Chicago, que datan de 1880 (Harting *et al.*, 2005).

Con la llegada de nuevas tecnologías como la radio y la televisión, surgieron nuevas ideas para acercar el contenido a los estudiantes. En 1928, distintas universidades comenzaron a utilizar la radio para brindar educación, tanto para cursos recreacionales como para cursos de grado. En sus comienzos, se empleaba principalmente para leer notas, listas y bibliografía (Harting *et al.*, 2005).

El primer registro de una universidad utilizando la televisión como medio de comunicación se remonta a 1932, en la Universidad de Iowa. Para 1968, las universidades de Ohio, Texas y Maryland contaban con estaciones de transmisión para estudiantes (Harting *et al.*, 2005). En este punto de la historia se identifica una limitación en el sistema: la calidad mediocre de la programación, sumada a un formato en el que usualmente solo un docente transmitía el contenido, resultó en un bajo interés en el formato (Reiser, 1987).

En la década de 1990, con la expansión de las computadoras de uso personal y el desarrollo de la World Wide Web, se abrió un nuevo mercado para la educación a través de Internet. A medida que surgieron sistemas de conferencia más sofisticados y se fortaleció el soporte para audio y video, las universidades comenzaron a experimentar un aumento en la demanda de cursos y programas en línea (Mason, 2001). En la actualidad, la educación a distancia se ha

consolidado como una alternativa legítima a la educación presencial. Es ofrecida por instituciones tradicionales con el objetivo de otorgar títulos o certificaciones adicionales, promovida también por empleadores para la capacitación de su personal, y utilizada por estudiantes autodidactas que acceden a ella como un servicio bajo demanda. En conclusión, la educación a distancia contemporánea permite ampliar el acceso al conocimiento a un número significativamente mayor de personas, superando las barreras geográficas y temporales propias de los modelos educativos convencionales.

2.1.3 Educación a distancia en Argentina en la actualidad

En el año 2023, la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) publicó el informe «La evaluación de la calidad en la Educación a Distancia», donde describe los Sistemas Institucionales de Educación a Distancia (SIED). En la elaboración del informe se recabó información estadística proveniente del Ministerio de Educación de la Nación para dimensionar la educación a distancia en la Argentina. El presidente de la CONEAU del momento, Néstor Pan, comenta: «En los últimos años se han incrementado las ofertas universitarias a distancia; también la inclusión de carga horaria no presencial en propuestas educativas presenciales. Existen evidencias que permiten proyectar que la educación a distancia tiende a incrementarse en el corto y mediano plazo». Estos comentarios son respaldados por el informe (Michele *et al.*, 2023).

En el año 2023, al mismo tiempo que este informe, la Argentina contaba con universidades e institutos universitarios de gestión estatal y privada de jurisdicción nacional, provincial e internacional. Al subsistema de gestión estatal lo integraban 61 instituciones nacionales, de las cuales 57 son universidades y 4 son institutos universitarios, además de 7 instituciones universitarias provinciales, contando con 6 universidades y 1 instituto universitario. Por su parte, el subsistema universitario de gestión privada lo integraban 68 instituciones universitarias, de las cuales 51 son universidades y 17 institutos universitarios. Finalmente, existe una institución universitaria internacional (Michele *et al.*, 2023).

Al momento del informe, el 41 % de las instituciones universitarias contaban con ofertas a distancia (Ver la Figura 2.1).

Asimismo, del total de 11.298 carreras de pregrado, grado y posgrado, solamente 506 fueron dictadas a distancia, lo cual representa el 5 % de la totalidad. Cabe destacar que este informe de la CONEAU no distingue las carreras que utilizan carga horaria no presencial en propuestas educativas presenciales. Sin embargo, al analizar el período 2011–2020, la cantidad de estudiantes que cursan educación a distancia creció de 104.575 a 200.096 (Michele *et al.*, 2023), lo que representa un aumento del 78 % en 10 años. Otro punto relevante del informe es que numerosas instituciones se presentaron al proceso de validación de los SIED, lo que sugiere una próxima expansión de las propuestas a distancia en el corto y mediano plazo.

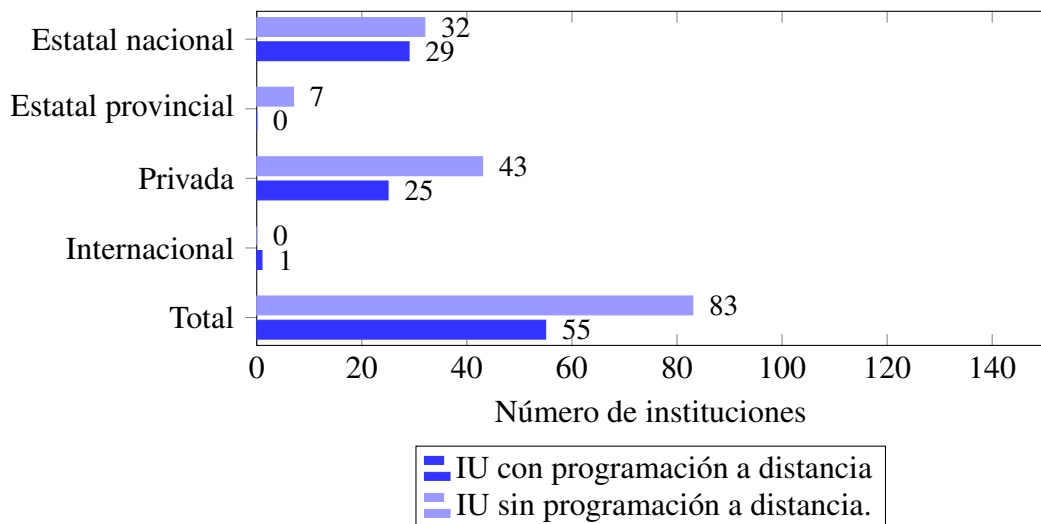


Figura 2.1: Instituciones universitarias, según CONEAU (2023).

2.1.4 Participación activa en entornos educativos

La participación estudiantil se analiza comúnmente desde tres dimensiones. Esta clasificación fue presentada en 2004 por Fredricks, Blumenfeld y Paris, siendo adoptada en investigaciones académicas debido a la sistematización y robustez teórica que ofrecieron. Según estos autores, el compromiso educativo incluye componentes conductuales, emocionales y cognitivos, los cuales interactúan de forma dinámica, influyendo en el rendimiento y la experiencia del estudiante.

El compromiso emocional se refiere a los sentimientos que los estudiantes desarrollan hacia el entorno educativo, tal como su relación con los docentes, compañeros y materias. Emociones como la alegría, el interés, la ansiedad o el aburrimiento influyen directamente en la predisposición del estudiante hacia el aprendizaje. Como señalan los autores, el compromiso emocional incluye tanto reacciones positivas como negativas al entorno que lo rodea, y se considera benéfico el vínculo con el mismo para involucrarse en el trabajo académico (Fredricks *et al.*, 2004).

El compromiso cognitivo alude al grado de inversión mental involucrado en el proceso de aprendizaje, incluyendo el pensamiento crítico y el deseo de exceder y superar los requisitos mínimos. Este tipo de compromiso se basa en la idea de la inversión intelectual por parte del estudiante, ya que implica una reflexión profunda y disposición a esforzarse con el fin de comprender conceptos complejos y dominar habilidades nuevas (Fredricks *et al.*, 2004).

El compromiso conductual implica la participación observable del estudiante, que hace referencia a la manera en la que se desenvuelve en el entorno educativo: asistiendo a clases, entregando trabajos y colaborando con sus pares. Se afirma que este tipo de participación e involucramiento es considerado crucial para alcanzar resultados positivos en el ámbito académico (Fredricks *et al.*, 2004).

Esta dimensión conductual del compromiso se relaciona directamente con lo que diversos autores denominan participación activa. De acuerdo con Fassinger (1995), la participación activa en entornos educativos puede referirse a cualquier comentario o pregunta realizada por el estudiante hacia el docente. Esta definición, aunque acertada, resulta limitada frente a los nuevos entornos de educación en aulas remotas. Partiendo de la propuesta anterior, en este trabajo se entiende la participación activa como cualquier comunicación verbal o no verbal entre el docente y los estudiantes, o entre dos o más estudiantes, vinculada al material dictado, que incluye presentar información, expresar opiniones y realizar o responder preguntas.

Existen múltiples factores que influyen en el grado de participación de los estudiantes, como el tamaño de la clase, la imagen personal, la edad de los estudiantes, la cultura institucional y las habilidades comunicativas. Por parte del docente, también inciden su autoridad y sus habilidades de comunicación (Fassinger, 1995).

A partir de esta definición ampliada, es posible clasificar la participación en distintas categorías según su modalidad y naturaleza:

- **Oral.** Existe un intercambio verbal oral entre las partes.
- **Escrita.** Existe un intercambio entre las partes mediante la escritura en foros, chats u otros recursos.
- **Voluntaria.** La participación es optativa y surge por el estudiante por deseo propio.
- **Requerida.** La participación es no optativa y solicitada por el docente.
- **Sincrónica.** La participación es en tiempo real y se espera una respuesta en el momento.
- **Asincrónica.** La participación no es en tiempo real y se espera una respuesta a futuro.

2.1.5 Gamificación

El término de gamificación fue atribuido por primera vez a Nick Pelling para describir interfaces y motores de videojuegos para hacer que las transacciones electrónicas sean más disfrutables (Kapp, 2012). Sin embargo, esta práctica de utilizar elementos de juegos para motivar a los individuos es observable mucho antes en la historia de la humanidad.

En este trabajo se adopta como definición de gamificación el proceso de aplicar elementos de juegos a prácticas que no son juegos con el objetivo de promover el involucramiento (Pereira *et al.*, 2025). Un punto importante a señalar es que el producto de la gamificación no es un juego, y por lo tanto no es correcto referirse a los usuarios como jugadores. Se debe referirse a ellos según el contexto de su aplicación. En un entorno educativo, el término correcto es estudiantes. De acuerdo con estos autores, se identifican tres categorías para clasificar los elementos de gamificación aplicados: mecánicas, dinámicas y componentes.

Las mecánicas de un juego son procesos básicos que generan acciones e involucramiento. Como ejemplo de mecánicas se incluyen las recompensas, la colaboración, los retos y la adquisición de recursos, entre otros.

Los componentes se conciben como instancias específicas dentro de las dinámicas y mecánicas que conforman un sistema de juego (Werbach *et al.*, 2020).

Las dinámicas son un aspecto de alto nivel que están asociadas a las experiencias de los jugadores, como las emociones, la progresión y la narrativa, entre otros (Pereira *et al.*, 2025).

Además de clasificar los elementos, también es posible categorizar las formas en que la gamificación se implementa en distintas prácticas. De acuerdo con cómo se aplica, se puede distinguir entre gamificación estructural y gamificación de contenido. La gamificación estructural no modifica el contenido, sino que agrega los elementos al escenario ya existente. Un ejemplo simple es tomar un portal de ventas y agregar un sistema de niveles y puntos al módulo de recompensas. En este caso, los niveles y puntos funcionan como mecanismos que extienden la experiencia del usuario con el proceso de compra o venta (Pereira *et al.*, 2025). Por su contraparte, la gamificación del contenido modifica el contenido, es decir, toma el contenido o proceso original y modifica la forma en la que el usuario lo experimenta (Pereira *et al.*, 2025). Un ejemplo ilustrativo es la plataforma CodeCombat, donde se brinda una historia de fantasía al usuario y este debe avanzar y resolver los desafíos utilizando código.

2.1.6 Modelos de Lenguaje Extensos (LLM)

Un LLM constituye una red neuronal con un número extremadamente elevado de parámetros, usualmente en el rango de miles de millones o más. Estos modelos son entrenados de manera rigurosa mediante aprendizaje auto-supervisado sobre grandes volúmenes de texto no etiquetado (Atkinson-Abutridy, 2024). Su objetivo principal es generar texto coherente y comprender el significado y el contexto de distintos contenidos textuales, incluyendo artículos, mensajes, documentos y conversaciones, lo que permite a las máquinas interactuar con el lenguaje humano de forma más inteligente.

Para lograr un entendimiento de alto nivel de un LLM, se propone la esquematización en tres componentes: percepción, cerebro y acción, como se muestra en la Figura 2.2 (Xi *et al.*, 2025).

El componente de percepción funciona como los órganos sensoriales de los humanos: recibe información del ambiente y la envía al cerebro. En el caso de un agente, se habla de entradas de información. El formato más común de entrada es el texto. En el texto hay datos explícitos, pero también se encuentran otros elementos implícitos, como emociones, intenciones y creencias. Comprender esta información es crucial para optimizar su funcionamiento. Otro tipo de entrada es la visual, comúnmente fotografías, que contienen abundante información del entorno útil para el agente. Por ello, integrar esta capacidad ayuda a que los agentes posean un

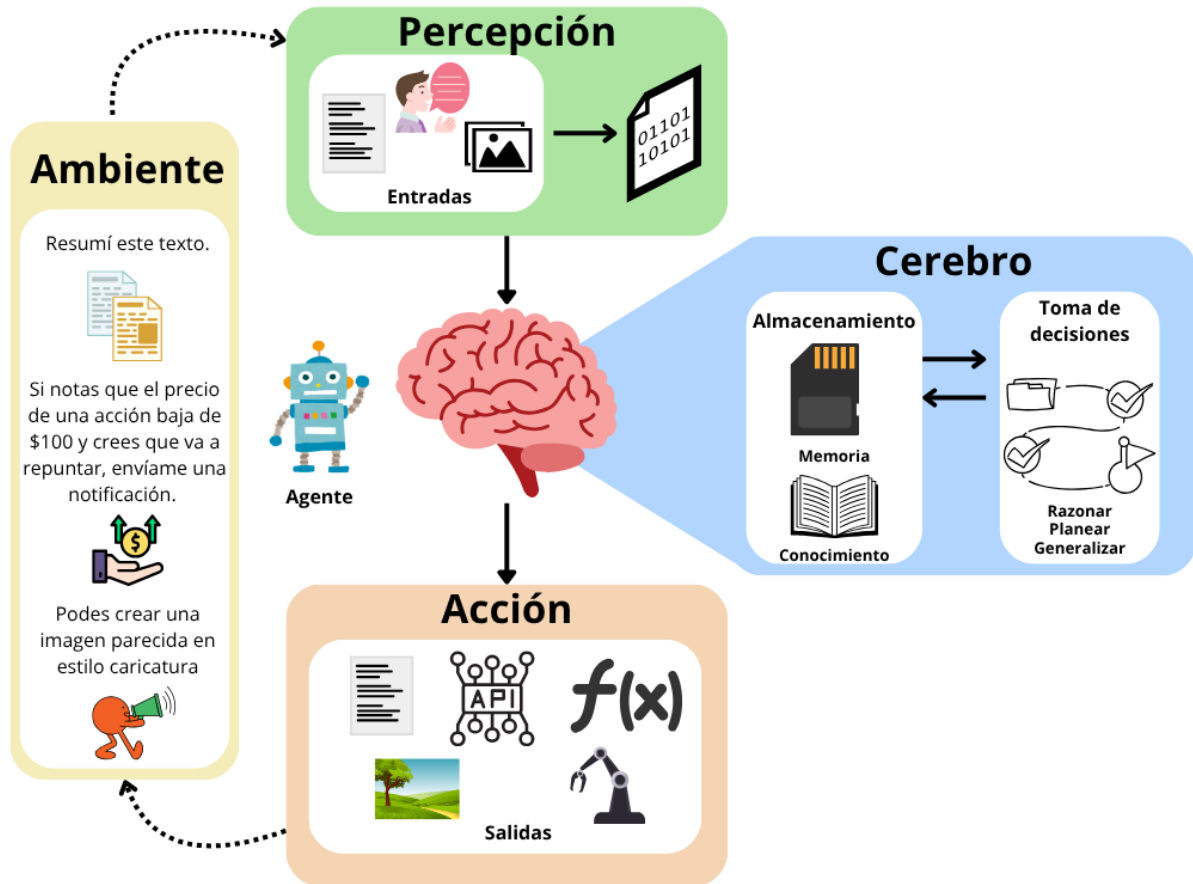


Figura 2.2: Esquema de un agente LLM. Adaptado de *The rise and potential of large language model based agents: a survey* (Xi et al., 2025).

mejor contexto y percepción ambiental. La tercera fuente común de entrada es la auditiva, que además de su función obvia para entender el diálogo humano, permite analizar sensaciones como lo haría una persona, dado que las palabras transmiten información implícita en el volumen, la velocidad y la entonación.

El componente denominado cerebro accede a su conocimiento y memoria para asistir en sus habilidades de planeamiento, razonamiento y generalización.

El conocimiento es el resultado del entrenamiento semisupervisado con grandes volúmenes de datos (Xi et al., 2025). Los modelos contienen un conocimiento de uso general, que incluye información del mundo destinada a mejorar el *sentido común* del modelo. Por otro lado, los modelos también incorporan conocimiento de dominios específicos, esencial para resolver tareas concretas.

La memoria, en cambio, guarda las experiencias pasadas para formular estrategias y tomar decisiones. Sin embargo, a medida que las interacciones con el agente crecen, también lo hace la memoria. Esto genera dos problemas principales: primero, el tamaño de los datos almacenados puede exceder la capacidad de procesamiento; segundo, la acumulación extensiva

de datos aumenta la dificultad de crear conexiones de memorias relevantes y puede generar acciones incoherentes (Xi *et al.*, 2025).

El razonamiento en un LLM se considera una habilidad emergente; es decir, una capacidad que no se manifiesta en modelos de menor escala, pero sí en modelos de mayor tamaño (Wei *et al.*, 2022). Se aplica la misma definición que en el caso de los seres humanos, entendida como una “facultad del ser humano por medio de la cual, ante situaciones, circunstancias, problemas reales o imaginarios, es capaz de proponer resultados aplicando conocimientos previos, acciones y efectos de deducir algo u obtener una consecuencia de otro hecho o llegar a un resultado” (Vargas *et al.*, 2019).

La capacidad de generalización está asociada a la posibilidad de utilizar un modelo preentrenado y, mediante entrenamiento específico, adaptarlo a tareas concretas. Esta habilidad es altamente deseada, ya que evita entrenar modelos nuevos desde cero y optimiza el uso de recursos computacionales (Solaiman *et al.*, 2021).

El componente de acción recibe órdenes del cerebro y ejecuta acciones o salidas mediante las cuales interactúa con el entorno (Xi *et al.*, 2025). De manera similar al componente de percepción, las formas en que un agente interactúa con el entorno son diversas. Habitualmente, estas salidas pueden ser textuales, como sucede con un agente conversacional, visuales o incluso a través de herramientas específicas según el objetivo particular del agente.

2.1.7 Agente

En términos generales y bajo el contexto de la inteligencia artificial, un agente refiere a una entidad artificial capaz de percibir su entorno, tomar decisiones y actuar en respuesta (Wooldridge *et al.*, 1995). Desde su aparición a mediados del siglo XX, estos agentes experimentaron grandes avances, aunque su foco inicial fue el desarrollo para tareas específicas. Un ejemplo claro es el agente Deep Blue, desarrollado por IBM, que logró por primera vez ganarle al campeón mundial de ajedrez Garry Kasparov bajo el reglamento estándar de competición.

El desarrollo de estos agentes se vio beneficiado por el surgimiento de LLMs, gracias a las capacidades demostradas por los modelos de lenguaje para entender el lenguaje natural, obtener información, seguir instrucciones, razonar y planear (Xi *et al.*, 2025).

Estos agentes se distinguen por poseer las siguientes propiedades fundamentales:

- **Autonomía.** La autonomía refiere a la capacidad de operar sin intervención directa de humanos u otros agentes y posee un grado de decisión sobre sus acciones y estados internos. Esto significa que, además de seguir órdenes, el agente debe poder iniciar y ejecutar acciones de forma independiente (Castelfranchi, 1995).
- **Reactividad.** La reactividad describe la habilidad de responder rápidamente a cambios repentinos en el ambiente (Goodwin, 1995).

- **Proactividad.** La proactividad indica que los agentes deben tener metas y trabajar en función de ellas, en lugar de limitarse a reaccionar al ambiente (Goodwin, 1995). Un ejemplo de proactividad es el resultado de usar instrucciones como “Trabajemos paso a paso”, lo cual desencadena su capacidad de razonar y planificar.
- **Habilidad social.** La habilidad social detalla la capacidad de un agente para interactuar con otros agentes humanos o artificiales. Incluye la comprensión e interacción según patrones humanos como la colaboración o la competencia (Xi *et al.*, 2025).

2.2 Estado del arte

En esta sección se examinan las principales soluciones, investigaciones y tecnologías existentes. Para ello, se identificaron trabajos relevantes que detallan las problemáticas abordadas por el proyecto, tales como los bajos índices de participación de estudiantes en clases remotas, la falta de personalización en el ámbito virtual y la falta de integración entre las plataformas educativas. La selección de las herramientas a comparar se basó en su reconocimiento dentro del ámbito académico y las funcionalidades que poseen respecto a los diferenciales del proyecto.

2.2.1 La transformación forzada hacia la virtualidad

La propagación global del COVID-19 en 2020 provocó un giro abrupto en todas las instituciones educativas, especialmente en la educación superior. Las instituciones debieron transicionar de manera repentina a la educación remota, siendo esta la única vía posible para continuar dictando clases, lo que implicó una adaptación forzada tanto para los estudiantes como para los docentes. Esta transformación reveló muchos puntos críticos en el entorno virtual, particularmente en lo que respecta a la participación, la atención y el bienestar académico del estudiante.

El estudio *Relationship between class participation and well-being in university students and the effect of COVID-19* (Novo *et al.*, 2020), destaca que durante este período de confinamiento los estudiantes reportaron una disminución en los niveles de bienestar laboral-académico y menor satisfacción con los resultados académicos obtenidos, incluyendo tendencias más bajas de participación. El estudio demostró que la virtualidad no solo impactó en los resultados de los estudiantes, sino también en la participación activa del estudiante.

La revisión sistemática *Impact of online learning on student's performance and engagement: A systematic review* (Akpen *et al.*, 2024), recientemente realizada sobre el impacto del aprendizaje en línea, reveló que, si bien algunos estudiantes valoraron positivamente la flexibilidad que las clases virtuales proporcionaban, una parte sustancial reportó desafíos como la sensación de aislamiento, la falta de interacción entre docentes y compañeros y una participación disminuida en las actividades académicas. El estudio señala que un 71,6% de los estudiantes

reportaron una disminución en su rendimiento académico en períodos donde cursaban de manera virtual, evidenciando un cambio negativo en la calidad percibida durante la pandemia.

2.2.2 Diferencias en la participación según la modalidad educativa

La modalidad de enseñanza tiene un impacto directo y estudiado sobre los niveles de participación estudiantil. La educación virtual, especialmente en contextos críticos como la pandemia por COVID-19, permitió la continuidad pedagógica ofreciendo flexibilidad y accesibilidad. No obstante, múltiples estudios señalan que la modalidad presencial sigue siendo más eficaz para fomentar una participación activa, concentración sostenida y un sentido de comunidad.

En el estudio comparativo sobre experiencias de aprendizaje remoto y presencial, según (Photopoulos *et al.*, 2023), se detectó que, si bien los estudiantes valoraban la utilidad presentada por cursos remotos, la educación presencial resulta más estimulante desde el punto de vista social y emocional. Los estudiantes reportaron niveles más altos de motivación, atención y compromiso en la modalidad presencial, atribuyendo estas variaciones a la posibilidad de interacción cara a cara con docentes y compañeros, un aspecto fundamental para el aprendizaje profundo y el sentido de pertenencia.

Complementariamente, Öncü, Çolakoğlu y Colak (Öncü *et al.*, 2024) estudiaron los grados de participación en cursos de tecnología de la información dictados en modalidad presencial y virtual. El estudio se realizó bajo la siguiente metodología: se dictó el mismo curso durante dos años consecutivos, en el primero de forma remota y en el segundo de manera presencial, manteniéndose los contenidos y el docente sin cambios sustanciales. Al finalizar, se pidió a los estudiantes que autoevaluaran su grado de participación y atención en clase, siendo 0 ninguna y 7 muy alta.

Tal como se observa en la Figura 2.3, la media de participación en el curso presencial fue de 4,16, mientras que en el curso remoto fue de 3,17. Esta diferencia de un punto implica un incremento del 14,2% relativo a la escala. También se observó una reducción de la desviación estándar en los resultados del curso presencial: en el curso remoto fue de 1,59, mientras que en el presencial fue de 1,43, lo que indica una distribución ligeramente más concentrada en torno a la media. Como conclusión, la investigación reveló que, aunque no hubo diferencia significativa en los resultados académicos, la participación activa fue significativamente mayor en el entorno presencial.

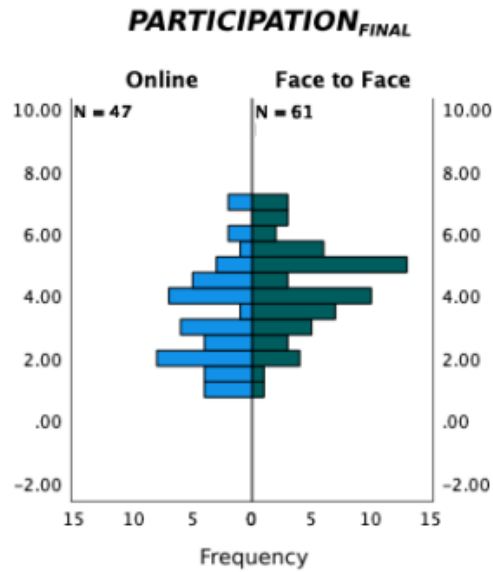


Figura 2.3: Comparación de estudiantes presenciales y remotos respecto a su participación al final del curso. Fuente: (Öncü *et al.*, 2024).

Por otro lado, en el estudio sobre el impacto del aprendizaje remoto durante la pandemia (Hollister *et al.*, 2022) se reveló que la transición forzada a entornos virtuales representó un desafío para muchos estudiantes, principalmente en términos de motivación sostenida y organización del tiempo. Asimismo, se evidenció una disminución en el nivel de participación y compromiso, lo que afectó la experiencia académica general. Este hallazgo reafirma la importancia de pensar estrategias que fortalezcan el compromiso estudiantil en la educación virtual.

2.2.3 Gamificación en el ámbito de la educación

La gamificación ha demostrado ser una manera eficaz de aumentar la motivación y el desempeño académico de los estudiantes. Una revisión sistemática realizada por (Jaramillo-Mediavilla *et al.*, 2024), que abarcó nueve estudios sistemáticos, indicó que el 56% de ellos reportaron mejoras en la motivación intrínseca y extrínseca, y el 33% evidenció mejoras en el rendimiento académico al implementar elementos propios de la gamificación como puntos, tablas de clasificación e insignias. Además, se destaca que estas técnicas han sido efectivas en disciplinas que suelen enfrentar barreras de atención, como las matemáticas, las ciencias y la programación.

Asimismo, el metaanálisis de (Li *et al.*, 2024) reveló que la utilización de gamificación produce efectos moderados en la motivación, específicamente al satisfacer tres necesidades psicológicas básicas: competencia, autonomía y relación social. Se concluyó que estas instancias de gamificación no solo incitaron un interés inicial, sino que también contribuyeron al mejoramiento del compromiso estudiantil, consolidando el valor de este enfoque pedagógico como potenciador

de la participación activa y sostenida del estudiante.

Al mismo tiempo, la sensación de pertenencia y cohesión social se ve afectada positivamente al implementar gamificación, específicamente en dinámicas colaborativas y progresivas, según (Smiderle *et al.*, 2020). Además, se evidenció que al utilizar esta técnica la participación activa e interacción entre estudiantes aumentaban, generando un clima más cohesionado y un mayor nivel en la experiencia académica percibida por el estudiante, quien se siente más comprometido y desafiado con el contenido.

Sin embargo, los estudios advierten limitaciones relevantes en estas herramientas (Sailer *et al.*, 2020). El abuso o uso indebido de las mismas puede llevar a una dependencia motivacional que no se sostiene al eliminar los estímulos del juego. Por este motivo, estas instancias deben tener una profunda integración pedagógica, donde la gamificación se utilice con un objetivo claro, evitando la reducción en la efectividad y que se convierta en puramente entretenimiento.

2.2.4 Conclusión

El relevamiento realizado evidencia que la disrupción causada por la virtualidad, acelerada por la pandemia de COVID-19, cambió la manera en la cual se experimentan los entornos educativos, afectando negativamente la participación, el bienestar y el compromiso de los estudiantes (Novo *et al.*, 2020; Akpen *et al.*, 2024; Hollister *et al.*, 2022). Las investigaciones evaluadas coinciden en que, si bien la educación virtual permitió la continuidad pedagógica, también trajo consigo desafíos significativos vinculados al aislamiento, la desmotivación y la disminución en la interacción social y académica (Photopoulos *et al.*, 2023; Öncü *et al.*, 2024). Debido a este contexto, la modalidad presencial es percibida como más eficaz para estimular la participación activa y la cohesión social.

En conjunto, estos hallazgos refuerzan la viabilidad del desarrollo de herramientas pedagógicas innovadoras, especialmente en entornos virtuales, que logren equilibrar el componente motivacional con dinámicas lúdicas que promuevan el aprendizaje, según (Jaramillo-Mediavilla *et al.*, 2024; Li *et al.*, 2024; Smiderle *et al.*, 2020). Esto plantea una oportunidad para nuevas soluciones tecnológicas, como aquellas que integran gamificación e inteligencia artificial, capaces no solo de incrementar los niveles de participación, sino también de adaptarse al contexto y estilo de cada docente y estudiante, promoviendo un aprendizaje más significativo y sostenido.

2.3 Competencia

En esta sección se detalla el contexto en el que las soluciones actuales se posicionan dentro del mercado, permitiendo situar la propuesta en desarrollo y evidenciando las diferencias que tiene respecto al ecosistema educativo digital actual. A través de herramientas como la matriz ERIC, la estrategia del Océano Azul y una tabla de atributos con las funcionalidades clave no abordadas por la competencia.

2.3.1 Plataformas Competitivas en el Ámbito Educativo

En el contexto educativo actual, existen diversas plataformas digitales que ofrecen soluciones para facilitar el aprendizaje y la gestión en el aula. A continuación, se presentan las principales herramientas utilizadas en el ámbito educativo, las cuales se destacan por su capacidad para crear instancias de gamificación y enriquecer la experiencia educativa.

Kahoot!

Kahoot! es una plataforma educativa basada en la gamificación que permite a los docentes crear cuestionarios interactivos y actividades en tiempo real. A través de sus dispositivos, los estudiantes participan en un entorno dinámico y competitivo, lo que motiva su participación y mejora su implicación en el proceso de aprendizaje. Esta herramienta es especialmente útil para evaluar la comprensión de los estudiantes, favoreciendo la retroalimentación inmediata. (Kahoot!, 2025)

Socrative

Socrative es una plataforma diseñada para realizar evaluaciones formativas en tiempo real. Permite a los docentes crear cuestionarios, encuestas y actividades interactivas, proporcionando resultados inmediatos sobre el rendimiento de los estudiantes. Este sistema facilita la adaptación de la enseñanza a las necesidades del aula y permite realizar un seguimiento detallado del progreso de los estudiantes, contribuyendo a una enseñanza más personalizada y eficaz. (Socrative, 2025)

Edpuzzle

Edpuzzle es una herramienta que permite transformar videos educativos en experiencias de aprendizaje interactivas. Los docentes pueden insertar preguntas y evaluaciones directamente en el contenido audiovisual, lo que fomenta la participación activa de los estudiantes y refuerza la comprensión del material. Además, la plataforma ofrece herramientas de seguimiento detallado del progreso de los estudiantes, lo que permite a los docentes identificar áreas de mejora y ajustar la enseñanza de manera efectiva. (Edpuzzle, 2025)

Quizlet

Quizlet es una plataforma de aprendizaje que se centra en el uso de tarjetas de memoria, pruebas y juegos interactivos para reforzar la adquisición de conceptos clave. Su enfoque en la repetición espaciada y la gamificación ayuda a los estudiantes a consolidar el conocimiento de manera autónoma y entretenida, mejorando la memorización y el repaso efectivo de contenidos académicos. (Quizlet, 2025)

Classcraft

Classcraft es una plataforma de gestión educativa que incorpora elementos de gamificación para promover la colaboración y el compromiso de los estudiantes en el aula. A través de un sistema basado en roles, los estudiantes participan en desafíos académicos y reciben recompensas por su desempeño, lo que favorece la motivación intrínseca y el trabajo en equipo. Esta herramienta fomenta un ambiente de aprendizaje positivo y fortalece la relación entre el docente y los estudiantes. (Classcraft, 2025)

2.3.2 Océano Azul

Con el fin de identificar el posicionamiento diferencial de esta propuesta frente a los competidores existentes en el mercado, se adoptó un enfoque estratégico inspirado en el modelo del Océano Azul propuesto por Kim y Mauborgne (Kim *et al.*, 2015). El marco analítico busca crear un nuevo espacio de valor agregado en lugar de competir directamente en mercados saturados, invitando a repensar las variables clave del sector educativo gamificado.

La herramienta se estructura a partir de cuatro acciones fundamentales que orientan la innovación de valor:

- **Eliminar:** prácticas obsoletas o asumidas como estándar sin cuestionamiento.
- **Reducir:** aquellos aspectos que no generen valor diferencial.
- **Incrementar:** características subestimadas que ofrecen ventajas significativas al usuario.
- **Crear:** nuevos atributos que hasta el momento no se han llevado a cabo por la industria.

Este análisis permite contrastar la propuesta con plataformas consolidadas como Kahoot!, Socrative, Edpuzzle, Quizlet y Classcraft, que comparten un enfoque centrado en actividades predefinidas, escasa adaptación contextual y limitada interacción con el entorno de la clase en tiempo real. La presente solución se destaca por ofrecer funcionalidades no exploradas en el sector, como la comprensión del contexto en vivo durante clases virtuales, la automatización de la generación de actividades, la personalización de la aparición de preguntas según la preferencia del docente y la integración directa con plataformas de videoconferencia.

La solución propuesta no busca competir con las herramientas existentes en su mismo terreno, sino ampliar los límites actuales de la industria del aprendizaje gamificado mediante innovación orientada tanto al docente como al estudiante.

2.3.3 Matriz ERIC

Para complementar el análisis estratégico realizado con el enfoque de Océano Azul, se elaboró la Matriz ERIC aplicada al entorno de la educación virtual gamificada. Cada variable se

ubicó en el eje horizontal según su importancia para el usuario y en el eje vertical según su nivel de oferta en las plataformas competidoras. De este modo, la Figura 2.4 muestra claramente qué elementos se deben eliminar o reducir por aportar poco valor, cuáles conviene incrementar para obtener ventaja competitiva y qué atributos es necesario crear para diferenciar la propuesta.



Figura 2.4: Matriz ERIC. Análisis de los elementos presentes en la propuesta que diferencian la propuesta de los competidores. Fuente: Elaboración propia.

2.3.4 Diccionario de variables

La siguiente tabla de variables, presentada en la Matriz ERIC (Figura 2.4), detalla las acciones ERIC aplicadas al proyecto, especificando qué elementos se deben eliminar, reducir, incrementar o crear para optimizar la experiencia gamificada:

■ Eliminar

- Creación manual de actividades: eliminar la dependencia de que el docente genere cada ejercicio, cuestionario o dinámica.
- Falta de integración entre entornos: eliminar la necesidad de utilizar diferentes entornos para enseñar, evaluar y gamificar.

■ Reducir

- Dependencia de cuestionarios genéricos: disminuir el uso de actividades predefinidas que no respondan al contexto específico de la clase.
- Configuración extensa de actividades: reducir el tiempo y pasos que requiere configurar dinámicas gamificadas en las plataformas actuales.

■ Incrementar

- Nivel de personalización de la experiencia docente: expandir las alternativas para que cada docente decida cómo, cuándo y qué clase de actividades surjan durante la lección.
- Capacidad de respuesta en tiempo real: aumentar la adaptabilidad de la herramienta para modificar o generar actividades conforme avanza la clase.
- Participación activa y continua del estudiante: incrementar los mecanismos que promuevan la intervención directa del alumnado.
- Recursos de refuerzo del aprendizaje: ampliar la cantidad de actividades diseñadas para consolidar conocimientos.

■ Crear

- Motor de generación automática de actividades: crear un sistema que detecte el tema abordado y proponga dinámicas adecuadas sin intervención manual.
- Generación automática de actividades gamificadas en vivo: permitir que se detecte el contenido y se generen actividades acordes, sin intervención manual.
- Estadísticas sobre la comprensión del tema: proporcionar información inmediata y acumulativa acerca del rendimiento del grupo y de cada estudiante, en relación con los temas discutidos.
- Un entorno unificado: crear un solo espacio donde se integren todas las funciones, evitando interrupciones en el flujo de la clase.

2.3.5 Curva de valor

La curva de valor, presentada en la Figura 2.5, permite comparar los diferenciales que presenta la organización frente a sus competidores (Kim *et al.*, 2015). En el eje horizontal se observan las variables que la empresa considera que aportan un valor agregado a los clientes; en el eje vertical, el nivel de oferta que ofrecen las soluciones al mercado.

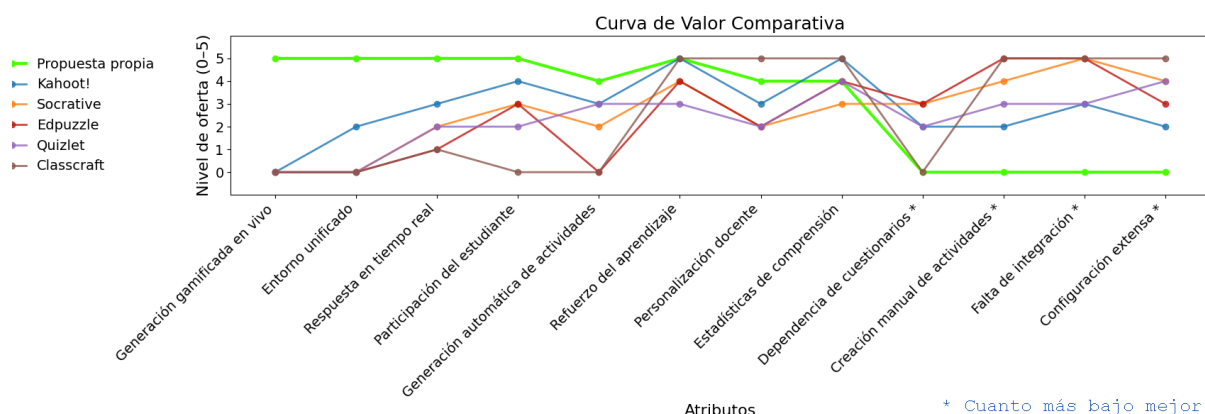


Figura 2.5: Curva de valor. Comparación de la solución propuesta respecto a soluciones líderes en el mercado del mismo rubro. Fuente: Elaboración propia.

2.3.6 Tabla comparativa

TABLA 2.I: Comparación de atributos entre plataformas. Fuente: Elaboración propia.

Atributos / Plataformas	Propuesta propia	Kahoot!	Socrative	Edpuzzle	Quizlet	Classcraft
Generación automática de preguntas en vivo	Sí	No	No	No	No	No
Generación de actividades mediante documentos por IA	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No
Incorporada al flujo de la clase	Sí	No	No	No	No	No
Personalización según preferencias del docente	Sí	Limitada	Limitada	No	No	Sí
Adaptación al contexto de clase en tiempo real	Sí	No	No	No	No	No
Estímulos para asentar el conocimiento	Sí	Sí	No	No	No	Sí
Un entorno unificado para clase, gamificación y análisis	Sí	Limitada	No	No	Limitada	No
Narrativa y progresión gamificada	No	No	No	No	No	Sí
Variedad de tipos de actividades	No	Sí	No	No	Sí	Sí
Interacción social o trabajo colaborativo	Sí	Sí	No	No	No	Sí

2.3.7 Síntesis del análisis competitivo

Como se ha expuesto en las secciones anteriores, actualmente existen múltiples soluciones de gamificación aplicadas al ámbito educativo, las cuales se han instalado como herramientas de

uso frecuente en entornos escolares y universitarios. El análisis comparativo permite identificar con claridad las limitaciones estructurales que presentan, centrándose en su mayoría en ofrecer experiencias de participación puntuales basadas en cuestionarios o dinámicas básicas, con poca capacidad de personalización y sin integración al contexto de la clase en tiempo real.

A diferencia de las alternativas ofrecidas en el mercado, la presente propuesta introduce un enfoque centrado en la automatización, la adaptación pedagógica y la integración operativa. Se destaca por ser la única entre las analizadas que combina la generación automática de preguntas contextualizadas, la personalización según el estilo del docente y la unificación del entorno de clase. Mientras que las plataformas existentes requieren que el docente diseñe manualmente las actividades, alterne entre herramientas externas y administre los resultados por separado, lo que implica una carga mental considerable, esta solución resuelve esos puntos críticos dentro de un flujo integrado. En este sentido, la automatización inteligente no solo mejora la calidad de la intervención pedagógica, sino que también optimiza el tiempo de preparación y ejecución de la clase. Al permitir que las preguntas se generen automáticamente sin ser solicitadas, pero requiriendo validación, y al reunir todas las funcionalidades necesarias en un único entorno, la propuesta reduce drásticamente los pasos que el docente debe seguir, eliminando tareas repetitivas y favoreciendo una experiencia de enseñanza más ágil, continua y sostenible.

Asimismo, la solución permite registrar estadísticas sobre la comprensión del tema en tiempo real, lo que brinda al docente la posibilidad de intervenir con mayor precisión pedagógica. En contraste, si bien herramientas como Socrative o Edpuzzle permiten obtener datos, su uso sigue siendo limitado por la desconexión entre el contenido, el contexto y el momento de aplicación.

Otro elemento distintivo es la interacción colaborativa entre estudiantes, que en esta propuesta se combina con la aparición inteligente de preguntas durante los momentos clave de la clase, algo que solo Classcraft aborda parcialmente desde una lógica narrativa.

En conclusión, la propuesta no pretende mejorar ligeramente las soluciones existentes, sino redefinir los ejes funcionales de las plataformas de gamificación educativa. Lo hace trasladando el foco desde la repetición estructurada hacia una experiencia dinámica, contextual y personalizada, capaz de responder al entorno real de enseñanza y potenciar tanto la participación como el aprendizaje efectivo.

3 Descripción

En esta sección se desarrolla el análisis del proyecto Sparkle como solución, desarrollando la investigación de usuarios, los requerimientos identificados, los productos involucrados, la experiencia de los usuarios y las tecnologías necesarias.

3.1 User Research

Con el objetivo de reunir información que valide la problemática encontrada y comprender mejor los puntos de dolor detectados, se realizaron múltiples investigaciones exploratorias. Se entrevistó a dos profesionales relacionados con la educación y se realizó una encuesta dirigida a estudiantes de grado.

3.1.1 Entrevistas

Con el objetivo de comprender la problemática y los principales puntos de dolor desde la perspectiva de los profesionales del área, se realizaron entrevistas a un docente universitario con amplia trayectoria en la docencia y a un estudiante de maestría en Políticas Educativas.

3.1.1.1 Entrevista a Enzo Meneguini Bernal

Como parte de la investigación exploratoria, se entrevistó a Enzo Meneguini Bernal, Docente Especialista en Ciencias Naturales y maestrante en Políticas Educativas, con el objetivo de profundizar en la problemática de la disminución de la atención por parte de los estudiantes durante las clases virtuales.

Desde su experiencia, Enzo señaló que uno de los principales factores que dificulta la concentración en entornos virtuales es la ausencia del componente presencial, entendido no solo como la presencia física, sino también como la implicancia simbólica de «estar en la institución». Enzo recalca que el hecho de no estar en la institución debilita la Figura de autoridad del docente y, en consecuencia, reduce su capacidad de generar compromiso en los estudiantes. También remarcó que, en muchos casos, los estudiantes se conectan a las clases pero realizan otras actividades en paralelo, situación que considera fuera del control del docente.

Ante la consulta sobre qué medidas tomaba para contrarrestar esta situación, destacó el valor de utilizar herramientas de gamificación como Kahoot!. En su experiencia, estos recursos aumentan significativamente la participación y el interés de los estudiantes, en especial cuando se introducen dinámicas competitivas o sistemas de puntaje. Sin embargo, remarcó que deben estar acompañados de espacios de metacognición que promuevan la reflexión sobre el propio proceso de aprendizaje.

En relación con el proyecto propuesto, Enzo valoró positivamente la idea de incorporar

preguntas interactivas en tiempo real durante las clases, como forma de sostener la atención y fomentar la participación activa. Sin embargo, planteó la preocupación de que pueda interrumpir el flujo de la clase, proponiendo que su implementación sea flexible y se ajuste a los distintos ritmos y formatos de clase.

Un punto importante que propuso Enzo fue que el diseño de la herramienta contemple diferencias generacionales entre docentes, ya que la familiaridad con las tecnologías varía ampliamente. Comentó que los docentes de mayor edad o con menos formación específica en herramientas tienden a mostrarse más reticentes, no por desinterés, sino por falta de familiaridad. Por ello, considera importante que cualquier herramienta tecnológica pensada para el aula sea intuitiva y de fácil adopción. También comentó que una de las razones por las cuales los docentes no aplican más herramientas en las clases virtuales es la falta de tiempo que enfrentan para preparar dinámicas interactivas. Enzo relata que muchos docentes trabajan en otros empleos o llegan a dar clase luego de una jornada laboral extensa, por lo que la carga extra que implica diseñar y programar juegos o preguntas puede ser una barrera significativa. Desde esa perspectiva, ve con buenos ojos una herramienta que pueda asistir al docente generando automáticamente contenido interactivo durante la clase. Considera que este tipo de herramientas serían particularmente útiles si reducen el trabajo previo y se adaptan al flujo de una clase en vivo, siempre y cuando el docente tenga la posibilidad de validar o editar los contenidos generados.

La transcripción completa de la entrevista se encuentra disponible en el Anexo A.

3.1.1.2 Entrevista a Gustavo Prillo

Como segunda actividad de la investigación exploratoria, se realizó una entrevista al docente Gustavo Prillo, profesional con una trayectoria de más de 15 años en el ámbito universitario y experiencia tanto en modalidad presencial como remota. El objetivo principal fue relevar las principales dificultades que enfrenta como docente en entornos virtuales.

Uno de los puntos destacados por Gustavo fue el impacto negativo de la virtualidad sobre el vínculo pedagógico. Señaló que, en la modalidad presencial, la relación con los estudiantes se construye sobre un “rapport” que facilita la comunicación y la participación. En contraste, en las clases remotas se pierde la posibilidad de observar gestos, actitudes y reacciones, lo que limita la capacidad del docente para interpretar si los estudiantes están prestando atención o comprendiendo los contenidos.

En relación con el uso de herramientas de gamificación, Gustavo expresó una actitud positiva. Comentó que utiliza estos recursos ocasionalmente, pero se ve limitado por el poco tiempo disponible para su preparación y por la falta de incentivos institucionales, lo que dificulta una incorporación más sistemática de este tipo de dinámicas. Mencionó que muchos docentes, incluido él mismo, ejercen la docencia como una actividad complementaria a su profesión principal, lo que reduce la disponibilidad para preparar contenidos interactivos personalizados.

En este sentido, valoró positivamente la posibilidad de automatizar la generación de preguntas o dinámicas, siempre que se garantice al docente la posibilidad de revisar y ajustar los contenidos.

Al momento de realizar la entrevista, Gustavo se encontraba cursando un programa dirigido por la Universidad Argentina de la Empresa (UADE) en convenio con la Universidad de Arizona, centrado en herramientas innovadoras para mantener la atención del alumnado. Una de las temáticas centrales fue la gamificación. Expresó que, a partir del resultado de esa actividad, podría interesarse más en desarrollar e incorporar nuevas dinámicas a sus clases. Nombró algunas herramientas vistas en el curso, como Socrative, Mentimeter y Padlet.

La transcripción completa de la entrevista realizada a Gustavo Prillo se encuentra disponible en el Anexo B.

3.1.1.3 Análisis y reflexiones de entrevistas

El análisis de las entrevistas realizadas a ambos profesionales permite identificar puntos de dolor comunes que resultan fundamentales para la comprensión del problema desde el punto de vista docente.

Ambos entrevistados coinciden en señalar que la virtualidad debilita el vínculo entre docente y estudiante, especialmente en lo que respecta a la interacción no verbal y la percepción activa del involucramiento del estudiante.

En relación con el uso de herramientas de gamificación e interactividad, ambos docentes expresan una actitud positiva, aunque limitada por barreras como la falta de tiempo y la escasa formación en estas herramientas. Esta observación refuerza la idea de que cualquier herramienta diseñada para mejorar la atención en clases virtuales debe reducir al mínimo la carga operativa del docente, ofreciendo automatización, integración fluida con las plataformas existentes y flexibilidad de uso. Se concluye que es necesario diseñar las soluciones reconociendo el lugar del docente como usuario clave y que estas respondan a sus condiciones reales de trabajo. Esta perspectiva resulta esencial para el desarrollo de herramientas que no solo logren captar la atención, sino que promuevan una experiencia educativa más amable con todos los involucrados.

3.1.2 Encuesta a estudiantes

Con el propósito de relevar las percepciones estudiantiles en torno a la atención y la participación durante clases virtuales, se llevó a cabo una encuesta dirigida a estudiantes de nivel de grado. La recolección de datos se realizó en mayo de 2025 y alcanzó un total de 160 respuestas. De ese total, 159 personas (99,3 %) eran estudiantes de grado. La encuesta fue distribuida de forma digital y tuvo como base una población de estudiantes que residen en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y cursan sus estudios en instituciones universitarias argentinas, tales como la Universidad Argentina de la Empresa (UADE), la Universidad de Buenos Aires (UBA), la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) y el Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA). Se

incluyeron estudiantes de diversas carreras, como Ingeniería en Informática, Ingeniería Industrial, Ingeniería Biomédica, Ingeniería Mecánica, Medicina y Administración de Empresas.

En la Figura 3.1, se observa que 149 estudiantes (93,7%) indicaron haber cursado al menos una asignatura en modalidad remota. Además, 77 (48,4%) afirmaron haber cursado entre seis y diez materias bajo esta modalidad, mientras que 39 (24,5%) señalaron haber cursado más de diez. Estos datos permiten observar una incorporación significativa de la educación a distancia en el ámbito universitario.

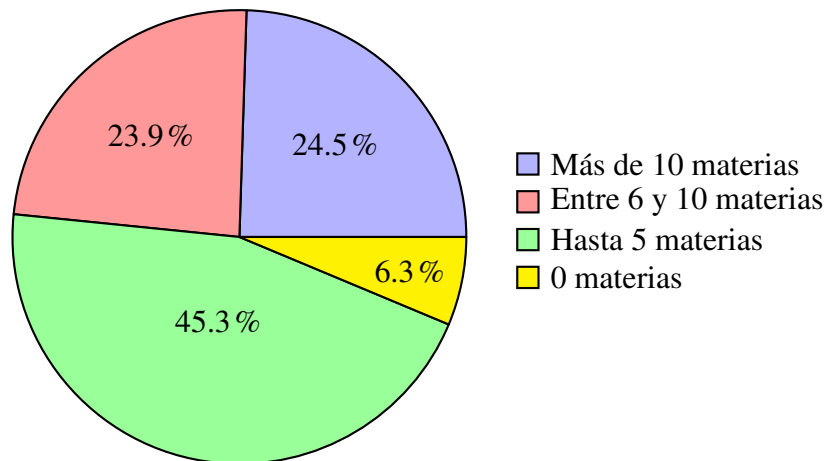


Figura 3.1: Distribución de materias cursadas en modalidad remota por los estudiantes encuestados. Fuente: Elaboración propia.

De forma consistente, los resultados evidencian una clara preferencia por las clases presenciales. La mayoría de los encuestados manifestó que logra prestar mayor atención en ese formato, en comparación con las clases remotas. Se observa en la Figura 3.2 que, entre los factores que dificultan la atención en estas últimas, los más mencionados fueron las distracciones del entorno, la falta de motivación y el carácter poco interactivo de las clases.

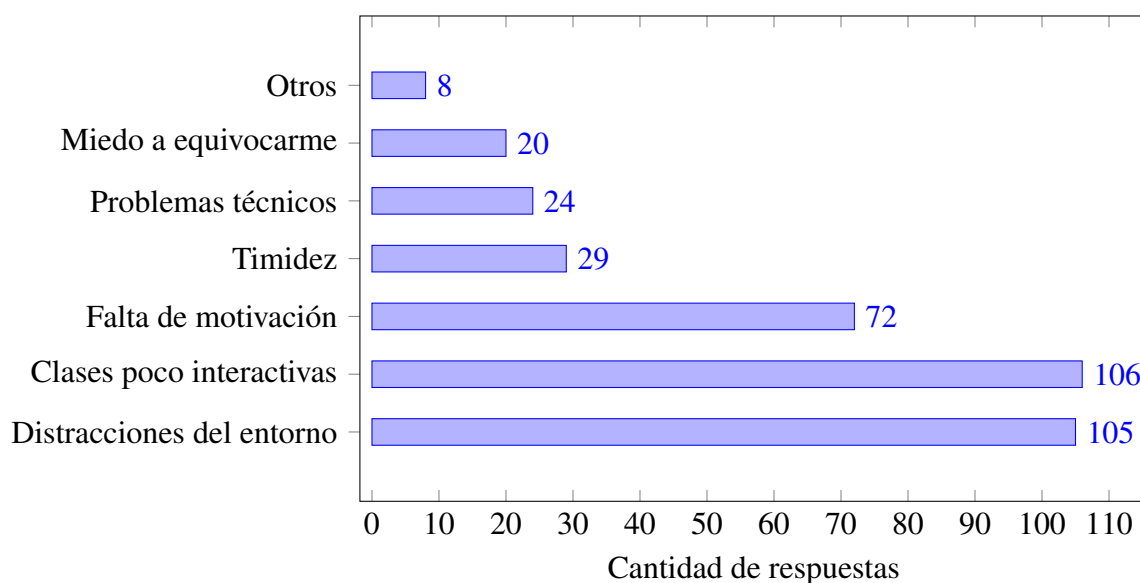


Figura 3.2: Factores que dificultaron la atención durante clases remotas. Dos respuestas por encuestado. Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de profundizar en el análisis de la participación, se indagó en la frecuencia con la que los estudiantes participan en clases remotas. Más de la mitad de los encuestados declaró participar en menos de la mitad de las clases, mientras que un 17,4% indicó no participar en absoluto.

Al indagar sobre las formas de participación que resultan más cómodas en entornos virtuales, se observó una ligera preferencia por el uso de trivias o encuestas anónimas, seguidas por el uso del micrófono y del chat, tal como se muestra en la Figura 3.3.

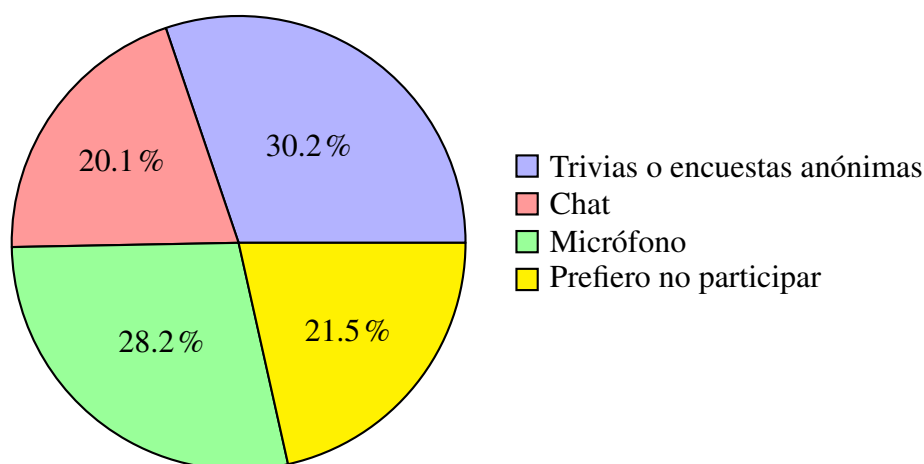


Figura 3.3: Preferencias en métodos de participación en clases remotas. Fuente: Elaboración propia.

En relación con experiencias de gamificación, una porción considerable de los encues-

tados afirmó haber participado en clases que incluían trivias o juegos. Dentro de este grupo, la mayoría expresó que estas dinámicas les ayudaron a mantener la atención. Estos datos sugieren que las dinámicas lúdicas pueden constituirse en una herramienta pedagógica valiosa para contrarrestar algunas de las dificultades propias de los entornos educativos virtuales.

La versión completa del cuestionario utilizado para la presente encuesta se encuentra disponible en el Anexo C.

3.1.3 User persona

En esta sección se presentan tres user personas que representan a los actores principales y potenciales usuarios que podrían utilizar la aplicación.

CARLOS MÉNDEZ

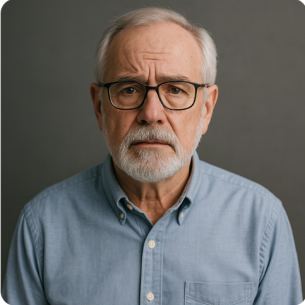
<p>PERFIL</p> <p>Género : Hombre Edad : 65 Educación : Licenciado en Historia Ocupación : Profesor titular universitario Ubicación : CABA, Argentina</p>	<p>BIOGRAFIA</p> <p>Carlos Méndez es profesor de Historia con más de 40 años de experiencia. En los últimos años le asignaron clases virtuales, pero prefiere métodos tradicionales y evita incorporar herramientas digitales porque le generan inseguridad y desconfianza.</p>	<p>OBJETIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantener la calidad de sus clases sin depender de la tecnología. • Transmitir los contenidos de forma clara y ordenada. • Asegurar que los alumnos aprendan sin distracciones externas.
	<p>MOTIVACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preservar la seriedad académica de la materia. • Usar metodologías que ya domina y sabe que funcionan. • Evitar pérdida de tiempo en capacitaciones tecnológicas. • Focalizarse en el contenido antes que en la forma. 	<p>PUNTOS DE DOLOR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desconfianza hacia herramientas basadas en IA. • Falta de motivación para aprender nuevas plataformas. • Frustración cuando surgen problemas técnicos. • Sensación de quedar rezagado frente a docentes más jóvenes.

Figura 3.4: User persona: Carlos Méndez. Fuente: Elaboración propia.

LUCÍA FERNÁNDEZ

<p>PERFIL</p> <p>Género : Mujer Edad : 22 Educación : Estudiante de Derecho (4º año) Ocupación : Estudiante universitaria Ubicación : CABA, Argentina</p> 	<p>BIOGRAFIA</p> <p>Lucía Fernández es estudiante de cuarto año de Derecho. Se conecta a clases virtuales, pero admite que le cuesta mantener la atención. Prefiere actividades interactivas que la obliguen a involucrarse para retener conceptos jurídicos complejos.</p> <p>MOTIVACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Terminar la carrera y proyectar su futuro profesional. • Estudiar de forma dinámica y menos monótona. • Recibir retroalimentación inmediata sobre su aprendizaje. • Sentirse más segura en el dominio de conceptos clave del Derecho. 	<p>OBJETIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantener la concentración en clases virtuales extensas. • Reforzar conocimientos jurídicos de manera práctica. • Alcanzar un buen rendimiento académico para recibirse en tiempo y forma. <p>PUNTOS DE DOLOR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dificultad para concentrarse en clases largas y teóricas. • Falta de interacción en entornos virtuales. • Distracciones constantes al estudiar desde casa. • Timidez para participar por micrófono en debates jurídicos.
--	--	---

Figura 3.5: User persona: Lucía Fernández. Fuente: Elaboración propia.

MARTÍN LÓPEZ


<p>PERFIL</p> <p>Género : Hombre Edad : 45 Educación : Dr. en Ciencias de la Educación Ocupación : Profesor universitario Ubicación : CABA, Argentina</p> 	<p>BIOGRAFIA</p> <p>Martín López es profesor universitario con amplia experiencia. Da clases en distintas instituciones y suele tener poco tiempo para preparar dinámicas interactivas. Le interesa innovar, pero la virtualidad le dificulta medir la atención de sus alumnos.</p> <p>MOTIVACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que sus clases sean dinámicas y atractivas. • Reducir el tiempo de preparación de materiales interactivos. • Aprovechar la tecnología para mejorar el vínculo pedagógico. • Lograr que los estudiantes retengan mejor los conceptos clave. 	<p>OBJETIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mantener la atención de sus alumnos en clases virtuales. • Mejorar la participación activa sin aumentar su carga de trabajo. • Incorporar innovación pedagógica de forma sencilla y práctica. <p>PUNTOS DE DOLOR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de tiempo para preparar trivias o actividades gamificadas. • Dificultad para percibir si los alumnos están atentos en la virtualidad. • Sensación de desconexión con la clase. • Estrés por la carga de trabajo adicional que implican nuevas metodologías.
--	---	--

Figura 3.6: User persona: Martín López. Fuente: Elaboración propia.

3.2 Solución

En esta sección se presenta la solución a la problemática identificada en el análisis: la baja participación activa y la dificultad para sostener la atención de los estudiantes durante

clases virtuales. La propuesta, denominada Sparkle, se basa en la integración de técnicas de gamificación con procesamiento de lenguaje natural en tiempo real dentro de un ecosistema existente, con el objetivo de fomentar el compromiso estudiantil y brindar retroalimentación inmediata al docente.

El capítulo se organiza en diferentes apartados, diseñados para comprender íntegramente el funcionamiento de la solución propuesta. En primer lugar, se definen los requerimientos funcionales y no funcionales que guían el desarrollo del sistema. A continuación, se describe el producto desde una perspectiva conceptual y visual. Luego se presentan los casos de uso, donde se detallan las interacciones entre los actores y el sistema, junto con los diagramas de secuencia que ilustran los procesos principales. Finalmente, se expone la arquitectura de la solución, explicando la organización de los módulos y la integración propuesta.

3.2.1 Requerimientos

En esta sección se presentan los requerimientos considerados dentro del alcance definido para el sistema. Estos se formulan desde la perspectiva de los usuarios finales, con el fin de reflejar de qué manera se prevé la satisfacción de sus necesidades.

Los requerimientos se clasifican en dos categorías principales. Los requerimientos funcionales describen los servicios y comportamientos que el sistema debe proporcionar, mientras que los requerimientos no funcionales establecen las condiciones operativas y de calidad necesarias para asegurar la confiabilidad, eficiencia y correcto desempeño del sistema (ISO/IEC/IEEE, 2018).

3.2.1.1 Requerimientos funcionales

El sistema debe realizar las siguientes funciones para cumplir con las expectativas del alcance:

- **RF01.** El sistema debe integrarse con Google Meet, permitiendo la incrustación de su interfaz en la videollamada sin necesidad de utilizar dos sistemas por separado.
- **RF02.** El sistema debe recibir y procesar en tiempo real la transcripción de la clase.
- **RF03.** El sistema debe aceptar un documento de contexto en formato PDF provisto por el docente como referencia para la generación de preguntas.
- **RF04.** El sistema debe generar automáticamente preguntas contextualizadas (opción múltiple o verdadero/falso) a partir de la transcripción y del documento provisto.
- **RF05.** El sistema debe detectar de manera automática momentos oportunos para insertar preguntas durante el desarrollo de la clase, como el cambio o la finalización de un tema.

- **RF06.** El sistema debe permitir que el docente valide las preguntas antes de ser enviadas a los estudiantes.
- **RF07.** El sistema debe registrar automáticamente las respuestas de los estudiantes dentro de la misma interfaz de la videollamada.
- **RF08.** El sistema debe asignar puntajes por respuestas correctas y mantener un tablero de posiciones visible para los estudiantes.
- **RF09.** El sistema debe generar reportes sintéticos en tiempo real para el docente, mostrando los resultados de la pregunta enviada.
- **RF10.** El sistema debe almacenar el historial de preguntas, respuestas y métricas de la sesión para su posterior consulta y análisis institucional.
- **RF11.** El sistema debe funcionar correctamente sin necesidad del PDF como contexto inicial, generando preguntas acordes a la transcripción.

3.2.1.2 Requerimientos no funcionales

El sistema cumple los siguientes estándares de calidad para asegurar su funcionamiento esperado:

- **RNF01.** El sistema debe ejecutarse exclusivamente en el navegador Google Chrome para garantizar compatibilidad y estabilidad con Google Meet.
- **RNF02.** El sistema debe presentar preguntas en un tiempo máximo de entre 3 y 5 segundos desde el disparador, asegurando funcionamiento en tiempo real.
- **RNF03.** El sistema debe asegurar un nivel de disponibilidad mínimo del 99% durante horarios de clase.
- **RNF04.** El sistema debe garantizar la seguridad de la información, cifrando datos en tránsito y en reposo.
- **RNF05.** El sistema debe ofrecer una interfaz intuitiva y de fácil uso, minimizando la carga operativa del docente en la configuración y validación de preguntas.
- **RNF06.** El sistema debe ser escalable, soportando múltiples sesiones de clase simultáneas.
- **RNF07.** El sistema debe ser tolerante a fallos, utilizando mecanismos como reintentos automáticos o preguntas precargadas ante problemas de transcripción o del modelo de lenguaje.

3.2.2 Casos de uso

A continuación se presentan los cinco casos de uso fundamentales para el funcionamiento del sistema propuesto. Se detalla el comportamiento esperado del sistema en su funcionamiento. La Figura 3.7 grafica los casos de uso, indicando cómo los actores principales, del lado izquierdo, y los secundarios, del lado derecho, interactúan con el sistema.

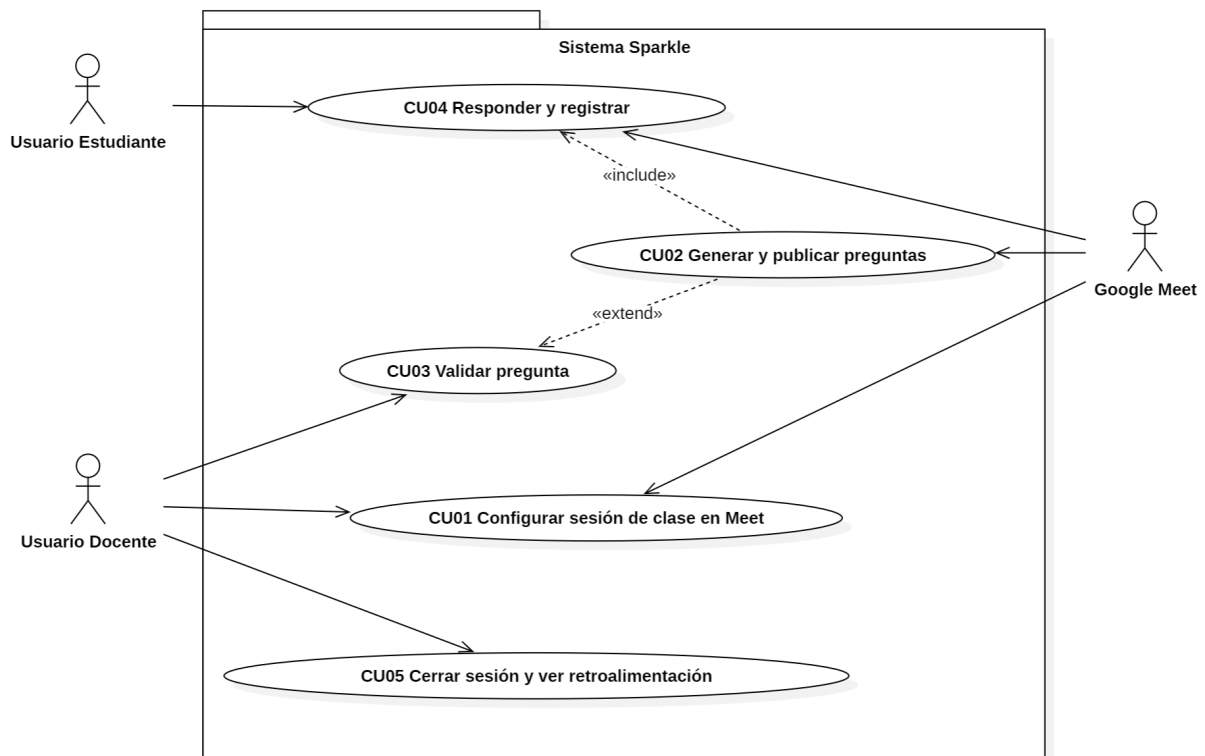


Figura 3.7: Diagrama de Casos de Uso del sistema. Fuente: Elaboración propia.

Caso de Uso 1: Configurar sesión de clase en Meet

Actor principal: Docente.

Actores secundarios: Google Meet, Sistema (transcripción).

Descripción: El docente comienza una sesión vinculada con una reunión de Google Meet. El sistema permite cargar un PDF de contexto (opcional) y habilita la ingesta de transcripción en tiempo real. Si no hay PDF, el sistema opera solo con la transcripción.

Flujo de eventos:

1. El docente inicia la reunión correspondiente de Google Meet desde el navegador Chrome.
2. El docente abre la interfaz ubicada en el panel derecho y selecciona “Iniciar sesión de clase”.
3. El sistema vincula la sesión con la reunión activa de Google Meet mediante metadatos.

4. El sistema habilita la captura de transcripción en tiempo real.
5. El docente, de forma opcional, carga un documento PDF con capa de texto como contexto.
6. El sistema valida el PDF (formato/legibilidad) e indica que todo funciona correctamente.

Flujos alternativos:

- Si no se carga el archivo PDF correspondiente, el sistema procede únicamente con la transcripción.
- Si falla la integración con Meet, el sistema notifica al docente y no se habilita la gamificación.

Precondición: Reunión iniciada en Google Meet con acceso desde Chrome.

Postcondición: Sesión configurada y preparada para generar preguntas.

Caso de Uso 2: Generar y publicar preguntas

Actor principal: Sistema.

Actores secundarios: Docente (si valida), Google Meet.

Descripción: Durante el transcurso de la clase, el sistema detecta momentos oportunos según el entendimiento de la dinámica y propone preguntas contextualizadas. El docente puede regenerar, descartar o aprobarlas. Una vez aprobada, el sistema publica la pregunta embebida en la videollamada.

Flujo de eventos:

1. El sistema analiza la transcripción (y el PDF si existe) e identifica un momento oportuno.
2. El sistema genera una pregunta contextualizada (opción múltiple o verdadero/falso) y la coloca en la bandeja del docente.
3. El docente revisa la pregunta y elige entre Regenerar, Aprobar o Descartar.
4. Si el docente aprueba, el sistema publica la pregunta en la interfaz de Google Meet con un temporizador.
5. El sistema notifica a los estudiantes que hay una pregunta disponible.

Flujos alternativos:

- Si no se detecta un momento oportuno, se pospone la publicación de la pregunta.
- Si hay un inconveniente con Google Meet, el sistema almacena la pregunta para enviarla en otro momento.

Precondición: Sesión configurada y transcripción activa.

Postcondición: Se publica la pregunta en la interfaz.

Caso de Uso 3: Validar pregunta

Actor principal: Docente.

Actor secundario: Sistema.

Descripción: El docente recibe la pregunta generada por el sistema en el panel. Puede aprobarla, descartarla o regenerarla con el fin de ajustarla al nivel de la clase. Este control asegura la calidad pedagógica y permite corregir posibles errores de interpretación por parte del sistema.

Flujo de eventos:

1. El sistema presenta la pregunta en el panel del docente.
2. El docente selecciona entre aprobar, regenerar o descartar.
3. El sistema registra la acción del docente.
4. Si la pregunta es aprobada, se publica para que los estudiantes puedan responder.

Flujos alternativos:

- Si se selecciona regenerar, el sistema crea una nueva versión.
- Si se selecciona descartar, el sistema aguarda al siguiente tema para generar una nueva pregunta.

Precondición: El sistema debe haber generado al menos una pregunta.

Postcondición: Pregunta publicada, modificada o descartada.

Caso de Uso 4: Responder y registrar

Actor principal: Estudiante.

Actores secundarios: Google Meet, Sistema.

Descripción: El estudiante responde la pregunta enviada por el sistema en la interfaz de la videollamada. El sistema confirma la recepción y almacena la respuesta para la visualización del docente.

Flujo de eventos:

1. El estudiante visualiza la pregunta publicada con su temporizador en Google Meet.
2. El estudiante selecciona una opción de respuesta.
3. El sistema registra la respuesta sin que el estudiante abandone la plataforma.

4. El sistema confirma la recepción al estudiante.
5. Al finalizar el temporizador, el sistema cierra la ventana de respuestas.

Flujos alternativos:

- Si el estudiante no responde a tiempo, el sistema lo clasifica como “sin respuesta”.

Precondición: Pregunta publicada por el sistema.

Postcondición: Respuestas registradas y ranking actualizado.

Caso de Uso 5: Cerrar sesión y ver retroalimentación

Actor principal: Docente.

Actores secundarios: Estudiantes, Sistema.

Descripción: El docente finaliza la clase y consulta un panel con métricas sobre el desempeño de la clase. Se genera un reporte con estadísticas y un resumen individual para los estudiantes. Además, el sistema persiste el historial (preguntas, respuestas y métricas) y ofrece la exportación de resultados para análisis institucional.

Flujo de eventos:

1. El docente selecciona “Finalizar sesión”.
2. El sistema calcula métricas de desempeño.
3. El docente consulta el panel de resultados en vivo.
4. Los estudiantes reciben retroalimentación de su puntaje final.
5. El sistema consolida y almacena el historial completo de la sesión.
6. El sistema ofrece la exportación de resultados para uso institucional.

Flujos alternativos:

- Si falla la exportación, el sistema conserva los datos en su base y notifica al usuario.

Precondición: Clase activa con preguntas respondidas.

Postcondición: Sesión finalizada, métricas almacenadas y reportes entregados.

3.2.3 Diagrama de secuencia

La Figura 3.8 presenta el diagrama de secuencia correspondiente al flujo principal del sistema, en el cual se dispone el comportamiento dinámico de los actores y componentes involucrados durante una clase tipo en tiempo real. Este diagrama permite visualizar la manera en que el sistema transforma la transcripción en preguntas, las distribuye a los estudiantes al identificar un cambio en el tema y gestiona la retroalimentación inmediata.

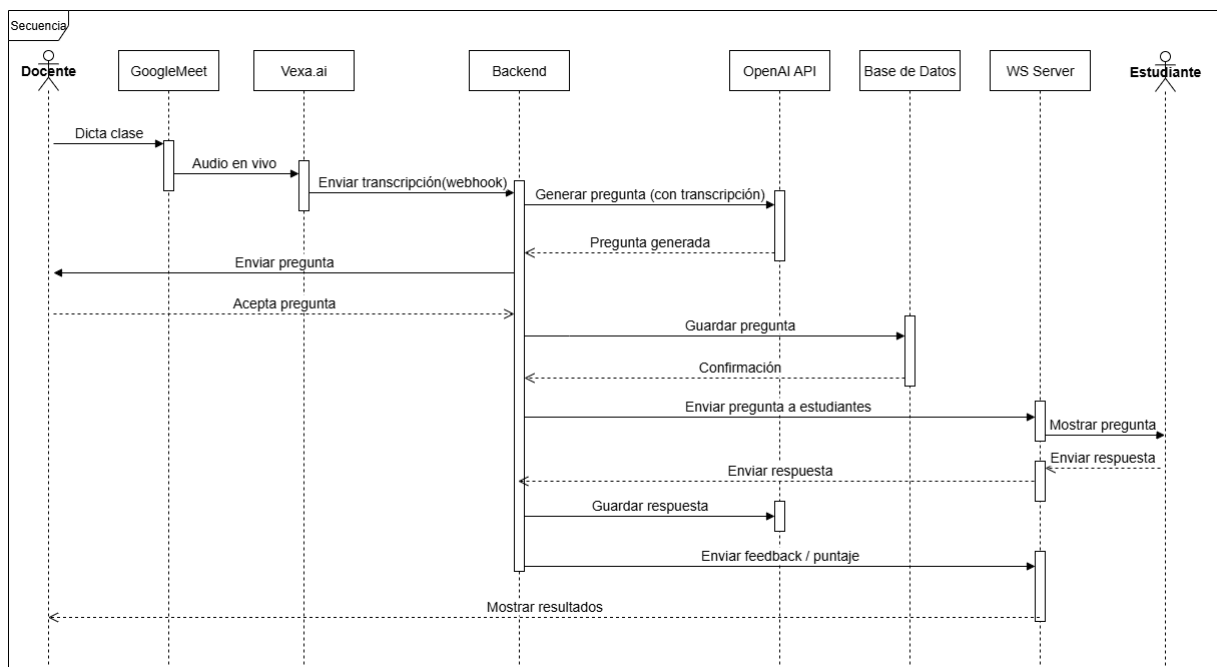


Figura 3.8: Diagrama de secuencia del flujo principal. Fuente: Elaboración propia.

El proceso se inicia cuando el docente dicta su clase mediante la plataforma de videollamadas Google Meet sobre el navegador Google Chrome. El servicio de transcripción, que opera mediante un bot previamente autorizado, se conecta a la reunión, capta el audio en tiempo real y lo procesa para obtener el texto transcrito. Una vez generada la transcripción, esta es enviada al backend del sistema mediante un webhook.

El backend recibe el texto transcrito y lo utiliza como entrada para construir un prompt estructurado, que es enviado a la API de *OpenAI*. Esta API, mediante un modelo de lenguaje, devuelve una pregunta de opción múltiple basada en el contenido de la clase. El docente valida la pregunta asegurando que la respuesta sea correcta y adecuada al contexto actual. La pregunta validada es almacenada en la base de datos y, en paralelo, enviada al servidor *WebSocket*, que se encarga de distribuirla a todos los estudiantes conectados.

Cada estudiante recibe la pregunta en su interfaz y responde desde la misma. La respuesta es enviada al backend, donde se almacena junto con información adicional como el tiempo de

respuesta y la opción elegida. Luego, el sistema procesa los resultados, actualiza el puntaje correspondiente y emite la retroalimentación al docente.

De esta manera, el flujo demuestra la capacidad del sistema para operar de forma asincrónica, distribuida y en tiempo real, integrando servicios externos en una arquitectura orientada a eventos. A su vez, también se valida la viabilidad de utilizar tecnologías de procesamiento de lenguaje natural y transcripción automática para enriquecer la dinámica de clases virtuales, sin modificar la experiencia habitual del docente ni requerir una carga operativa adicional.

3.2.4 Producto

En esta sección se detalla el aspecto público de Sparkle de manera resumida, introduciendo la paleta de colores, los logotipos, la misión y la visión.

3.2.4.1 Estilo

Sparkle se define como un disruptor del entorno educativo digital, con una identidad visual moderna, simple y accesible. Su paleta, presentada en la Figura 3.9, combina tonos vibrantes y contrastantes: violeta (#C1ADED), violeta oscuro (#251256), gris neutro (#6D6162), verde lima (#B6B06E) y amarillo pastel (#FFF7B0), que transmiten innovación, dinamismo y adaptabilidad.

El objetivo del estilo es generar para el usuario un entorno amigable y motivador, alineado con los principios de la gamificación: estimular la participación, mantener la atención y facilitar la interacción durante las clases virtuales.

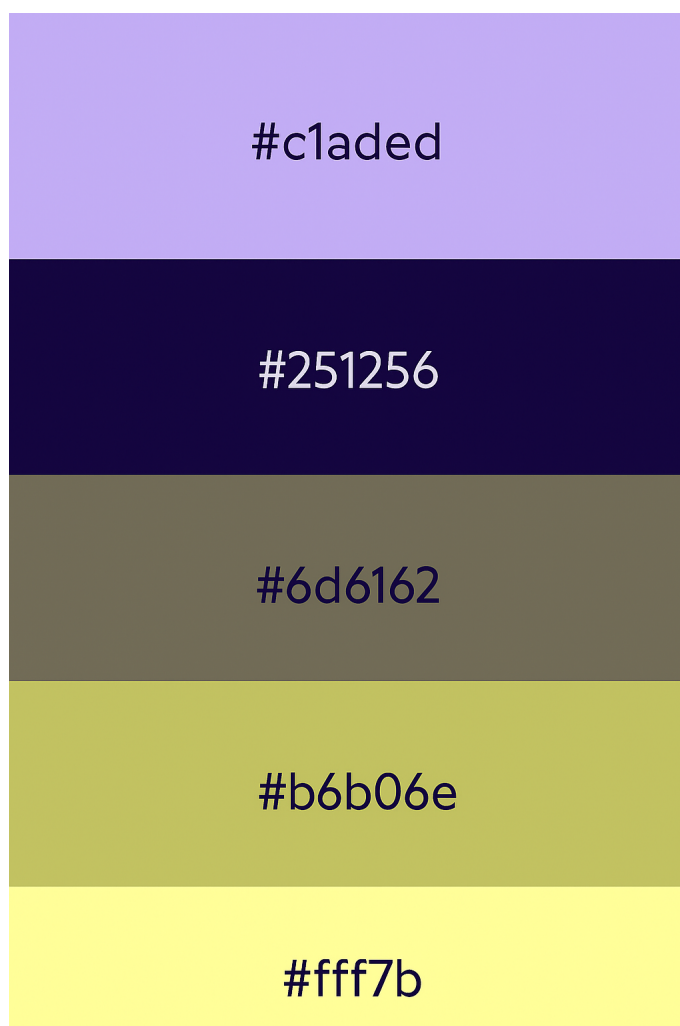


Figura 3.9: Paleta de color utilizada en Sparkle. Fuente: Elaboración propia.

3.2.4.2 Logo

El logotipo de Sparkle, dispuesto en la Figura 3.10, integra dos elementos clave:

- **Icono:** una manzana apoyada sobre dos libros, símbolo universal del aprendizaje. Transmite la idea de que estamos ante una herramienta enraizada en los cimientos de la educación.
- **Tipografía:** la palabra **SPARKLE** en un diseño tipográfico modular, con una disposición disruptiva que comunica innovación.

En conjunto, el logotipo transmite la unión entre tradición académica y modernidad tecnológica, reflejando la misión del producto con la intención de transformar la experiencia educativa.



Figura 3.10: Logo utilizado para Sparkle. Fuente: Elaboración propia.

3.2.4.3 Misión

La misión de Sparkle es impulsar la participación activa y la atención de los estudiantes en entornos virtuales, ofreciendo un servicio integrado a plataformas de videoconferencia existentes que incorpora técnicas en auge de gamificación e inteligencia artificial, con un foco en la reducción de la carga operativa del docente y en enriquecer la experiencia de aprendizaje mediante dinámicas lúdicas, adaptativas y en tiempo real.

3.2.4.4 Visión

La visión de Sparkle es convertirse en la herramienta de preferencia para los docentes en la gamificación de la educación superior a distancia, promoviendo un modelo pedagógico dinámico, inclusivo y centrado en el estudiante. A largo plazo, aspira a consolidarse como un ecosistema integral que asista en la toma de decisiones al brindar métricas de comprensión.

3.2.4.5 Cruz de Porter

La Cruz de Porter constituye una herramienta útil para el análisis de las amenazas que pueden afectar la estructura de beneficios de una organización. Esta estructura puede verse influida por la entrada de nuevos competidores y por la capacidad de negociación con proveedores y clientes, quienes condicionan los precios y los niveles de producción. Su aplicación permite desarrollar estrategias orientadas a fortalecer la posición competitiva y evitar ubicarse en situaciones de desventaja frente a las fuerzas del mercado (Porter, 2008).



Figura 3.11: Cruz de Porter. Fuente: Elaboración propia.

Los clientes presentan un grado de poder de negociación significativo, dado que existen productos alternativos que satisfacen parcialmente sus necesidades. Para contrarrestar esta situación, resulta necesario establecer alianzas con instituciones que promuevan la utilización del sistema y garantizar un alto nivel de calidad orientado a los docentes, en particular mediante la reducción de la carga cognitiva asociada al uso de la herramienta.

Los principales proveedores ejercen influencia sobre la organización. La plataforma de videoconferencia utilizada actualmente es Google Meet, pero este poder puede reducirse mediante el desarrollo de compatibilidad con otras plataformas. Por su parte, /textitAmazon Web Services (AWS) no ejerce control significativo, ya que existen múltiples proveedores de servicios en la nube que pueden ofrecer capacidades equivalentes y la solución no depende de manera crítica de sus servicios. Finalmente, Vexa.ai posee un grado de influencia debido a que su servicio se aloja en infraestructura propia y tienen libertad para establecer el precio de los bots. Esta dependencia puede mitigarse aprovechando la naturaleza de código abierto del servicio, lo que permite alojar los bots en contenedores escalables en AWS sin necesidad de realizar pagos a Vexa.ai.

Los productos sustitutos presentan un alto nivel de competencia debido a la existencia de diversas marcas consolidadas que compiten en el mismo mercado. Por esta razón, resulta fundamental diferenciar la oferta mediante la cobertura de necesidades no satisfechas por dichos productos. Asimismo, es necesario mantener una estrategia competitiva en relación con los precios, ya que estos pueden generar la diferencia a la hora de contratar el servicio.

La entrada al mercado no presenta una complejidad técnica elevada, por lo que resulta fundamental fortalecer la fidelización y construir una marca que represente un valor distintivo y desincentive la entrada de nuevos competidores. Es necesario desarrollar características difíciles de replicar y mantener una presencia constante en el mercado para consolidar la posición competitiva.

3.2.4.6 Análisis FODA

El análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) es una herramienta estratégica que permite evaluar factores internos y externos de un proyecto, con el fin de identificar ventajas competitivas y riesgos. Según (David *et al.*, 2017), este enfoque asiste en la creación de estrategias al vincular el ambiente interno con el entorno externo. La Figura 3.12 detalla la exploración FODA realizada en relación con Sparkle.

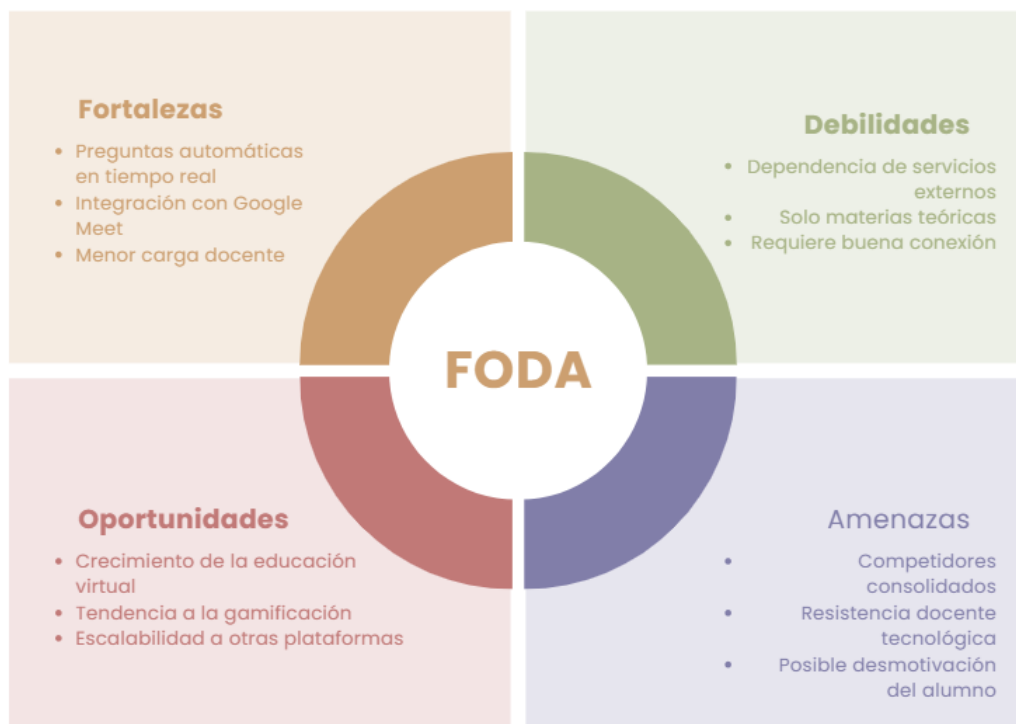


Figura 3.12: Análisis FODA del proyecto Sparkle. Fuente: Elaboración propia.

Fortalezas

- Generación automática de preguntas interactivas basadas en un PDF de contexto y transcripciones en tiempo real.
- Integración directa con Google Meet sin necesidad de plataformas externas.
- Reducción de la carga operativa del docente.

Oportunidades

- Aumento de la educación a distancia en Argentina y Latinoamérica.
- Tendencia global hacia la gamificación y modernización en educación.
- Potencial de escalabilidad a otras plataformas de videoconferencia.

Debilidades

- Dependencia tecnológica de servicios externos (Google Meet, OpenAI, Vexa.ai).
- Alcance limitado a materias teóricas.
- Requiere conexión estable.

Amenazas

- Competencia de plataformas consolidadas (Kahoot!, Socrative, Edpuzzle).
- Resistencia de docentes con baja alfabetización digital.
- Riesgo de desmotivación si la gamificación se percibe como distractora.

El análisis realizado evidencia que el proyecto presenta un alto potencial de innovación y ventajas competitivas claras frente a la competencia, siempre que se atienda a las limitaciones técnicas y pedagógicas detectadas, garantizando su aceptación y sostenibilidad en entornos educativos digitales.

3.2.5 Pantallas

En esta sección se presentan las pantallas principales de Sparkle, que muestran la interacción de los estudiantes y docentes con el sistema.

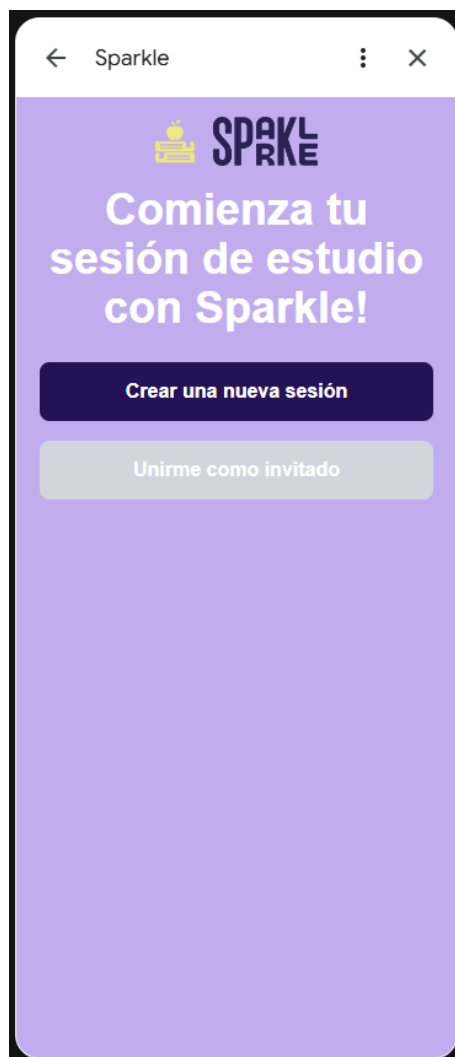


Figura 3.13: Pantalla de inicio. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.13 se muestra la pantalla de inicio, en la cual la experiencia se encuentra diferenciada entre estudiantes y docentes.



Figura 3.14: Pantalla de carga de archivo de contexto. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.14 se presenta la opción de carga de archivos locales, la cual se encuentra restringida al formato PDF.

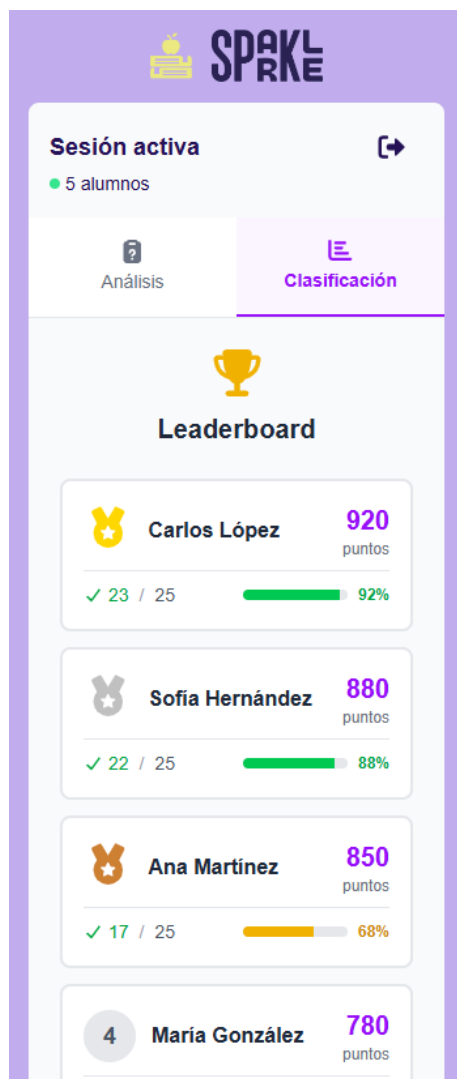


Figura 3.15: Pantalla principal del complemento. Pestaña de líderes. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.15 se presenta la pestaña de líderes, que permite visualizar a los estudiantes junto con sus puntajes. Esta pestaña está disponible tanto en la experiencia del docente como en la de los estudiantes.

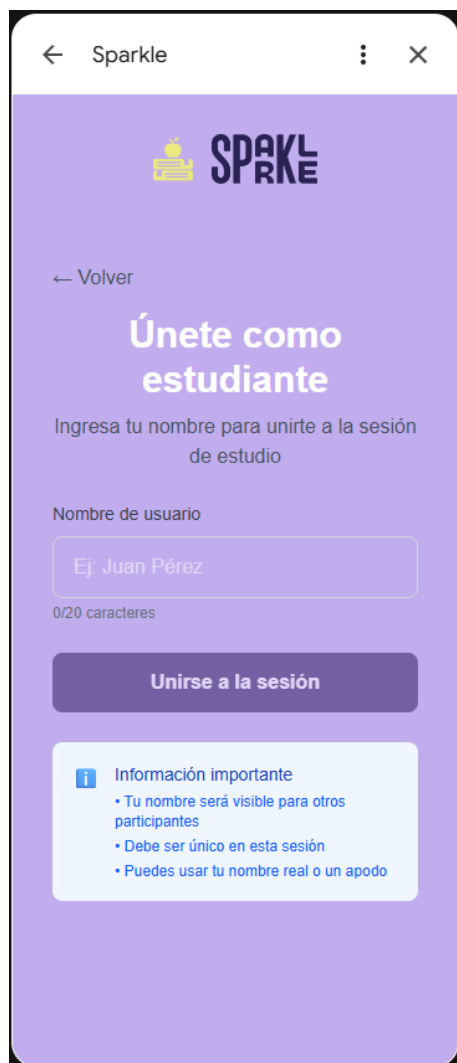


Figura 3.16: Pantalla de registro para estudiantes. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.16 se presenta la pantalla de registro destinada a estudiantes, donde se solicita el ingreso de un usuario único que permita su identificación en la actividad.

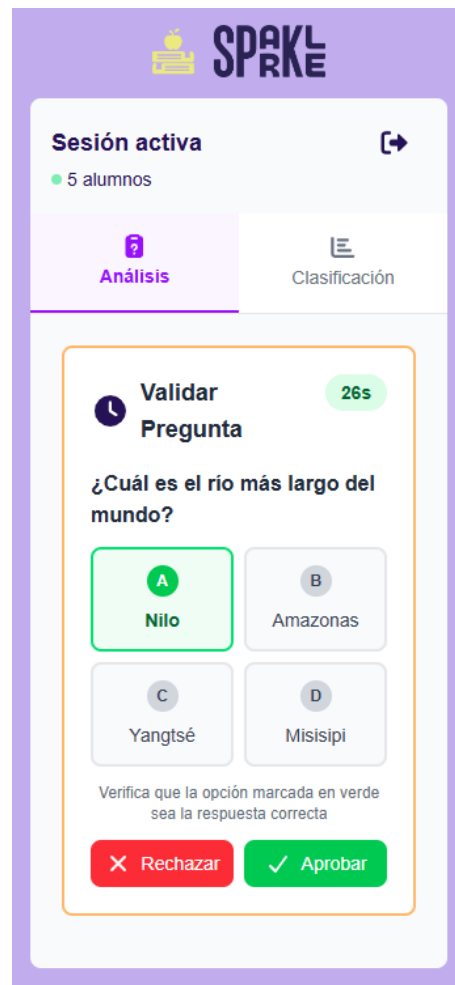


Figura 3.17: Pantalla de validación. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.17 se muestra la pantalla de validación, donde el docente debe aprobar la pregunta generada.

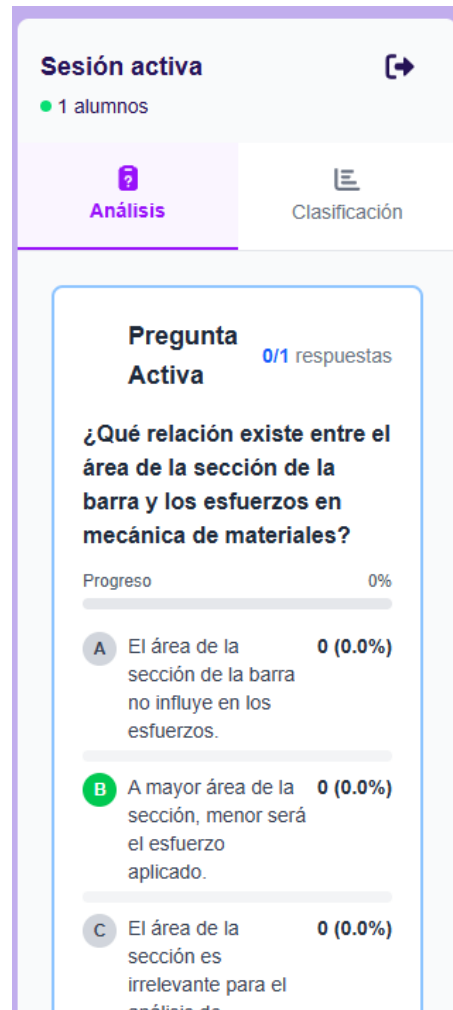


Figura 3.18: Pantalla de pregunta activa. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.18 se presenta la pantalla donde el docente puede ver la evolución de los resultados de la pregunta activa.

2s

¿Qué relación existe entre el área de la sección de la barra y los esfuerzos en mecánica de materiales?

A

El área de la sección de la barra no influye en los esfuerzos.

B

A mayor área de la sección, menor será el esfuerzo aplicado.

C

El área de la sección es irrelevante para el análisis de esfuerzos.

D

El área de la sección determina únicamente la resistencia del material.

✓ Enviar Respuesta

Figura 3.19: Pantalla de respuesta para estudiantes. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.19 se presenta la pantalla desde donde los estudiantes deben seleccionar la opción correcta.

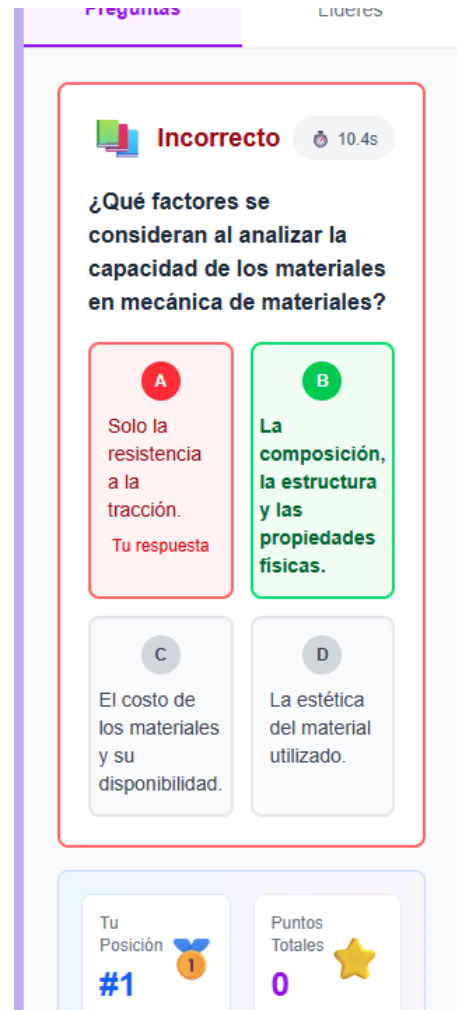


Figura 3.20: Pantalla de retroalimentación para estudiantes. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.20 se muestra la pantalla desde donde los estudiantes obtienen retroalimentación, la respuesta correcta, el puntaje obtenido y su posicionamiento en la tabla general.

3.2.6 Tecnologías y servicios

En esta sección se describen los servicios y productos utilizados en la construcción de la solución, detallando aquellos recursos tecnológicos que resultaron fundamentales para su implementación.

3.2.6.1 Vexa.ai

Vexa.ai es una plataforma de inteligencia artificial enfocada en la transcripción en tiempo real de reuniones, diseñada para integrarse en entornos corporativos y educativos. Su arquitectura modular y autohospedada permite una implementación flexible y escalable. La API de Vexa.ai facilita la integración de bots en plataformas de videoconferencia como Google Meet,

proporcionando transcripciones en tiempo real en más de 100 lenguajes.

La arquitectura de Vexa.ai se basa en la interacción coordinada de varios servicios especializados para la captura y transcripción de reuniones en tiempo real. El proceso inicia con el usuario, quien realiza solicitudes HTTP al API Gateway, responsable de enrutar dichas peticiones a los servicios correspondientes. Cuando se crea un bot mediante un endpoint POST, esta solicitud es gestionada por el *bot-manager*, encargado de administrar el ciclo de vida de los bots. El *vexa-bot* es el componente que se integra a las reuniones virtuales y captura el audio de los participantes.

De acuerdo con la Figura 3.21, el audio capturado es transmitido a través de un WebSocket hacia WhisperLive, un servicio de transcripción de audio en tiempo real que utiliza un modelo de transcripción de IA autohospedado (Whisper). Los segmentos de transcripción generados se envían mediante RedisMQ, un sistema de mensajería basado en Redis que permite la comunicación asíncrona y eficiente entre servicios, al *transcription-collector*, que procesa y almacena la información en la base de datos PostgreSQL. La información almacenada puede ser consultada posteriormente mediante solicitudes GET al API Gateway, permitiendo la recuperación de transcripciones de manera estructurada.

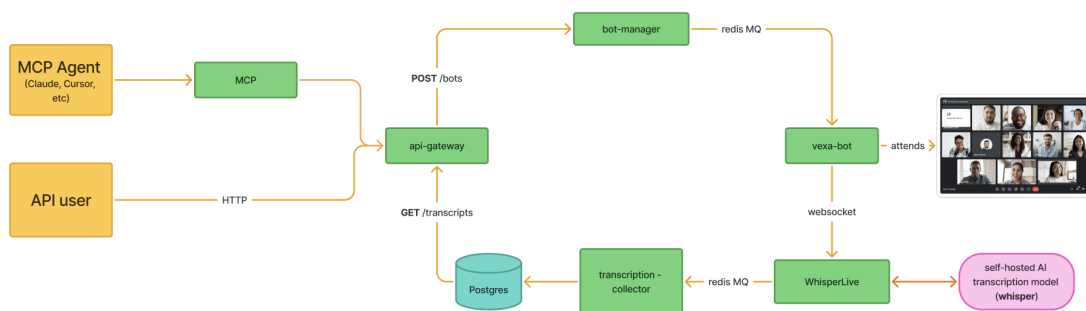


Figura 3.21: Arquitectura general del sistema Vexa.ai. Fuente: (Vexa-ai, 2025).

3.2.6.2 WebSockets

WebSockets es un protocolo de comunicación que permite establecer una conexión bidireccional y persistente entre un cliente y un servidor a través de una sola conexión TCP. A diferencia de las solicitudes HTTP tradicionales, que requieren abrir y cerrar la conexión para cada intercambio de datos, WebSockets mantiene la conexión abierta, lo que permite el envío y recepción de información en tiempo real con baja latencia.

Esta característica lo hace especialmente apropiado para aplicaciones que requieren comunicación simultánea con múltiples usuarios, como chats, juegos en línea o sistemas de notificación en tiempo real, ya que permite realizar difusión de datos a todos los clientes conectados de manera eficiente (Fette *et al.*, 2011).

3.2.6.3 Express

Express es un framework minimalista y flexible para el desarrollo de aplicaciones web y APIs en *Node.js*. Su principal objetivo es simplificar la creación de servidores y el manejo de rutas, solicitudes y respuestas HTTP, proporcionando una estructura ligera sobre la cual los desarrolladores pueden construir funcionalidades más complejas. Entre sus ventajas se destacan la rapidez en el desarrollo, la gran cantidad de middleware disponible y la amplia comunidad que lo respalda.

3.2.6.4 React

React es una biblioteca de JavaScript desarrollada por Facebook para la construcción de interfaces de usuario interactivas y basadas en componentes. Se caracteriza por su eficiencia en la actualización de la interfaz gracias al uso del Virtual DOM y por promover una arquitectura declarativa y reutilizable, lo que facilita el desarrollo y mantenimiento de aplicaciones web modernas.

3.2.6.5 Google Meet

Google Meet es una plataforma de videoconferencia desarrollada por Google que permite la comunicación en tiempo real mediante audio, video y chat, integrada dentro del ecosistema de Google Workspace. Su arquitectura basada en la nube garantiza escalabilidad y fiabilidad del servicio, lo que la convierte en una herramienta adecuada para entornos educativos.

3.2.6.6 Google Workspace Marketplace API

La *Google Workspace Marketplace API* es un servicio de Google que permite a los desarrolladores publicar, administrar y distribuir aplicaciones dentro del Google Workspace Marketplace, la tienda oficial de complementos y extensiones para productos como Gmail, Drive, Docs o Meet. A través de esta API es posible gestionar el ciclo de vida de las aplicaciones (instalación, desinstalación, configuración y visibilidad), así como controlar el acceso de los usuarios y organizaciones. Su uso resulta clave para integrar soluciones de terceros en el ecosistema de Google Workspace (Google, 2025c).

Durante el desarrollo del proyecto se identificó una limitación relacionada con el uso de esta API. Para poder utilizar la herramienta como una aplicación interna y evitar el proceso de aprobación requerido por Google para las aplicaciones públicas, fue necesario crear una

organización dentro de Google Workspace con dominio propio. Esta condición implicó la contratación de una suscripción empresarial, lo que generó un costo por usuario. En consecuencia, y con el fin de optimizar los recursos disponibles, la organización configurada para las pruebas se limitó a tres usuarios activos, correspondientes a los perfiles necesarios para el desarrollo y la validación del sistema.

3.2.6.7 Google Meet Add-ons SDK

El *Google Meet Add-ons SDK* es un conjunto de herramientas y bibliotecas proporcionado por Google que permite a los desarrolladores crear complementos personalizados para Google Meet. Estos *add-ons* extienden la funcionalidad de la plataforma, posibilitando la integración de servicios externos, la automatización de flujos de trabajo y la interacción directa con los participantes de una reunión. El SDK ofrece APIs para manejar eventos, mostrar interfaces dentro del panel lateral y comunicarse con otros servicios de Google Workspace, garantizando compatibilidad, seguridad y escalabilidad dentro del ecosistema de Google (Google, 2025a).

3.2.6.8 Google Meet REST API

La *Google Meet REST API* es un servicio basado en HTTP que permite a los desarrolladores interactuar de manera programática con funcionalidades de Google Meet, tales como la gestión de reuniones, el acceso a información de participantes y la obtención de metadatos de sesiones (Google, 2025b).

3.2.6.9 OpenAI API

La OpenAI API es un servicio en la nube que proporciona acceso a modelos avanzados de inteligencia artificial capaces de comprender el lenguaje natural, interpretar contextos complejos y generar respuestas en distintos formatos predefinidos como texto estructurado, código o resúmenes. Esta capacidad permite a los desarrolladores integrar funcionalidades de comprensión y generación de lenguaje en sus aplicaciones, automatizar tareas complejas de comunicación y análisis de datos, y crear asistentes inteligentes que se adaptan a diferentes escenarios. La API ofrece endpoints *REST* y SDKs que facilitan su integración.

3.2.6.10 OpenAI: Selección del modelo de lenguaje

Para la instancia de prueba del MVP se seleccionó el modelo *gpt-4o-mini*, perteneciente a la familia de modelos *GPT-4o*. La selección se fundamentó en criterios técnicos y económicos, priorizando la relación entre rendimiento y costo, la capacidad de contexto y la escalabilidad operativa dentro del sistema de niveles de la API (OpenAI, 2025b). La Tabla 3.I muestra una comparación técnica entre los tres modelos “mini” actualmente disponibles en la plataforma: *gpt-4o-mini*, *gpt-4.1-mini* y *o3-mini*.

El modelo `gpt-4o-mini` dispone de una ventana de contexto de 128 000 tokens y una salida máxima de 16 384 tokens, lo que le permite procesar transcripciones en tiempo real e identificar el contexto del documento proporcionado por el docente sin interrumpir el flujo narrativo de la clase. Su estructura de precios y los límites de *tokens per minute* (TPM) se ajustan a la etapa de producto mínimo viable (Tier 1), con posibilidad de escalar a niveles superiores sin requerir modificaciones en la arquitectura del sistema (OpenAI, 2025a).

TABLA 3.I: Comparativa de modelos de OpenAI “mini”. Fuente: Elaboración propia en base a documentación oficial de OpenAI (OpenAI, 2025b).

Característica	<code>gpt-4o-mini</code>	<code>gpt-4.1-mini</code>	<code>o3-mini</code>
Orientación principal	Modelo optimizado para tareas de lenguaje en tiempo real	Versión reducida de GPT-4.1 con mayor ventana contextual	Alternativa ligera enfocada en razonamiento
Ventana de contexto	128.000 tokens	1.047.000 tokens	200.000 tokens
Máx. tokens de salida	16.384	32.768	100.000
Corte de conocimiento	Octubre 2023	Junio 2024	Octubre 2023
Precio por 1M tokens (entrada)	US\$ 0,5	US\$ 0,40	US\$ 1,10
Precio por 1M tokens (salida)	US\$ 0,60	US\$ 1,60	US\$ 4,40
Límite de TPM por tier	Free: 40.000 Tier 1: 200.000 Tier 2: 2.000.000 Tier 3: 4.000.000 Tier 4: 10.000.000 Tier 5: 150.000.000	Igual que <code>gpt-4o-mini</code>	Free: 40.000 Tier 1: 100.000 Tier 2: 200.000 Tier 3: 4.000.000 Tier 4: 10.000.000 Tier 5: 150.000.000

De acuerdo con la Tabla 3.I, el modelo `gpt-4o-mini` presenta el equilibrio más adecuado entre costo, capacidad contextual y velocidad de inferencia. Aunque `gpt-4.1-mini` dispone de una ventana de contexto mayor, su costo operativo es un 160% superior y se orienta a tareas de análisis masivo. Por su parte, `o3-mini` resulta menos eficiente para el procesamiento continuo de transcripciones debido a sus límites iniciales de TPM (100.000 en Tier 1) y a su mayor costo por token (OpenAI, 2025b).

La progresión de niveles del modelo `gpt-4o-mini` permite escalar de 200.000 a 150 millones de TPM sin requerir cambios de configuración, lo que garantiza que la infraestructura acompañe el crecimiento institucional proyectado y mantenga la estabilidad operativa del sistema

(OpenAI, 2025a). Por estos motivos, este modelo se seleccionó como base para la validación funcional del MVP.

3.2.6.11 Amazon Web Services (AWS)

Amazon Web Services (AWS) es una plataforma de servicios de infraestructura en la nube que ofrece recursos escalables y bajo demanda, como cómputo, almacenamiento, bases de datos y redes, que permite a organizaciones y desarrolladores desplegar, administrar y escalar aplicaciones de manera flexible y segura.

3.2.6.12 Redis

Redis es un sistema de almacenamiento en memoria de alto rendimiento que permite guardar y recuperar datos de manera rápida, siendo especialmente utilizado para el manejo de sesiones, caché y estructuras de datos temporales en aplicaciones web.

3.2.6.13 Base de datos NoSQL

Una base de datos *NoSQL* es un sistema de almacenamiento de datos que no sigue el modelo relacional tradicional, permitiendo manejar información de manera flexible y escalable. Se caracteriza por admitir distintos tipos de estructuras, como documentos, pares clave-valor, grafos o columnas, facilitando la adaptación a datos semiestructurados o cambiantes.

3.2.7 Arquitectura de la solución

En esta sección se presenta la arquitectura de la solución propuesta, describiendo su estructura general y los componentes que la conforman, con el propósito de ofrecer una visión integral del sistema y de su organización interna.

3.2.7.1 Arquitectura física

En esta sección se presenta la arquitectura de despliegue correspondiente a la fase de desarrollo inicial de Sparkle, en el marco del MVP. Luego se detalla la arquitectura propuesta para versiones posteriores, orientadas a entornos de mayor escala y uso productivo en múltiples entornos educativos simultáneos.

Es importante destacar la distinción entre ambas fases, ya que durante el desarrollo temprano se espera un número reducido de usuarios y sesiones activas, lo cual permite simplificar la infraestructura sin comprometer la estabilidad y disponibilidad del servicio.

En ambas etapas se desplegará el sistema sobre AWS, con el objetivo de mantener el mismo stack tecnológico entre desarrollo y producción. La Figura 3.22 representa la versión simplificada que se desarrolla en esta primera etapa, que conserva los componentes clave para validar la solución.

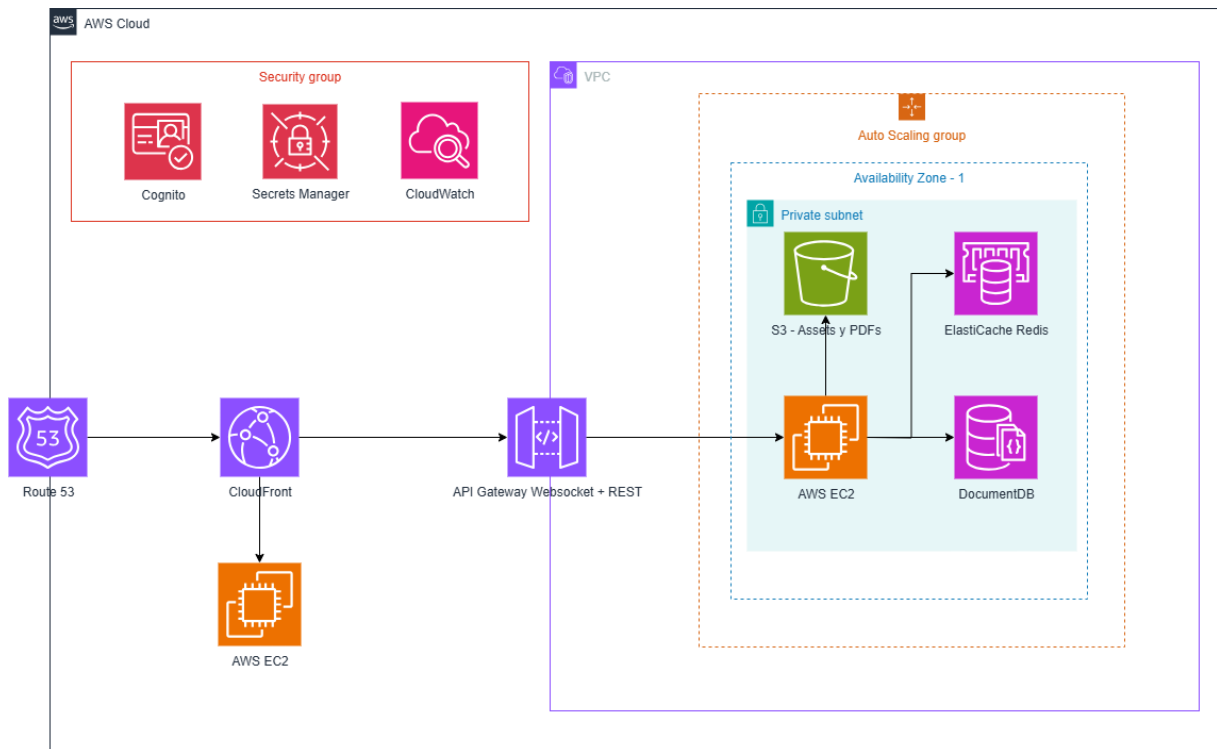


Figura 3.22: Arquitectura de servicios AWS simplificada. Fuente: Elaboración propia.

La arquitectura reducida incluye:

- Un entorno de backend desarrollado en Node.js con Express y soporte para WebSocket, desplegado sobre AWS EC2 dentro de una subred privada. Esta configuración permite ejecutar la lógica de negocio y facilita el escalado horizontal mediante un grupo de autoescalado.
- El frontend se aloja en una instancia de Amazon EC2 y se distribuye globalmente a través de Amazon CloudFront, lo que garantiza un acceso rápido y seguro desde los navegadores web. Esta configuración permite un control completo sobre el entorno de ejecución del frontend, facilita la integración con servicios backend y asegura una entrega eficiente de los contenidos estáticos y dinámicos a nivel global.
- Para el almacenamiento de información estructurada se emplea Amazon DocumentDB, una base de datos NoSQL compatible con MongoDB que permite almacenar y consultar documentos JSON de manera flexible, sin necesidad de un esquema rígido.
- La comunicación en tiempo real entre los usuarios y el sistema se gestiona a través de un canal basado en WebSocket, soportado por API Gateway y respaldado por Amazon ElastiCache con Redis, configurado en una instancia mínima, suficiente para manejar la publicación y suscripción de eventos en el contexto del MVP.

- El sistema de autenticación y autorización de usuarios se implementa con Amazon Cognito.
- Las credenciales sensibles, como las claves de acceso a servicios externos, se almacenan de forma segura en AWS Secrets Manager.
- El monitoreo de la aplicación y sus componentes se realiza mediante Amazon CloudWatch.

Esta decisión se debe a las limitaciones de tiempo y recursos disponibles, y permite concentrar los esfuerzos del equipo en el desarrollo de las funcionalidades centrales del sistema: integración con transcripción en vivo, generación de preguntas en contexto mediante OpenAI y dinámica de gamificación para clases sincrónicas.

En etapas posteriores se prevé complementar la arquitectura con mayores funcionalidades, como las representadas en la Figura 3.23, que incorporan balanceo de carga, redundancia multizona, mayor seguridad y segmentación de servicios. Dicha arquitectura está orientada a garantizar los atributos de calidad necesarios para su uso institucional.

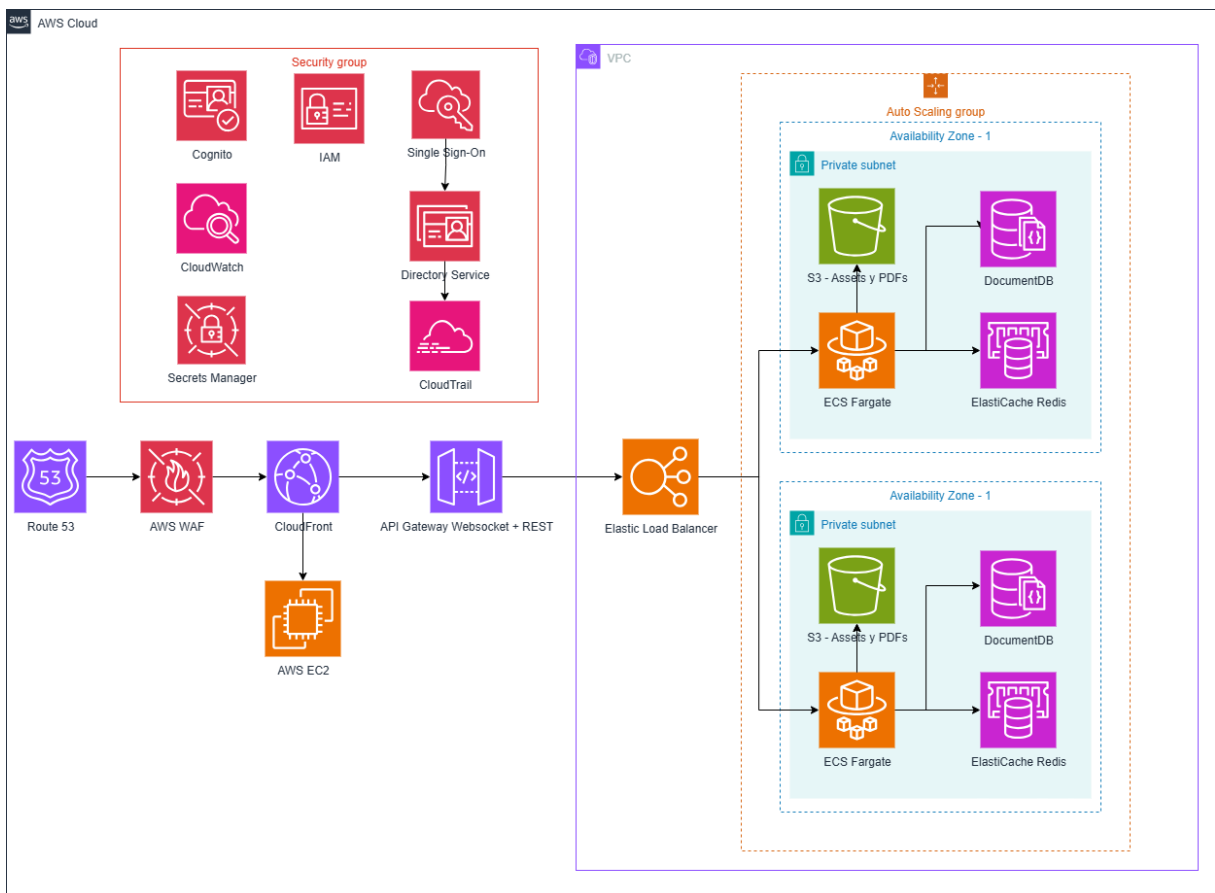


Figura 3.23: Arquitectura de servicios AWS completa. Fuente: Elaboración propia.

Esta arquitectura representa una evolución significativa respecto del entorno simplificado inicialmente implementado para el MVP. A diferencia de la primera versión, que prioriza la

simplicidad operativa, la arquitectura completa incorpora una serie de mejoras técnicas orientadas a garantizar el funcionamiento estable y escalable del sistema en un entorno productivo.

Entre los principales aspectos que la diferencian se encuentran la incorporación de redundancia multizona, la utilización de balanceadores de carga para distribuir el tráfico de usuarios de manera eficiente, la adopción de un esquema de autoescalado que permite ajustar dinámicamente la capacidad del sistema en función de la demanda, así como la implementación de políticas de seguridad y mecanismos de monitoreo avanzados para garantizar la integridad, disponibilidad y observabilidad del sistema. Además, se segmentan claramente las capas de presentación, aplicación y persistencia dentro de una red privada virtual, aislando los componentes críticos del tráfico público y fortaleciendo la postura de seguridad.

En síntesis, esta arquitectura incorpora capacidades que exceden las requeridas para un entorno de pruebas y sienta las bases para una solución sostenible, operativamente madura y compatible con las exigencias reales de una implementación en instituciones educativas.

3.2.7.2 Arquitectura de la base de datos

A continuación, se detallan las entidades de base de datos utilizadas, sus atributos y relaciones. El esquema adopta un modelo documental NoSQL con embebidos para reducir lecturas en tiempo real y una capa complementaria en Redis para la lectura y escritura rápida en memoria.

NoSQL

La Figura 3.24 muestra el esquema NoSQL actualmente adoptado, basado en un modelo documental. Incluye las colecciones `meets`, `questions` y `transcripts`, organizadas en torno al identificador común `meetId`, que permite vincular la clase, sus preguntas interactivas y la transcripción asociada.

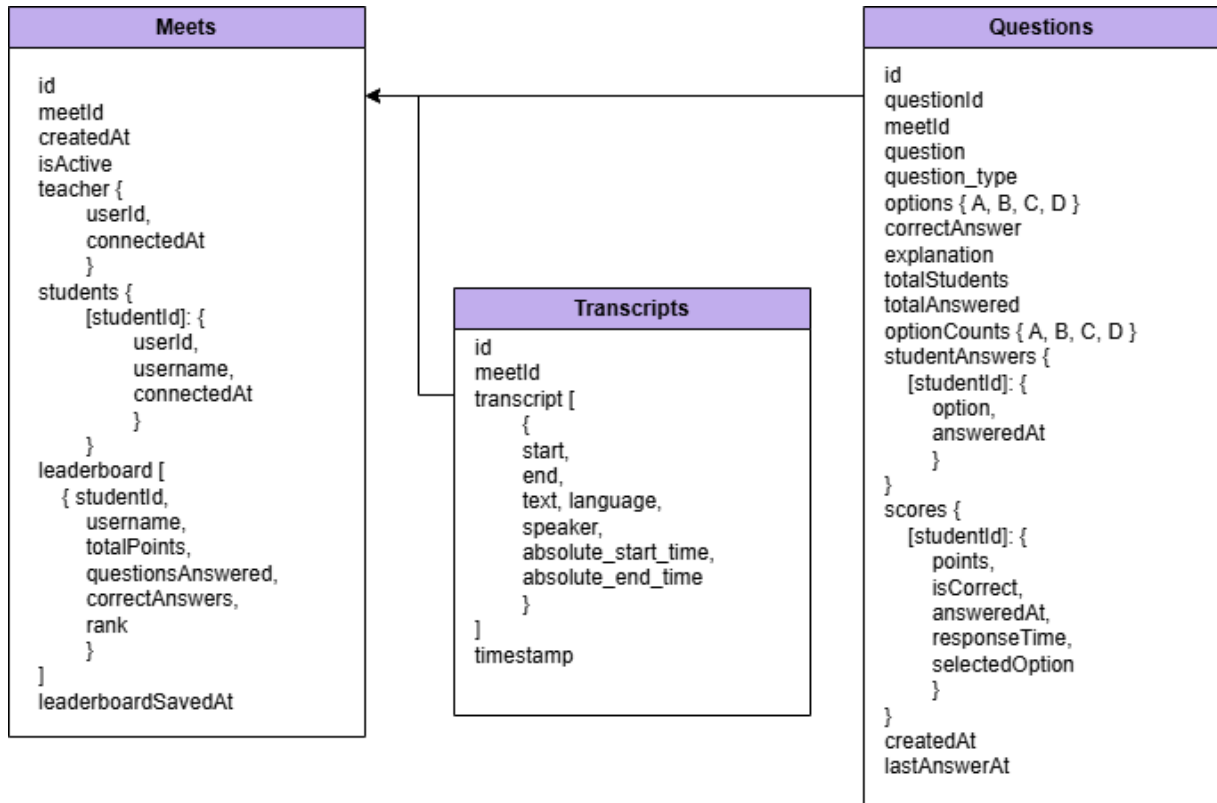


Figura 3.24: Esquema NoSQL del sistema. Fuente: Elaboración propia.

Reuniones (meets) Representa cada sesión en vivo. Atributos: id, meetId, createdAt, isActive, teacher, students, leaderboard, leaderboardSavedAt. El campo teacher contiene un objeto con userId y connectedAt, mientras que students almacena un mapa de identificadores de usuario con datos embebidos (username, connectedAt). El campo leaderboard mantiene un resumen dinámico de participación, incluyendo puntaje total, cantidad de respuestas y posición en el ranking. Esta estructura embebida permite obtener el estado general de la sesión en una sola lectura.

Preguntas (questions) Registra cada pregunta presentada durante la sesión. Atributos: id, questionId, meetId, question, question_type, options, correctAnswer, explanation, totalStudents, totalAnswered, optionCounts, studentAnswers, scores, createdAt, lastAnswerAt. Los campos options y studentAnswers se encuentran embebidos como objetos JSON, lo cual permite almacenar las opciones disponibles y las respuestas de los estudiantes con su tiempo de respuesta y puntaje.

Transcripciones (transcripts) Contiene la transcripción procesada de cada sesión. Atributos: id, meetId, transcript, timestamp. El campo transcript incluye una lista de segmentos con start, end, text, language, speaker, y marcas de tiempo absolutas. Esta estructura

embebida facilita la reconstrucción del discurso en orden temporal, así como el análisis lingüístico y la vinculación con los momentos en que se lanzaron preguntas o actividades.

Relaciones principales

- meets 1–N questions (una sesión puede contener múltiples preguntas).
- meets 1–1 transcripts (cada reunión tiene una única transcripción asociada).

Justificación del esquema El modelo documental actual prioriza la rapidez en la lectura y escritura durante las clases. Los documentos embebidos en `meets` y `questions` evitan la necesidad de uniones. El uso de `meetId` como clave de relación entre colecciones simplifica las consultas y permite mantener la coherencia entre la transcripción, las preguntas y los resultados de participación. La colección `transcripts` se mantiene separada para facilitar las operaciones de análisis posterior y almacenamiento de grandes volúmenes de texto segmentado.

Redis

Redis complementa el modelo NoSQL al gestionar los datos de acceso frecuente, reduciendo significativamente los tiempos de lectura gracias a su arquitectura en memoria, que permite operaciones de alta velocidad. Ver la Figura 3.25.

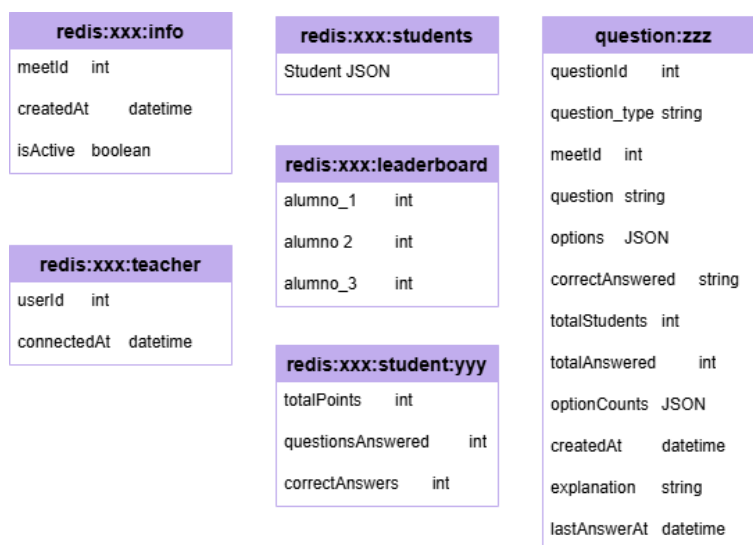


Figura 3.25: Esquema de estructuras clave en Redis. Fuente: Elaboración propia.

redis:xxx:info Almacena información mínima de la sesión activa. Atributos: `meetId` como clave, `createdAt` para registrar el inicio y `isActive` para mantener su actividad. Permite saber si una sesión sigue activa y cuándo fue su último uso.

redis:xxx:teacher Mantiene al docente conectado a cada sesión. Atributos: `userId` y `connectedAt`. Registra qué profesor está dirigiendo la sesión y desde cuándo está conectado.

redis:xxx:students Almacena el conjunto de estudiantes conectados a la sesión mediante un hash. Cada estudiante se indexa por su `userId`, conteniendo como valor un JSON serializado con `userId`, `username` y `connectedAt`. Permite consultar rápidamente quiénes están presentes en la sesión.

redis:xxx:leaderboard Mantiene el ranking de puntuaciones de los estudiantes en la sesión mediante un sorted set. La clave es el `userId` del estudiante y el score representa sus puntos acumulados. Facilita la visualización del tablero de posiciones en tiempo real.

redis:xxx:student:yyy Guarda las estadísticas individuales de cada estudiante en la sesión. Atributos: `totalPoints`, `questionsAnswered` y `correctAnswers`. Permite realizar un seguimiento detallado del desempeño de cada participante.

question:zzz Almacena el estado completo de una pregunta activa durante su ejecución. Atributos principales: `questionId`, `question_type`, `meetId`, `question`, `options` (JSON serializado), `correctAnswer`, `totalStudents`, `totalAnswered`, `optionCounts` (JSON con conteo por opción), `studentAnswers` (JSON con respuestas indexadas por `userId`), `createdAt`, `explanation` y `lastAnswerAt`. Centraliza toda la información necesaria para mostrar resultados en tiempo real y procesar respuestas.

Relaciones principales

- `redis:xxx:info` y `redis:xxx:students` se vinculan por `meetId` para controlar sesiones activas y presencia de estudiantes.
- `redis:xxx:teacher` asocia cada sesión con el docente responsable mediante `meetId`.
- `question:zzz` conecta con `redis:xxx:info` a través del atributo `meetId`, vinculando la pregunta activa con la sesión correspondiente.
- `redis:xxx:leaderboard` y `redis:xxx:student:yyy` se relacionan por `meetId` y `userId`, manteniendo consistencia entre el ranking global y las estadísticas individuales.
- `question:zzz` almacena respuestas en `studentAnswers` indexadas por `userId`, permitiendo cruce directo con `redis:xxx:students` para validar participantes activos.

Justificación del esquema El modelo se limita a lo esencial: presencia, estado de la actividad y buffer de respuestas. Esto reduce complejidad, mantiene latencias muy bajas y delega la persistencia histórica a NoSQL. Redis actúa como capa optimizada para lectura y escritura intensiva durante la clase.

3.2.7.3 Modelo C4

Nivel 1: Diagrama de contexto

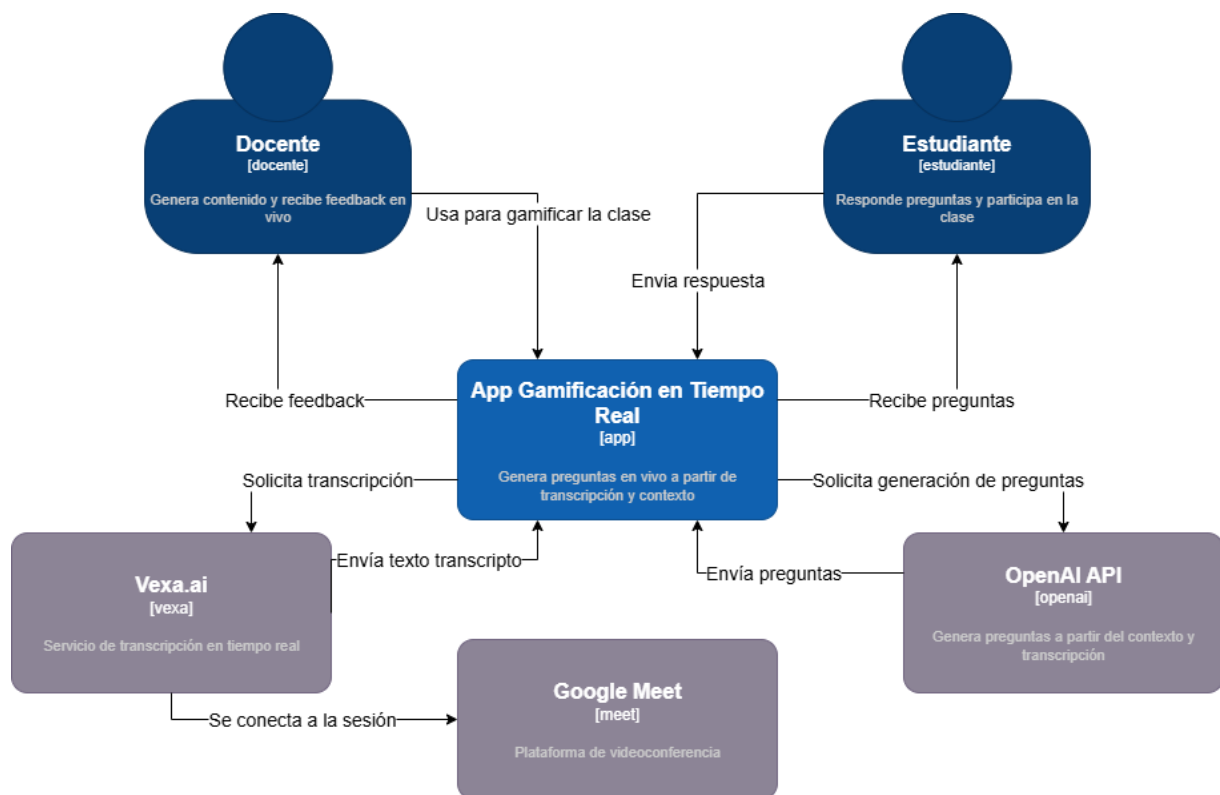


Figura 3.26: Modelo C4 - Nivel 1: Diagrama de contexto. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 3.26 representa el Diagrama de Contexto del sistema propuesto, en el marco del modelo C4 (Contexto, Contenedores, Componentes, Código). Este primer nivel tiene como objetivo mostrar cómo el sistema de gamificación en tiempo real se relaciona con los usuarios y servicios externos.

Actores principales

El sistema interactúa con dos tipos de usuarios:

- **Docente:** dicta contenidos y conduce la clase a través de Google Meet. Utiliza la aplicación como soporte para gamificar la experiencia y comprender el nivel de atención de los estudiantes.

- **Estudiante:** participa en la clase y responde las preguntas que se le presentan mediante la interfaz del sistema.

Sistema principal

La aplicación de gamificación en tiempo real constituye el núcleo funcional del sistema. Recibe la transcripción del contenido oral de la clase, la procesa para generar preguntas de opción múltiple utilizando un modelo de lenguaje, y presenta dichas preguntas a los estudiantes. También registra sus respuestas y genera retroalimentación para el docente.

Sistemas externos

- **Google Meet:** plataforma en la que se lleva a cabo la clase virtual. El sistema depende del audio de la sesión para generar contenido interactivo.
- **Vexa.ai:** servicio externo de transcripción automática. A través de un bot que se une a la sesión de Google Meet como participante, captura el audio en vivo, lo procesa y devuelve su transcripción a la aplicación. Se optó por este mecanismo ya que Google Meet aún no dispone de una API para la transcripción en vivo.
- **OpenAI:** servicio externo que recibe la transcripción y el contexto de la clase, y genera preguntas utilizando modelos de lenguaje avanzados.

Resumen del flujo general

1. El docente desarrolla la clase en Google Meet.
2. Vexa.ai se conecta a la sesión y transcribe el audio en tiempo real.
3. La aplicación solicita y recibe dicha transcripción.
4. Con ese insumo, la aplicación consulta la API de OpenAI para generar preguntas relacionadas con el contenido dictado.
5. Las preguntas se presentan al estudiante, quien responde desde la misma interfaz.
6. Las respuestas se procesan, se actualizan los puntajes y se genera retroalimentación para el docente.

Nivel 2: Diagrama de contenedores

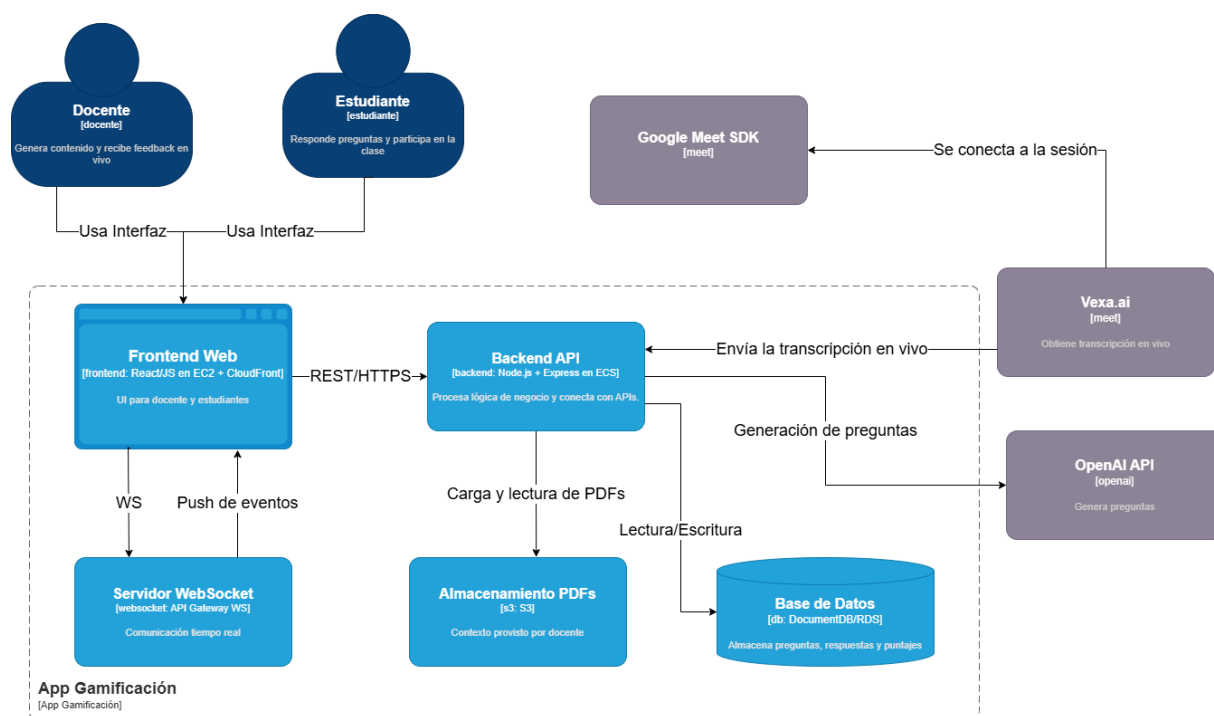


Figura 3.27: Modelo C4 - Nivel 2: Diagrama de contenedores. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 3.27 presenta el Diagrama de Contenedores correspondiente al Nivel 2 del modelo C4, en el cual se detalla la estructura lógica interna del sistema de gamificación en tiempo real. Este nivel describe cómo se organiza la aplicación en diferentes contenedores o servicios que colaboran entre sí, y cómo estos se relacionan con los actores humanos y los sistemas externos.

La arquitectura responde a los objetivos funcionales del sistema: generar preguntas automáticamente a partir del contenido dictado por el docente, distribuirlas a los estudiantes en tiempo real y registrar sus respuestas para ofrecer retroalimentación inmediata.

Contenedores internos

- **Frontend Web:** aplicación web alojada en Amazon EC2, distribuida globalmente a través de CloudFront. Sirve como interfaz para docentes y estudiantes, permitiendo visualizar preguntas, enviar respuestas y consultar resultados.
- **Backend API:** servicio principal desarrollado con Node.js y Express, alojado en contenedores ECS. Se encarga de coordinar la lógica del sistema: procesar la transcripción recibida, gestionar la generación de preguntas, registrar las respuestas y calcular resultados.

- **Servidor WebSocket:** componente que mantiene canales de comunicación bidireccional con los clientes web, utilizado para el envío en tiempo real de preguntas, actualizaciones de estado y puntajes. Implementado mediante Amazon API Gateway WebSocket y respaldado por Amazon ElastiCache con Redis.
- **Base de datos:** sistema de almacenamiento persistente, implementado mediante Amazon DocumentDB. Almacena usuarios, preguntas, respuestas, puntajes e historial de sesiones.
- **Almacenamiento de PDFs:** repositorio en Amazon S3 donde los docentes pueden subir documentos de apoyo que servirán como insumo contextual para la generación de preguntas. Estos archivos son accedidos desde el backend cuando sea necesario.

Sistemas externos

- **Vexa.ai:** descrito anteriormente.
- **OpenAI API:** descrito anteriormente.

Flujo principal

1. El docente desarrolla la clase en Google Meet.
2. Vexa.ai se conecta a la sesión como participante y realiza la transcripción del audio en vivo.
3. El texto transcrito es enviado al Backend API.
4. El backend consulta a OpenAI para obtener una pregunta relevante basada en ese contenido.
5. La pregunta es enviada en tiempo real al Frontend Web mediante WebSocket.
6. El estudiante responde desde la misma interfaz.
7. Las respuestas se almacenan y procesan para retroalimentar al docente.

Nivel 3: Diagrama de componentes

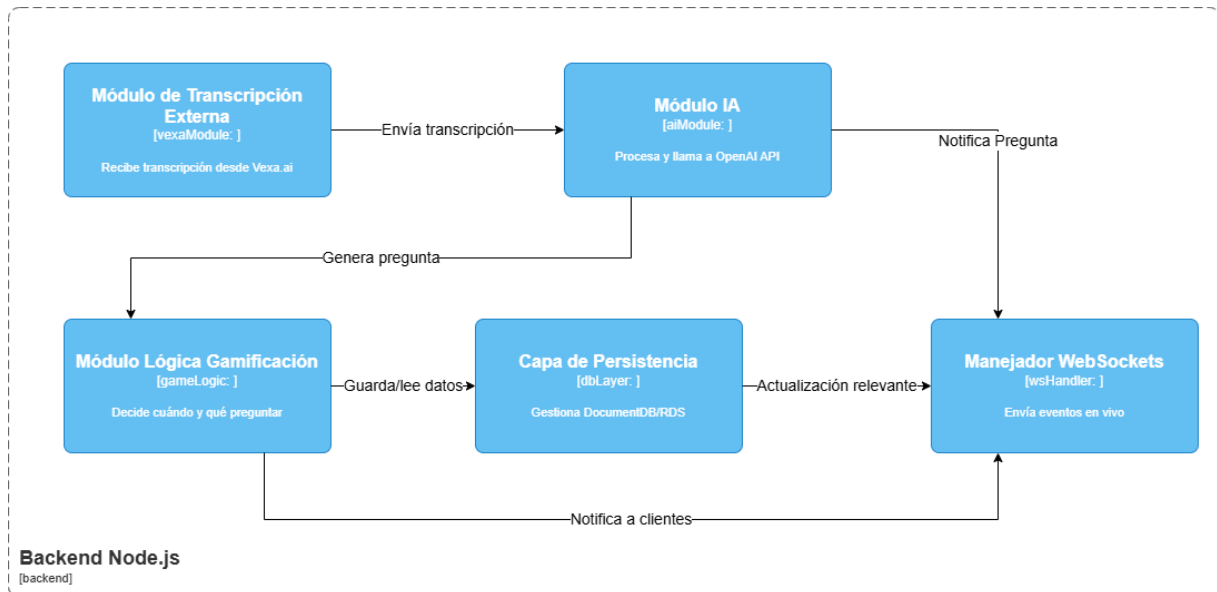


Figura 3.28: Modelo C4 - Nivel 3: Diagrama de componentes. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 3.28 presenta el Diagrama de Componentes correspondiente al Nivel 3 del modelo C4, enfocado en la organización interna del backend de la aplicación. En este nivel se describen los principales módulos funcionales que conforman el backend y las relaciones entre ellos, en el contexto de la lógica general del sistema.

El backend está implementado en Node.js con Express y se encuentra desplegado en contenedores sobre una infraestructura escalable. Su diseño sigue el principio de separación de responsabilidades, permitiendo una gestión modular, mantenible y extensible de las distintas funciones que componen la lógica de negocio del sistema.

Componentes

- **Módulo de transcripción externa:** recibe las transcripciones generadas en tiempo real por el servicio Vexa.ai. Este módulo valida y estandariza el texto recibido para su posterior procesamiento.
- **Módulo de inteligencia artificial:** toma la transcripción como insumo y construye una solicitud estructurada que se envía a la API de OpenAI. Su objetivo es obtener preguntas de opción múltiple contextualizadas a partir del discurso del docente. El resultado se remite al módulo de gamificación.
- **Módulo de lógica de gamificación:** administra el ciclo de vida de las preguntas y turnos dentro de la clase. Determina cuándo debe presentarse una pregunta, controla el flujo

entre estudiantes y docentes, y coordina el acceso a la base de datos y a los canales de comunicación en tiempo real.

- **Capa de persistencia:** abstrae las operaciones sobre la base de datos del sistema. Permite almacenar usuarios, sesiones, preguntas, respuestas y puntajes.
- **Manejador de WebSocket:** mantiene las conexiones activas con los clientes (docentes y estudiantes) y publica eventos en tiempo real, como la presentación de nuevas preguntas, resultados de turnos o actualización de puntajes. Este componente opera como canal de salida para todos los eventos generados por el backend.

Flujo general

El sistema recibe la transcripción desde Vexa.ai mediante el módulo de transcripción externa. Esta información es procesada por el módulo de inteligencia artificial, que consulta a *OpenAI* para generar una pregunta relacionada con el contenido dictado. La pregunta es entregada al módulo de lógica de gamificación, el cual evalúa su presentación y actualiza el estado del juego. Los datos relevantes se almacenan mediante la capa de persistencia, y las notificaciones hacia los estudiantes y el docente se realizan a través del manejador de WebSocket.

Esta arquitectura modular permite un procesamiento desacoplado y escalable de las tareas del backend, garantizando bajo acoplamiento entre componentes y facilitando la integración de servicios externos, como proveedores de transcripción y generación de lenguaje natural.

3.3 Modelo de negocio

El modelo de negocio de Sparkle se analiza mediante la herramienta *Business Model Canvas* (BMC). Dicha herramienta, propuesta por Alexander Osterwalder en 2005, se utiliza ampliamente en el ámbito empresarial para representar de forma gráfica los componentes que generan valor dentro de una organización (Becker *et al.*, 2024).

En la Figura 3.29, se presenta el modelo de negocio de Sparkle representado mediante el BMC. Se incluyen la propuesta de valor, los segmentos de clientes, los canales de comunicación y distribución, así como los recursos, actividades y socios clave. En los apartados posteriores se desarrolla cada uno de estos elementos en detalle, con el propósito de analizar su función dentro del modelo y su contribución al funcionamiento integral del sistema.

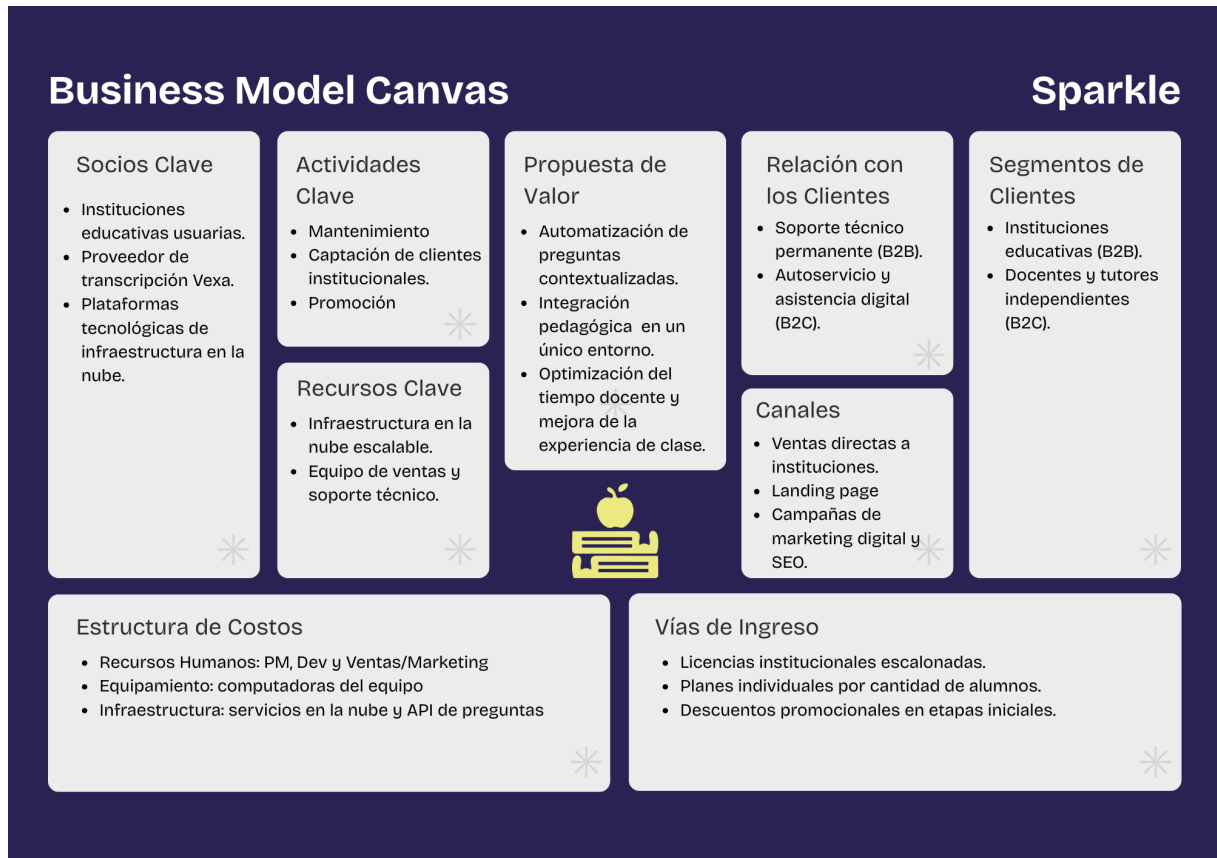


Figura 3.29: Business Model Canvas de Sparkle. Fuente: Elaboración propia.

3.3.1 Propuesta de valor

La propuesta de valor de Sparkle se enfoca en la automatización, la adaptación pedagógica y la integración operativa. Se distingue por constituir una herramienta única en el mercado que combina la generación automática de preguntas contextualizadas con la unificación del entorno de clase, ofreciendo una experiencia fluida para docentes y estudiantes.

3.3.2 Socios clave

Los socios clave de Sparkle son las instituciones que implementan el sistema, ya que constituyen la principal fuente de ingresos y contribuyen a posicionar la herramienta como referente dentro del mercado educativo digital.

El servicio *Vexa.ai* constituye un socio tecnológico esencial. Su sistema de transcripción y su evolución inciden directamente en la capacidad de Sparkle para expandirse hacia nuevas plataformas o, en su caso, en la necesidad de evaluar alternativas tecnológicas equivalentes.

3.3.3 Actividades clave

Las actividades clave de Sparkle se estructuran en dos ejes principales. Por un lado, el mantenimiento continuo y la garantía de disponibilidad del servicio, que aseguran el funcio-

namiento permanente de la plataforma. Por otro, la búsqueda activa de clientes institucionales mediante el contacto directo con los responsables académicos, con el propósito de promocionar el servicio y consolidar acuerdos comerciales B2B, principal fuente de ingresos del modelo.

3.3.4 Segmentos de clientes

El mercado objetivo de Sparkle está conformado por docentes, tutores e instituciones que imparten clases remotas o híbridas. En función de ello, el modelo se organiza en dos líneas principales de clientes:

- **Instituciones educativas (B2B):** universidades públicas y privadas, institutos de posgrado y formación terciaria.
- **Consumidores individuales (B2C):** profesores particulares, tutores o capacitadores que desarrollan actividades académicas extracurriculares.

Este doble enfoque permite abarcar contratos de gran volumen, que generan ingresos significativos y estables, junto con un segmento más dinámico de usuarios individuales que favorece la difusión temprana del producto.

3.3.5 Relación con los clientes

La relación con los clientes se fundamenta en un enfoque de acompañamiento institucional y soporte especializado. En el segmento B2B se establecen vínculos a largo plazo mediante acuerdos de mantenimiento, asistencia técnica continua y canales de comunicación dedicados. Este esquema busca garantizar la satisfacción del cliente y fomentar la renovación periódica de licencias.

Para los usuarios individuales (B2C), la relación se sostiene mediante mecanismos de autoservicio y soporte digital, como tutoriales interactivos, una base de conocimiento actualizada y atención a través de correo electrónico o chat.

3.3.6 Recursos clave

El funcionamiento de Sparkle requiere una infraestructura en la nube robusta y escalable, acorde con la demanda, que asegure la disponibilidad del servicio y la correcta ejecución de las tareas en tiempo real. Asimismo, resulta indispensable contar con un equipo de ventas y soporte técnico capacitado para gestionar la relación con las instituciones y garantizar la adecuada adopción de la herramienta.

3.3.7 Canales

La estrategia de comercialización contempla canales de venta directa mediante el equipo comercial, encargado de contactar a las instituciones educativas y presentar la propuesta de valor.

De forma complementaria, se implementa un sitio web informativo diseñado para destacar las características del servicio y facilitar la adquisición directa de licencias individuales. Finalmente, se prevé la ejecución de campañas de marketing digital orientadas a usuarios de herramientas competidoras y a búsquedas por palabras clave en motores de búsqueda, con el propósito de incrementar la visibilidad y captar nuevos clientes.

3.3.8 Vías de ingreso

La estrategia de precios se diseñó de manera competitiva en relación con otros actores del sector, como Kahoot!, con el objetivo de equilibrar accesibilidad, escalabilidad y rentabilidad.

Las licencias institucionales constituyen la principal fuente de ingresos del modelo. En este esquema, el costo unitario por docente disminuye a medida que aumenta el tamaño del paquete contratado, lo que incentiva la adopción masiva por parte de las instituciones educativas. Los valores propuestos son los siguientes:

- 10 docentes: 120 USD anuales por usuario.
- 50 docentes: 110 USD anuales por usuario.
- 100 docentes: 100 USD anuales por usuario.

Por otro lado, se ofrecen licencias individuales destinadas a docentes o tutores independientes (segmento B2C), estructuradas en tres planes según la cantidad máxima de estudiantes por sesión:

- Plan Bronce (hasta 25 estudiantes): 4,99 USD por mes.
- Plan Plata (hasta 50 estudiantes): 9,99 USD por mes.
- Plan Oro (hasta 100 estudiantes): 14,99 USD por mes.

Con el propósito de fomentar la adopción temprana y favorecer la difusión inicial del producto, se aplicará un subsidio temporal en las licencias individuales: un 30% de descuento durante el primer año y un 10% durante el segundo. Finalizado este período, los usuarios abonarán la tarifa plena. Este mecanismo tiene como objetivo acelerar la incorporación de nuevos usuarios en la etapa introductoria sin afectar la rentabilidad proveniente de la venta de licencias institucionales.

3.3.9 Estructura de costos

La estructura de costos de Sparkle comprende el desarrollo inicial del componente para videoconferencias, la incorporación progresiva de nuevas funcionalidades, el mantenimiento de la plataforma y el equipo de ventas. Todos estos elementos implican costos asociados. A continuación, se detallan las dos principales categorías de costos: recursos humanos e infraestructura tecnológica.

3.3.9.1 Recursos humanos

En la Tabla 3.II, se presentan los costos asociados a los recursos humanos en la etapa inicial del proyecto. Se detallan los roles, las funciones principales y los costos mensuales y anuales estimados. El equipo operativo se compone de un desarrollador *Full Stack* y un responsable de ventas y marketing. El primero participa de forma continua durante todo el año, mientras que el segundo se incorpora a mitad del primer año para acompañar el lanzamiento comercial y fortalecer la captación de clientes. Ambos roles cuentan con una estructura salarial optimizada que prioriza la eficiencia operativa y la sostenibilidad financiera del proyecto.

A partir del segundo año, se incorpora un presupuesto específico destinado a acciones de comercialización y marketing, orientado a la promoción institucional, campañas digitales y participación en eventos educativos. Este rubro complementa la labor del responsable de ventas y marketing, consolidando la estrategia de posicionamiento y expansión en el mercado educativo.

TABLA 3.II: Costos de recursos humanos y presupuesto comercial. Fuente: Elaboración propia.

Recurso / Rubro	Función principal	Costo mensual (USD)	Costo anual (USD)
Desarrollador Full Stack	Desarrollo integral de la plataforma e integración con servicios externos	700	8.400
Responsable de ventas y marketing (desde mitad del año 1)	Estrategia comercial, posicionamiento y captación de clientes	700	8.400
Presupuesto de comercialización (desde año 2)	Campañas de marketing digital, promoción institucional y adquisición de usuarios	1.000	12.000
Total anual (año 1)	Desarrollador + ½ ventas	–	12.600
Total anual (año 2 en adelante)	Desarrollador + ventas + comercialización	–	28.800

En la Tabla 3.III, se detallan los costos de inversión inicial en equipamiento. Esta inversión contempla los recursos necesarios para el trabajo del equipo técnico y comercial, garantizando la disponibilidad de herramientas adecuadas para el desarrollo de la plataforma y la gestión de clientes. Se seleccionaron equipos de costo medio que ofrecen un equilibrio entre rendimiento y eficiencia económica.

TABLA 3.III: Equipamiento inicial. Fuente: Elaboración propia.

Recurso	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Computadora desarrollador	1	500	500
Computadora ventas y marketing	1	500	500
Total	–	–	1.000

3.3.9.2 Infraestructura tecnológica

La infraestructura se basa en servicios en la nube de AWS y en el uso de una API externa para la generación automática de preguntas. El esquema seleccionado prioriza la eficiencia operativa mediante recursos escalables que aseguran un funcionamiento estable y costos controlados. En la Tabla 3.IV, se detallan los principales componentes de la infraestructura, junto con sus costos mensuales y anuales estimados, que incluyen servicios de cómputo, almacenamiento, distribución de contenido y monitoreo.

TABLA 3.IV: Costos de infraestructura. Fuente: Elaboración propia.

Servicio / Recurso	Descripción	Costo mensual (USD)	Costo anual (USD)
<i>AWS EC2</i>	Procesamiento de audio en tiempo real	175	2.100
<i>AWS EC2 + S3/DocumentDB</i>	Backend y almacenamiento	105	1.260
<i>CloudFront (CDN)</i>	Distribución del frontend y reducción de latencia	35	420
API de preguntas	Generación automática de cuestionarios	140	1.680
<i>CloudWatch (monitoreo)</i>	Seguridad y métricas de rendimiento	35	420
Total infraestructura	–	490	5.880

3.3.9.3 Resumen de costos

La Tabla 3.V presenta un resumen general de costos que agrupa las categorías de recursos humanos, equipamiento, infraestructura y comercialización. Esta síntesis permite visualizar la evolución del gasto total del proyecto entre el primer año de operación, centrado en el desarrollo y lanzamiento de la plataforma, y los años siguientes, donde se incorpora una estructura más completa que acompaña el crecimiento comercial y técnico del producto.

A partir del segundo año, se incluye un presupuesto destinado a actividades de marketing y promoción, lo que genera un incremento en los costos operativos, pero también permite acelerar la captación de clientes y fortalecer la presencia institucional de Sparkle en el mercado educativo.

TABLA 3.V: Resumen general de costos actualizados. Fuente: Elaboración propia.

Categoría	Costo anual (USD)
Recursos humanos (año 1)	12.600
Infraestructura (año 1)	5.880
Equipamiento inicial	1.000
Total año 1	19.480
Recursos humanos (año 2+)	16.800
Infraestructura (año 2+)	8.232
Presupuesto de comercialización (año 2+)	12.000
Total año 2	37.032
Total año 3	54.005
Total año 4	72.463
Total año 5	86.949

3.4 Análisis financiero

El análisis financiero de Sparkle tiene como propósito determinar la viabilidad del proyecto en un horizonte de cinco años, considerando ingresos, costos y flujos netos bajo tres escenarios posibles. La metodología utilizada se basa en la construcción de flujos de caja anuales a partir de supuestos sobre la adopción de la herramienta, el crecimiento de clientes y la evolución de los costos operativos.

En este contexto, se diferencian el flujo neto y el flujo descontado, los cuales permiten analizar la rentabilidad del proyecto desde dos perspectivas complementarias. El flujo neto

representa los ingresos y egresos reales generados en cada período, sin ajustar por el valor del dinero en el tiempo. Por su parte, el flujo descontado aplica una tasa de actualización que refleja el costo de oportunidad del capital, trayendo los flujos futuros a valor presente. Esta distinción resulta fundamental para evaluar la conveniencia económica de una inversión: mientras el flujo neto evidencia la capacidad operativa del proyecto para generar excedentes, el flujo descontado permite estimar su valor financiero considerando el paso del tiempo y la tasa de riesgo asumida (Ross *et al.*, 2015).

Para evaluar la factibilidad del proyecto se emplean tres indicadores financieros clásicos: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Período de Recuperación de la Inversión (*Payback*).

3.4.1 Valor actual neto (VAN)

El VAN es un criterio de evaluación que permite determinar la rentabilidad de un proyecto al traer al presente los flujos de caja futuros descontados a una tasa determinada. Un VAN positivo indica que el proyecto genera valor por encima del costo de capital, mientras que un valor negativo señala que no cubre la inversión inicial (Cano Morales, 2017).

La fórmula del VAN se expresa de la siguiente manera:

$$\text{VAN} = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (3.1)$$

donde:

- FC_t = Flujo de caja en el período t
- i = Tasa de descuento
- t = Período de tiempo
- n = Horizonte de evaluación

3.4.2 Tasa interna de retorno (TIR)

La TIR corresponde a la tasa de descuento que iguala el VAN a cero. Representa la rentabilidad relativa del proyecto y permite evaluar el atractivo de la inversión en comparación con otras alternativas. Cuanto mayor sea la TIR en relación con la tasa de descuento, mayor será la conveniencia de ejecutar el proyecto (Ross *et al.*, 2015).

La fórmula de la TIR se define de la siguiente manera:

$$\sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+\text{TIR})^t} = 0 \quad (3.2)$$

donde:

- FC_t = Flujo de caja en el período t
- TIR = Tasa interna de retorno (valor a encontrar)
- t = Período de tiempo
- n = Horizonte de evaluación

3.4.3 Período de recuperación de la inversión (Payback)

El Payback representa el tiempo necesario para recuperar el capital invertido a partir de los flujos netos acumulados. Aunque no considera la depreciación del valor del dinero en el tiempo, resulta útil como indicador de riesgo, ya que permite estimar la rapidez con que se recupera la inversión (Gitman *et al.*, 2012).

La fórmula del Payback se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Payback} = a + \frac{b}{c} \quad (3.3)$$

donde:

- a = Año anterior a la recuperación total
- b = Inversión inicial no recuperada al inicio del año a
- c = Flujo de caja neto del año en que se recupera la inversión

3.4.4 Supuestos generales

- **Horizonte de análisis:** 5 años.
- **Tasa de descuento:** 10 %.
- **Precios:**
 - **Instituciones:** pagan precio completo desde el inicio (10 docentes = 120 USD/año c/u , 50 docentes = 110 USD/año c/u , 100 docentes = 100 USD/año c/u).
 - **Docentes individuales:** a todos los planes en el primer año se aplicará un descuento del 30 %, en el segundo del 10 %, y a partir del tercero se abonará el precio completo.
- **Recursos humanos:**
 - **Año 1:** participación del desarrollador Full Stack durante todo el año y del responsable de ventas y marketing a partir de la segunda mitad del período.
 - **Año 2 en adelante:** ambos roles activos durante todo el año.

- Salarios con incremento del 10% anual.
- **Infraestructura:** costo base de 5.880 USD en el primer año, ajustado según el crecimiento de usuarios y uso de servicios en la nube, con un aumento proyectado hasta 22.589 USD en el quinto año.
- **Presupuesto comercial:** incorporado a partir del segundo año con un monto inicial de 12.000 USD anuales, destinado a campañas de marketing digital, promoción institucional y participación en eventos del sector. Este gasto crece progresivamente en función del nivel de adopción, alcanzando 42.000 USD en el quinto año.

3.4.5 Escenarios

En esta sección se presentan los tres escenarios considerados en el análisis financiero de Sparkle: optimista, neutral y pesimista. Cada escenario representa diferentes niveles de adopción y crecimiento, lo que permite evaluar tanto la factibilidad como la sensibilidad del modelo de negocio.

3.4.5.1 Escenario optimista

El escenario optimista proyecta un contexto de alta adopción de Sparkle en el mercado educativo, impulsado por una estrategia comercial activa desde el inicio del proyecto. La Tabla 3.VI muestra un crecimiento sostenido en la cantidad de instituciones que incorporan la plataforma, iniciando con un conjunto reducido que permite validar el producto y consolidar los primeros ingresos. A partir del segundo año, el número de instituciones se expande de forma constante, destacando el incremento de las medianas y grandes, lo que refuerza la estabilidad de los flujos y la generación de contratos de mayor volumen.

TABLA 3.VI: Evolución de instituciones escenario optimista. Fuente: Elaboración propia.

Año	Instituciones nuevas	Instituciones pequeñas	Instituciones medianas	Instituciones grandes
1	$3 \times 10 + 2 \times 50$	3	2	0
2	$5 \times 10 + 1 \times 50 + 1 \times 100$	8	3	1
3	$5 \times 10 + 2 \times 50 + 2 \times 100$	13	5	3
4	$6 \times 10 + 3 \times 50 + 2 \times 100$	19	8	5
5	$6 \times 10 + 3 \times 50 + 3 \times 100$	25	11	8

De forma complementaria, la Tabla 3.VII presenta la evolución de las licencias individuales, las cuales acompañan la expansión institucional y fortalecen el crecimiento del flujo de

ingresos recurrentes. Se observa una tendencia ascendente que pasa de 50 docentes en el primer año a un total de 975 usuarios distribuidos en tres planes hacia el quinto año.

TABLA 3.VII: Evolución de licencias individuales escenario optimista. Fuente: Elaboración propia.

Año	Docentes individuales nuevos	Plan Bronce	Plan Plata	Plan Oro
1	50	50	0	0
2	+125	100	50	25
3	+225	225	125	50
4	+250	375	200	75
5	+300	550	300	100

La Tabla 3.VIII, muestra el comportamiento del flujo de caja correspondiente a este escenario. El primer año presenta un resultado negativo asociado a la inversión inicial, pero el proyecto alcanza el punto de equilibrio en el segundo año. A partir del tercero, los flujos netos se vuelven crecientemente positivos, consolidando una rentabilidad sostenida durante todo el horizonte de análisis.

TABLA 3.VIII: Flujo de caja escenario optimista. Fuente: Elaboración propia.

Año	Ingresos (USD)	Costos (USD)	Flujo neto (USD)	Flujo con descuento (USD)
1	14.849,50	19.980,00	(-5.130,50)	(-4.664,09)
2	37.385,83	37.032,00	353,82	292,42
3	76.221,00	54.004,80	22.216,20	16.691,36
4	121.793,50	72.462,72	49.330,78	33.693,59
5	177.740,50	86.949,41	90.791,09	56.374,12

A partir del segundo año, el proyecto comienza a generar resultados positivos, y hacia el tercero se consolida un margen operativo amplio. El flujo neto acumulado evidencia una tendencia ascendente, impulsada por la expansión de instituciones medianas y grandes junto con el crecimiento constante de usuarios individuales. El modelo demuestra alta escalabilidad y una estructura de costos eficiente que sostiene la rentabilidad incluso ante aumentos progresivos de gasto comercial y tecnológico.

TABLA 3.IX: Indicadores financieros escenario optimista. Fuente: Elaboración propia.

Indicador	Neto	Con descuento
VAN (USD)	82.407,40	46.579,12
TIR (%)	209	180
Payback (Año)	2,22	2,37

Los indicadores financieros del escenario optimista confirman una alta rentabilidad. El VAN alcanza 82.407,40 USD en términos nominales y 46.579,12 USD considerando el descuento, lo que evidencia la capacidad del proyecto para generar valor sostenido. La TIR se ubica en 209%, muy por encima de la tasa de descuento del 10%, y el Payback es de 2,22 años en términos netos y 2,37 años considerando el valor temporal del dinero. Estos resultados reflejan un escenario de crecimiento acelerado y sólida sostenibilidad económica.

3.4.5.2 Escenario neutral

El escenario neutral plantea una trayectoria de crecimiento sostenido y realista, donde Sparkle logra expandirse de manera progresiva tanto en el segmento institucional como en el de docentes individuales. Este escenario refleja una adopción constante, con un aumento gradual de instituciones medianas y grandes a partir del segundo año, y un flujo de nuevos usuarios individuales que acompaña la consolidación comercial de la plataforma.

TABLA 3.X: Evolución de instituciones — escenario neutral. Fuente: Elaboración propia.

Año	Instituciones nuevas	Chicas	Medianas	Grandes
1	$3 \times 10 + 1 \times 50$	3	1	0
2	$3 \times 10 + 1 \times 50 + 1 \times 100$	6	2	1
3	$4 \times 10 + 2 \times 50 + 2 \times 100$	10	4	3
4	$6 \times 10 + 3 \times 50 + 3 \times 100$	16	7	6
5	$6 \times 10 + 3 \times 50 + 4 \times 100$	22	10	10

En paralelo, la evolución de docentes individuales sigue un patrón ascendente, con incrementos moderados y sostenidos a lo largo de los cinco años. Este crecimiento refleja la incorporación progresiva de usuarios independientes, alineada con el ritmo de expansión institucional y la consolidación del producto en el mercado educativo.

TABLA 3.XI: Evolución de licencias individuales — escenario neutral. Fuente: Elaboración propia.

Año	Docentes individuales nuevos	Plan Bronce	Plan Plata	Plan Oro
1	50	50	0	0
2	+100	100	25	25
3	+175	200	75	50
4	+250	350	150	75
5	+300	525	250	100

La Tabla 3.XII presenta el flujo de caja asociado a este escenario. El primer año muestra un resultado negativo producto de los costos iniciales, pero el proyecto alcanza el equilibrio financiero hacia el segundo año y consolida una rentabilidad creciente a partir del tercero. El comportamiento de los flujos evidencia una expansión sostenible, con márgenes operativos en aumento y una estructura de costos estable.

TABLA 3.XII: Flujo de caja — escenario neutral. Fuente: Elaboración propia.

Año	Ingresos (USD)	Costos (USD)	Flujo neto (USD)	Flujo descontado (USD)
1	9.349,50	19.980,00	(-10.630,50)	(-9.664,09)
2	29.261,05	37.032,00	(-7.770,95)	(-6.422,27)
3	66.496,75	54.004,80	12.491,95	9.385,39
4	122.069,25	72.462,72	49.606,53	33.881,93
5	188.016,25	86.949,41	101.066,84	62.754,56

A partir del tercer año, el flujo neto supera ampliamente los costos operativos, permitiendo una acumulación sostenida de beneficios. La mejora en los ingresos refleja la maduración del modelo comercial y la mayor participación de instituciones medianas y grandes, mientras que los costos se mantienen controlados.

TABLA 3.XIII: Indicadores financieros — escenario neutral. Fuente: Elaboración propia.

Indicador	Neto	Con descuento
VAN (USD)	69.955,51	35.085,63
TIR (%)	105	87
Payback (Año)	3,12	3,20

Los indicadores financieros confirman la viabilidad del proyecto bajo condiciones de adopción moderada. El VAN alcanza 69.955,51 USD en términos nominales y 35.085,63 USD considerando el descuento, mientras que la TIR se mantiene por encima de la tasa de descuento. El período de recuperación se sitúa en torno a los 3,20 años, demostrando que el modelo conserva un desempeño sólido incluso con un ritmo de crecimiento gradual.

3.4.5.3 Escenario pesimista

El escenario pesimista describe un contexto de adopción lenta durante las etapas iniciales del proyecto, caracterizado por una base reducida de instituciones y docentes individuales. El crecimiento inicial se concentra en instituciones pequeñas y, de forma progresiva, incorpora medianas y grandes a partir del tercer año. Este comportamiento limitado genera resultados deficitarios en los primeros períodos, aunque el modelo logra revertirlos en el mediano plazo gracias al aumento gradual de la tracción comercial.

TABLA 3.XIV: Evolución de instituciones escenario pesimista. Fuente: Elaboración propia.

Año	Instituciones nuevas	Instituciones pequeñas	Instituciones medianas	Instituciones grandes
1	3×10	3	0	0
2	$3 \times 10 + 1 \times 50 + 1 \times 100$	6	1	1
3	$3 \times 10 + 2 \times 50 + 2 \times 100$	9	3	3
4	$4 \times 10 + 3 \times 50 + 2 \times 100$	13	6	5
5	$5 \times 10 + 4 \times 50 + 3 \times 100$	18	10	8

La evolución de las licencias individuales también sigue un patrón conservador, con un crecimiento paulatino que acompaña la expansión institucional. La captación de docentes se incrementa cada año, con especial aceleración hacia el final del período, cuando la marca ya ha alcanzado reconocimiento en el mercado educativo.

TABLA 3.XV: Evolución de licencias individuales escenario pesimista. Fuente: Elaboración propia.

Año	Docentes individuales nuevos	Plan Bronce	Plan Plata	Plan Oro
1	50	50	0	0
2	+75	100	25	0
3	+150	200	50	25
4	+200	325	100	50
5	+300	475	250	75

La Tabla 3.XVI, muestra los flujos de caja estimados para este escenario. Durante los dos primeros años, los ingresos no alcanzan a cubrir los costos operativos, pero a partir del tercer año se observa un punto de inflexión con resultados positivos que se consolidan en los años siguientes. Esto refleja la capacidad del proyecto para sostenerse y recuperar rentabilidad incluso bajo condiciones de crecimiento limitado.

TABLA 3.XVI: Flujo de caja escenario pesimista. Fuente: Elaboración propia.

Año	Ingresos (USD)	Costos (USD)	Flujo neto (USD)	Flujo con descuento (USD)
1	3.849,50	19.980,00	(-16.130,50)	(-14.664,09)
2	23.423,78	37.032,00	(-13.608,23)	(-11.246,47)
3	59.172,25	54.004,80	5.167,45	3.882,38
4	101.970,25	72.462,72	29.507,53	20.154,04
5	162.592,00	86.949,41	75.642,59	46.968,10

Los resultados evidencian una recuperación gradual del flujo neto a medida que aumentan las instituciones de mayor tamaño y los contratos recurrentes. Aunque la rentabilidad inicial es reducida, la estructura de costos eficiente permite que el modelo alcance equilibrio financiero a partir del tercer año y acumule beneficios crecientes hacia el final del horizonte de análisis.

TABLA 3.XVII: Indicadores financieros escenario pesimista. Fuente: Elaboración propia.

Indicador	Neto	Con descuento
VAN (USD)	25.113,96	3.240,27
TIR (%)	51	38
Payback (Año)	3,83	4,09

Los indicadores financieros del escenario pesimista reflejan que, incluso con un nivel de adopción reducido, el proyecto mantiene viabilidad económica. El VAN alcanza 25.113,96 USD en términos nominales y 3.240,27 USD al considerar el descuento, mientras que la TIR se mantiene por encima de la tasa de descuento del 10%. El período de recuperación, de aproximadamente 4 años, confirma que el modelo conserva resiliencia y capacidad de generar valor incluso bajo supuestos conservadores de mercado.

3.4.5.4 Evaluación financiera de escenarios

El análisis de los tres escenarios —optimista, neutral y pesimista— confirma la viabilidad económica de Sparkle bajo distintos niveles de adopción del mercado educativo. En todos los casos, el proyecto alcanza rentabilidad dentro del horizonte de cinco años, aunque con diferencias en la velocidad de crecimiento, los márgenes y los plazos de recuperación de la inversión.

La Tabla 3.XVIII, resume los principales resultados financieros. El escenario optimista evidencia el mejor desempeño, con una rápida recuperación y expansión sostenida desde el segundo año. El escenario neutral refleja una evolución estable y realista, mientras que el pesimista, pese a un inicio más lento, logra revertir los déficits iniciales y cerrar el período con rentabilidad positiva.

TABLA 3.XVIII: Análisis comparativo de escenarios. Fuente: Elaboración propia.

Indicador	Escenario optimista	Escenario neutral	Escenario pesimista
Año de equilibrio (Payback)	2,22	3,12	3,83
Año de equilibrio descontado (Payback)	2,37	3,20	4,09
VAN (USD)	82.407	69.956	25.114
VAN descontado (USD)	46.579	35.086	3.240
TIR (%)	209	105	51
TIR descontado (%)	180	87	38
Tendencia de crecimiento	Acelerada y sostenida	Moderada y constante	Lenta con recuperación final

Los resultados muestran que tanto el VAN como la TIR disminuyen de manera proporcional al ritmo de adopción del mercado. En el escenario optimista, el VAN descontado alcanza 46.579 USD y la TIR se sitúa en 180%; en el escenario neutral, los valores se mantienen positivos con 35.086 USD y 87%; y en el pesimista, aunque la rentabilidad es menor, el proyecto continúa siendo viable con un VAN de 3.240 USD y una TIR del 38 %.

Estas cifras demuestran que el modelo conserva rentabilidad incluso bajo condiciones de adopción reducida, gracias a una estructura de costos eficiente y una estrategia comercial adaptable. La variable más determinante sigue siendo la velocidad de incorporación de instituciones medianas y grandes, que impacta directamente en el volumen de ingresos y la generación de flujo neto positivo.

En síntesis, Sparkle constituye una propuesta financieramente sólida y sostenible. Su rentabilidad depende del nivel de tracción alcanzado, pero la diversificación de sus fuentes de ingresos y su escalabilidad operativa garantizan estabilidad económica en distintos contextos del mercado educativo.

3.5 Análisis legal

El desarrollo de Sparkle requiere considerar aspectos legales vinculados con la protección de datos personales y con la propiedad intelectual involucrada en la provisión de contexto al modelo de inteligencia artificial. A continuación, se detallan los principales puntos a considerar.

3.5.1 Protección de datos personales

Sparkle procesa información proveniente de la transcripción en tiempo real de clases virtuales, la cual puede incluir identificadores de docentes y estudiantes. Este tratamiento debe ajustarse a la Ley N.º 25.326 de Protección de Datos Personales y a su Decreto Reglamentario 1558/2001, bajo la supervisión de la Agencia de Acceso a la Información Pública (AAIP) (Congreso de la Nación Argentina, 2000).

Según el artículo 5 de la ley, el tratamiento de datos requiere consentimiento libre, expreso e informado. Los datos deben utilizarse exclusivamente para los fines educativos declarados y mantenerse bajo condiciones de confidencialidad y seguridad (Agencia de Acceso a la Información Pública, 2022). Sparkle implementa cifrado en tránsito y en reposo, anonimización parcial y retención temporal limitada de la información. Los usuarios conservan sus derechos de acceso, rectificación y supresión, conforme a los artículos 14 y 16.

3.5.2 Propiedad intelectual y derechos de autor

El contenido generado por los docentes y los documentos PDF utilizados por el sistema se encuentran protegidos por la Ley N.º 11.723 de Propiedad Intelectual. Su incorporación en Sparkle debe realizarse con autorización del autor o de la institución titular de los derechos (Congreso de la Nación Argentina, 1933).

Las preguntas generadas automáticamente se consideran producciones derivadas con fines educativos y no comerciales, amparadas por el uso legítimo docente previsto en el artículo 36 de la ley. Los reportes y resultados generados son propiedad de la institución o del docente responsable (Congreso de la Nación Argentina, 1933).

3.5.3 Términos y condiciones de uso

Antes de comenzar a utilizar Sparkle, los usuarios deberán aceptar los siguientes términos y condiciones, redactados conforme a la legislación argentina vigente:

1. **Autorización de datos:** se autoriza a Sparkle a procesar la transcripción de la participación en la videollamada con fines pedagógicos (Congreso de la Nación Argentina, 2000). Las transcripciones no se almacenan ni se utilizan para otros fines.
2. **Tratamiento académico:** Sparkle podrá registrar respuestas, puntajes y tiempos únicamente para análisis educativos internos, sin compartir datos con terceros.
3. **Privacidad y seguridad:** todas las comunicaciones se realizan mediante HTTPS, en cumplimiento de las recomendaciones de la AAIP (Agencia de Acceso a la Información Pública, 2022).

4. **Responsabilidad:** Sparkle no recopila audio ni video, solo texto transcrito, el cual es eliminado al finalizar cada sesión (Congreso de la Nación Argentina, 2000).
5. **Consentimiento informado:** el uso del sistema implica la aceptación de estos términos y el derecho a solicitar la eliminación de los datos personales en cualquier momento, conforme a los artículos 14 y 16 de la Ley N.º 25.326 (Congreso de la Nación Argentina, 2000).

4 Metodología de Desarrollo

El desarrollo de Sparkle se llevó a cabo mediante un enfoque ágil, orientado a la entrega incremental de funcionalidades y a la retroalimentación obtenida en cada instancia de avance parcial. Este método permitió ajustar requerimientos, validar hipótesis y optimizar la experiencia de uso sin requerir la finalización completa de cada fase.

4.1 Planificación y definición de requisitos

Se identificaron los objetivos generales y específicos del proyecto y se definieron los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema. Esta etapa se complementó con la presentación de avances durante las entregas parciales, durante las cuales se obtuvo retroalimentación formal de los tutores y docentes evaluadores. Se establecieron los límites del alcance, entre ellos la integración con Google Meet, los mecanismos de generación automática de preguntas y los servicios externos a utilizar, garantizando la alineación con las necesidades del contexto universitario argentino.

4.2 Diseño del sistema y arquitectura

Se diseñó la arquitectura modular de la solución, incorporando un servicio de transcripción, un modelo de lenguaje para el procesamiento del texto y una capa de gamificación en tiempo real. La arquitectura, basada en microservicios desplegada en AWS, facilitó la iteración progresiva y la integración gradual de los componentes desacoplados.

4.3 Implementación

El desarrollo se ejecutó en iteraciones cortas, en las que cada ciclo correspondió a una fase de avance presentada en las entregas parciales. En cada iteración se desarrollaron objetivos específicos, se realizaron pruebas internas y se validó el cumplimiento de los requerimientos antes de avanzar a la siguiente. Se implementaron los módulos principales: integración con Google Meet mediante su SDK oficial, backend en Node.js con Express, comunicación en tiempo real mediante WebSockets y frontend desarrollado en React.

4.4 Pruebas y validación

Se efectuaron pruebas unitarias, de integración y validaciones piloto en clases reales con el propósito de medir el desempeño, la latencia y la recepción por parte de docentes y estudiantes. Los resultados obtenidos se utilizaron para ajustar los flujos y optimizar la experiencia general, garantizando una latencia máxima de tres a cinco segundos entre la transcripción y la aparición de la actividad gamificada.

Este enfoque ágil, estructurado en iteraciones y entregas parciales, permitió incorporar mejoras continuas, mantener la trazabilidad del avance y asegurar que el producto evolucionara conforme a las observaciones recibidas, logrando un equilibrio entre la velocidad de desarrollo y la calidad técnica.

5 Pruebas Realizadas

El presente capítulo tiene como objetivo validar el correcto funcionamiento del sistema Sparkle y evaluar su desempeño en condiciones reales de uso. La validación abarca tanto instancias técnicas como pedagógicas, con el propósito de comprobar no solo el cumplimiento de los requerimientos funcionales planteados, sino también su impacto en la experiencia de enseñanza y aprendizaje.

Las pruebas se organizaron en tres etapas principales. En primer lugar, se llevaron a cabo pruebas funcionales de integración, orientadas a verificar el cumplimiento de los requerimientos funcionales (RF01–RF11) definidos en la etapa inicial del proyecto. En segundo lugar, se realizaron pruebas de usabilidad y rendimiento técnico en un entorno educativo real, con el fin de analizar la respuesta del sistema ante condiciones de uso reales y medir el tiempo promedio de generación de preguntas en función de la transcripción. Finalmente, se desarrolló una validación complementaria con un docente particular y un grupo de estudiantes, centrada en la percepción del usuario final y el grado de aceptación del complemento en el contexto educativo.

5.1 Pruebas funcionales de integración

La presente sección detalla el plan de pruebas funcionales utilizado para validar el correcto funcionamiento del complemento Sparkle. Estas pruebas tienen como propósito comprobar que las funcionalidades principales del sistema se orquesten de manera integrada, abarcando desde la conexión con la plataforma hasta la generación y registro de actividades gamificadas en tiempo real.

Las pruebas se clasifican como pruebas de integración funcional, ya que verifican la interacción entre los distintos módulos del sistema, garantizando el cumplimiento de los requerimientos funcionales.

A continuación, se presentan los casos de prueba ejecutados junto con sus resultados esperados y reales.

5.1.1 Caso de prueba 1: Integración y carga inicial

Este caso verifica la correcta vinculación del complemento con Google Meet y la carga del documento de contexto utilizado para asistir en la generación de preguntas.

TABLA 5.I: Caso de prueba 1 – Integración y carga inicial. Fuente: Elaboración propia.

Objetivo	Verificar la integración del complemento con Google Meet y la carga de un documento de contexto en formato PDF.
Requerimientos cubiertos	RF01, RF03
Precondiciones	Sesión activa en Google Meet sobre navegador Google Chrome. Complemento Sparkle instalado y visible en el panel lateral.
Entradas	Inicio de reunión y carga de archivo PDF válido con capa de texto.
Pasos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Iniciar la reunión en Google Meet. 2. Abrir el complemento Sparkle. 3. Seleccionar “Crear una nueva sesión”. 4. Cargar documento PDF.
Resultado esperado	El complemento se incrusta correctamente en el panel lateral. El archivo se valida y se muestra el mensaje “Sesión creada exitosamente”.
Resultado real	El complemento se integra sin errores visuales. El archivo PDF se valida y aparece el mensaje de confirmación.
Resultado de la prueba	Aprobada.

5.1.2 Caso de prueba 2: Procesamiento de transcripción en tiempo real

El siguiente caso examina la capacidad del sistema para recibir y procesar la transcripción de la clase mientras se desarrolla la sesión.

TABLA 5.II: Caso de prueba 2 – Procesamiento de transcripción en tiempo real. Fuente: Elaboración propia.

Objetivo	Validar que el sistema reciba y procese en tiempo real la transcripción proveniente del bot durante la clase.
Requerimientos cubiertos	RF02, RF05
Precondiciones	Complemento activo y servicio de Vexa aislado conectado a la reunión.

Entradas	Discurso continuo del docente con pausas y cambios temáticos.
Pasos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dictar clase durante cinco minutos. 2. Verificar la recepción continua de texto en el panel. 3. Confirmar que el sistema detecte un cambio temático y active una nueva pregunta.
Resultado esperado	La transcripción se actualiza en tiempo real (latencia menor a 5 segundos). Se registra el evento de cambio de tema y se genera una pregunta.
Resultado real	La transcripción se actualiza correctamente con una latencia promedio de 2,8 segundos. El evento de cambio temático se registra automáticamente.
Resultado de la prueba	Aprobada.

5.1.3 Caso de prueba 3: Generación y validación de preguntas

Este caso valida la capacidad del sistema para generar preguntas automáticas y permitir al docente aprobarlas o rechazarlas antes de su publicación a los estudiantes.

TABLA 5.III: Caso de prueba 3 – Generación y validación de preguntas. Fuente: Elaboración propia.

Objetivo	Evaluar la generación automática de preguntas y la posibilidad de validación o rechazo por parte del docente.
Requerimientos cubiertos	RF04, RF06, RF11
Precondiciones	Transcripción activa (con o sin PDF cargado).
Entradas	Fragmento de clase: “El modelo OSI tiene siete capas...”.
Pasos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Esperar el disparador automático del sistema. 2. Observar la pregunta generada. 3. Seleccionar “Aprobar” o “Rechazar”.

Resultado esperado	Se genera una pregunta coherente con el tema. El docente puede aprobar o rechazar la pregunta antes de ser enviada a los estudiantes.
Resultado real	El sistema genera correctamente una pregunta de opción múltiple relacionada. La función de validación y rechazo opera sin errores.
Resultado de la prueba	Aprobada.

5.1.4 Caso de prueba 4: Respuesta, puntaje y ranking

En siguiente caso se comprueba el registro de respuestas de los estudiantes y la correcta actualización del ranking de puntajes.

TABLA 5.IV: Caso de prueba 4 – Respuesta, puntaje y ranking. Fuente: Elaboración propia.

Objetivo	Verificar el registro automático de respuestas y la actualización del ranking de puntajes visible para los estudiantes.
Requerimientos cubiertos	RF07, RF08
Precondiciones	Pregunta publicada y estudiantes conectados a la reunión.
Entradas	Estudiantes seleccionan opciones distintas dentro del tiempo límite.
Pasos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Publicar pregunta aprobada. 2. Estudiantes responden desde la interfaz. 3. Verificar el tablero de posiciones.
Resultado esperado	Todas las respuestas se registran. El ranking se actualiza en tiempo real.
Resultado real	El registro de respuestas impactó en el 100% de los casos. El ranking se actualizó correctamente y mostró los puntajes en orden descendente acorde al tiempo de respuesta.
Resultado de la prueba	Aprobada.

5.1.5 Caso de prueba 5: Cierre y persistencia de sesión

Este último caso analiza el cierre de la sesión de clase, la generación del reporte final y la persistencia de los datos en la base de datos. Su objetivo es garantizar que la información registrada quede disponible para futuras consultas y análisis.

TABLA 5.V: Caso de prueba 5 – Cierre y persistencia de sesión. Fuente: Elaboración propia.

Objetivo	Validar la generación de reportes y el almacenamiento del historial de preguntas y respuestas al finalizar la clase.
Requerimientos cubiertos	RF09, RF10
Precondiciones	Sesión activa con al menos una pregunta respondida.
Entradas	Docente selecciona “Finalizar sesión”.
Pasos	1. Cerrar sesión desde el panel del complemento. 2. Acceder al historial.
Resultado esperado	El sistema genera un reporte con métricas por pregunta y guarda el historial en la base de datos.
Resultado real	El reporte se generó correctamente con porcentajes de aciertos. El historial queda disponible en la base de datos para consultas posteriores.
Resultado de la prueba	Aprobada.

5.2 Prueba de usabilidad y rendimiento en entorno educativo real

Con el objetivo de evaluar la efectividad y usabilidad de Sparkle en un entorno educativo real, se llevaron a cabo pruebas con usuarios que representaron tanto al perfil docente como al estudiantil. Estas pruebas tuvieron como propósito analizar la experiencia de uso, la facilidad de interacción con la herramienta y las percepciones subjetivas de los participantes respecto a su funcionamiento y utilidad durante el desarrollo de una clase. La evaluación se realizó en el marco de una clase presencial de la asignatura Tecnología y Medio Ambiente, dictada por el Ingeniero Lucas Katarzynski. La metodología empleada consistió en replicar, dentro de lo posible, las condiciones de una clase virtual para garantizar la validez de la prueba. El docente accedió al sistema con un usuario del perfil docente y cargó como documento de contexto las diapositivas correspondientes a su clase. Durante el dictado permaneció frente al equipo para

asegurar la correcta captación de audio por parte del sistema, condición esencial para el proceso de transcripción en tiempo real.



Figura 5.1: Docente utilizando la herramienta. Fuente: Elaboración propia.

Dada la limitación en la cantidad de licencias disponibles de Google Workspace y con el fin de no interferir con el desarrollo normal de la clase, se permitió la participación activa de un único estudiante externo al equipo de Sparkle, quien ingresó al sistema como usuario estudiante. El resto de los estudiantes observó la experiencia mediante la proyección del panel de estudiante en el aula de clase, lo que posibilitó una participación colectiva y simultánea.

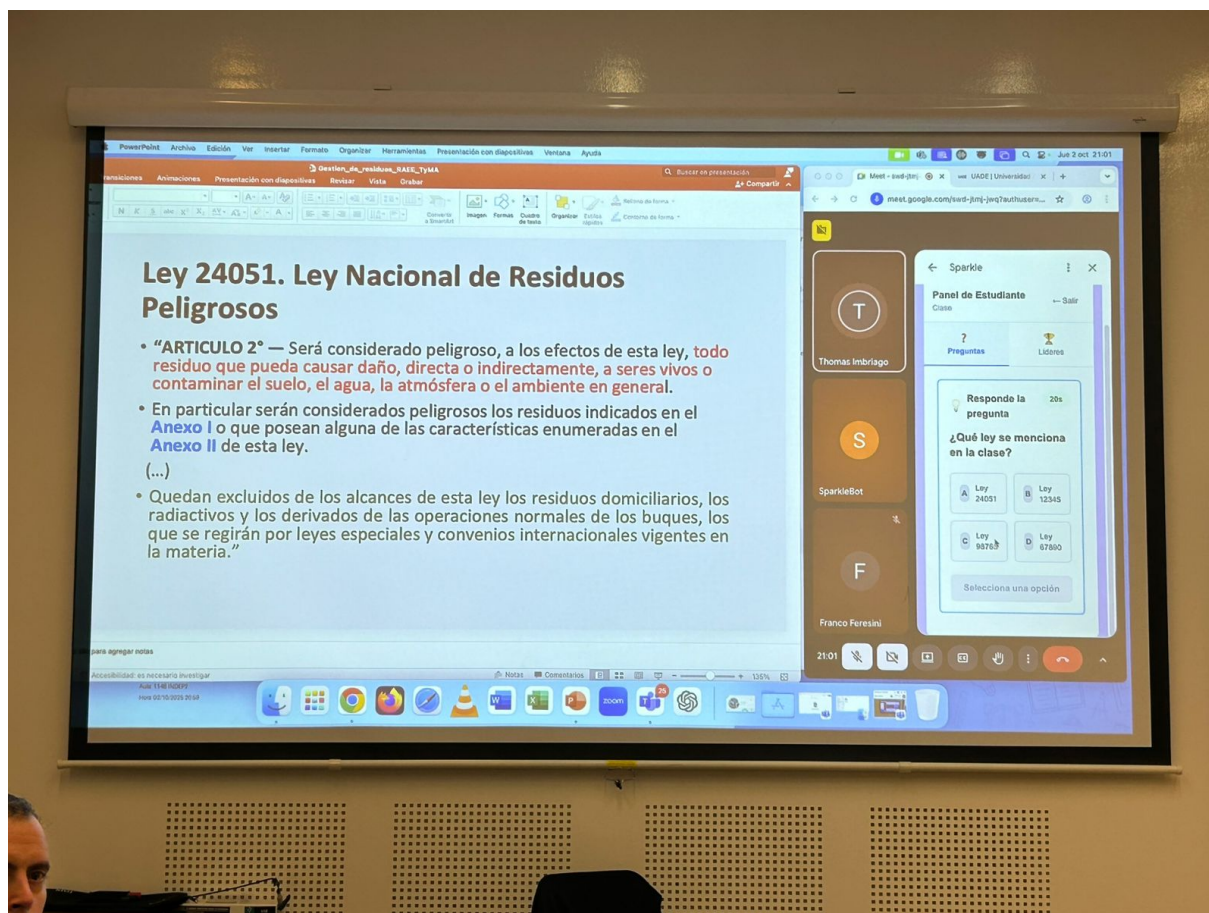


Figura 5.2: Pregunta generada bajo el contexto de la clase n.º 1. Fuente: Elaboración propia.

Durante la sesión, Sparkle generó preguntas pertinentes y contextualizadas en función de los contenidos abordados. El docente manifestó una valoración altamente positiva de la herramienta, destacando su potencial no solo para clases virtuales, su escenario de diseño original, sino también como complemento en clases presenciales. En este contexto, la herramienta permitió incorporar una dinámica participativa y gamificada sin requerir preparación previa ni interrupciones en la exposición. La modalidad de uso adoptada fue grupal, de modo que los estudiantes, de manera conjunta, seleccionaban las respuestas a cada pregunta, lo que promovió la discusión y la verificación del nivel de comprensión del grupo.



Figura 5.3: Pregunta generada bajo el contexto de la clase n.º 2. Fuente: Elaboración propia.

Esta experiencia evidenció la versatilidad y adaptabilidad de Sparkle, mostrando su aplicabilidad en escenarios educativos distintos a los originalmente previstos. De manera complementaria, se realizó una consulta cualitativa a los estudiantes sobre su experiencia de uso. La mayoría expresó haber percibido la clase como más dinámica y participativa. Además, mencionaron que la aparición de preguntas durante la clase, en lugar de al final como sucede en otras herramientas, favoreció la concentración y la atención sostenida sobre los contenidos.



Figura 5.4: Sparkle utilizada en conjunto por el aula. Fuente: Elaboración propia.

Paralelamente, se evaluó el rendimiento técnico del sistema en condiciones reales de clase. El requerimiento no funcional RNF02 establece que el tiempo de respuesta entre la detección del disparador, correspondiente a un fragmento de transcripción relevante, y la generación de la pregunta debe encontrarse en un rango de tres a cinco segundos, garantizando la inmediatez de la interacción. Para verificar este indicador, se analizaron los datos registrados en la base de datos de preguntas junto con los logs generados por el módulo de transcripción. Se calculó la diferencia temporal entre el *timestamp* del fragmento de transcripción procesado y el *timestamp* correspondiente a la creación de la pregunta en el servicio de generación.

TABLA 5.VI: Resultados de medición del tiempo de generación de preguntas en Sparkle. Fuente: Elaboración propia.

ID	Contenido	Timestamp transcripción	Timestamp generación	Diferencia (s)
Q001	¿Qué ley se menciona en la clase?	20:15:22.314	20:15:25.471	3.157
Q002	¿Qué se menciona sobre el tratamiento de un material crudo?	20:28:40.127	20:28:43.298	3.171
Q003	¿Qué se menciona sobre cómo deben estar los residuos antes de ser reciclados?	20:45:11.612	20:45:14.733	3.121
Q004	¿Cuál es el primer paso mencionado en el proceso de gestión de residuos?	20:51:57.238	20:52:00.436	3.198
Q005	¿Qué se menciona como una responsabilidad compartida en la gestión de residuos?	21:03:10.854	21:03:14.042	3.188
Q006	¿Qué tipo de residuos se menciona que se puede diferenciar claramente?	21:10:48.532	21:10:51.702	3.170
Q007	¿En qué tipos de alimentos se ha encontrado la presencia de microplásticos según los investigadores?	21:22:31.908	21:22:35.069	3.161

En la Tabla 5.VI se presentan los resultados obtenidos, que incluyen el identificador de la pregunta, su contenido, el timestamp del fragmento de transcripción, el timestamp de creación y la diferencia temporal resultante. Del análisis de los valores se concluye que el tiempo promedio transcurrido entre el dictado del contenido y la generación automática de la pregunta se encuentra dentro del rango especificado (latencia menor a 5 segundos), cumpliendo con el requerimiento de rendimiento establecido.

5.3 Validación complementaria con docente particular y estudiantes

Con el objetivo de evaluar la experiencia de uso del sistema Sparkle en un entorno de enseñanza real, se realizó una clase particular de carácter experimental con una docente y dos estudiantes. La finalidad fue observar la dinámica de interacción entre los participantes, analizar la pertinencia de las preguntas generadas automáticamente y recopilar percepciones sobre la utilidad pedagógica del sistema.

La actividad se desarrolló en modalidad virtual mediante la plataforma Google Meet. La docente particular Lic. Juana Gimenez, dictó una clase introductoria sobre el tema “*Estructura general de caninos y sistemas orgánicos*”. El documento de contexto cargado correspondió a

una presentación en formato PDF que incluía esquemas anatómicos básicos, ilustraciones del esqueleto axial y descripciones generales de los principales sistemas corporales.

Durante la clase, el sistema procesó la transcripción en tiempo real y generó preguntas relacionadas con los temas explicados. Las preguntas fueron presentadas en el panel de los estudiantes sin interrumpir la exposición de la docente, permitiendo una participación espontánea y una retroalimentación inmediata.

En la Figura 5.5 se presenta una de las preguntas generadas automáticamente durante la sesión, mostrando la interfaz del docente luego de la explicación de las cavidades corporales de los caninos. Esta vista permite validar la instancia gamificada antes de enviarla a los estudiantes.

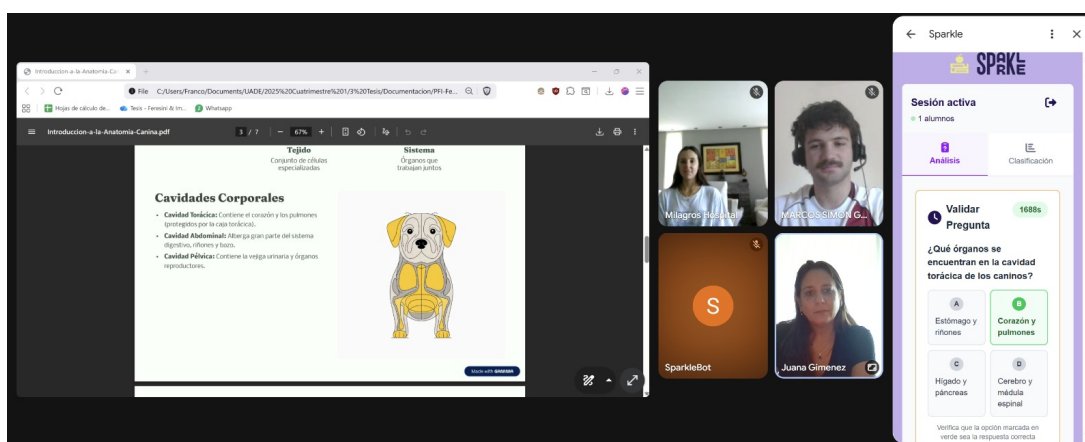


Figura 5.5: Pregunta generada automáticamente durante la clase particular de Anatomía canina. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5.6 se ilustra el momento en que el estudiante recibe la pregunta enviada por el docente durante la sesión, destacando las similitudes y diferencias de los órganos caninos y humanos. Esta representación permite al estudiante interactuar con la instancia gamificada, responder a la pregunta y participar de manera activa en la actividad de aprendizaje. Posteriormente, como se observa en la Figura 5.7, se muestra el puntaje obtenido por el estudiante tras responder correctamente, lo que proporciona retroalimentación inmediata sobre su desempeño y refuerza la dinámica de evaluación formativa.



Figura 5.6: Pregunta enviada al estudiante durante la clase particular de Anatomía canina. Fuente: Elaboración propia.



Al finalizar la experiencia, se aplicó un breve cuestionario cualitativo tanto a la docente como a los dos estudiantes participantes, con el fin de registrar sus percepciones sobre el uso del sistema. A continuación se presentan las respuestas obtenidas, diferenciadas según el rol de los participantes.

Percepción de la docente

TABLA 5.VII: Resultados del cuestionario de validación — Docente particular. Fuente: Elaboración propia.

Pregunta	Respuesta de la docente
¿Te resultó fácil utilizar la herramienta?	“Al principio me costó un poco entender cómo iniciar sesión dentro del complemento, pero una vez que lo hice por primera vez, fue muy sencillo. La interfaz es clara y no interfiere con la clase.”
¿Las preguntas generadas se relacionaron con el contenido que estabas explicando?	“Sí, la mayoría de las preguntas tenían sentido y estaban relacionadas con lo que estaba explicando. Hubo alguna que no tenía mucho sentido, así que la descarté.”
¿Sentís que la herramienta influyó en la motivación del grupo?	“Sí, creo que generó curiosidad y rompió un poco la rutina de la clase virtual. Los estudiantes se mostraron activos y con ganas de seguir el ritmo.”
¿Cambió algo en tu manera de dar la clase al usarla?	“Sí, al recibir las respuestas en el momento pude ajustar el ritmo de lo que explicaba. También me ayudó a ver qué partes no habían quedado del todo claras.”
¿Te sentiste cómoda usando la herramienta durante la clase?	“Sí, completamente. Una vez que me acostumbré, se integró de manera natural. No tuve que cambiar mucho mi forma de dar clase.”
¿Te gustaría seguir usando Sparkle en otras clases?	“Sí, sin dudas. Me parece muy útil, sobre todo para clases más pequeñas o de repaso. Sería interesante poder ver también estadísticas o avances individuales de los estudiantes.”

Percepción de los estudiantes

TABLA 5.VIII: Resultados del cuestionario de validación — Estudiantes participantes. Fuente: Elaboración propia.

Pregunta	Respuesta de los estudiantes
¿Qué impresión te generó Sparkle al comenzar la clase?	“Al principio nos llamó la atención, no sabemos cómo iba a funcionar, pero fue muy interesante y diferente a lo que hacemos normalmente.”
¿Te resultó fácil comprender cómo funcionaba y para qué servía?	“Al principio nos confundimos un poco con el registro, pero después entendimos rápidamente cómo usarlo y para qué servía.”
¿Cómo te sentiste al recibir preguntas en tiempo real durante la clase?	“Nos pareció entretenido. Las preguntas aparecían sobre lo que la docente estaba explicando y nos ayudaban a no divagar.”
¿Las preguntas te ayudaron a mantener la atención o a reforzar lo aprendido?	“Sí, la mayoría sí. Algunas preguntas aparecieron muy seguidas y nos costó seguir el ritmo, pero en general nos ayudaron a entender mejor los conceptos.”
¿Qué aspecto del sistema te resultó más útil o motivador?	“Que las preguntas aparecieran en el momento justo y estuvieran relacionadas con el contenido. Además, el leaderboard fue divertido porque agregó un toque de competencia entre nosotros.”
¿Te gustaría que Sparkle se use en otras materias o clases futuras?	“Sí, nos pareció muy útil para prestar atención y repasar conceptos. Sería bueno que tuviera una pequeña guía al inicio para entenderlo rápido.”

En síntesis, la clase de Anatomía Introdutoria permitió identificar una recepción positiva del sistema, junto con algunos aspectos menores a optimizar, como la claridad inicial del proceso de acceso y la corrección de una pregunta generada fuera de contexto que debió ser descartada. Tanto la docente como los estudiantes coincidieron en que Sparkle favorece la participación activa y la comprensión de los contenidos, consolidándose como una herramienta de apoyo pedagógico adaptable a distintas áreas del conocimiento.

5.4 Síntesis general del proceso de validación

Las pruebas realizadas permitieron validar integralmente el funcionamiento del sistema Sparkle en sus dimensiones técnicas y pedagógicas. Se alcanzó una cobertura del 100% de los requerimientos funcionales y un desempeño estable dentro de los márgenes definidos por los requerimientos no funcionales.

El tiempo promedio de generación de preguntas fue de 3,17 segundos, cumpliendo con el RNF02 (latencia menor a 5 segundos) y sin registrarse fallos críticos ni interrupciones durante

las sesiones de prueba. La validación con una docente particular y dos estudiantes evidenció una experiencia de uso fluida y positiva, aunque se registró un caso aislado de una pregunta generada incorrectamente que debió ser descartada sin afectar el desarrollo de la clase.

En general, los participantes destacaron la claridad de la interfaz, la pertinencia de las preguntas y el incremento en la atención durante la exposición. Los resultados confirman la viabilidad del sistema como herramienta de apoyo a la docencia sincrónica y su potencial para integrarse en diversos contextos educativos, constituyendo una base sólida para futuras mejoras y ampliaciones.

6 Discusión

Una vez concluido el desarrollo del MVP de Sparkle, se identifican múltiples líneas de evolución técnica y pedagógica que permitirían ampliar su impacto y consolidar su valor en el ámbito educativo.

Desde el punto de vista tecnológico, la integración inicial con Google Meet constituye una base sólida, pero limitada a un único entorno. Futuras versiones podrían contemplar la compatibilidad con otras plataformas de videoconferencia, ampliando la adopción institucional y reduciendo la dependencia de un único proveedor. Asimismo, la arquitectura propuesta en AWS puede escalar mediante balanceadores de carga y despliegue multizona, habilitando el uso simultáneo por parte de distintas instituciones sin degradar el rendimiento.

A nivel pedagógico, se prevé explorar nuevas dinámicas de gamificación que vayan más allá de las trivias individuales, incorporando desafíos colaborativos, logros progresivos y elementos narrativos que fortalezcan la motivación intrínseca del estudiante.

En términos de investigación aplicada, la próxima etapa debería centrarse en validar empíricamente el impacto de Sparkle sobre la atención, la retención y el rendimiento académico. Ello requerirá ensayos controlados con grupos de estudiantes y análisis estadístico de resultados. De comprobarse su eficacia, el sistema podría convertirse en un recurso transversal dentro de las estrategias institucionales de educación a distancia.

En síntesis, Sparkle presenta un potencial de evolución significativo, sustentado en tres ejes principales: expansión tecnológica multiplataforma, adaptación pedagógica dinámica y validación científica de sus resultados. Estas líneas de trabajo definen el camino natural hacia una versión madura del sistema, capaz de integrarse plenamente al ecosistema educativo digital y contribuir de forma sostenible al fortalecimiento del aprendizaje en entornos virtuales.

7 Conclusión

El desarrollo de Sparkle permitió abordar de manera integral una de las principales problemáticas identificadas en la educación virtual: la disminución de la atención y participación activa de los estudiantes durante las clases sincrónicas. A partir del análisis teórico, la revisión del estado del arte y las instancias de investigación con docentes y estudiantes, se comprobó que la falta de interacción y la sobrecarga operativa del docente constituyen factores determinantes en la pérdida de compromiso académico.

La solución propuesta introduce una innovación sustancial frente a las herramientas tradicionales de gamificación, al combinar la generación automática de preguntas contextualizadas mediante modelos de lenguaje con la integración directa al entorno de videoconferencia. Esto permite ofrecer una experiencia fluida, adaptativa y en tiempo real, que no interrumpe el desarrollo de la clase y que brinda al docente información inmediata sobre la comprensión de los contenidos.

Los resultados obtenidos en la validación conceptual y técnica evidencian que la propuesta es viable tanto desde el punto de vista tecnológico como pedagógico. La automatización de dinámicas gamificadas reduce la carga de trabajo del docente y potencia la motivación de los estudiantes, generando un entorno participativo sin requerir la utilización de plataformas externas. Asimismo, el diseño modular y la infraestructura basada en servicios en la nube garantizan escalabilidad, estabilidad y posibilidad de expansión hacia otros entornos educativos o plataformas de videoconferencia.

En síntesis, Sparkle se consolida como una herramienta innovadora que integra inteligencia artificial y gamificación con un enfoque pedagógico centrado en el aprendizaje activo. Su aporte radica no solo en mejorar la atención y participación durante las clases virtuales, sino también en reducirle al docente la carga de trabajo asociada a la preparación y gestión de actividades gamificadas. Este proyecto sienta las bases para futuras investigaciones y desarrollos orientados a optimizar la experiencia educativa en entornos digitales, contribuyendo al fortalecimiento de la educación a distancia mediante soluciones tecnológicas efectivas y centradas en el usuario.

Bibliografía

- AGENCIA DE ACCESO A LA INFORMACIÓN PÚBLICA, 2022. *Resolución 255/2022. Criterio orientador sobre datos genéticos* [Boletín Oficial de la República Argentina]. Disponible también desde: <https://www.argentina.gov.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-255-2022-376740>. Consulta: Noviembre de 2025.
- AKPEN, Catherine Nabiem; ASAOLU, Stephen; ATOBATELE, Sunday; OKAGBUE, Hilary y SAMPSON, Sidney, 2024. Impact of online learning on student's performance and engagement: A systematic review. *Discover Education*. Vol. 3, pág. 15. Disponible en: DOI: 10.1007/s44217-024-00253-0.
- ATKINSON-ABUTRIDY, John, 2024. *Large Language Models: Concepts, Techniques and Applications*. 1st. Boca Raton: CRC Press. ISBN 9781003517245. Disponible en: DOI: 10.1201/9781003517245.
- BECKER, Rosalba; DÍAZ, Victoria; DUBOIS, María José y VIGNA, Alejandrina, 2024. *Canvas: método integral para analizar y planificar el modelo de negocio*. 1.^a ed. Ed. por RAMIREZ, Rodrigo. San Martín: Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). Herramientas de diseño e innovación. ISBN 978-950-532-528-3. Disponible también desde: https://www.inti.gov.ar/assets/uploads/files/disenio-industrial/2024/herramientas-de-disenio-e-innovacion/03_CANVAS.pdf. Consulta: Noviembre de 2025.
- BERGDAHL, Nils, 2022. Engagement and disengagement in online learning. *Computers & Education*. Vol. 190, pág. 104561. Disponible en: DOI: 10.1016/j.compedu.2022.104561.
- CANO MORALES, Abel María, 2017. *Matemáticas financieras, aplicada a ciencias económicas, administrativas y contables*. 2.^a ed. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U. ISBN 9789587627008.
- CASTELFRANCHI, Cristiano, 1995. Guarantees for autonomy in cognitive agent architecture. En: WOOLDRIDGE, Michael J. y JENNINGS, Nicholas R. (eds.). *Intelligent Agents*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, págs. 56-70. ISBN 978-3-540-49129-3.
- CLASSCRAFT, 2025. *Classcraft - Plataforma de Aprendizaje Gamificado*. Disponible también desde: <https://www.classcraft.com>. Consulta: Noviembre de 2025.
- CONGRESO DE LA NACIÓN ARGENTINA, 1933. *Ley N.º 11.723 de Propiedad Intelectual* [Boletín Oficial de la República Argentina]. Disponible también desde: <https://servicios.infoleg.gov.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=42755>. Consulta: Noviembre de 2025.

CONGRESO DE LA NACIÓN ARGENTINA, 2000. *Ley N.º 25.326 de Protección de Datos Personales* [Boletín Oficial de la República Argentina]. Disponible también desde: <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=64790>. Consulta: Noviembre de 2025.

DAVID, Fred R. y DAVID, Forest R., 2017. *Strategic Management: A Competitive Advantage Approach, Concepts and Cases*. 16.^a ed. Boston: Pearson Education Limited. ISBN 978-1-292-14849-6.

EDPUZZLE, 2025. *Edpuzzle - Plataforma para Crear y Compartir Videos Interactivos*. Disponible también desde: <https://edpuzzle.com>. Consulta: Noviembre de 2025.

FASSINGER, Polly A., 1995. Understanding Classroom Interaction: Students' and Professors' Contributions to Students' Silence. *The Journal of Higher Education*. Vol. 66, n.º 1, págs. 82-96. ISSN 00221546, ISSN 15384640. Disponible también desde: <http://www.jstor.org/stable/2943952>. Consulta: Noviembre de 2025.

FETTE, Ian y MELNIKOV, Alexey, 2011. *The WebSocket Protocol*. RFC Editor. Request for Comments, n.º 6455. Disponible en: DOI: 10.17487/RFC6455. Consulta: Noviembre de 2025.

FREDRICKS, Jennifer A.; BLUMENFELD, Phyllis C. y PARIS, Alison H., 2004. School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence. *Review of Educational Research*. Vol. 74, n.º 1, págs. 59-109. ISSN 00346543, ISSN 19351046. Disponible también desde: <http://www.jstor.org/stable/3516061>. Consulta: Noviembre de 2025.

GITMAN, Lawrence J. y ZUTTER, Chad J., 2012. *Principles of Managerial Finance*. 13.^a ed. Boston: Pearson Education / Prentice Hall. ISBN 9780136119463.

GOODWIN, Richard T., 1995. Formalizing Properties of Agents. *Journal of Logic and Computation*. Vol. 5, n.º 6, págs. 763-781. Disponible en: DOI: 10.1093/logcom/5.6.763.

GOOGLE, 2025a. *Google Meet Add-ons SDK para Web: Integración de aplicaciones en Google Meet*. Disponible también desde: <https://developers.google.com/workspace/meet/add-ons/guides/overview>. Consulta: Noviembre de 2025.

GOOGLE, 2025b. *Google Meet REST API Overview*. Disponible también desde: <https://developers.google.com/workspace/meet/api/guides/overview>. Consulta: Septiembre de 2025.

GOOGLE, 2025c. *Google Workspace Marketplace API Reference*. Disponible también desde: <https://developers.google.com/workspace/marketplace/reference/rest>. Consulta: Septiembre de 2025.

- HARTING, Kathleen y ERTHAL, Margaret J., 2005. History of Distance Learning. *Information Technology, Learning, and Performance Journal*. Vol. 23, n.º 1, págs. 35-44. ISSN 1535-1559. Disponible también desde: https://cdn.ymaws.com/aisnet.org/resource/group/3f1cd2cf-a29b-4822-8581-7b1360e30c71/Spring_2005/hartingerthalspring2005.pdf.
- HOLLISTER, Brooke; NAIR, Praveen; HILL-LINDSAY, Sloan y CHUKOSKIE, Leanne, 2022. Engagement in online learning: Student attitudes and behavior during COVID-19. *Frontiers in Education*. Vol. 7, pág. 16. Disponible en: DOI: 10.3389/feduc.2022.851019.
- HOLMBERG, Börje, 1995. *Theory and Practice of Distance Education*. 2.ª ed. London: Routledge. Disponible en: DOI: 10.4324/9780203973820.
- ISO/IEC/IEEE, 2018. *ISO/IEC/IEEE 29148:2018 Systems and software engineering — Life cycle processes — Requirements engineering*. ISO/IEC/IEEE, International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission, y IEEE. Disponible en: DOI: 10.1109/IEEESTD.2018.8559686.
- JARAMILLO-MEDIAVILLA, Lorena; BASANTES-ANDRADE, Andrea; CABEZAS-GONZÁLEZ, Marcos y CASILLAS-MARTÍN, Sonia, 2024. Impact of Gamification on Motivation and Academic Performance: A Systematic Review. *Education Sciences*. Vol. 14, n.º 6, pág. 639. Disponible en: DOI: 10.3390/educsci14060639.
- KAHOOT!, 2025. *Kahoot! - Plataforma de Aprendizaje Interactiva*. Disponible también desde: <https://kahoot.com>. Consulta: Noviembre de 2025.
- KAPP, Karl M., 2012. *The Gamification of Learning and Instruction: Game-Based Methods and Strategies for Training and Education*. 1st. San Francisco: Pfeiffer. ISBN 978-1-118-09634-5.
- KEEGAN, Desmond, 1980. On Defining Distance Education. *Distance Education*. Vol. 1, n.º 1, págs. 13-36. Disponible en: DOI: 10.1080/0158791800010102.
- KIM, W. Chan y MAUBORGNE, Renée, 2015. *Blue Ocean Strategy: How to Create Uncontested Market Space and Make the Competition Irrelevant*. Expanded. Harvard Business Review Press. ISBN 9781625274496.
- LI, Liuyufeng; HEW, Khe Foon y DU, Jiahui, 2024. Gamification enhances student intrinsic motivation, perceptions of autonomy and relatedness, but minimal impact on competency: A meta-analysis and systematic review. *Educational Technology Research and Development*. Vol. 72, págs. 765-796. Disponible en: DOI: 10.1007/s11423-023-10337-7.
- MASON, Robin, 2001. Models of Online Courses. *Ed at a Distance*. Vol. 15, n.º 7. Disponible también desde: <https://eric.ed.gov/?id=EJ641492>.

- MICHELE, Daniela de y COLOMBO, Laura, 2023. *La evaluación de la calidad en la Educación a Distancia*. Ed. por CAUCÍA, Mirta. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CONEAU – Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria. ISBN 978-987-3765-78-0. Disponible también desde: <https://www.coneau.gov.ar/archivos/publicaciones/La-evaluacion-en-Educacion-Distancia.pdf>. Consulta: Noviembre de 2025.
- NOVO, Mercedes; GANCEDO, Yurena; VÁZQUEZ, María José; MARCOS, Verónica y FARIÑA, Francisca, 2020. Relationship between class participation and well-being in university students and the effect of COVID-19. En: *Proceedings of EDULEARN20 Conference*. Online Conference: IATED. Disponible en: DOI: 10.21125/edulearn.2020.
- ÖNCÜ, Semiral; ÇOLAKOĞLU, Merve y COLAK, Huseyin, 2024. Engagement dynamics in information technology education: A comparative analysis of online vs. face-to-face instruction. *Journal of Educational Technology & Online Learning*. Vol. 7, n.º 3, págs. 321-333. Disponible en: DOI: 10.31681/jetol.1508735.
- OPENAI, 2025a. *API Rate Limits and Scale Tier Documentation*. Disponible también desde: <https://openai.com/api-scale-tier>. Consulta: Noviembre de 2025.
- OPENAI, 2025b. *Model cards: gpt-4o-mini, gpt-4.1-mini y o3-mini*. Disponible también desde: <https://platform.openai.com/docs/models>. Consulta: Noviembre de 2025.
- PEREIRA, Jocimario Alves y LEITE, Bruno Silva, 2025. ¿Qué es la gamificación después de todo? *Educación*. Vol. 34, n.º 66, págs. 194-212. Disponible en: DOI: 10.18800/educacion.202501.E002.
- PHOTOPOULOS, Panos; TSONOS, Christos; STAVRAKAS, Ilias y TRIANTIS, Dimos, 2023. Remote and In-Person Learning: Utility Versus Social Experience. *SN Computer Science*. Vol. 4, n.º 1, pág. 116. Disponible en: DOI: 10.1007/s42979-022-01539-6.
- PORTER, Michael E., 2008. The Five Competitive Forces That Shape Strategy. *Harvard Business Review*. Vol. 86, n.º 1, págs. 78-93. Disponible también desde: <https://hbr.org/2008/01/the-five-competitive-forces-that-shape-strategy>. Consulta: Noviembre de 2025.
- QUIZLET, 2025. *Quizlet - Herramienta de Estudio y Tarjetas Didácticas*. Disponible también desde: <https://quizlet.com>. Consulta: Noviembre de 2025.
- REISER, Robert A., 1987. Instructional technology: A history. En: GAGNÉ, Robert M. (ed.). *Instructional Technology: Foundations*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- ROSEN, L. D. y TYNAN, J., 2025. Exploring the role of synchrony in asynchronous, synchronous, and quasi-synchronous online learner engagement. *Education and Information Technologies*. Vol. 30, n.º 5, págs. 1559-1574. Disponible en: DOI: 10.1007/s11423-025-10504-y.
- ROSS, Stephen A.; WESTERFIELD, Randolph W. y JAFFE, Jeffrey F., 2015. *Corporate Finance*. 11.ª ed. New York: McGraw-Hill Education. ISBN 978-0077861759.
- SAILER, Michael y HOMNER, Lisa, 2020. The Gamification of Learning: A Meta-analysis. *Educational Psychology Review*. Vol. 32, n.º 1, págs. 77-112. Disponible en: DOI: 10.1007/s10648-019-09498-w.
- SMIDERLE, Rodrigo; RIGO, Sandro José; MARQUES, Leonardo B.; COELHO, Jorge Arthur Peçanha de Miranda y JAQUES, Patricia A., 2020. The impact of gamification on students' learning, engagement and behavior based on their personality traits. *Smart Learning Environments*. Vol. 7, n.º 1, págs. 1-27. Disponible en: DOI: 10.1186/s40561-019-0098-x.
- SMIRANI, Lassaad y YAMANI, Hanaa, 2022. Analysing the Impact of Gamification Techniques on Enhancing Learner Engagement, Motivation, and Knowledge Retention: A Structural Equation Modelling Approach. *Electronic Journal of e-Learning*. Disponible en: DOI: 10.34190/ejel.22.9.3563.
- SOCRATIVE, 2025. *Socrative - Plataforma de Evaluación y Retroalimentación*. Disponible también desde: <https://www.socrative.com>. Consulta: Noviembre de 2025.
- SOLAIMAN, Irene y DENNISON, Christy, 2021. Process for Adapting Language Models to Society (PALMS) with Values-Targeted Datasets. En: RANZATO, M.; BEYGELZIMER, A.; DAUPHIN, Y.; LIANG, P.S. y VAUGHAN, J. Wortman (eds.). *Advances in Neural Information Processing Systems*. Curran Associates, Inc. Vol. 34, págs. 5861-5873. Disponible también desde: https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2021/file/2e855f9489df0712b4bd8ea9e2848c5a-Paper.pdf.
- VARGAS, Edgar Francisco Llanga; MOZO, Dayana Mishel Montesdeoca y PÉREZ, Steven Fabricio León, 2019. El pensamiento y razonamiento como un proceso cognitivo en el desarrollo de las ideas. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. N.º 2019-06. ISSN 2254-7630. Disponible también desde: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/06/pensamiento-razonamiento-ideas.html>.
- VEXA-AI, 2025. *Vexa.ai: API para transcripción en tiempo real de reuniones*. Disponible también desde: <https://github.com/Vexa-ai/vexa/tree/main?tab=readme-ov-file>. Consulta: Noviembre de 2025.

- WEI, Jason; TAY, Yi; BOMMASANI, Rishi; RAFFEL, Colin; ZOPH, Barret; BORGEAUD, Sebastian; YOGATAMA, Dani; BOSMA, Maarten; ZHOU, Denny; METZLER, Donald; CHI, Ed H.; HASHIMOTO, Tatsunori; VINYALS, Oriol; LIANG, Percy; DEAN, Jeff y FEDUS, William, 2022. Emergent Abilities of Large Language Models. *arXiv preprint arXiv:2206.07682*. Disponible en: DOI: 10.48550/arXiv.2206.07682.
- WERBACH, Kevin y HUNTER, Dan, 2020. *For the Win, Revised and Updated Edition: The Power of Gamification and Game Thinking in Business, Education, Government, and Social Impact*. Wharton School Press. Disponible en: DOI: 10.2307/j.ctv2hdrfsm.
- WOOLDRIDGE, Michael y JENNINGS, Nicholas R., 1995. Intelligent agents: Theory and practice. *The Knowledge Engineering Review*. Vol. 10, n.º 2, págs. 115-152. Disponible en: DOI: 10.1017/S0269888900008122.
- XI, Zhiheng; CHEN, Wenxiang; GUO, Xin; HE, Wei; DING, Yiwen; HONG, Boyang; ZHANG, Ming; WANG, Junzhe; JIN, Senjie; ZHOU, Enyu; ZHENG, Rui; FAN, Xiaoran; WANG, Xiao; XIONG, Limao; ZHOU, Yuhao; WANG, Weiran; JIANG, Changhao; ZOU, Yicheng; LIU, Xiangyang; YIN, Zhangyue; DOU, Shihan; WENG, Rongxiang; CHENG, Wensen; ZHANG, Qi; QIN, Wenjuan; ZHENG, Yongyan; QIU, Xipeng; HUANG, Xuanjing y GUI, Tao, 2025. The rise and potential of large language model based agents: a survey. *Science China Information Sciences*. Vol. 68, n.º 2, pág. 121101. Disponible en: DOI: 10.1007/s11432-024-4222-0.
- ZIGERELL, James, 1984. *Distance Education: An Information Age Approach to Adult Education*. Research Report, ED246311. ERIC Clearinghouse on Adult, Career, y Vocational Education, National Center for Research in Vocational Education, Ohio State University. Disponible también desde: <https://eric.ed.gov/?id=ED246311>.

Anexo A: Transcripción de la entrevista con Enzo Meneguini Bernal

Entrevistador: Buenos días, Enzo. Muchas gracias por tu tiempo y por participar de esta entrevista. A modo de introducción, el proyecto final de ingeniería en desarrollo tiene como propósito analizar la educación en entornos virtuales y proponer una herramienta que, mediante elementos de gamificación, contribuya a mejorar la atención y la participación activa de los estudiantes durante las clases sincrónicas. El objetivo de esta instancia es conocer tu visión como docente con experiencia en educación remota para comprender mejor las dificultades y oportunidades que presenta esta modalidad.

Se ha detectado, tanto a partir de experiencias personales como de encuestas y entrevistas previas, que en la virtualidad se pierde gran parte de la interacción y del seguimiento visual que los docentes suelen tener en un aula presencial. En muchos casos, los estudiantes no prenden la cámara o realizan otras tareas mientras están conectados, lo que dificulta sostener su atención. Con el fin de contrarrestar esta situación, se está trabajando en el diseño de un asistente inteligente que genere preguntas automáticas en tiempo real, similares a las de plataformas como Kahoot!, pero distribuidas a lo largo de la clase y no únicamente al final. ¿Como primera impresión, qué le genera esta idea?

Enzo Meneguini Bernal: Me parece una idea muy buena. He visto que cuando se incorporan dinámicas de competencia o juego, los estudiantes, tanto en la virtualidad como en la presencialidad, tienden a participar más. La competencia sana y el sistema de puntajes funcionan como incentivos naturales que despiertan interés. Si esas actividades se integran durante la clase y no sólo al final, ayudan a mantener la atención sostenida. Además, si los puntos se acumulan clase a clase, podría generarse un sistema sumativo que motive a los estudiantes a involucrarse de manera constante.

Entrevistador: Justamente, se considera implementar como mecanismo fuera del alcance actual de la tesis un sistema de puntajes acumulativo que se actualice al final de cada clase y que permita visualizar un ranking general de los estudiantes.

Enzo Meneguini Bernal: Me parece excelente. Esa continuidad puede ser un factor muy positivo para mantener el compromiso. ¿El proyecto está pensado para algún nivel educativo específico?

Entrevistador: Por una cuestión de alcance y contexto, el proyecto se orienta inicialmente a estudiantes de grado, dado que la virtualidad continúa siendo más frecuente en la educación superior que en los niveles primario o secundario.

Enzo Meneguini Bernal: Tiene sentido. En el nivel universitario los estudiantes suelen tener una motivación más intrínseca, porque eligen la carrera y están más enfocados en su formación. En cambio, en los niveles medios, la motivación depende mucho más de factores

externos y del entorno del aula. Aun así, la virtualidad cambia las reglas para todos. En mi experiencia durante la pandemia, noté que muchos estudiantes simplemente se conectaban, pero no prestaban atención real. Estaban en la clase, pero al mismo tiempo haciendo otras cosas. La falta de presencialidad afecta mucho al compromiso, y también a la autoridad del docente. En un aula presencial uno puede mirar a los estudiantes, leer sus gestos, notar si entienden o no. En una clase virtual eso se pierde completamente.

Entrevistador: Exacto. En su caso, ¿qué estrategias empleó para intentar revertir esa falta de atención o motivación?

Enzo Meneguini Bernal: Probé distintas herramientas. Usé Kahoot y Quizlet, principalmente al comienzo o al final de la clase. Al principio las utilizaba como disparadores para activar el interés de los estudiantes, y al final como una forma de repaso o evaluación participativa. También solía emplear juegos tipo ruleta de preguntas, donde cada estudiante debía opinar o responder algo sobre el tema visto. En general, estas dinámicas funcionaban muy bien. Los estudiantes se involucraban más cuando había un componente competitivo o un desafío. Incluso quienes normalmente eran más pasivos se animaban a participar.

Entrevistador: ¿Observó diferencias concretas entre las clases que incorporaban este tipo de recursos y aquellas que no incluían dinámicas lúdicas?

Enzo Meneguini Bernal: Sí, la diferencia era notoria. Cuando introducía juegos o trivias, la clase era mucho más participativa. Los estudiantes se mostraban atentos y había un ambiente de entusiasmo. Sin embargo, es importante aclarar que no se puede abusar de estas dinámicas, porque si se convierten en rutina pierden efectividad. Hay que saber dosificar el uso del juego y darle un sentido pedagógico. A veces lo aplicaba como una herramienta de metacognición, para que los estudiantes reflexionaran sobre lo aprendido, identificaran errores o vacíos de conocimiento y pensarán cómo mejorar.

Entrevistador: Justamente, mencionó la metacognición. ¿Podría explicar brevemente a qué se refiere con este concepto y cómo lo aplica en sus clases?

Enzo Meneguini Bernal: Claro. La metacognición es la capacidad del estudiante de pensar sobre su propio aprendizaje. Es decir, reflexionar acerca de qué comprendió, qué no, y cómo puede relacionar los nuevos contenidos con los conocimientos previos. En la práctica, se puede aplicar a través de pequeñas actividades al final de una clase o de un tema, donde el estudiante identifique qué conceptos dominó y cuáles necesita repasar. Esto no se evalúa con una nota, sino que sirve para que el propio estudiante reconozca su progreso. Además, para el docente es muy útil, porque brinda información valiosa sobre qué temas deben reforzarse o explicarse nuevamente.

Entrevistador: Este es un punto crucial que el sistema intentará resolver. El objetivo del sistema, además de mantener la atención, es brindar al docente información en tiempo real sobre las respuestas de los estudiantes, de modo que sea posible detectar si un tema requiere ser

reforzado en el momento. Asimismo, se considera que alternar distintos tipos de preguntas y dinámicas podría mejorar la retención y evitar la monotonía.

Enzo Meneguini Bernal: Sí, eso sería ideal. La variedad de estímulos es fundamental para sostener el interés. No todos los juegos generan el mismo tipo de compromiso, por lo que alternar entre dinámicas o incentivos distintos puede mantener la atención del grupo. También es importante considerar que los incentivos no siempre deben ser competitivos. En algunos casos puede ser más productivo premiar la constancia o la participación sostenida.

Entrevistador: ¿La institución donde dicta clases brinda apoyo en la implementación de estas herramientas?

Enzo Meneguini Bernal: En mi institución se promovía el uso de herramientas de gamificación en distintas materias, aunque no todos los docentes podían implementarlas por una cuestión de tiempo. Preparar esas actividades lleva trabajo y muchas veces los profesores dictan clases después de su jornada laboral principal. Por eso creo que el mayor desafío no es solo tecnológico, sino también organizacional: cómo facilitar la adopción de estas herramientas sin sobrecargar al docente.

Entrevistador: Es justamente uno de los problemas que buscamos resolver. La propuesta apunta a que el asistente genere las preguntas automáticamente, a partir de la transcripción de la clase y del documento de contexto que el docente cargue, de modo que no tenga que diseñarlas manualmente.

Enzo Meneguini Bernal: Me parece una gran solución. Si el sistema puede generar preguntas coherentes con el contenido que se está dictando, y el docente solo debe validarlas o ajustarlas, sería una herramienta muy útil. Ahorraría tiempo y mantendría la clase más dinámica. También sería importante que el sistema sea flexible y no interrumpa la exposición. Por ejemplo, que las preguntas sean cortas y aparezcan de forma sutil, como un recordatorio rápido. Algo como: “El pez es un mamífero. Sí o no”. Eso lleva segundos y permite que el estudiante vuelva a enfocarse en la clase sin perder el hilo.

Entrevistador: Exactamente. La idea es que esas intervenciones sean breves, automáticas y no invasivas. Que actúen como estímulos de atención en momentos específicos, sin necesidad de detener la clase.

Enzo Meneguini Bernal: Me parece muy acertado. Obviamente habrá clases o materias donde se aplique mejor que en otras, pero el concepto es interesante. Mientras se mantenga un equilibrio entre juego y aprendizaje, creo que puede tener muy buenos resultados.

Entrevistador: Perfecto, Enzo. Te agradezco por tu tiempo y por compartir tu experiencia. Tus aportes resultan muy valiosos para orientar el desarrollo del proyecto.

Enzo Meneguini Bernal: Muchas gracias a ustedes. Me parece una propuesta muy interesante y necesaria para mejorar la experiencia educativa en entornos virtuales. Les deseo mucho éxito con el desarrollo.

Anexo B: Transcripción de la entrevista con Gustavo Prillo

Entrevistador: Buenos días Gustavo, ¿cómo estás? Permíteme presentar brevemente nuestra propuesta y, a continuación, si desea contar un marco de referencia claro sobre su persona y ocupación. Estamos desarrollando el Proyecto Final de Ingeniería con foco en educación en modalidad remota. La investigación apunta a diseñar una herramienta que, mediante elementos de gamificación, apunta a incrementar la atención y el involucramiento de los estudiantes durante las clases virtuales. En esta entrevista nos interesa especialmente la perspectiva de un docente con experiencia tanto presencial como remota, de modo de comprender similitudes, diferencias y oportunidades de mejora en cada entorno. ¿Podría describir su trayectoria docente en términos generales?

Gustavo Prillo: Con gusto. Inicié mi labor docente en 2008; por lo tanto, este año alcanzo dieciséis años de actividad. Mi desempeño ha sido principalmente en carreras de grado en UADE, complementado con algunas intervenciones puntuales en el nivel de posgrado. De ese total, aproximadamente trece años transcurrieron en modalidad presencial y, desde 2020, incorporé sostenidamente la modalidad remota, lo que me permite conocer y comparar ambas dinámicas con cierta profundidad. En paralelo, estoy realizando capacitaciones docentes en UADE derivadas de un convenio con una universidad extranjera de Arizona orientadas a la actualización pedagógica. Justamente esta semana estuve estudiando recursos y estrategias para mantener la atención del alumnado; entre ellos se destaca la gamificación, que considero un enfoque muy pertinente hoy. Sé que ya existen herramientas en el mercado y supongo que ustedes habrán hecho un relevamiento competitivo. Con todo, en el ámbito de los emprendimientos tecnológicos gran parte de las iniciativas surgen de tomar algo existente y mejorarlo, ya sea ampliando funcionalidades, reduciendo costos o personalizándolo para una región o una práctica profesional específica. Con esto doy por cerrada mi presentación inicial.

Entrevistador: Gracias por el detalle. Considerando que hace cinco años adoptó la clase en formato remoto, ¿cómo vivió ese cambio y qué efectos observó en su práctica?

Gustavo Prillo: Lo dividiría en dos planos. En lo personal, la transición fue muy positiva porque me brindó un nivel de comodidad que antes no tenía. Yo dictaba clases por la mañana y residía en Olivos; llegar a UADE para estar a las 7:45 en el aula resultaba exigente, y el regreso nocturno sumaba una carga adicional. La virtualidad alivió esas restricciones logísticas y, además, me permitió ampliar la cantidad de cursos que puedo asumir sin sacrificar tiempos de descanso o preparación. En cambio, en el plano de la relación con los estudiantes, el balance fue negativo por varias razones. En la presencialidad se construía un rapport sostenido que facilitaba la comunicación bidireccional y generaba, en no pocos casos, vínculos que trascendían al curso. Ese lazo se ha vuelto más frío en el entorno virtual: con frecuencia sólo veo al estudiante en

dos instancias, el parcial y el examen, y eso limita mi capacidad de percibir su participación real y de ajustar la enseñanza en función de señales no verbales o intervenciones espontáneas. Considero que ese rapport es clave para enseñar y evaluar con justicia y precisión, y percibo que la virtualidad lo debilitó. Sigo manteniendo contacto con clases presenciales cuando dicto materias regulares intensivas en Pinamar; en ese contexto recupero la dinámica de cercanía, la lectura del aula y la interacción que, a mi juicio, se traducen en mejores resultados académicos y en una experiencia más completa para ambas partes.

Entrevistador: Quisiera preguntar por la participación de los estudiantes durante la clase. ¿La considera un indicador fuerte de comprensión, tanto en la presencialidad como en la virtualidad? ¿Hasta qué punto le permite inferir si el contenido fue realmente asimilado?

Gustavo Prillo: Sí, aunque con reservas importantes. Cuando un estudiante interviene con preguntas precisas, que conectan ideas del tema y van más allá de lo mínimo que tenía previsto, suelo interpretar que hay comprensión sustantiva y no solo memorización. Ahora bien, la experiencia al corregir exámenes me mostró límites: he visto estudiantes muy participativos que luego no obtuvieron calificaciones altas, y otros que casi no hablaron en todo el cuatrimestre y alcanzaron la nota máxima. Por eso sostengo que la participación es un buen indicio temprano, orienta la clase y favorece el clima de aprendizaje, pero no es un veredicto definitivo sobre el aprendizaje. Para formar un juicio más robusto necesito contrastar con otros insumos: evaluaciones escritas, ejercicios prácticos, producciones individuales y, cuando es posible, observaciones cualitativas de la evolución del estudiante.

Entrevistador: Respecto de la modalidad remota, ¿cuáles fueron las principales frustraciones o impedimentos que percibió al dictar clases en comparación con la modalidad presencial? Me interesa tanto lo pedagógico como lo operativo.

Gustavo Prillo: La mayor dificultad es la opacidad sobre lo que el estudiante está haciendo en tiempo real. En actividades como Kahoot suele ocurrir que siete u ocho estudiantes aparecen desconectados o salen del curso; eso sugiere multitarea o desatención. Esa falta de visibilidad me frustra porque limita la intervención oportuna. A esto se suma la pérdida del rapport personal: en la presencialidad leo miradas, gestos, silencios y pequeñas señales que me permiten ajustar el ritmo, volver sobre un concepto o profundizar un ejemplo. En remoto, aun con cámara, muchas de esas microseñales se pierden o llegan filtradas. También se dificulta la evaluación de concepto, esa valoración integral que se construye con la interacción sostenida durante la cursada. Todo esto no invalida la virtualidad, pero exige diseñar más puntos de contacto, más actividades guiadas y mecanismos explícitos para recuperar señales que antes surgían de manera natural en el aula.

Entrevistador: Cuando está explicando un tema y percibe que no se está entendiendo, ¿cómo detecta esa situación en una clase presencial y cómo lo haría en una clase virtual?

Gustavo Prillo: En presencial, la detección se apoya en indicios muy sutiles: expresiones

de desconcierto, demora en copiar, miradas que se pierden, pedidos de repetición, susurros entre compañeros. A veces se nota la clásica “mirada fija” que no termina de anclar el concepto. Aun así, no siempre es claro si el estudiante está desconectado o si está procesando la idea en silencio. En virtual, esa lectura fina se vuelve mucho más difícil. Si las cámaras están apagadas o hay poca intervención oral, pierdo casi todas esas pistas. Por eso intentó introducir pausas con preguntas de verificación, pequeñas actividades de chequeo y herramientas interactivas que me devuelvan, aunque sea de modo indirecto, una señal del nivel de comprensión antes de avanzar.

Entrevistador: Entiendo. Sé que utiliza Kahoot. ¿Probó otras técnicas o herramientas para sostener la atención en clases virtuales, o su primer acercamiento fue Kahoot y decidió continuar con esa plataforma?

Gustavo Prillo: Comencé con Kahoot y lo sigo utilizando porque es simple, acelera la retroalimentación y eleva el nivel de participación en momentos clave. En paralelo, en el curso de actualización que mencioné estoy relevando alternativas. Por ejemplo, Padlet resulta útil para que cada estudiante registre expectativas al inicio y, con esa base, construir una nube de palabras que nos permita alinear objetivos y lenguaje. Ese tipo de dinámica ordena la conversación y me ofrece un mapa inicial del grupo. En general, estoy reconfigurando mis clases para incorporar elementos de gamificación. No reemplazan la lectura del aula que ofrece la presencialidad, pero ayudan a recuperar atención, a obtener señales más objetivas durante la sesión y a sostener la motivación en el entorno remoto.

Entrevistador: Gustavo, sobre el momento en que aplica estas técnicas de participación y verificación: hoy las utiliza al final de la clase. ¿Cuál es el motivo principal? ¿Tiene que ver con registrar asistencia, con evaluar comprensión o con la logística de la cursada? Si dispusiera de mejores herramientas o más tiempo de preparación, ¿las distribuiría en pequeños tramos a lo largo de la clase o reservaría un bloque intermedio para ese chequeo? Me interesa entender cómo decide el cuándo y el para qué.

Gustavo Prillo: Hoy las sitúo al cierre por una combinación de objetivos y restricciones. Primero, porque ahí obtengo dos resultados con una sola dinámica: registro asistencia y verifico si los conceptos centrales quedaron al menos identificados. Segundo, por economía de tiempo: la clase tiene un ritmo y detenerse varias veces para lanzar una actividad externa, coordinar accesos y esperar respuestas puede fragmentar la narrativa. Con Kahoot, la porción efectiva es mínima, diría un cinco por ciento o menos, y en ese espacio solemos trabajar entre cinco y siete preguntas orientadas a conceptos teóricos. Eso aporta una señal, pero no me permite estimar la profundidad de la comprensión.

Si contara con una herramienta más integrada y con menor fricción de uso, la distribuiría en segmentos breves a lo largo de la clase. Idealmente, un pulso corto después de cada bloque temático para verificar conceptos. Ese patrón creería que ayudaría a mantener la atención, a ajustar el ritmo y a identificar a tiempo los puntos ciegos. El obstáculo hoy no es pedagógico

sino operativo: preparar varios cuestionarios, segmentarlos y lanzarlos en el momento adecuado consume tiempo de diseño fuera de clase y también atención durante la clase, que prefiero dedicar a explicar, ejemplificar y moderar la interacción.

Entrevistador: En otra entrevista nos comentaron que muchos docentes encuentran una barrera de tiempo para preparar estas dinámicas. ¿Coincide con ese diagnóstico? ¿Qué parte del proceso es la más costosa: diseñar buenas preguntas, adaptarlas al contenido de la clase o gestionar la herramienta en vivo?

Gustavo Prillo: Coincido. El mayor costo está en el diseño previo y en la orquestación en vivo. Al armar una materia desde cero se invierte mucho en materiales, consignas y evaluación. Sumarle gamificación agrega dos capas: la pedagógica (preguntas bien calibradas para cada tramo) y la técnica (configurar la herramienta, cargar ítems, lanzar en el momento y leer resultados). Me resulta valioso porque en educación a distancia la atención es clave, pero para quienes no vivimos de la docencia la relación tiempo/beneficio se vuelve difícil si cada clase exige varias acciones manuales.

Entrevistador: Le comparto la idea de nuestra propuesta para ver si responde a esas fricciones. Estamos desarrollando un complemento para Google Meet. Con el material que sube el profesor y la transcripción automática de la clase, el sistema genera preguntas dinámicas. El agente detecta cierres de tema y transiciones y dispara una pregunta breve a los estudiantes en ese momento, sin salir de la videollamada. El objetivo es medir la comprensión y participación activa, si la señal es débil, sugerir reforzar o reexplicar antes de avanzar.

Gustavo Prillo: Ese enfoque me resulta muy pertinente. La integración dentro de la misma plataforma es clave porque evita el cambio de contexto que hoy nos cuesta tiempo y atención. Si el disparo de la pregunta es automático cuando detecta el final de un bloque, y si el docente puede validar o ajustar en uno o dos clics, la dinámica se vuelve viable.

Entrevistador: Exacto. La idea es minimizar la configuración manual y que el docente solo supervise. También queremos que el sistema guarde un historial por clase, para que usted vea en qué momentos hubo más errores y qué conceptos convendría retomar al inicio de la próxima sesión. ¿Sentís que sería útil recibir ese resumen con indicadores simples al terminar la clase?

Gustavo Prillo: Sí, me serviría, siempre que el reporte sea breve y vaya al grano. Yo miraría estas cosas: primero, un mapa rápido de aciertos por bloque para decidir qué repasar al inicio de la próxima clase; y segundo, algunos ejemplos de respuestas incorrectas habituales para entender dónde se trabó el grupo. Si además el sistema me permite cambiar el formato sin tener que reescribir todo, mejor: suma variedad y evita que el estudiante responda por inercia.

Entrevistador: Para cerrar, la idea es que toda esa información también llegue al docente en tiempo real y al finalizar la clase. Según las respuestas de los estudiantes, usted podría ver señales de atención y de comprensión mínima. Si una mayoría responde mal, o si ciertos

estudiantes en particular fallan, el sistema sugiere reforzar ese punto antes de avanzar. La clave es lanzar las preguntas en el momento oportuno: por ejemplo, cuando detecta que terminó de explicar el primer tema y comienza con el segundo, intercalar una pregunta breve sobre el primero para verificar que el concepto quedó claro. El objetivo es quitarle carga operativa al profesor: la transcripción identifica cambios de tema y el agente propone y dispara las preguntas en el pasaje entre bloques. Además, contemplamos que el docente pueda elegir entre preguntas generadas automáticamente del estilo elección múltiple o verdadero/falso. ¿Le resulta útil este esquema mixto?

Gustavo Prillo: Sí, me resulta muy útil. En lo que vengo viendo sobre gamificación no vi algo que se integre tan directamente con los contenidos en curso y con el ritmo de la clase. Que el sistema detecte los cierres de tema y proponga la intervención en el momento agrega valor pedagógico y práctico. Entiendo que todo esto se apoya en herramientas de inteligencia artificial.

Entrevistador: Correcto. Usamos IA para dos tareas principales: por un lado, detectar los puntos de quiebre temático a partir de la transcripción; por otro, generar o adaptar preguntas alineadas al material del docente. El docente conserva control: puede aceptar, o descartar cada pregunta con un click. También estamos trabajando en un reporte final conciso: porcentaje de aciertos por bloque, dudas recurrentes y un paquete de “preguntas de repaso” listo para abrir la clase siguiente. Todo con baja fricción y sin salir de Google Meet.

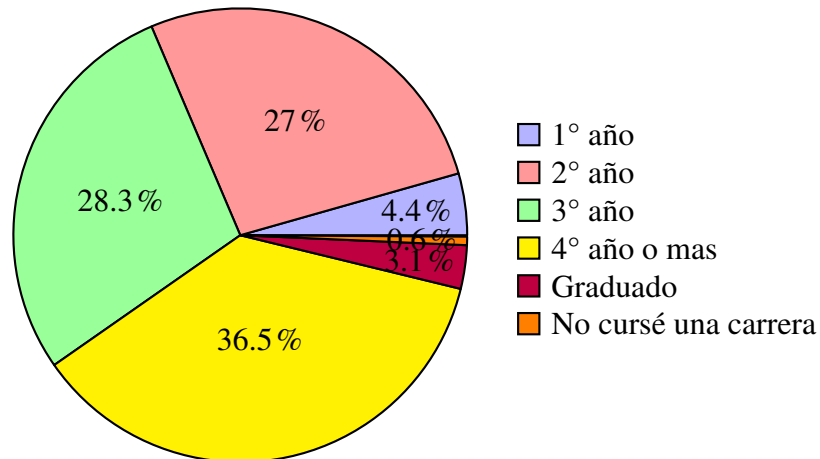
Gustavo Prillo: Ese control me parece clave. Si el flujo de clase no se rompe y la latencia es baja, lo veo viable. El resumen por bloque y la sugerencia de repaso al inicio de la próxima clase serían insumos muy valiosos. Me interesa especialmente que los distractores sean plausibles y que las preguntas cambien de formato para evitar respuestas por inercia.

Entrevistador: Gracias, Gustavo. Tus aportes nos van a ayudar a definir el alcance del MVP y enfocarnos en las funcionalidades que realmente suman en clase.

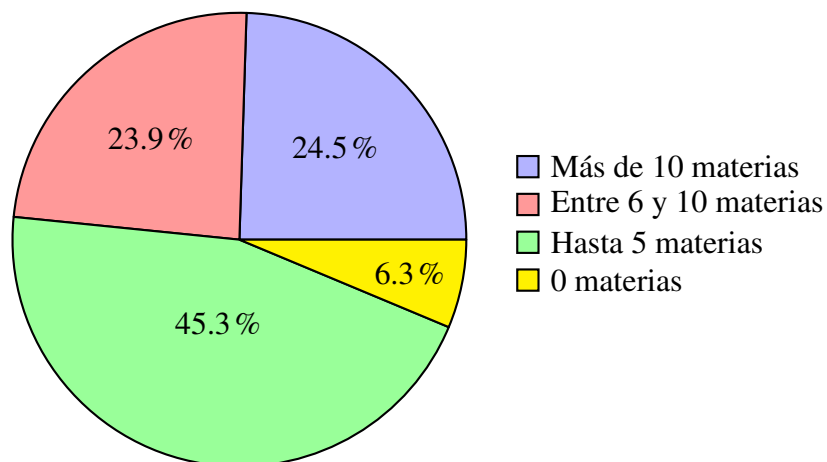
Gustavo Prillo: Gracias a ustedes por la invitación. Quedo a disposición para cuando quieran probar el MVP.

Anexo C: Encuesta a estudiantes

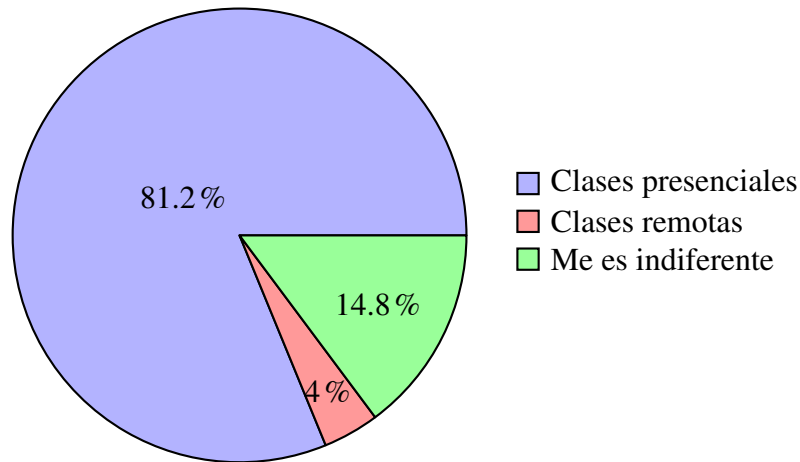
Pregunta 1: ¿En qué año de la carrera estás?



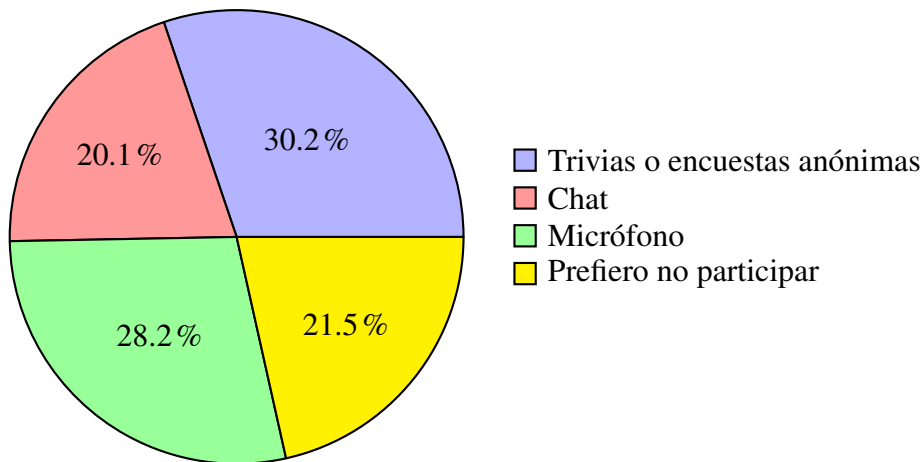
Pregunta 2: ¿Cuántas materias realizaste en modalidad virtual?



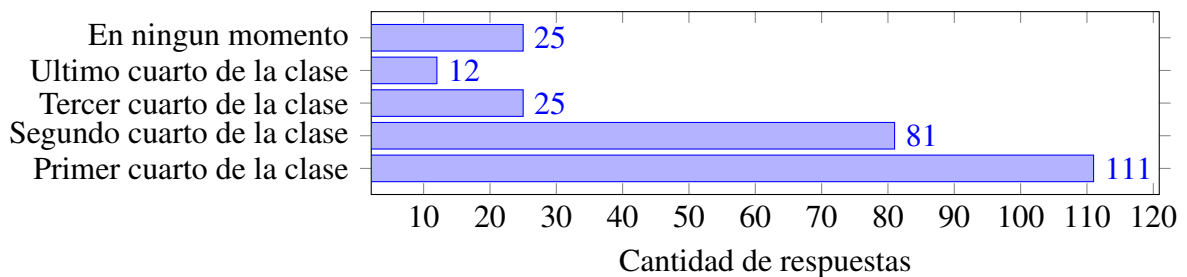
Pregunta 3: ¿En que entorno prestas mas atención, clases presenciales o remotas?



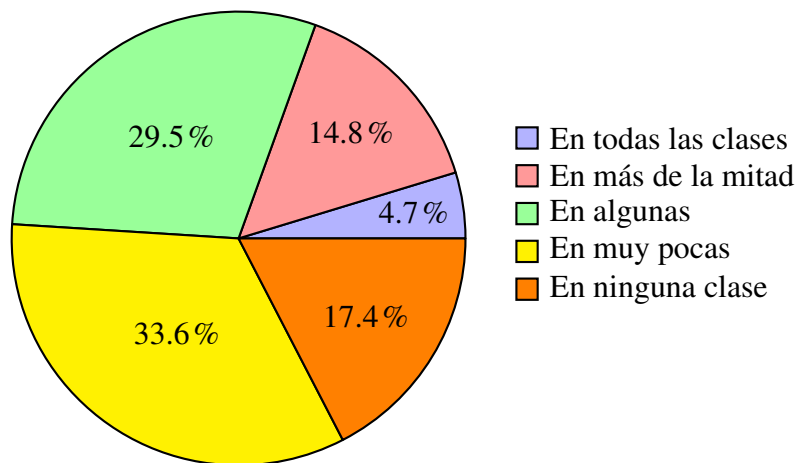
Pregunta 4: ¿Qué forma de participación te resulta más cómoda en clases remotas?



Pregunta 5: ¿Durante qué parte de la clase remota sentiste que estuviste realmente atento? (Tomando apuntes, entendiendo el tema o prestando atención).

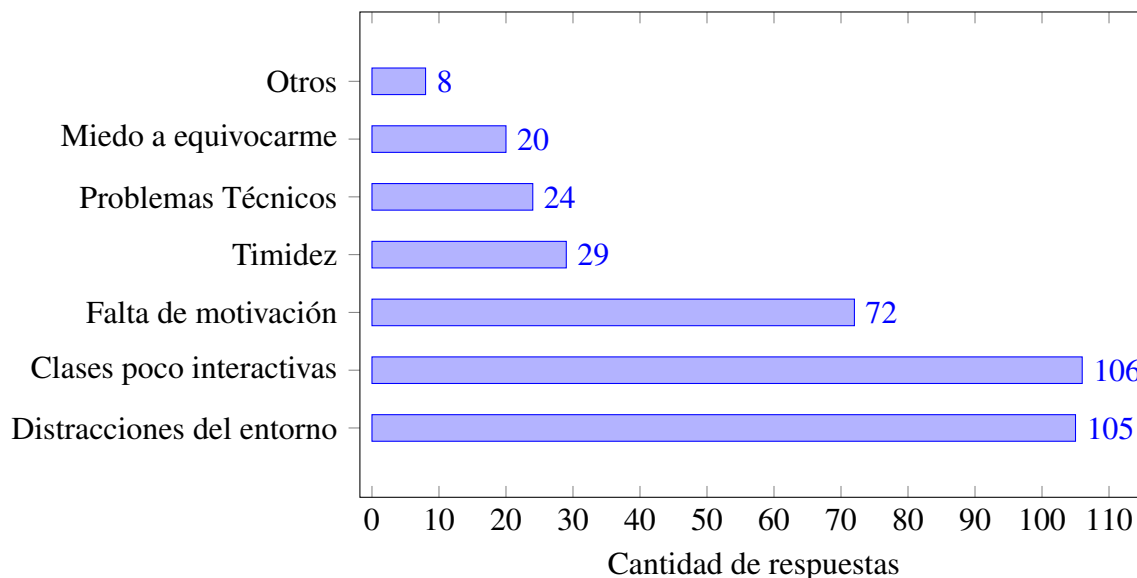


Pregunta 6: ¿Con qué frecuencia participas durante las clases remotas (por micrófono o chat)?

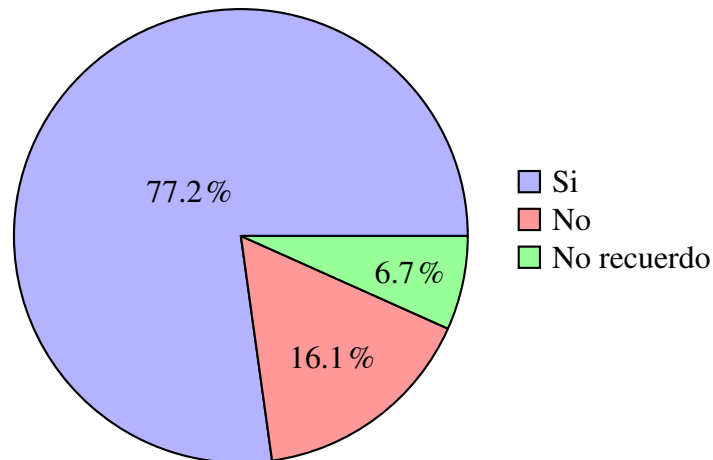


Pregunta 7: ¿Cuáles de los siguientes factores dificultaron tu atención en clases remotas? (Elegí hasta 2)

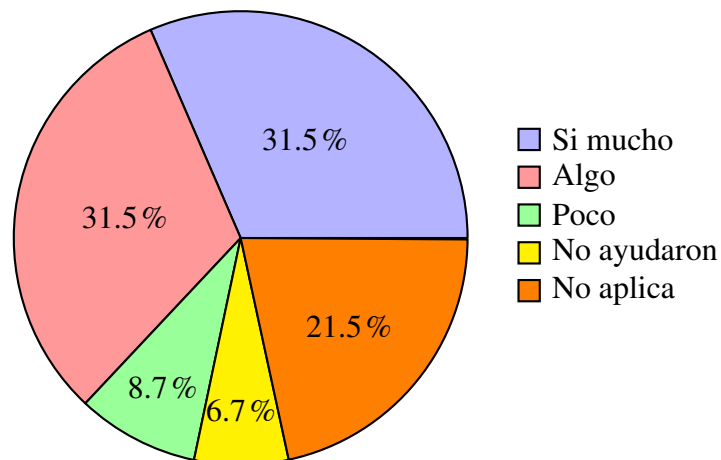
0



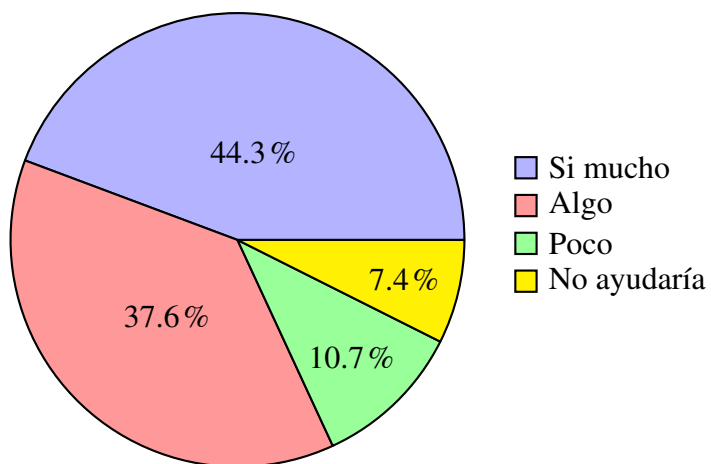
Pregunta 8: ¿Alguna vez participaste de una clase remota donde se usaran juegos o trivias como parte de la actividad?



Pregunta 9: Si tu respuesta anterior fue “Sí”, ¿sentís que esas dinámicas te ayudaron a mantener la atención?



Pregunta 10: ¿Pensás que herramientas tipo trivia te ayudarían a mantener la atención durante clases remotas?



Lista de Figuras

2.1. Instituciones universitarias, según CONEAU (2023).	14
2.2. Esquema de un agente LLM. Adaptado de <i>The rise and potential of large language model based agents: a survey</i> (Xi <i>et al.</i> , 2025).	17
2.3. Comparación de estudiantes presenciales y remotos respecto a su participación al final del curso. Fuente: (Öncü <i>et al.</i> , 2024).	21
2.4. Matriz ERIC. Análisis de los elementos presentes en la propuesta que diferencian la propuesta de los competidores. Fuente: Elaboración propia.	25
2.5. Curva de valor. Comparación de la solución propuesta respecto a soluciones líderes en el mercado del mismo rubro. Fuente: Elaboración propia.	27
3.1. Distribución de materias cursadas en modalidad remota por los estudiantes encuestados. Fuente: Elaboración propia.	32
3.2. Factores que dificultaron la atención durante clases remotas. Dos respuestas por encuestado. Fuente: Elaboración propia.	33
3.3. Preferencias en métodos de participación en clases remotas. Fuente: Elaboración propia.	33
3.4. User persona: Carlos Méndez. Fuente: Elaboración propia.	34
3.5. User persona: Lucía Fernández. Fuente: Elaboración propia.	35
3.6. User persona: Martín López. Fuente: Elaboración propia.	35
3.7. Diagrama de Casos de Uso del sistema. Fuente: Elaboración propia.	38
3.8. Diagrama de secuencia del flujo principal. Fuente: Elaboración propia.	42
3.9. Paleta de color utilizada en Sparkle. Fuente: Elaboración propia.	44
3.10. Logo utilizado para Sparkle. Fuente: Elaboración propia.	45
3.11. Cruz de Porter. Fuente: Elaboración propia.	46
3.12. Análisis FODA del proyecto Sparkle. Fuente: Elaboración propia.	47
3.13. Pantalla de inicio. Fuente: Elaboración propia.	49
3.14. Pantalla de carga de archivo de contexto. Fuente: Elaboración propia.	50
3.15. Pantalla principal del complemento. Pestaña de líderes. Fuente: Elaboración propia.	51
3.16. Pantalla de registro para estudiantes. Fuente: Elaboración propia.	52
3.17. Pantalla de validación. Fuente: Elaboración propia.	53
3.18. Pantalla de pregunta activa. Fuente: Elaboración propia.	54
3.19. Pantalla de respuesta para estudiantes. Fuente: Elaboración propia.	55
3.20. Pantalla de retroalimentación para estudiantes. Fuente: Elaboración propia.	56

3.21. Arquitectura general del sistema Vexa.ai. Fuente: (Vexa-ai, 2025).	57
3.22. Arquitectura de servicios AWS simplificada. Fuente: Elaboración propia.	62
3.23. Arquitectura de servicios AWS completa. Fuente: Elaboración propia.	63
3.24. Esquema NoSQL del sistema. Fuente: Elaboración propia.	65
3.25. Esquema de estructuras clave en Redis. Fuente: Elaboración propia.	66
3.26. Modelo C4 - Nivel 1: Diagrama de contexto. Fuente: Elaboración propia.	68
3.27. Modelo C4 - Nivel 2: Diagrama de contenedores. Fuente: Elaboración propia.	70
3.28. Modelo C4 - Nivel 3: Diagrama de componentes. Fuente: Elaboración propia.	72
3.29. Business Model Canvas de Sparkle. Fuente: Elaboración propia.	74
5.1. Docente utilizando la herramienta. Fuente: Elaboración propia.	99
5.2. Pregunta generada bajo el contexto de la clase n.º 1. Fuente: Elaboración propia.	100
5.3. Pregunta generada bajo el contexto de la clase n.º 2. Fuente: Elaboración propia.	101
5.4. Sparkle utilizada en conjunto por el aula. Fuente: Elaboración propia.	102
5.5. Pregunta generada automáticamente durante la clase particular de Anatomía canina. Fuente: Elaboración propia.	104
5.6. Pregunta enviada al estudiante durante la clase particular de Anatomía canina. Fuente: Elaboración propia.	105
5.7. Puntaje obtenido por el estudiante durante la clase particular de Anatomía canina. Fuente: Elaboración propia.	106

Lista de Tablas

2.I.	Comparación de atributos entre plataformas. Fuente: Elaboración propia. . . .	27
3.I.	Comparativa de modelos de OpenAI “mini”. Fuente: Elaboración propia en base a documentación oficial de OpenAI (OpenAI, 2025b).	60
3.II.	Costos de recursos humanos y presupuesto comercial. Fuente: Elaboración propia.	77
3.III.	Equipamiento inicial. Fuente: Elaboración propia.	78
3.IV.	Costos de infraestructura. Fuente: Elaboración propia.	78
3.V.	Resumen general de costos actualizados. Fuente: Elaboración propia.	79
3.VI.	Evolución de instituciones escenario optimista. Fuente: Elaboración propia. . .	82
3.VII.	Evolución de licencias individuales escenario optimista. Fuente: Elaboración propia.	83
3.VIII.	Flujo de caja escenario optimista. Fuente: Elaboración propia.	83
3.IX.	Indicadores financieros escenario optimista. Fuente: Elaboración propia.	84
3.X.	Evolución de instituciones — escenario neutral. Fuente: Elaboración propia. . .	84
3.XI.	Evolución de licencias individuales — escenario neutral. Fuente: Elaboración propia.	85
3.XII.	Flujo de caja — escenario neutral. Fuente: Elaboración propia.	85
3.XIII.	Indicadores financieros — escenario neutral. Fuente: Elaboración propia.	86
3.XIV.	Evolución de instituciones escenario pesimista. Fuente: Elaboración propia. . .	86
3.XV.	Evolución de licencias individuales escenario pesimista. Fuente: Elaboración propia.	87
3.XVI.	Flujo de caja escenario pesimista. Fuente: Elaboración propia.	87
3.XVII.	Indicadores financieros escenario pesimista. Fuente: Elaboración propia.	88
3.XVIII.	Análisis comparativo de escenarios. Fuente: Elaboración propia.	89
5.I.	Caso de prueba 1 – Integración y carga inicial. Fuente: Elaboración propia. . .	94
5.II.	Caso de prueba 2 – Procesamiento de transcripción en tiempo real. Fuente: Elaboración propia.	95
5.III.	Caso de prueba 3 – Generación y validación de preguntas. Fuente: Elaboración propia.	96
5.IV.	Caso de prueba 4 – Respuesta, puntaje y ranking. Fuente: Elaboración propia. .	97
5.V.	Caso de prueba 5 – Cierre y persistencia de sesión. Fuente: Elaboración propia.	98
5.VI.	Resultados de medición del tiempo de generación de preguntas en Sparkle. Fuente: Elaboración propia.	103

5.VII.	Resultados del cuestionario de validación — Docente particular. Fuente: Elaboración propia.	107
5.VIII.	Resultados del cuestionario de validación — Estudiantes participantes. Fuente: Elaboración propia.	108