# Diseño de un Entorno Virtual de Aprendizaje para Jóvenes Sordos e Hipoacúsicos: de la Accesibilidad Técnica a la Accesibilidad Comunicacional

## Designing a Virtual Learning Environment for Deaf and Hard-of-Hearing Youth: From Technical Accessibility to Communicational Accessibility

**Gastón N. Falanga**
*Universidad Abierta Interamericana – Facultad de Tecnología Informática*
*Av. San Juan 951, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.*

**DOI** *https://doi.org/10.59471/raia2026242*
**Enviado:** agosto 2026. **Aceptado**: octubre 2026. **Publicado:** noviembre 2026
**Como citar:** Falanga, G. N. (2026). Diseño de un Entorno Virtual de Aprendizaje para Jóvenes Sordos e Hipoacúsicos: de la Accesibilidad Técnica a la Accesibilidad Comunicacional. *Revista Abierta de Informática Aplicada, 10(1)*, 1-34 *https://doi.org/10.59471/raia2026242*

## Resumen

Este artículo presenta el diseño de un entorno virtual de aprendizaje (EVA) para jóvenes sordos e hipoacúsicos, desarrollado con *design thinking* como metodología de diseño centrada en las personas. Se sostiene que la accesibilidad técnica —cumplir con un listado estandarizado de requisitos— es necesaria pero insuficiente y que debe complementarse con una accesibilidad comunicacional —garantizar que el entorno se comunique en la lengua de la comunidad, la lengua de señas—. Se describe cómo el *design thinking* estructuró cinco fases (empatía, definición, ideación, prototipado y pruebas) y qué hizo posible cada una mediante cuatro entrevistas, dos perfiles de usuario, diecisiete lineamientos de diseño, nueve *storyboards* y un prototipo interactivo evaluado por dos usuarios representativos. El proceso se documenta de modo que cada decisión de diseño pueda rastrearse hasta las voces y las fuentes que la motivaron. Se ofrecen, además, recomendaciones para equipos de desarrollo y de creación de contenido, así como un decálogo de principios de diseño. Al tratarse de un proyecto de diseño con una muestra reducida, los resultados se presentan como indicios de una primera iteración, sin pretensión de generalización, y se discuten sus límites.

**PALABRAS CLAVE:** accesibilidad comunicacional, Lengua de Señas Argentina, entornos virtuales de aprendizaje, design thinking, diseño centrado en el usuario, educación de personas sordas.

Este trabajo está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional

## Abstract

This article presents the design of a virtual learning environment (VLE) for deaf and hard-of-hearing youth, developed using design thinking as a person-centered design methodology. It is argued that technical accessibility—meeting a standardized list of requirements—is necessary but insufficient, and that it must be complemented by communicational accessibility—ensuring that the environment communicates in the community's language, sign language. The article describes how design thinking structured five phases (empathy, definition, ideation, prototyping and testing) and what each of them made possible through four interviews, two user personas, seventeen design guidelines, nine storyboards and an interactive prototype evaluated by two representative users. The process is documented step by step so that every design decision can be traced back to the voices and sources that motivated it. It also offers recommendations for development and content-creation teams and a ten-principle decalogue. Because this is a design project with a small sample, results are presented as evidence from a first iteration without claiming generalizability, and their limits are discussed.

**KEYWORDS:** communicational accessibility, Argentine Sign Language, virtual learning environments, design thinking, user-centered design, Deaf education.

## 1 Introducción

En el mundo existen alrededor de setenta millones de personas sordas, usuarias de más de doscientas lenguas de señas distintas (Boi-Dsane, 2024). Entre la población infantil, cerca de treinta y cuatro millones de niños y niñas presentan una pérdida auditiva incapacitante (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2026). Se estima además que menos del dos por ciento de ellos tiene contacto temprano con una lengua de señas durante la infancia (Murray et al., 2019). En Argentina, las proyecciones actuales hablan de alrededor de 1,2 millones de personas con pérdida de audición, entre el dos y el tres por ciento de la población (Omose, 2023) y se ha informado que el 86 % de los estudiantes sordos integrados no cuenta con docentes que dominen la Lengua de Señas Argentina (LSA) (Agencia UNQ, 2022).

La migración masiva de la educación hacia entornos virtuales durante la pandemia de COVID-19 expuso esta desigualdad con particular crudeza. Más de 190 países suspendieron las clases presenciales, con efectos sobre el 90 % del alumnado mundial (UNESCO, 2021). La ausencia de intérpretes en vivo, la escasez de subtítulos y la desatención de las necesidades comunicacionales de la comunidad sorda produjeron rezagos que ni siquiera los países con trayectorias sólidas en inclusión lograron evitar (National Association of the Deaf [NAD], s.f.). En América Latina, solo después de los reclamos de la comunidad sorda algunos ministerios comenzaron a añadir intérpretes o subtítulos a sus transmisiones educativas (Meresman y Ullmann, 2020). Este trabajo parte de la observación de que ese rezago se explica, además de por una carencia tecnológica, por una decisión de diseño rara vez explicitada, la de construir entornos virtuales de aprendizaje asumiendo un usuario que oye, lee con fluidez la lengua escrita mayoritaria y accede sin dificultad al contenido audiovisual.

La premisa de trabajo sostuvo que un diseño centrado en el usuario, cuando se aplica a entornos virtuales, puede favorecer un uso más eficaz de las TIC en sintonía con las necesidades educativas de estudiantes sordos e hipoacúsicos. El objetivo general fue diseñar y construir el prototipo de un EVA para estos estudiantes. Los objetivos específicos fueron (a) analizar las tecnologías disponibles y seleccionar las más adecuadas para el EVA, teniendo en cuenta la problemática de la comunidad educativa a la que se dirige; (b) utilizar la metodología de *design thinking* para el proceso de diseño y prototipado; (c) realizar un prototipo interactivo; y (d) evaluar el prototipo mediante pruebas con usuarios. El alcance es deliberadamente acotado y se limita a un prototipo navegable construido en Figma, suficientemente desarrollado para explorar su estructura y su navegación y para analizar cómo el enfoque metodológico incidió en su configuración. Quedan fuera la implementación técnica y el desarrollo integral del software.

Conviene precisar desde el comienzo la naturaleza del trabajo. Se trata de un proyecto de diseño y no de un estudio experimental. El *design thinking* se emplea aquí como metodología de diseño y su producto son decisiones de diseño fundamentadas, trazables hasta las voces y las fuentes que las motivaron y puestas a prueba en una primera iteración con usuarios; no son inferencias estadísticas. Gran parte de este artículo está dedicada a hacer visible cómo cada fase del proceso hizo posible decisiones que no habrían surgido de un relevamiento de requisitos convencional.

El artículo amplía el trabajo presentado en el XVII Certamen de Trabajos Estudiantiles CIITI-TE 2026 y se apoya en la tesis de Maestría en Tecnología Educativa de la que deriva. Hace tres aportes: (1) documenta, fase por fase, un proceso de diseño centrado en las personas para un EVA concebido desde la lengua de señas, con sus artefactos y la trazabilidad entre fuentes y decisiones; (2) propone la distinción entre *accesibilidad técnica* y *accesibilidad comunicacional* como lente para el diseño de entornos virtuales para comunidades sordas; y (3) ofrece a los equipos de construcción y de contenido recomendaciones y un decálogo de principios ético-metodológicos. El texto sigue el orden del proceso, desde el contexto y el marco conceptual hasta el enfoque y el desarrollo, lo que el *design thinking* hizo posible y la evaluación, recomendaciones y decálogo, y discusión y conclusiones.

# 2 Contexto y Antecedentes

## 2.1 El Panorama Educativo de la Comunidad Sorda

Los datos disponibles muestran, en distintas regiones, una ausencia persistente de garantías reales para acceder a una educación de calidad y permanecer en ella (Tabla 1). A nivel global, la exclusión empieza temprano, con la falta de acceso al lenguaje desde la primera infancia. La mayoría de los niños sordos nace en familias oyentes que no conocen la lengua de señas y continúa luego en escuelas donde su uso no está previsto, con consecuencias duraderas en el nivel educativo, el empleo y los ingresos. Existen marcos legales que reconocen el derecho a una educación inclusiva, pero el reconocimiento legal

no siempre se traduce en implementación. A mediados de 2026, 84 de 195 países contaban con legislación que reconoce su lengua de señas nacional (Federación Mundial de Sordos, 2026), aunque pocos sistemas educativos la adoptan como lengua de enseñanza (Boi-Dsane, 2024; Agencia UNQ, 2022). En América Latina, los datos de 16 países indican que el 76 % de los estudiantes con discapacidad completa la primaria, frente al 99 % de quienes no la tienen y que la brecha persiste en la secundaria superior (61 % y 82 %, respectivamente) (UNESCO, 2025). Se trata de cifras sobre discapacidad en general y no se encontraron datos desagregados para estudiantes sordos.

**TABLA 1.** INDICADORES DE CONTEXTO SOBRE LA EDUCACIÓN DE LA COMUNIDAD SORDA.

| Nivel | Indicador | Fuente |
|---|---|---|
| *Global* | *~70 millones de personas sordas; más de 200 lenguas de señas* | *Boi-Dsane (2024)* |
| | *~34 millones de niños con pérdida auditiva incapacitante* | *OMS (2026)* |
| | *Menos del 2 % de esos niños accede tempranamente a una lengua de señas* | *Murray et al. (2019)* |
| *América Latina* | *En México (encuesta 2014) el 86 % de las personas sordas de 3 a 29 años no asistía a la escuela; 14 % accedía a educación formal* | *Vazquez (2017)* |
| | *En 16 países de la región la finalización de primaria 76 % (con discapacidad) frente a 99 % (sin discapacidad); secundaria superior 61 % frente a 82 %* | *UNESCO (2025)* |
| *Argentina* | *~1,2 millones de personas con pérdida auditiva (2–3 % de la población)* | *Omose (2023)* |
| | *Más del 90 % de los bebés sordos nace en familias oyentes* | *Canales (2013)* |
| | *86 % de los estudiantes sordos integrados no cuenta con docentes que dominen la LSA* | *Agencia UNQ (2022)* |
| | *43 % de las personas sordas completa la educación primaria; ~80 % con serias dificultades de lectoescritura* | *Di Niro (2023); Canales (2013)* |
| | *77 escuelas para sordos, distribuidas de forma desigual entre provincias; Ley 27.710 (2023) reconoce la LSA* | *Oviedo (2015); Sutera (2023)* |

***Nota.*** *Los datos se reproducen tal como los informan las fuentes citadas; no se encontraron cifras específicas sobre accesibilidad de EVA o LMS en Argentina.*

En Argentina, a pesar de la obligatoriedad escolar, miles de estudiantes sordos transitan por la escuela sin acceder a una enseñanza que los incluya lingüísticamente. La LSA careció de reconocimiento legal hasta la sanción de la Ley 27.710 en 2023, un hito que abre la posibilidad de una educación formal bilingüe pero que, por sí solo, no modifica las condiciones materiales de las aulas ni de las plataformas digitales. El marco normativo previo ya obligaba al Estado a garantizar condiciones para acceder, permanecer y egresar del sistema sin discriminación (Ley 26.206, 2006; Ley 26.378, 2008) y como señala Tedesco (2008), persisten tensiones entre lo que la ley establece y las posibilidades reales de implementación. Existen experiencias valiosas en el país. Hay escuelas bilingües en Buenos Aires y Mendoza, la oferta de LSA como materia optativa para oyentes en universidades como la UNQ (Agencia UNQ, 2022) y, durante la pandemia, un equipo de intérpretes en LSA liderado por un asesor sordo y tutoriales en LSA sobre el uso de plataformas, producidos por la Universidad Nacional de La Plata (2020).

La pandemia hizo visible la brecha digital en el país. Antes, solo el 56 % de los hogares tenía conexión fija a internet y, entre los estudiantes de los estratos más bajos, apenas el 37 % tenía acceso a internet en su casa y el 29 % disponía de computadora (Cardini et al., 2021). Esa brecha coincidió, además, con una profunda crisis económica, que se produjo tras dos años consecutivos de caída del producto interno bruto (2,5 % en 2018 y 2,2 % en 2019) (Aire de Santa Fe, 2020) y en la que en 2020 el producto cayó 9,9 % (InfoNegocios, 2021), la inflación anual declarada fue de 36,1 %, tras haber superado el 50 % en 2019 (Grainger, 2021) y, en el segundo semestre, la pobreza alcanzó al 57,7 % de la población de 0 a 14 años (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INDEC], 2021). Si bien para el cuarto trimestre de 2024 el 93,7 % de los hogares urbanos contaba con acceso a internet (INDEC, 2025), la conectividad sigue siendo una de las condiciones. El acceso físico a la escuela o a la plataforma no equivale a un vínculo genuino con el conocimiento, que requiere mensajes comprensibles y entornos culturalmente pertinentes.

## 2.2 Antecedentes Investigativos

La literatura sobre EVA diseñados específicamente para estudiantes sordos es reducida, pero está en expansión. Entre los entornos diseñados para este alumnado, Fachal (2024) desarrolló en Argentina un entorno 3D sobre OpenSimulator ajustado al estilo de aprendizaje visual y señante, con videos en LSA; Adamo-Villani (2007) y Al-Jarrah (2018) propusieron entornos de realidad virtual y colaborativos con diseño iterativo orientado al usuario; y González-Montesino y Espada Chavarría (2020) documentaron espacios universitarios bilingües y multimodales con lengua de señas española como lengua vehicular. Las revisiones sistemáticas (Rodríguez-Correa et al., 2023; Aziz y Othman, 2023; Martins et al., 2015) muestran avances en traductores automáticos, avatares y subtitulado, pero sin estándares consolidados. Los estudios sobre recursos existentes indican que la segmentación de contenidos mejora la comprensión mientras que la redundancia entre texto y audio puede confundir (Gehret y Elliot, 2025) y que la participación familiar favorece la permanencia (Prado et al., 2025). Por último, las propuestas didácticas con tareas auténticas en lengua de señas o con realidad virtual reportan mayor motivación y mejores logros narrativos (Niksiar et al., 2025; Eden e Ingber, 2014).

Un hallazgo que atraviesa gran parte de esta literatura es que la mayoría de los desarrollos tecnológicos aplicados a las lenguas de señas se producen sin participación significativa de personas sordas en su diseño y evaluación (Desai et al., 2024) y revisiones como la de Rodríguez-Correa et al. (2023) reivindican el diseño centrado en la comunidad sorda. Los antecedentes coinciden, con su heterogeneidad, en la necesidad de un diseño educativo que respete y potencie las formas visuales, lingüísticas y culturales propias de las personas sordas y en que traducir contenido no es suficiente. Es necesario construir experiencias educativas completas y culturalmente coherentes desde el origen. Lo que se encuentra con menos frecuencia es la documentación detallada del proceso de diseño, es decir, cómo se pasó de las voces de los usuarios a decisiones concretas de interfaz, de contenido y de interacción. A esa laguna procura contribuir este artículo.

### 2.3 Accesibilidad en Plataformas Educativas

Un relevamiento de siete plataformas de uso extendido (Moodle, Canvas, Blackboard, Google Classroom, Teams, Meet y Zoom) muestra una asimetría. Las herramientas de videoconferencia incorporan con mayor rapidez que los sistemas de gestión del aprendizaje funciones como el subtitulado automático y la interpretación en lengua de señas. Teams ofrece una vista de lengua de señas pensada para usuarios sordos (Microsoft, 2022), mientras que Moodle permite añadir subtítulos pero no los genera de forma nativa (Germeroth, 2023). Ese desfase entre la tecnología disponible y su integración efectiva en los entornos más estructurados es el espacio que este trabajo aborda desde el diseño. Como caso de referencia internacional, la Universidad Gallaudet combina un modelo bilingüe ASL–inglés con tecnologías como una aplicación de subtitulado automático independiente de la plataforma y debates en video con contenidos bilingües (Gallaudet University, 2022; United Educators, 2021). Gallaudet demuestra que la incorporación estructural de la lengua de señas es viable con decisión institucional sostenida, aunque se trata de una institución pionera y a la vez excepcional, difícil de replicar en el sistema común.

## 3 Marco Conceptual

### 3.1 Del Modelo Médico-Rehabilitador al Modelo Sociocultural de la Sordera

Existe una distinción conceptual con consecuencias de diseño directas entre dos formas de entender la sordera. El modelo médico-rehabilitador la concibe como una condición a corregir o compensar. El modelo sociocultural, desarrollado por autores como Padden y Humphries (2006) y Parasnis (1996), la entiende como una diferencia humana que da origen a una lengua, una cultura y una identidad colectiva propias. Skliar (2003), referencia central del campo en Argentina y América Latina, sostiene que tratar la sordera como una carencia auditiva y no como una diferencia lingüística y cultural tiene graves consecuencias pedagógicas. Este trabajo adopta el modelo sociocultural como punto de partida, lo que implica considerar a la comunidad sorda una comunidad lingüística con derecho a que el entorno se conciba desde su lengua, en lugar de un segmento de usuarios con necesidades especiales. La lengua de señas es un sistema lingüístico pleno, con gramática y sintaxis propias, de naturaleza visogestual, que posibilita la formulación de ideas abstractas y el desarrollo del pensamiento complejo (Sacks, 1989). En la tradición educativa argentina, en cambio, predominó durante décadas el oralismo, que propició una integración forzada a través del habla y consecuencias de marginación (Rey et al., 2020).

La heterogeneidad interna de la comunidad es igualmente relevante. Pray y Jordan (2010) distinguen entre personas culturalmente Sordas (con S mayúscula), cuya lengua principal es la lengua de señas y que suelen sostener una identidad grupal fuerte; personas sordas que no se identifican con esa cultura; adultos con sordera adquirida tardíamente; y personas hipoacúsicas, cuya autoidentificación varía según el contexto. El sentido de pertenencia depende de factores sociales, lingüísticos y culturales. Un EVA que ofrece una

única configuración de accesibilidad para todo este espectro no resuelve el problema, lo desplaza. De allí la importancia de permitir la elección entre modos de comunicación y de un proceso de diseño que se acerque a personas concretas con trayectorias distintas, en lugar de apoyarse en una figura única de "el usuario sordo".

## 3.2 Accesibilidad Técnica y Accesibilidad Comunicacional

Las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG) del W3C (2018) constituyen el estándar técnico más extendido, organizado en torno a cuatro principios (perceptible, operable, comprensible y robusto) y tres niveles de conformidad. Contienen criterios específicos para la comunidad sorda, como subtítulos sincronizados y, en el nivel más exigente (AAA), interpretación en lengua de señas para el contenido pregrabado, pero están formuladas desde una lógica de traducción. La lengua de señas aparece como alternativa a un contenido que existe primero en otro formato. Una plataforma puede cumplir íntegramente con el nivel AA y seguir siendo, para un estudiante sordo, un entorno diseñado en otra lengua con un diccionario disponible al costado. El Diseño Universal para el Aprendizaje (CAST, 2024) da un paso más al proponer múltiples formas de representación, de acción y expresión, y de compromiso desde el comienzo del diseño; sin embargo, habilita pero no garantiza que la lengua de señas sea una de las formas de representación efectivamente presentes. Desde la teoría de la inclusión digital, Selwyn (2004) advierte que el acceso técnico no agota la inclusión y Rivas (2019) pregunta de una manera más general, para quién, con qué fines y bajo qué lógicas se diseñan los entornos digitales de aprendizaje.

En el análisis de puntos de dolor (sección 5.1), la accesibilidad en las TIC aparece justamente con esa tensión. Los lineamientos técnicos existen pero no siempre se tienen en cuenta y, aun cuando se tienen, resultan insuficientes, de modo que la oportunidad identificada fue combinar la accesibilidad técnica con una accesibilidad cultural y comunicacional. A partir de allí se propone distinguir dos nociones (Tabla 2). La accesibilidad técnica es el grado en que un contenido es perceptible, operable, comprensible y robusto según criterios auditables. La accesibilidad comunicacional es el grado en que el entorno fue concebido, desde el origen, a partir de los modos de comunicar, percibir y construir sentido de quienes lo van a usar, incluyendo su lengua y sus prácticas culturales. La primera pregunta si el contenido puede traducirse; la segunda, si el entorno fue pensado desde la lengua de señas como punto de partida. Son nociones complementarias y no excluyentes, porque la comunicacional no reemplaza a la técnica, que sigue siendo necesaria, pero no basta.

**TABLA 2.** COMPARACIÓN ENTRE ACCESIBILIDAD TÉCNICA Y ACCESIBILIDAD COMUNICACIONAL.

| | Accesibilidad técnica | Accesibilidad comunicacional |
|---|---|---|
| **Pregunta guía** | *¿Puede el contenido percibirse, operarse y comprenderse con apoyos alternativos?* | *¿Fue el entorno concebido desde la lengua, la percepción y las prácticas de sus usuarios?* |
| **Punto de partida** | *Un contenido que existe primero en un formato y luego se adapta* | *La lengua de señas y los modos visuales de comunicación como lengua y lógica de base* |
| **Verificación** | *Auditable con estándares (p. ej., WCAG 2.1)* | *Se manifiesta en la experiencia de quienes usan el entorno; requiere participación de la comunidad* |

| | Accesibilidad técnica | Accesibilidad comunicacional |
|---|---|---|
| **Ejemplo** | *Subtítulos sincronizados; interpretación en lengua de señas como alternativa* | *Videos señados pensados en lengua de señas; navegación y feedback en lengua de señas; interacción entre pares en la propia lengua* |
| **Riesgo si se la omite** | *Barreras de percepción y operación* | *Un entorno técnicamente conforme pero ajeno a la lengua del estudiante* |

## 3.3 Teorías del Aprendizaje que Orientaron las Decisiones

El diseño se apoyó en teorías seleccionadas por su pertinencia para estudiantes sordos y su capacidad de traducirse en decisiones concretas. La Teoría de la Zona de Desarrollo Próximo (Vygotsky y Cole, 1978) sostiene que la mediación que hace posible el aprendizaje ocurre a través del lenguaje. Cuando la lengua materna es visogestual y el entorno funciona exclusivamente en la lengua escrita mayoritaria, esa mediación queda distorsionada. La Teoría de la Carga Cognitiva (Sweller, 1988) y el Aprendizaje Multimedia (Mayer, 2001) advierten que, aplicadas sin ajuste a usuarios sordos, pueden generar sobrecarga cuando imagen, subtítulo y video en lengua de señas compiten por el mismo canal visual, lo que justifica la atención a la segmentación, la coherencia y la "aprendibilidad" de la interfaz (Plass et al., 2010). La comunidad de indagación (Garrison et al., 1999) y la presencia social (Short et al., 1976) fundamentan los espacios de intercambio; el aprendizaje autorregulado (Zimmerman y Schunk, 2011) y la metacognición (Furman, 2018) orientan los lineamientos sobre autonomía y personalización; y la pedagogía crítica de Freire (1970) enmarca la dimensión ética y política de toda decisión instruccional, ya que cada decisión sobre la lengua en que se enseña y quién puede demostrar lo aprendido es también una decisión sobre quién es reconocido como sujeto legítimo de conocimiento.

## 3.4 Diseño Centrado en las Personas y Design Thinking

El *design thinking* se remonta a la concepción del diseño como actividad orientada a crear soluciones intencionales con objetivos específicos (Simon, 1969) y adquirió su forma contemporánea cuando Brown (2008) lo definió como una metodología centrada en las personas, capaz de transformar la forma en que se conciben productos, servicios y procesos. Se vincula con el diseño centrado en las personas (*Human-Centered Design*), impulsado por Norman (2013) y posteriormente sintetizado como estándar ISO, que prescribe involucrar activamente a los usuarios desde las primeras etapas, comprender sus contextos, evaluar las propuestas desde su perspectiva y perfeccionar el diseño a partir de pruebas concretas. Liedtka (2018) resume su potencia en tres pilares, a saber, empatía profunda, diversidad de perspectivas y experimentación iterativa. En educación se lo ha aplicado para repensar prácticas y entornos (Plattner et al., 2012; Panke, 2019) y, específicamente, para la elicitación de requisitos de entornos virtuales de aprendizaje (Souza, 2014) y para concebir un EVA centrado en el usuario (Cavalcanti, 2024).

Conviene no idealizar el *design thinking*. Kimbell (2011) subraya que debe pensarse como una práctica situada y no como una receta y Johansson-Sköldberg et al. (2013) muestran que bajo la misma etiqueta conviven discursos muy distintos. Se lo adopta aquí como

metodología de diseño, no de investigación. Sus fases ordenan cómo se comprende un problema, se imaginan y filtran alternativas, se materializan y se ponen a prueba, y producen artefactos y decisiones con un estatus epistémico propio, el de la evidencia de diseño. Su valor en este contexto reside en hacer que las decisiones se tomen con quienes usarán el entorno y se justifiquen ante ellos (sección 6).

# 4 Enfoque Metodológico

## 4.1 El Proyecto de Diseño

El proceso se estructuró en fases iterativas que permiten comprender problemas, idear soluciones, prototiparlas y evaluarlas críticamente (Lewrick, Thommen et al., 2020; Brown, 2008). Se optó por esta metodología en lugar de un desarrollo de software convencional porque el diseño centrado en el usuario parte del supuesto de que el destinatario posee un conocimiento que el equipo diseñador no tiene ni puede suplir con la imaginación o la revisión bibliográfica. Para una comunidad que históricamente usó plataformas diseñadas por otros sin haber sido consultada, ese supuesto es, además, una posición ética. Esta posición permite situar la integración de este colectivo como una construcción colaborativa y hacer de la empatía con los usuarios reales un motor de innovación y un marco ético (Liedtka, 2018).

Para evitar ambigüedades, se explicita cómo se entiende esta premisa de trabajo. Su formulación original habla de un “uso más eficaz de las TIC en sintonía con las necesidades educativas” de los estudiantes. Esa eficacia no se midió con indicadores de desempeño de aprendizaje, que exigirían un EVA en funcionamiento. Se la entiende como el cumplimiento de dos condiciones de diseño verificables a lo largo del proceso: (i) que las funcionalidades priorizadas deriven de necesidades documentadas y que esa derivación sea trazable (secciones 5.2 y 6), y (ii) que usuarios representativos que recorren el prototipo lo valoren como pertinente en las dimensiones tecnológica, pedagógica y funcional de Cabero-Almenara y Palacios-Rodríguez (2021) (sección 7).

## 4.2 Fases, Técnicas y Artefactos

El proceso se organizó en cinco fases no estrictamente lineales pero iterativas, adaptadas del esquema de Lewrick, Thommen et al. (2020), en el que los momentos de entender y observar se abordaron conjuntamente en la fase de entendimiento y empatía. Las fases se agrupan en un espacio del problema (entender, observar y definir) y un espacio de la solución (idear, prototipar y probar), con una oscilación explícita entre divergencia, que abre el campo a nuevas ideas, y convergencia, que permite avanzar con sentido y dirección (Lewrick, Thommen et al., 2020). La Figura 1 sintetiza el recorrido y asigna a cada fase la práctica de *design thinking* empleada, el artefacto producido y lo que aporta a la fase siguiente.

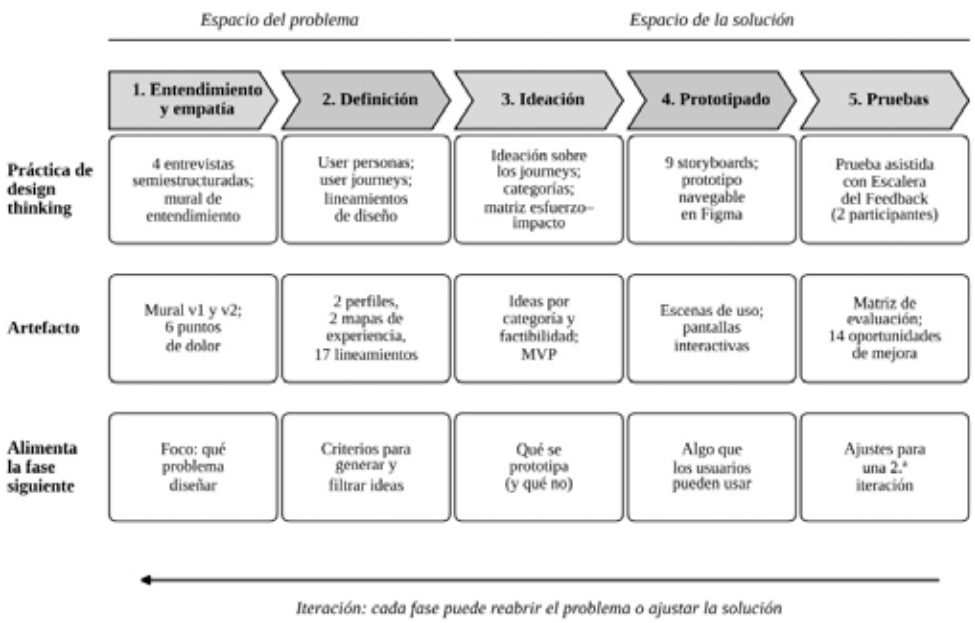



**Fig. 1.** *Prácticas de design thinking, artefactos producidos y lo que cada fase aporta a la siguiente (elaboración propia).*

## 4.3 Participantes, Selección y Análisis

Las personas entrevistadas no se seleccionaron al azar. Cada perfil se eligió porque aportaba un ángulo necesario de la problemática, lo que permitió asegurar diversidad de voces y triangular información (muestreo intencional por perfiles complementarios, no por representatividad estadística). Se contactó a instituciones que trabajan a diario con personas con discapacidad auditiva y se entrevistó a cuatro personas durante 2024, con un formato semiestructurado y conversacional. Las personas participantes fueron informadas del propósito del trabajo y aceptaron que sus aportes se utilizaran con fines académicos. Por razones de confidencialidad y a pedido de las personas entrevistadas, no se incluyen sus nombres.

El análisis se apoyó en la técnica de síntesis visual propia del *design thinking*, sin un esquema de codificación temático formal. Las ideas surgidas en las conversaciones se volcaron en notas tipo *post-it* digitales sobre un tablero de Miro; se trazaron flechas para representar relaciones y agrupaciones a partir del estudio teórico y de los antecedentes; y se utilizaron notas de otro color para los objetivos derivados, un recurso que condensa hallazgos y visibiliza conexiones sin introducir valoraciones personales (Lewrick, Link et al., 2020). En paralelo, los relatos se cruzaron con seis dimensiones comunes (acceso a la información, dispositivo principal, rol de la lengua de señas, navegabilidad y usabilidad, interacción y autonomía, identidad y pertenencia) para identificar coincidencias y diferencias de perspectiva. La definición y la ideación ordenaron luego esos hallazgos en perfiles, mapas de experiencia y alternativas, y la fase de pruebas retomó el contacto con dos de las personas entrevistadas (Figura 2).

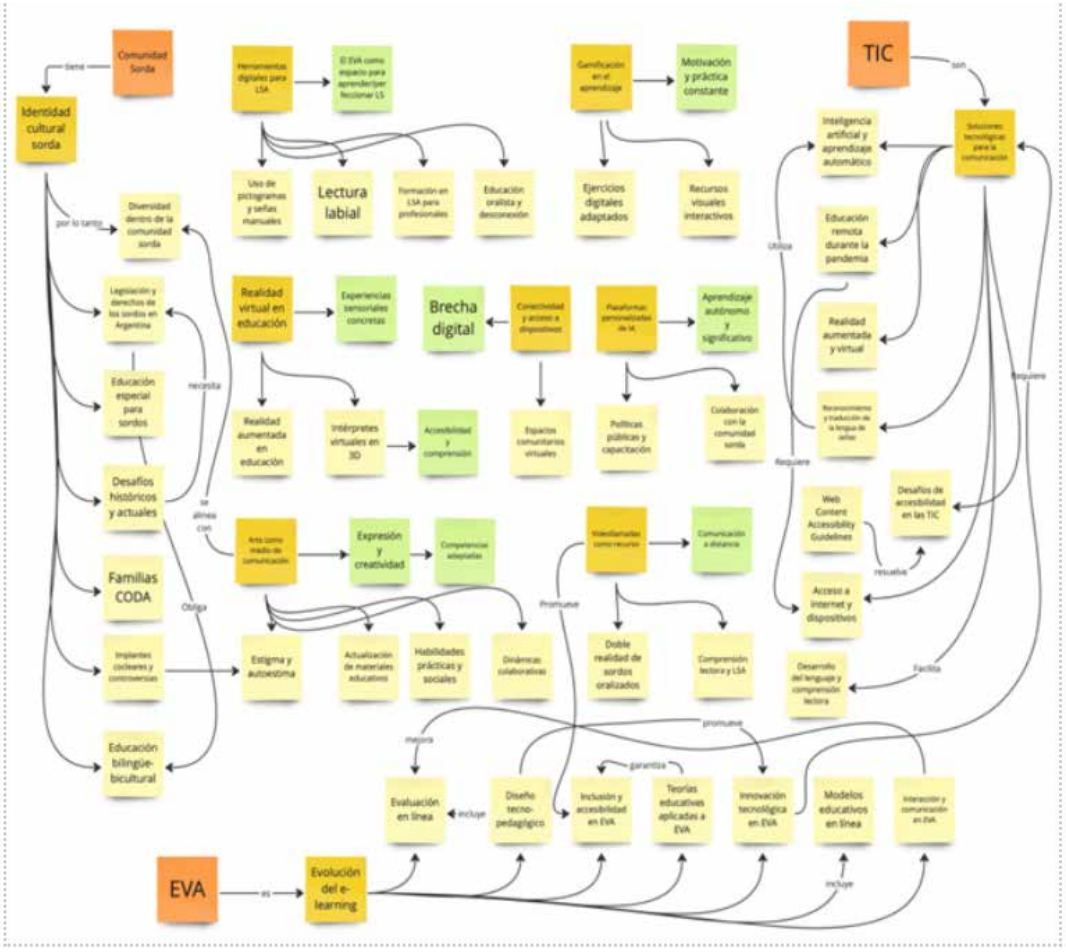



**Fig. 2.** *Mural de entendimiento con clasificación, relaciones internas y externas con el marco teórico (Miro; elaboración propia).*

## 4.4 Herramientas

Se emplearon herramientas analógicas y digitales. Miro sirvió para el mural de entendimiento, los perfiles, los mapas de experiencia y la ideación; el soporte físico de papel acompañó todo el desarrollo como espacio de registro de ideas y fragmentos de entrevistas, ya que la escritura a mano estimula procesos de síntesis distintos de los de la transcripción digital (Mueller y Oppenheimer, 2014); Figma permitió construir el prototipo navegable sin programación y compartirlo mediante un enlace interactivo; y una tableta gráfica sirvió de puente entre la escritura manual y el diseño digital. Por último, se empleó inteligencia artificial generativa para crear imágenes de los nueve storyboards y la imagen central de los perfiles de usuario. Su uso se declara aquí en línea con la recomendación de transparencia de uso de estas tecnologías (Cassany, 2024). Las plantillas de interfaz tienen licencia CC BY 4.0 y se atribuyen en la sección 5.4.

# 5 Desarrollo del Proceso de Diseño

## 5.1 Fase 1. Entendimiento y Empatía

La fase de empatía es el punto de partida del *design thinking* y requiere una inmersión atenta en la realidad del contexto. El objetivo es identificar patrones, tensiones y oportunidades que orienten las decisiones posteriores a partir de una mirada situada sobre las necesidades de las personas implicadas (Cavalcanti, 2024). Los cuatro perfiles entrevistados fueron un especialista en inclusión educativa y tecnologías aplicadas, una lingüista e intérprete, un joven sordo con implante coclear y una docente de arte de una escuela especial.

**Entrevista A. Especialista en Inclusión Educativa y Tecnología.** Asesor institucional con experiencia en organizaciones de la comunidad sorda argentina, planteó el potencial de las tecnologías inmersivas, de intérpretes digitales basados en IA como mediadores entre el texto escrito y la lengua de señas y de plataformas con IA para personalizar trayectorias. Insistió en desarrollar estos recursos “junto con” personas sordas y en políticas públicas que incentiven el uso pedagógico de las TIC y capaciten a los docentes.

**Entrevista B. Lingüista, Intérprete y Capacitadora en LSA.** Afirmó que no existen herramientas digitales educativas adaptadas a las especificidades de una lengua señada. Subrayó las diferencias generacionales en las señas, vinculó la educación oralista con la construcción de identidad y relató el valor de los desafíos y recompensas propios de herramientas de aprendizaje mediante gamificación para sostener la motivación. Sugirió digitalizar los recursos visuales de los docentes con la posibilidad de grabar respuestas en video.

**Entrevista C. Joven Sordo Implantado.** Joven de 27 años, sordo de nacimiento, recibió un implante coclear en la infancia y aprendió LSA en la adolescencia, lo que marcó un punto de inflexión en su comunicación y su sentido de pertenencia. Destacó las videollamadas como recurso transformador y describió la paradoja a la que se enfrentan las personas sordas oralizadas cuando la lectura labial y la expresión oral facilitan la interacción con oyentes, pero persisten dificultades para leer y escribir en español, lo que limita el acceso a materiales centrados en la lectoescritura.

**Entrevista D. Docente de Arte en una Escuela Especial.** Artista plástica, comenzó a aprender LSA tres años antes de la entrevista. Sin intérprete en el aula, recurre a gestos, a la lectura de labios y a estudiantes con audición parcial que traducen a sus compañeros, un método que se agota al explicar ideas abstractas. Planteó la necesidad de actualizar los materiales en LS contemplando las variaciones generacionales, su preocupación por el estigma que afecta a estudiantes y familias y la posibilidad de que actividades vinculadas al mundo laboral mejoren la autoestima de los jóvenes. No había usado tecnologías digitales en clase más que para fotografías y correo.

El cruce de los cuatro relatos con las seis dimensiones de análisis mostró coincidencias claras —la centralidad de la lengua de señas como condición de acceso y del teléfono móvil como principal punto de acceso— y diferencias de perspectiva entre un perfil técnico-pedagógico y los perfiles de experiencia directa. Mientras el especialista planteaba soluciones tecnológicas y de política pública, la lingüista subrayaba la ausencia de herramientas pensadas para la lengua, el joven la comprensión lectora y la docente la dependencia de intérpretes y la falta de materiales.

Con estos relatos se construyó la primera versión del mural de entendimiento y luego una segunda, expandida a partir de tres nodos (comunidad sorda, TIC y entornos virtuales de aprendizaje) con los datos cuantitativos y teóricos relevados y organizada como un mapa mental (Figura 2). Esta instancia constituye la primera fase de divergencia con la proliferación de ideas, conexiones y perspectivas, incluso las incipientes (Lu y Hsiao, 2019). Sobre el mural se agruparon y conectaron los puntos de dolor, cuya síntesis aparece en la Tabla 3.

**TABLA 3.** PUNTOS DE DOLOR, TENSIONES Y OPORTUNIDADES IDENTIFICADOS EN LA FASE DE EMPATÍA.

| Punto de dolor | Tensión | Oportunidad |
|---|---|---|
| **Brecha digital** | *Problema estructural de conectividad y acceso a dispositivos* | *EVA que se adapta a distintas condiciones de acceso y limitaciones de conexión* |
| **Doble realidad de sordos oralizados** | *Identidad y experiencia del aprendizaje (estigma, oralismo, comprensión lectora)* | *La lengua de señas como L1 en el EVA* |
| **Políticas públicas y capacitación** | *Falta de formación docente y de inclusión en el diseño de plataformas* | *Diseñar centrado en las personas; conocimiento situado* |
| **LS y comprensión lectora** | *No resuelta en muchas propuestas con TIC* | *La lectura no debe ser el medio principal; priorizar la lengua de señas* |
| **Accesibilidad en las TIC** | *Los lineamientos (WCAG) no siempre se tienen en cuenta* | *Accesibilidad técnica más accesibilidad cultural y comunicacional* |
| **Educación especial vs. inclusión** | *Educación "especial" = métodos "especiales"* | *Romper el paradigma separatista* |

Lo relevado en la fase puede resumirse en que los EVA actuales tienden a reproducir los modelos tradicionales, con contenido centrado en el texto escrito; predominan las adaptaciones posteriores y no los diseños pensados para sordos; y la navegación poco intuitiva acentúa las barreras comunicacionales. Del lado de las necesidades emergen el teléfono móvil como principal dispositivo de acceso, la lengua de señas como condición de acceso al conocimiento, y la demanda de autonomía y de control del ritmo; los docentes, además, requieren recursos accesibles y orientadores.

**Contribución del *Design Thinking*.** La identificación de la "doble realidad" de las personas sordas oralizadas, que dominan parcialmente el habla pero no acceden con comodidad al español escrito, difícilmente habría surgido de una lista de requisitos basada en la figura

de un usuario sordo señante; emergió del relato de una persona concreta y, al ubicarse en el mural junto a la literatura sobre identidad y oralismo, orientó decisiones posteriores sobre elección entre modos de comunicación.

## 5.2 Fase 2. Definición

Los perfiles de usuario (*user personas*), según la técnica de Cooper (1999), son representaciones ficticias construidas a partir de información empírica; permiten comprender metas, comportamientos y obstáculos de los actores de un sistema y se integran con los mapas de experiencia (*user journeys*) para observar cómo un arquetipo interactúa con un sistema a lo largo del tiempo (Kalbach, 2016). Se modelaron dos perfiles, a partir de una plantilla de Regine (s.f.), sustentados en los hallazgos anteriores (Tabla 4).

**TABLA 4.** PERFILES DE USUARIO MODELADOS EN LA FASE DE DEFINICIÓN.

| | Matías (estudiante) | Laura (docente) |
|---|---|---|
| **Perfil** | *15 años, vive en Rosario, asiste a una escuela con un aula específica para estudiantes sordos, vive con sus padres y un hermano mayor* | *36 años, profesora de estudiantes sordos e hipoacúsicos en una escuela de Córdoba, madre soltera* |
| **Contexto** | *La familia lo apoya, pero no domina con soltura la LSA. Enfrentó barreras de comunicación en la escuela y en el hogar* | *Dedica parte de su tiempo libre a adaptar materiales y a perfeccionar su LSA, la falta de tecnología específica obstaculiza su trabajo* |
| **Emociones** | *Orgullo ante sus logros y vínculos positivos con sus pares, frustración ante la falta de materiales o estrategias adaptados* | *Satisfacción por el progreso de sus alumnos, agotamiento por la sobrecarga de trabajo en un entorno con escasos recursos* |
| **Metas** | *Mejorar el rendimiento, comunicarse con mayor eficacia y ganar autonomía en sus tareas escolares* | *Mejorar la inclusión en el aula, seguir aprendiendo LSA y equilibrar su vida personal y profesional* |

***Nota.*** *Descripción de los perfiles que representan situaciones frecuentes en instituciones sin herramientas diseñadas para ellos.*

Para cada perfil se trazó un mapa de experiencia (a partir de una plantilla de Ruth Kelly, s.f.) que permitió identificar fricciones no evidentes en un relevamiento convencional de requisitos. El recorrido del estudiante (Figura 3) se organiza en cuatro momentos (organización y preparación, clases presenciales, estudio en casa y clases extracurriculares virtuales) y registra, en cada punto de contacto, actores, actividades, herramientas, emociones, puntos de dolor y "deleites". Entre los puntos de dolor aparecen la dependencia de la familia para interpretar el calendario, la limitada accesibilidad de los contenidos, las barreras de interacción con los compañeros, la dificultad para comprender instrucciones sin apoyo visual adaptado, la falta de retroalimentación inmediata y, en las clases virtuales, la falta de subtítulos o de interpretación en LSA; entre los deleites, sentirse acompañado por la familia o comprender un tema gracias al apoyo directo del docente. El recorrido de la docente puso de relieve la ausencia de materiales adaptados y la sobrecarga derivada de suplir de manera individual lo que la plataforma no ofrece. En esta fase no se plantearon soluciones tecnológicas, fue una instancia de convergencia en el espacio del problema.

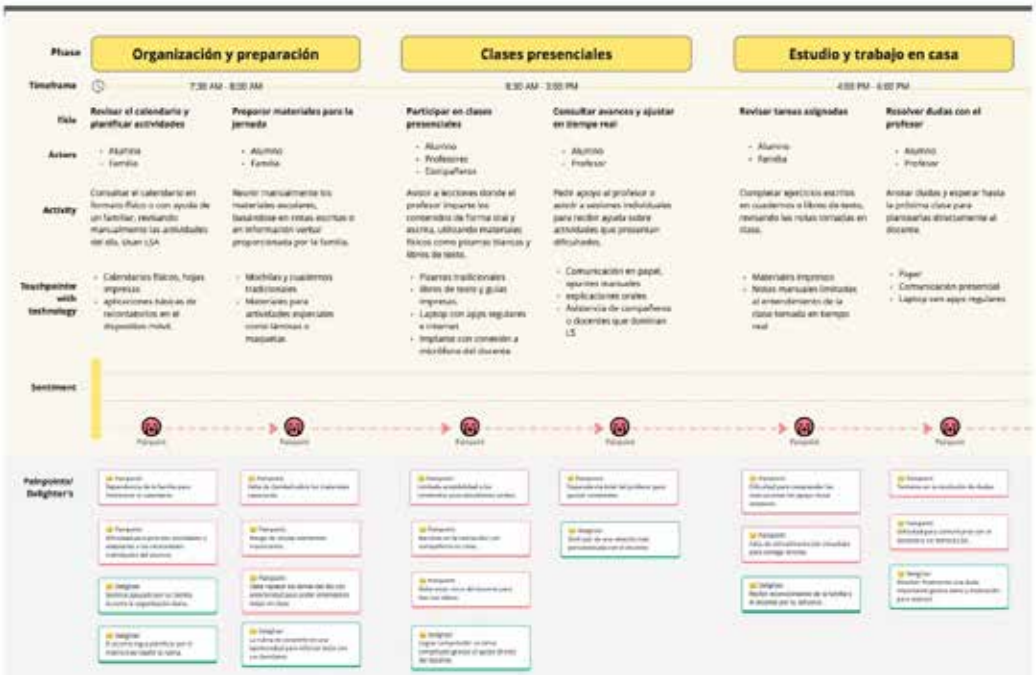



**Fig. 3.** *Fragmento de mapa de experiencia (user journey) del estudiante sordo. Primeras tres fases con sus respectivas actividades, puntos de contacto, emociones, puntos de dolor y "deleites" (Miro; elaboración propia).*

El cierre de la fase fue el planteamiento de la solución mediante diecisiete lineamientos que emergen tanto de la investigación cualitativa como de la modelización de perfiles y recorridos, que orientaron la ideación y el prototipado. Se reproducen en la Tabla 5. La tercera columna explicita, para este artículo, es el cruce con la fuente principal de cada lineamiento en el proceso (entrevistas, puntos de dolor, perfiles y literatura) y busca responder a la pregunta, legítima en un proyecto de diseño, de por qué cada decisión fue tomada.

**TABLA 5.** LOS DIECISIETE LINEAMIENTOS DE DISEÑO Y SU ORIGEN EN EL PROCESO.

| N.º | Lineamiento | Fuentes principales |
|---|---|---|
| 1 | *La lengua de señas debe ser el eje central del entorno.* | *Ent. B; Ent. A; punto de dolor "LS y comprensión lectora"* |
| 2 | *El diseño debe concebirse desde una lógica visual-señante, que además de traducciones, proponga una experiencia educativa en LS como lengua principal, incluyendo sus funciones metalingüísticas, expresivas y organizativas.* | *Ent. A; Ent. D; Ent. B; Skliar (2003); Vygotsky y Cole (1978)* |
| 3 | *La interfaz debe ser clara, adaptable y sensible a las prácticas culturales de la comunidad.* | *Ent. C; Ent. B; Nielsen (1994); Plass et al. (2010)* |
| 4 | *La navegación debe permitir ajustes rápidos e intuitivos entre modos de comunicación (LSA, subtítulos, texto, audio), sin obstáculos técnicos.* | *Ent. C ("doble realidad"); Pray y Jordan (2010); CAST (2024)* |

| N.º | Lineamiento | Fuentes principales |
|---|---|---|
| 5 | *El entorno debe fomentar experiencias inmersivas, lúdicas y multisensoriales, adecuadas a la percepción temporo-espacial de los usuarios sordos.* | *Ent. A (RV/RA); Ent. B (gamificación)* |
| 6 | *Las actividades en LS deben formar parte del uso cotidiano, permitiendo la práctica contextualizada, la grabación, la comparación visual y la retroalimentación progresiva.* | *Ent. B (respuestas grabadas en video); Ferreyra et al. (2021)* |
| 7 | *Las trayectorias individuales de los usuarios deben ser contempladas con flexibilidad, sin imponer perfiles únicos.* | *Ent. A (personalización); Pray y Jordan (2010); contraste entre los perfiles* |
| 8 | *Deben ofrecerse espacios de intercambio que favorezcan la interacción, el trabajo colaborativo y la construcción de comunidad.* | *Ent. B (interacción con personas señantes); Ent. C (videollamadas); Garrison et al. (1999)* |
| 9 | *La familia debe estar incluida como parte y aliada del proceso educativo, con materiales accesibles y canales de comunicación directa.* | *Perfil de Matías; Canales (2013); Prado et al. (2025)* |
| 10 | *La personalización del contenido, potenciada por inteligencia artificial, debe estar acompañada de transparencia, control y reflexión metacognitiva.* | *Ent. A (IA); Williamson (2018); Selwyn (2016); Furman (2018)* |
| 11 | *La evaluación debe priorizar procesos, participación sostenida y competencias aplicadas, por sobre la repetición de contenidos.* | *Ent. B; Marcelo García (2006); Furman (2018)* |
| 12 | *El entorno debe reforzar la autoestima del alumnado sordo, visibilizando modelos positivos y habilitando escenarios significativos para el desarrollo profesional.* | *Ent. D (estigma, mundo laboral); punto de dolor "doble realidad"* |
| 13 | *La comunidad sorda debe participar activamente del diseño desde las primeras etapas, garantizando legitimidad cultural y pertinencia pedagógica.* | *Ent. A; Desai et al. (2024); Rodríguez-Correa et al. (2023)* |
| 14 | *Las TIC deben potenciar la autonomía, el pensamiento crítico y la autorregulación mediante herramientas de planificación, monitoreo y retroalimentación.* | *Matriz de hallazgos (autonomía sin mediadores); Zimmerman y Schunk (2011)* |
| 15 | *El EVA debe funcionar como un sistema integrado, con módulos interconectados y soporte de IA orientado pedagógicamente.* | *Antecedentes y estado del arte (herramientas dispersas); Rivas (2019)* |
| 16 | *Debe garantizarse la posibilidad de actualización continua tanto del sistema, como de la documentación de ayuda y el contenido.* | *Ent. B y Ent. D (variaciones generacionales de las señas)* |
| 17 | *La recolección de datos debe respetar criterios de anonimato, estar dentro de los marcos institucionales y legales, y orientarse al análisis para la mejora pedagógica y del sistema, no al control.* | *Williamson (2018); Selwyn (2016)* |

**Contribución del *Design Thinking*.** Separar la definición del problema de la búsqueda de soluciones permitió que los lineamientos se formularan en términos de necesidades y de principios en lugar de funcionalidades (por ejemplo, que la lengua de señas sea el eje central de la plataforma) y no de funcionalidades. Esto dio libertad a la ideación y, a la vez, un criterio explícito para filtrarla.

## 5.3 Fase 3. Ideación

La ideación parte de un pensamiento divergente, orientado a generar una amplia gama de ideas sin restricciones ni evaluaciones prematuras, con criterios como generar volumen,

suspender el juicio, ampliar propuestas existentes (“sí, y…”), explorar variaciones y visualizar el pensamiento (Kalbach, 2016; Brown, 2008). Se atendió además a dos dimensiones de la experiencia, los puntos de dolor y los *delighters*, es decir, las experiencias positivas e inesperadas que generan valor (Kalbach, 2016). Para proponer soluciones mediadas por TIC en cada punto de contacto, se duplicaron los mapas de experiencia de la fase anterior y se volvió a medir la percepción en cada paso. Las ideas se trasladaron luego a un nuevo tablero, agrupadas en dos conjuntos (ideas generales e ideas específicamente TIC) y clasificadas en categorías temáticas. Las ideas generales se agruparon en accesibilidad, personalización, colaboración, interactividad y experiencias inmersivas, gamificación, y análisis y soporte; las de TIC, en realidad aumentada y virtual, inteligencia artificial, seguridad, colaboración, gamificación, y predicción y *big data*.

Como parte de la convergencia, a cada idea se le asignó un nivel de factibilidad (posible de implementar, reto significativo y actualmente inviable) y se la ubicó en una matriz de priorización esfuerzo–impacto (Figura 4) con los cuadrantes hacer primero, hacer luego, hacer cuando haya tiempo y no hacer (Miro, s.f.). El esfuerzo se valoró desde una perspectiva técnica y el impacto desde un enfoque tecno-educativo, es decir, el potencial transformador de cada propuesta en el contexto del EVA. No todas las ideas divergentes terminaron como soluciones finales.




**Fig. 4.** *Fragmento de la matriz de priorización esfuerzo–impacto (ideas generales en amarillo; ideas TIC en verde); los nombres de los cuadrantes pertenecen a la plantilla original (Miro; elaboración propia).*

De la matriz se derivó el Producto Mínimo Viable (MVP), entendido como una versión inicial con únicamente las funcionalidades esenciales, para obtener retroalimentación temprana y validar hipótesis de diseño antes de destinar mayores recursos (Ries, 2011). En entornos educativos complejos, diseñar para los usuarios y con ellos supone un prototipado progresivo en el que cada iteración es una oportunidad de aprendizaje (Panke, 2019). Se priorizaron las acciones de alto impacto y bajo esfuerzo, lo que se tradujo en un prototipo con la lengua de señas siempre presente, atención a la consistencia visual, opciones personalizables de subtítulos y de lengua de señas, elementos familiares como la gamificación y el chat, integración de lo sincrónico y lo asincrónico, y un área para padres. Tecnologías como la realidad virtual, que el especialista en tecnología educativa entrevistado había propuesto con entusiasmo, quedaron representadas en un *storyboard* pero no en el MVP, y la IA aparece como componente conceptual del entorno y no como funcionalidad desarrollada.

**Contribución del *Design Thinking*.** La alternancia entre expandir y filtrar evitó el riesgo de dispersión (el estado del arte ofrece una amplia gama de tecnologías atractivas) y el de cierre prematuro. La matriz esfuerzo–impacto, además, hizo explícito un criterio mixto, técnico y pedagógico, para decidir qué construir primero.

## 5.4 Fase 4. Prototipado

El prototipado comenzó con *storyboards*, que traducen conceptos abstractos en escenas concretas, permiten construir empatía al visualizar emociones, decisiones y necesidades a lo largo de un flujo narrativo (Lewrick, Link et al., 2020) y funcionan como medio de comunicación entre equipos de diseño y desarrollo (Kalbach, 2016). Se diseñaron nueve, seleccionados por su relevancia pedagógica, su complejidad comunicacional y su valor como momentos clave del recorrido del usuario (Tabla 6). Se generaron con herramientas de IA generativa de texto a imagen y se trabajaron como ilustraciones de intención de uso y no como representaciones lingüísticamente fieles de la LSA (Figura 5).

**TABLA 6.** STORYBOARDS QUE ILUSTRAN LOS CASOS DE USO PRIORITARIOS.

| N.º | Escena | Qué representa |
|---|---|---|
| 1 | *Uso sincrónico con lengua de señas* | *Clase en vivo con traducción simultánea voz–LSA como condición básica de acceso* |
| 2 | *Experiencia inmersiva con realidad virtual* | *Exploración de museos o del sistema solar; contenidos complejos y multisensoriales* |
| 3 | *Configuración de accesibilidad personalizada* | *Docente y alumno eligen opciones; reconocimiento de preferencias y autonomía* |
| 4 | *Elección libre del modo comunicativo* | *Selección entre voz, LSA y subtitulado sin barreras de usabilidad* |
| 5 | *Interfaz adaptable a distintos dispositivos* | *Visualización responsiva según tipo y tamaño de pantalla* |
| 6 | *Analítica en tiempo real* | *El docente observa datos de uso para la retroalimentación* |
| 7 | *Gamificación visual y señada* | *Recompensas lúdicas en formatos accesibles, gráficos y en LS* |
| 8 | *Producción de contenido por el estudiante* | *Un alumno comparte un video; expresión en la lengua de preferencia* |
| 9 | *Interacción entre datos, familia y docente* | *La actividad del estudiante informa al entorno familiar y escolar* |



**Fig. 5.** *Storyboard 1. Estudiante usando LSA en una clase sincrónica (imagen generada con IA).*

El prototipo interactivo se desarrolló íntegramente en Figma, a partir de plantillas con licencia CC BY 4.0 que respetan los lineamientos de accesibilidad y usabilidad previamente definidos. En el diseño de las vistas se tuvieron en cuenta las pautas de accesibilidad WCAG 2.1 (W3C, 2018), sin que ello implique una auditoría formal de conformidad. La estructura de la interfaz se basó en la plantilla de Säeef (2023); los iconos combinan un conjunto general (Hughes, 2025) y otro para entornos infantiles (Designfy.me, 2024); y se usaron diseños de Mahajan (2022) para el chat, de Chakravarty (2024) para la visualización de datos y de Palyanov (2021) para los controles de video, mientras que la animación del intérprete 3D se apoyó en un recurso de Thambiraja (2023). El resultado es una interfaz simulada en la que cada elemento está vinculado a otros del entorno, lo que reproduce recorridos posibles para la página de inicio, la búsqueda, las clases grabadas, los trofeos, el aula virtual, el chat, la configuración de subtítulos, el área de padres y la creación de contenido (Figura 6).

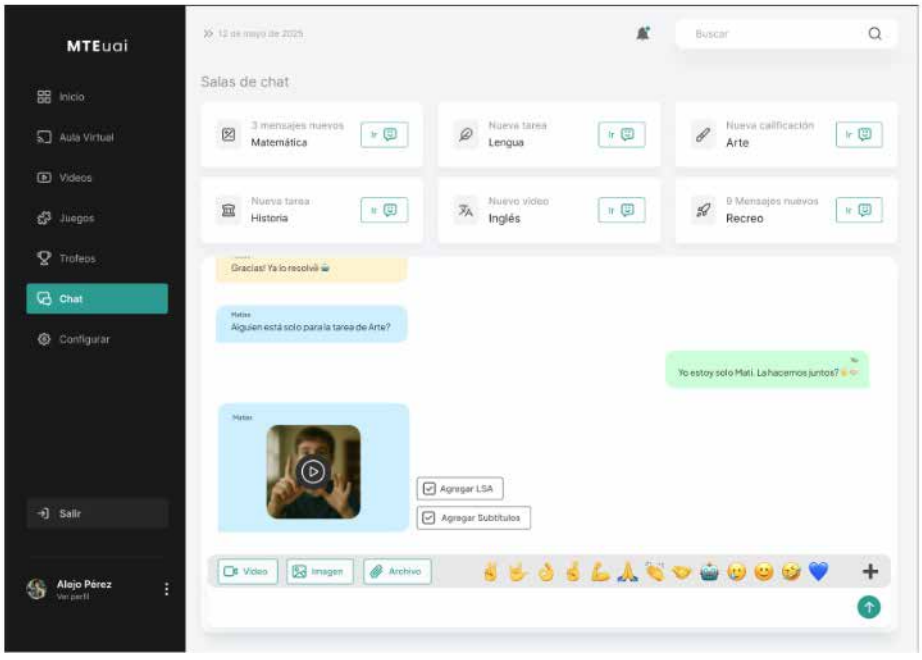



**Fig. 6.** *Prototipo. Sección de sala de chat. (Figma; elaboración propia).*

Es importante delimitar qué es y qué no es el prototipo. Es un conjunto de vistas vinculadas entre sí, con fidelidad suficiente para probar la navegación, la estructura de menús, la organización del contenido y la adecuación visual del avatar señante. No es un sistema operativo, ya que funciones como la grabación de mensajes en video o las respuestas simuladas se mostraban solo como interacciones posibles y el intérprete 3D representa la función de interpretación sin generar lengua de señas. La calidad lingüística de una interpretación automática real y la precisión de subtítulos automáticos quedan fuera de lo que este prototipo permite evaluar. El prototipo posee diseño de interacción —como arquitectura de la información, flujo de interacción— pero carece de diseño visual —como paleta de colores, sistema iconográfico y tipográfico—.

**Contribución del design thinking.** Prototipar sin programar permitió llevar las decisiones de diseño a manos de usuarios antes de invertir en desarrollo, y hacer visibles cuestiones que un documento de requisitos no muestra, como la jerarquía entre contenido y avatar en la pantalla, que fue objeto de comentarios específicos en la prueba.

## 5.5 Fase 5. Pruebas

Para concluir el proceso se retomó el contacto con la docente de una escuela especial y el joven hipoacúsico implantado, quienes representaban a los dos usuarios modelados. Ambos recibieron acceso al prototipo en Figma junto con una explicación de la técnica de la Escalera del Feedback de Daniel Wilson (Furman, 2018), que organiza la devolución en cuatro niveles progresivos que van de observar mediante una descripción objetiva sin emitir juicios, valorar de manera precisa los aspectos positivos, plantear preguntas que invitan a la reflexión, a proponer mejoras concretas. Se realizó una demostración guiada aclarando que algunas funciones no estaban operativas y, tras una exploración libre sin límite de tiempo, se guio a cada participante por los peldaños de la escalera, tomando nota de sus observaciones.

**Devolución de la Docente.** Destacó la claridad del menú lateral, el uso de íconos como apoyo visual y la estética sin sobrecarga de información, aunque advirtió que algunos botones podrían pasar desapercibidos para estudiantes con dificultades lectoras. Calificó la sección de trofeos de “motivadora y entretenida” y celebró el avatar señante en todas las secciones, que “marca una diferencia con respecto a otras plataformas que solo subtitulan, mal, o directamente no adaptan nada”. Valoró el envío de videos en el chat para quienes se inhiben frente al texto escrito. Atribuyó las dificultades del primer uso a la ausencia de una guía visual inicial, preguntó si el sistema podría adaptarse al perfil comunicativo de cada estudiante y si existirían alertas de baja participación, y propuso visitas a museos virtuales con interpretación, trofeos personalizados y un tutorial introductorio en LSA.

**Devolución del Joven Hipoacúsico.** Destacó la presencia constante del avatar 3D como elemento clave para la autonomía, a diferencia de otras plataformas que lo relegan a espacios específicos y reconoció los mensajes de video como el recurso más accesible, aunque no siempre era evidente si incluían subtítulos, LSA o ambos. Valoró la limpieza visual y la posibilidad de personalizar la tipografía de los subtítulos, argumentando que

cada persona sorda los interpreta de manera distint y propuso una vista previa antes de aplicar los cambios. Preguntó por un filtro según la modalidad de acceso y por el origen de los subtítulos, y propuso reportar errores de subtitulado, logros colectivos (“la cultura sorda valora la construcción compartida del conocimiento”), recursos creados por estudiantes y reseñas no verbales.

Las dos devoluciones fueron complementarias. La docente focalizó aspectos pedagógicos, visuales y organizativos, y el joven priorizó la experiencia comunicativa desde la perspectiva del usuario. De ambas se extrajeron catorce oportunidades de mejora, que pueden agruparse en cinco temas: (i) orientación en el primer ingreso (tutorial inicial en LSA, mayor visibilidad de botones, declaración de preferencias comunicativas); (ii) accesibilidad explícita y control (etiquetas según el tipo de accesibilidad, previsualización de subtítulos y avatar, filtro por modalidad, reporte de errores, personalización de íconos y premios); (iii) comunicación y expresión (mensajes de video como consultas, reseñas no verbales); (iv) contenido y pedagogía (recorridos visuales con interpretación en LSA, recursos creados por estudiantes); y (v) comunidad y seguimiento docente (logros colaborativos, alertas de baja participación).

## 6 Qué Hizo Posible el Design Thinking

El proyecto no es una investigación en sentido estricto y tampoco pretende serlo. Es un proceso de diseño metódico documentado. La pregunta pertinente es qué decisiones permitió tomar el método y con qué fundamento. La relación entre una metodología centrada en las personas y la comunidad sorda es particularmente estrecha por tres razones. Una es epistémica, porque gran parte de los entornos virtuales fueron diseñados por y para oyentes, de modo que quienes diseñan carecen de la experiencia que necesitan modelar. Otra es lingüística, ya que, si la lengua de señas tiene su propia lógica visual-espacial, los requisitos no pueden deducirse de pautas genéricas de accesibilidad. Por último, la razón es ética, ya que una comunidad históricamente diseñada por otros no debería seguir siéndolo en la tecnología educativa.

La Tabla 7 sintetiza, fase por fase, qué práctica se utilizó, qué permitió hacer y qué evidencia deja. El hilo común es la trazabilidad. Cada lineamiento puede rastrearse hasta una necesidad documentada, y cada característica del prototipo, hasta un lineamiento y una decisión de priorización.

**TABLA 7.** QUÉ PERMITIÓ CADA FASE DEL PROCESO DE DISEÑO Y DÓNDE QUEDA LA EVIDENCIA.

| Fase | Práctica | Qué hizo posible | Evidencia |
|---|---|---|---|
| **Empatía** | *Entrevistas, mural en dos versiones* | *Acceder a un conocimiento situado que la literatura no ofrece, descubrir la "doble realidad" de las personas oralizadas* | *Tabla 3* |
| **Definición** | *Perfiles y mapas de experiencia* | *Pasar de relatos individuales a necesidades compartidas, sin proponer aún soluciones* | *Tablas 4 y 5; Fig. 3* |
| **Ideación** | *Divergencia, factibilidad, matriz esfuerzo–impacto* | *Explorar tecnologías diversas y decidir con un criterio explícito qué construir primero* | *Fig. 4* |
| **Prototipado** | *Storyboards, prototipo en Figma* | *Materializar decisiones sin programar y ponerlas a prueba con usuarios* | *Tabla 6; Figs. 5 y 6* |
| **Pruebas** | *Prueba asistida, Escalera del Feedback* | *Obtener críticas constructivas más allá de los juicios de agrado y convertirlas en mejoras* | *Tabla 8* |

Esta lectura permite precisar qué *no* hizo el método. No sustituyó la evidencia con medición de aprendizajes; no convirtió a las personas entrevistadas en co-diseñadoras, ya que participaron como informantes y evaluadoras; y no resuelve, por sí solo, las condiciones estructurales de desigualdad que atraviesan la educación de las personas sordas. Aquí se adopta el *design thinking* en su sentido original y operativo, como una forma de organizar el trabajo para que las decisiones permanezcan ancladas en la experiencia de los destinatarios y puedan ser revisadas.

## 7 Evaluación y Resultados

Las devoluciones de la fase de pruebas se organizaron según las tres dimensiones propuestas por Cabero-Almenara y Palacios-Rodríguez (2021) —tecnológica, pedagógica y funcional—, complementadas con las variables que Marcelo García (2006) considera clave para valorar la calidad educativa —interactividad, pertinencia de los contenidos, acompañamiento docente y mecanismos de evaluación—. Cada dimensión se cruzó con los cuatro peldaños de la Escalera del Feedback —observar, valorar, preguntar y proponer—, lo que dio lugar a la matriz de la Tabla 8.

**TABLA 8.** DIMENSIONES DE EVALUACIÓN POR PELDAÑOS DE LA ESCALERA DEL FEEDBACK.

| Peldaño | Dimensión tecnológica | Dimensión pedagógica | Dimensión funcional |
|---|---|---|---|
| **Observar** | *Preparado para distintos tamaños de pantalla; algunos botones presentan baja visibilidad* | *Los contenidos aparecen en secuencias claras y comprensibles; la LS facilita el acceso al significado* | *Navegación fluida y coherente; menú y jerarquización claros; la interfaz evita la sobrecarga visual* |
| **Valorar** | *Diversidad de canales comunicativos (texto, subtítulos, LSA, lectura labial) valorada como diferencial* | *Sección de trofeos como refuerzo motivacional; la retroalimentación visual inmediata fortalece la autonomía* | *Avatar señante constante y mensajes en video reconocidos como innovaciones que refuerzan la accesibilidad* |
| **Preguntar** | *¿Cómo garantizar que las configuraciones de accesibilidad sean claras desde el inicio?* | *¿Hasta qué punto la personalización visual mejora la motivación y la comprensión?* | *¿Podría la ausencia de un tutorial inicial dificultar la apropiación?* |
| **Proponer** | *Tutorial inicial en LSA; mayor visibilidad de botones; etiquetas claras de accesibilidad* | *Previsualizar estilos de subtítulos y avatar; recorridos curriculares mediados por lo visual* | *Filtros de accesibilidad; reporte de errores en subtítulos; alertas docentes por baja participación* |

***Nota.*** *Matriz de corte cualitativo, elaborada a partir de las devoluciones.*

En (a) la dimensión tecnológica, la disponibilidad simultánea de subtítulos, avatar señante, acercamiento para lectura labial, texto adaptable y consistencia iconográfica fue valorada como un diferencial; los botones poco visibles y el tutorial inicial propuesto refuerzan la idea de que una interfaz accesible debe acompañar desde el primer contacto y las opciones configurables y las etiquetas que informan el tipo de accesibilidad de cada recurso responden a los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (CAST, 2024). En (b) la dimensión pedagógica, elegir cómo representar las consignas (texto, video o lengua de señas) y personalizar los elementos visuales reconoce la diversidad comunicacional; previsualizar los subtítulos es, en palabras del joven entrevistado, respetar que cada persona sorda los interpreta de modo diferente. En (c) la dimensión funcional, la navegación fue valorada por su coherencia, y el avatar presente en todas las secciones y el chat con mensajes en video fueron reconocidos como gestos estructurales que habilitan una interacción más horizontal, no dependiente del dominio de la lengua escrita. Entre las variables de Marcelo García (2006), la interactividad se extiende a producir y compartir materiales (recursos creados por estudiantes, reseñas en LSA) y la docente entrevistada señaló el acompañamiento docente como necesario para mediar los intercambios. La evaluación funcionó como un espacio de escucha y co-construcción y dejó a la vista tensiones no previstas, como la que existe entre una interfaz intuitiva y la necesidad de una guía inicial, o el valor del reconocimiento cultural, la sensación de que una plataforma “te entiende” porque habla la lengua del usuario.

# 8 Recomendaciones para Equipos de Desarrollo y Creación de Contenido

Las recomendaciones que siguen se formularon para quienes desarrollen el entorno y para quienes produzcan sus contenidos. Derivan del recorrido descripto y deben leerse como orientaciones fundadas en una primera iteración.

## 8.1 Recomendaciones para la Construcción del EVA

El desarrollo del entorno debe concebirse como una tarea progresiva, anclada en condiciones reales y guiada por una visión pedagógica clara, de la misma manera que se llevaron a cabo las instancias previas a la construcción.

- **Adoptar metodologías de desarrollo ágil que permitan avanzar en ciclos breves con entregables funcionales.** En cada iteración, es clave incluir instancias de validación con estudiantes sordos, promoviendo un intercambio sostenido entre el equipo técnico y los usuarios.
- **Implementar pruebas de usabilidad desde los primeros prototipos.** La participación activa de estudiantes en edad escolar que representen a la comunidad permite ajustar aspectos esenciales como la navegación, la organización de los recursos o la comprensión visual de la interfaz.
- **Diseñar una arquitectura modular, con capacidad de integrarse en el futuro con tecnologías complementarias como inteligencia artificial, realidad aumentada o sistemas de análisis de aprendizaje.** Esta estrategia permite mantener la evolución del entorno sin depender de grandes reestructuraciones ni herramientas de corto alcance.
- **Incluir herramientas pensadas desde las formas reales de comunicación de la comunidad sorda.** Es preferible evitar funciones automatizadas si no permiten ajustes contextuales o revisión lingüística. Cada decisión técnica debe contemplar cómo será interpretada y utilizada en la práctica cotidiana.
- **Ofrecer una interfaz adaptable, con opciones de personalización visual que respondan a preferencias individuales.** El entorno debe permitir modificar colores, tipografías, estilos de subtitulado y posición del avatar señante y lectura labial, garantizando una experiencia cómoda y clara para cada usuario.
- **Documentar cada etapa del desarrollo, manteniendo registros públicos de los cambios, mejoras y retroalimentaciones recibidas.** Este seguimiento facilita futuras actualizaciones y, al mismo tiempo, fortalece una cultura de transparencia y revisión constante.
- **Optar por tecnologías abiertas y sostenibles, que favorezcan la autonomía del proyecto en el tiempo.** Esto implica elegir estándares que no generen dependencias técnicas y que permitan adaptarse a nuevas demandas sin comenzar de cero.

## 8.2 Recomendaciones para la Creación de Contenido

Los materiales educativos no deben construirse como adaptaciones tardías. Requieren una planificación intencional desde el comienzo, que contemple los modos de aprendizaje, los lenguajes y las representaciones más efectivas para los estudiantes sordos.

- **Diseñar cada unidad con variedad de soportes expresivos.** La combinación de texto claro, recursos visuales, videos en LSA y subtítulos revisados permite abordar el contenido desde múltiples entradas, ampliando las posibilidades de comprensión sin repetir mecánicamente la información.
- **Elaborar videos señados específicos para cada tema, respetando la gramática propia de la lengua de señas.** No se debe traducir palabra por palabra, sino comunicar con claridad y naturalidad en una lengua visual que tiene su propia lógica discursiva, en otras palabras, interpretar.
- **Incorporar recursos interactivos cuando realmente enriquezcan la propuesta pedagógica.** Las simulaciones, las experiencias inmersivas o los microvideos con retroalimentación pueden ser muy potentes si se articulan con objetivos didácticos bien definidos.
- **Brindar control total sobre el ritmo de acceso a los contenidos.** El entorno debe permitir que cada usuario avance a su propio ritmo, repita lo que necesite o reorganice la navegación de acuerdo con su forma de aprender.
- **Diseñar una señalética visual clara, coherente y funcional.** La navegación debe ser intuitiva, sin ambigüedades gráficas ni sobrecarga visual, y debe mantener criterios consistentes a lo largo de toda la plataforma.
- **Proponer actividades abiertas a múltiples formas de expresión.** Los estudiantes deben contar con la posibilidad de responder mediante presentaciones en LS, producciones visuales, narraciones propias en video u otros formatos que reflejen su pluralidad comunicativa.
- **Asegurar una relación cuidada entre la lengua de señas y la lengua escrita.** Ambas lenguas deben estar presentes con igual respeto y claridad, evitando interferencias innecesarias y priorizando la comprensión desde una perspectiva bilingüe.
- **Incluir espacios para que el propio alumnado produzca, edite y comparta contenidos.** Esta participación fortalece la apropiación del entorno y promueve la circulación horizontal del conocimiento, más allá de los materiales ofrecidos por el equipo docente.
- **Conformar equipos de trabajo interdisciplinarios.** La creación de materiales debe contar con la mirada conjunta de especialistas en pedagogía, tecnología educativa, intérpretes, diseñadores visuales, desarrolladores y miembros activos de la comunidad sorda, para asegurar que cada propuesta didáctica esté alineada con las necesidades reales del público al que se dirige.

## 9 Decálogo para la Inclusión de TIC en un EVA para Alumnos Sordos

Como cierre, se construyó un decálogo que reúne los principios esenciales que deben guiar el diseño de tecnologías educativas destinadas a estudiantes sordos. Se presentan como compromisos éticos y metodológicos, no como una secuencia de pasos o lista de tareas. Cada uno sintetiza aprendizajes surgidos a lo largo del proceso de este proyecto:

1. **Diseñar con evidencia y con empatía.** Las decisiones tecnológicas deben apoyarse tanto en datos como en la comprensión profunda de quienes usarán el entorno.
2. **Partir de la accesibilidad como arquitectura, no como añadido.** Cada componente —interfaz, contenido, interacción— debe pensarse desde el inicio con criterios de inclusión comunicacional.

3. **Integrar la lengua de señas como componente estructural.** No basta con traducir, la lengua de señas debe estar contemplada en la lógica del diseño, la navegación y la experiencia didáctica.
4. **Utilizar tecnología con sentido pedagógico.** Las herramientas digitales son medios, no fines: su inclusión debe responder a una estrategia de enseñanza situada.
5. **Prototipar temprano y con usuarios reales.** La validación continua permite corregir desvíos antes de consolidarlos como soluciones definitivas.
6. **Documentar decisiones y procesos.** Un entorno de calidad no solo se construye, también se justifica, se argumenta y se deja abierto a nuevas iteraciones.
7. **Respetar la complejidad del contenido accesible.** Traducir no es simplificar; implica replantear la experiencia cognitiva desde otros lenguajes.
8. **Diseñar para la interacción significativa.** Un buen EVA, además de transmitir información, habilita vínculos, comunidad y participación.
9. **Considerar la sostenibilidad tecnológica.** Elegir herramientas abiertas, compatibles y escalables garantiza continuidad más allá del prototipo.
10. **Pensar el entorno como política pública.** Un diseño accesible es, también, una toma de posición frente a las desigualdades educativas.

Cada principio condensa aprendizajes del recorrido. El primero y el quinto reflejan las fases de empatía y pruebas; el segundo y el tercero, la distinción entre accesibilidad técnica y comunicacional; el cuarto, la selección crítica de tecnologías en la ideación; el sexto, la trazabilidad de las decisiones; el séptimo y el octavo, las demandas de los usuarios por contenidos pensados desde lo visual y por vínculos significativos; y el noveno y el décimo, las condiciones institucionales y políticas para que un prototipo se convierta en una propuesta sostenible.

## 10 Discusión y Limitaciones

El proceso documentado respalda el planteo central del trabajo. En un EVA para estudiantes sordos, el cumplimiento de pautas técnicas es una condición necesaria pero no suficiente. Lo que las personas entrevistadas y evaluadoras señalaron como decisivo —la presencia estructural de la lengua de señas, la posibilidad de elegir el modo de comunicación, la coherencia visual, el reconocimiento de una identidad cultural— no se encuentra en listas de verificación de accesibilidad y se hizo visible porque el proceso se organizó para escuchar. En ese sentido, la contribución del proyecto es un modo documentado de llegar a decisiones de diseño.

Los límites del trabajo son importantes y conviene enunciarlos con precisión.

**Muestra y Selección.** Se entrevistó a cuatro personas, seleccionadas de forma intencional por la complementariedad de sus perfiles y el prototipo fue evaluado por dos de ellas, elegidas por representar a los dos perfiles modelados. Quienes evaluaron ya conocían el proyecto, por lo que su familiaridad previa pudo influir en la valoración. La muestra es muy inferior a las referencias habituales en la práctica de usabilidad y no admite generalizaciones. Los resultados son indicios de una primera iteración.

**Naturaleza de la Evidencia.** No se midieron desempeños de aprendizaje ni tiempos o errores de uso; la premisa de que el diseño centrado en el usuario favorece un uso más eficaz de las TIC se sostiene, en el sentido operacional definido en la sección 4.1, por la trazabilidad de las decisiones y por la pertinencia que los evaluadores reconocieron, no por resultados de aprendizaje.

**Alcance del Prototipo.** Es un conjunto de vistas enlazadas y no un sistema operativo. El avatar representa la función de interpretación, pero no genera lengua de señas; los subtítulos y la interpretación automáticos no pueden evaluarse en su calidad lingüística. Las imágenes de los storyboards fueron generadas con IA y funcionan como ilustraciones de intención, no como representaciones lingüísticamente válidas de la LSA.

**Participación.** Las personas sordas participaron como informantes y evaluadoras. Un enfoque de co-investigación o co-diseño, con participación en todos los niveles del proceso, fortalecería el componente participativo y la legitimidad cultural de las decisiones.

**Alcance Local y L**ímites del **Enfoque.** Las decisiones de diseño refieren a la LSA y a un contexto argentino con variación dialectal y generacional de las señas; es plausible que parte de las orientaciones sea transferible a otros contextos, pero este trabajo no lo demuestra. Además, el diseño centrado en el usuario opera dentro de condiciones estructurales que no controla (brecha de conectividad, formación docente, políticas públicas). Un buen diseño no las sustituye, pero las hace visibles y puede orientar la demanda de que se atiendan.

Estos límites no restan valor al recorrido, pero determinan cómo debe leerse. Son parte de un caso documentado y transparente, útil para equipos que enfrenten problemas similares y no como una validación definitiva de un modelo. El proyecto sugiere además preguntas que pueden orientar la evaluación de otros entornos. ¿La lengua de señas está presente en la estructura de la plataforma o solo en recursos puntuales?, ¿pueden las personas elegir el modo de comunicación en cualquier punto de la navegación?, ¿se explicita cómo se generaron los subtítulos o la interpretación?, ¿participaron personas sordas en el diseño y la revisión de los materiales?

## 11 Conclusiones y Trabajo Futuro

El trabajo muestra que el diseño de un EVA para estudiantes sordos puede abordarse como un proceso en el que la accesibilidad técnica se articula con una accesibilidad comunicacional, es decir, con el reconocimiento de la lengua de señas como lengua de instrucción y de la experiencia visual de la comunidad como punto de partida. El *design thinking*, entendido como metodología de diseño y no de investigación, hizo posible que las decisiones se tomaran a partir de la voz de las personas implicadas, de manera trazable y revisable. De esa trazabilidad surgieron diecisiete lineamientos de diseño, que dieron lugar a un prototipo con un enfoque claro (lengua de señas siempre presente, personalización de los canales

de comunicación, elementos familiares como el chat y la gamificación, integración de lo sincrónico y lo asincrónico, y un área para padres), lo que a su vez dio lugar a un conjunto de recomendaciones y principios que otros equipos pueden discutir, adaptar o refutar.

Entre las líneas de trabajo futuro, se recomienda continuar el desarrollo del prototipo junto con instituciones educativas, equipos interdisciplinarios y representantes de la comunidad sorda; explorar con mayor profundidad y actualizar tecnologías emergentes (inteligencia artificial conversacional en lengua de señas, avatares 3D en tiempo real, lectura labial, generación automática de contenidos accesibles), siempre con revisión lingüística de personas sordas; y desarrollar estrategias de formación docente para la enseñanza en entornos virtuales bilingües. A ello se suma la necesidad de medir, en una implementación real, los efectos sobre el aprendizaje y la participación. El horizonte es un modelo integrado de manera estructural al sistema educativo, que reconozca la pluralidad lingüística y la diversidad sensorial como fuentes de conocimiento en lugar de como obstáculos.

## Referencias

Adamo-Villani, N. (2007). A Virtual Learning Environment for Deaf Children: Design and Evaluation. International Journal of Educational and Pedagogical Sciences, 1(11). International Science Index, Educational and Pedagogical Sciences.

Agencia UNQ. (2022, 15 de agosto). Por primera vez la UNQ tendrá Lengua de Señas Argentina como materia optativa. El Destape. *https://www.eldestapeweb.com/sociedad/territorio/por-primera-vez-la-unq-tendra-lengua-de-senas-argentina-como-materia-optativa-2022812164043*

Aire de Santa Fe. (2020, 25 de marzo). Según el Indec, la economía cayó 2,2% durante el 2019. *https://www.airedesantafe.com.ar/economia/segun-el-indec-la-economia-cayo-22-el-2019-n149911*

Al-Jarrah, A. A. (2018). Development of collaborative virtual learning environments for enhancing deaf people's learning in Jordan. En Advances in Intelligent Systems and Computing (pp. 1017–1028). Springer International Publishing. *https://doi.org/10.1007/978-3-030-02686-8_76*

Aziz, M., y Othman, A. (2023). Evolution and trends in sign language avatar systems: Unveiling a 40-year journey via systematic review. Multimodal Technologies and Interaction, 7(10), 97. *https://doi.org/10.3390/mti7100097*

Boi-Dsane, N. A. A. (2024, 17 de septiembre). Being understood: How to expand sign language access for the deaf community. World Bank Blogs. *https://blogs.worldbank.org/en/nasikiliza/how-to-expand-sign-language-access-for-the-deaf-community-*

Brown, T. (2008). Design thinking. Harvard Business Review, 86(6), 84. *https://doi.org/10.5040/9781474282932.0020*

Cabero-Almenara, J., y Palacios-Rodríguez, A. (2021). La evaluación de la educación virtual: Las e-actividades. RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 24(2), 169–188. *https://doi.org/10.5944/ried.24.2.28994*

Canales. (2013). El cuidado de la salud de los niños, niñas y adolescentes sordos. Guía de recursos para profesionales de la salud. Canales.org. *https://www.canales.org.ar/archivos/materiales/Guia_recursos_profesionales_salud_mail_2013.pdf*

Cardini, A., Bergamaschi, A., D'Alessandre, V., y Ollivier, A. (2021). Educar en tiempos de pandemia. Un nuevo impulso para la transformación del sistema educativo digital en la Argentina. CIPPEC y BID.

Cassany, D. (2024). (Enseñar a) leer y escribir con inteligencias artificiales generativas: Reflexiones, oportunidades y retos. Enunciación, 29(2), 332. *https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/enunc/article/view/22891/20513*.

CAST. (2024). *Universal Design for Learning Guidelines version 3.0*. *https://udlguidelines.cast.org*

Cavalcanti, C. M. C. (2024). Design thinking como metodologia de pesquisa para concepção de um ambiente virtual de aprendizagem centrado no usuário. Anais CIET, 2(1). *https://ciet.ufscar.br/submissao/index.php/ciet/article/view/1847*

Chakravarty, A. (2024). Material design data visualizations. Figma. *https://www.figma.com/community/file/1085322940636733141/material-design-data-visualizations*

Cooper, A. (1999). The Inmates are Running the Asylum. Sams Publishing.

Desai, A., De Meulder, M., Hochgesang, J. A., Kocab, A., y Lu, A. X. (2024). Systemic biases in sign language AI research: A Deaf-led call to reevaluate research agendas. En *Proceedings of the LREC-COLING 2024 11th Workshop on the Representation and Processing of Sign Languages* (pp. 54–65).

Designfy.me. (2024). Kids app - Quiz game. Figma. *https://www.figma.com/community/file/1370409076087270227/kids-app-quiz-game*

Di Niro, F. (2023, 6 de enero). Lengua de señas, la puerta de acceso a más derechos. Revista Cítrica. https://revistacitrica.com/derechos-comunicad-sorda-inclusion

Eden, S., y Ingber, S. (2014). Enhancing storytelling ability with virtual environment among deaf and hard-of-hearing children. En Lecture Notes in Computer Science (pp. 386–392). Springer International Publishing. *https://doi.org/10.1007/978-3-319-08599-9_58*

Fachal, A. S. (2024). Posibilidades Pedagógicas de los Entornos Virtuales 3D en el Acompañamiento del Aprendizaje de Personas con Discapacidad Auditiva [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Informática]. *http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/174350/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf*

Federación Mundial de Sordos. (2026). *The legal recognition of national sign languages* [Sitio web]. Recuperado el 27 de octubre de 2026. *https://wfdeaf.org/?p=10710*

Ferreyra, A., Guanca, G., Malalel, D., Peralta, M., Ramos, N., Gilabert, A., Ramundo, G., Druetta, J., Coronel, M., Yarza, V., y Cvejanov, S. (2021). Enseñanza de la lengua de señas argentina en educación superior: Experiencias en tiempos de covid. El Toldo de Astier, 21(23), 28–41. En Memoria Académica. *https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.13046/pr.13046.pdf.*

Freire, P. (1970). Pedagogía del oprimido. Siglo XXI.

Furman, M. (2018). Guía para criar hijos curiosos: Ideas para encender la chispa del aprendizaje en casa (1ra ed.). Siglo XXI Editores.

Gallaudet University. (2022, 6 de marzo). Introducing Connected Gallaudet. Gallaudet University. *https://gallaudet.edu/gu-press/introducing-connected-gallaudet/*

Garrison, D. R., Anderson, T., y Archer, W. (1999). Critical inquiry in a text-based environment: Computer conferencing in higher education. The Internet and Higher Education, 2(2–3), 87–105. *https://doi.org/10.1016/s1096-7516(00)00016-6*

Gehret, A. U., y Elliot, L. B. (2025). Perceptions of e-learning by deaf and hard of hearing students using asynchronous multimedia tutorials. Educational Technology Research and Development. *https://doi.org/10.1007/s11423-025-10476-z*

Germeroth, K. (2023, 21 de febrero). How to add subtitles and captions to your Moodle courses. Moodle US. *https://moodle.com/us/news/how-to-add-subtitles-and-captions-in-moodle/*

González-Montesino, R. H., y Espada Chavarría, R. M. (2020). Espacios universitarios de aprendizaje inclusivos, bilingües y multimodales: el caso del alumnado sordo signante. Revista de Estilos de Aprendizaje, 13(25), 70–83.

Grainger, J. (2021, 14 de enero). INDEC reveals inflation reached 36.1% in 2020. *Buenos Aires Times*. *https://batimes.com.ar/news/economy/indec-reveals-inflation-reached-361-in-2020.phtml*

Hughes, J. (2025). Untitled UI Icons – 1,100+ essential Figma icons. Figma. *https://www.figma.com/community/file/1114001199549197320/untitled-ui-icons-1-100-essential-figma-icons*

InfoNegocios. (2021, 23 de marzo). El PIB siguió cayendo (-4,3%) en el cuarto trimestre y acumuló -9,9% en 2020 (la buena: crece 4,5% sobre el 3T). *https://infonegocios.info/que-esta-pasando/el-pib-siguio-cayendo-4-3-en-el-cuarto-trimestre-y-acumulo-9-9-en-2020-la-buena-crece-4-5-sobre-el-3t*

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2021, 31 de marzo). *Incidencia de la pobreza y la indigencia en 31 aglomerados urbanos. Segundo semestre de 2020* (Condiciones de vida, Vol. 5, n.º 4). *https://www.indec.gob.ar/uploads/informesdeprensa/eph_pobreza_02_2082FA92E916.pdf*

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2025, 15 de mayo). *Acceso y uso de tecnologías de la información y la comunicación. EPH. Cuarto trimestre de 2024* (Informes técnicos, Vol. 9, n.º 113). *https://www.indec.gob.ar/uploads/informesdeprensa/mautic_05_25FD0D0C4A71.pdf*

Johansson-Sköldberg, U., Woodilla, J., y Çetinkaya, M. (2013). Design thinking: Past, present and possible futures. Creativity and Innovation Management, 22(2), 121–146. *https://doi.org/10.1111/caim.12023*

Kalbach, J. (2016). Mapping Experiences: A Complete Guide to Creating value through journeys, blueprints, and diagrams. O'Reilly Media, Inc.

Kelly, R. (s.f.). User journey template. Miroverse. https://miro.com/miroverse/user-journey-miro-template/

Kimbell, L. (2011). Rethinking Design Thinking: Part I. Design and Culture, 3(3), 285–306. *https://doi.org/10.2752/175470811x13071166525216*

Lewrick, M., Link, P., y Leifer, L. (2020). The Design Thinking Toolbox: A Guide to Mastering the most popular and valuable innovation methods. John Wiley & Sons.

Lewrick, M., Thommen, J.-P., y Leifer, L. (2020). The Design Thinking Life Playbook: Empower yourself, embrace change, and visualize a joyful life. John Wiley & Sons.

Ley 26.206 de Educación Nacional. (2006). Boletín Oficial de la República Argentina. *https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ley-de-educ-nac-58ac89392ea4c.pdf*

Ley 26.378. Aprobación de la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad. (2008). Boletín Oficial de la República Argentina. *https://www.mpba.gov.ar/files/documents/ley_26.378-2008_Aprueba_CDPD.pdf*

Ley 27.710. Reconocimiento de la Lengua de Señas Argentina. (2023). *https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-27710-383041/texto*

Liedtka, J. (2018). Why design thinking works. Harvard Business Review, 96(5), 72–79.

Lu, P., y Hsiao, S.-W. (2019). Research on product design strategy based on "divergence-convergence." Proceedings of the 2019 International Conference on Organizational Innovation (ICOI 2019). *http://dx.doi.org/10.2991/icoi-19.2019.133*

Mahajan, S. (2022). WhatsApp- desktop redesign. Figma. *https://www.figma.com/community/file/1048915684687472577/whatsapp-desktop-redesign*

Marcelo García, C. (2006). Manual para la evaluación de la calidad de acciones de formación a través de e-learning. Grupo de Investigación IDEA. *https://www.researchgate.net/publication/256702683_Manual_para_la_evaluacion_de_la_calidad_de_acciones_de_formacion_a_traves_de_e-learning*

Martins, P., Rodrigues, H., Rocha, T., Francisco, M., y Morgado, L. (2015). Accessible Options for Deaf People in e-Learning Platforms: Technology Solutions for Sign Language Translation. Procedia Computer Science, 67, 263–272. *https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.270*

Mayer, R. (2001). Multimedia learning (1ra ed.). Cambridge University Press.

Meresman, S., y Ullmann, H. (2020). COVID-19 y las personas con discapacidad en América Latina. Mitigar el impacto y proteger derechos para asegurar la inclusión hoy y mañana (CEPAL, Ed.; Serie Políticas Sociales, Vol. 237). Naciones Unidas. *https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/dbd86182-73bd-4e28-a13b-e9f2f91f7ce6/content*

Microsoft. (2022, 17 de noviembre). Presentamos la vista de lengua de señas para las reuniones de Teams. News Center Latinoamérica. *https://news.microsoft.com/es-xl/presentamos-la-vista-de-lengua-de-senas-para-las-reuniones-de-teams*

Miro. (s.f.). What are the 4 quadrants of an impact effort matrix? *https://miro.com/templates/impact-effort-matrix/*

Mueller, P. A., y Oppenheimer, D. M. (2014). The pen is mightier than the keyboard. Psychological Science, 25(6), 1159–1168. *https://doi.org/10.1177/0956797614524581*

Murray, J. J., Hall, W. C., y Snoddon, K. (2019). Education and health of children with hearing loss: The necessity of signed languages. Bulletin of the World Health Organization, 97(10), 711–716. *https://doi.org/10.2471/blt.19.229427*

National Association of the Deaf. (s.f.). Declaración de Posición ante: Educar a los estudiantes de PreK-12 sordos y con pérdida auditiva durante el brote de COVID-19. National Association of the Deaf. *https://www.nad.org/declaracion-de-posicion-ante-educar-a-los-estudiantes-de-prek-12-sordos-y-con-perdida-auditiva-durante-el-brote-de-covid-19/*

Nielsen, J. (1994). 10 usability heuristics for user interface design. Nielsen Norman Group. *https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/*

Niksiar, N., Özverir, İ., y Meghdari, A. F. (2025). The effectiveness of an authentic e-learning environment for deaf learners. Applied Sciences, 15(3), 1568. *https://doi.org/10.3390/app15031568*

Norman, D. (2013). The Design of Everyday Things: Revised and Expanded Edition. Hachette UK.

Omose, I. (2023, 30 de junio). The role of virtual assistants in improving accessibility for deaf people in Argentina. Unspoken Language Services. *https://www.unspokenasl.com/aslblogs/the-role-of-virtual-assistants-in-improving-accessibility-for-deaf-people-in-argentina/*

Organización Mundial de la Salud. (2026, 3 de marzo). *Deafness and hearing loss* [Ficha técnica]. Recuperado el 27 de octubre de 2026. *https://www.who.int/News-Room/Fact-Sheets/Detail/Deafness-and-Hearing-Loss*

Oviedo, A. (2015). Argentina, atlas sordo – Cultura Sorda. *https://cultura-sorda.org/argentina-atlas/*

Padden, C. A., y Humphries, T. L. (2006). Inside deaf culture. Harvard University Press.

Palyanov, V. (2021). Occamus Video Editor. Figma. *https://www.figma.com/community/file/991274033166018675/occamus-video-editor*

Panke, S. (2019). Design thinking in education: Perspectives, opportunities and challenges. Open Education Studies, 1(1), 281–306. *https://doi.org/10.1515/edu-2019-0022*

Parasnis, I. (1996). On interpreting the deaf experience within the context of cultural and language diversity. En Cultural and Language Diversity and the Deaf Experience (pp. 3–19). Cambridge University Press. *http://dx.doi.org/10.1017/cbo9781139163804.002*

Plass, J. L., Moreno, R., y Brünken, R. (2010). Cognitive load theory. Cambridge University Press.

Plattner, H., Scheer, A., Christine, N., y Meinel, C. (2012). Transforming Constructivist Learning into Action: Design Thinking in education. Design and Technology Education, 17(3), 8–19.

Prado, M. X., Samaniego, R. de L., Delgado, J. C., Acosta, M. T., y González, J. L. (2025). La familia: Un ambiente clave en el aprendizaje en personas estudiantes sordas, en procesos virtuales de educación continua. Revista Educación, 49(1), 1–21. *https://doi.org/10.15517/revedu.v49i1.61356*

Pray, J. L., y Jordan, I. K. (2010). The deaf community and culture at a crossroads: Issues and challenges. Journal of Social Work in Disability & Rehabilitation, 9(2–3), 168–193. *https://doi.org/10.1080/1536710x.2010.493486*

Regine. (s.f.). Niching Down: Online course persona empathy map template. Miroverse. *https://miro.com/miroverse/niching-down-online-course-persona-empathy-map/*

Rey, M. I., Famularo, R., y Ringuelet, R. (2020). La alteridad compleja de la comunidad sorda argentina. Revista de Psicología, 19(1), 18–31. *https://doi.org/10.24215/2422572xe050*

Ries, E. (2011). The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses. Crown Currency.

Rivas, A. (2019). ¿Quién controla el futuro de la educación? Siglo XXI Editores.

Rodríguez-Correa, P. A., Valencia-Arias, A., Patiño-Toro, O. N., Oblitas Díaz, Y., y Teodori De la Puente, R. (2023). Benefits and development of assistive technologies for Deaf people's communication: A systematic review. Frontiers in Education, 8. *https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1121597*

Sacks, O. (1989). Veo una voz. University of California Press.

Säeef. (2023). Finebank - Financial management dashboard UI kits. Figma. *https://www.figma.com/community/file/1227525441534506928/finebank-financial-management-dashboard-ui-kits*

Selwyn, N. (2004). Reconsidering political and popular understandings of the digital divide. New Media & Society, 6(3), 341–362. *https://doi.org/10.1177/1461444804042519*

Selwyn, N. (2016). Is technology good for education? John Wiley & Sons.

Short, J., Williams, E., y Christie, B. (1976). The social psychology of telecommunications. Wiley.

Simon, H. A. (1969). Las ciencias de lo artificial (1ra ed.). The MIT Press.

Skliar, C. (2003). La educación de los sordos. *https://www.cultura-sorda.org/wp-content/uploads/2015/03/Skliar_educacion_sordos-2003.pdf*

Souza, C. L. de C. (2014). Uso do design thinking na elicitação de requisitos de ambientes virtuais de aprendizagem móvel [Universidade Federal de Pernambuco]. *https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/13938*

Sutera, M. (2023, 5 de mayo). ¿Cuándo se creó la primera escuela para sordos en Argentina? Billiken. *https://billiken.lat/interesante/educacion-para-sordos-en-argentina-de-la-primera-escuela-a-la-actualidad/*

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. Cognitive Science, 12(2), 257–285. *https://doi.org/10.1016/0364-0213(88)90023-7*

Tedesco, J. C. (2008). Las TIC en la agenda de la política educativa. En Las TIC: Del aula a la agenda Política (pp. 25–30). IIPE–UNESCO.

Thambiraja, B. (2023). gensignai. Figma. *https://www.figma.com/community/file/1277985116525156366/gensignai*

UNESCO. (2021). *One year into COVID-19 education disruption: Where do we stand? https://reliefweb.int/report/world/one-year-covid-19-education-disruption-where-do-we-stand*

UNESCO. (2025). Hacia una educación sin barreras: avances y desafíos en la educación inclusiva que evidencian los resultados del SIRIED 2024. *https://www.unesco.org/es/articles/hacia-una-educacion-sin-barreras-avances-y-desafios-en-la-educacion-inclusiva-que-evidencian-los*

United Educators. (2021, abril). Even during COVID-19, Gallaudet ensures education is accessible. United Educators. *https://www.ue.org/risk-management/compliance/covid-19-gallaudet-ensures-education-is-accessible/*

Universidad Nacional de La Plata. (2020). Entornos virtuales para garantizar la enseñanza a estudiantes con discapacidades. *https://unlp.edu.ar/ocultas/coronavirus/entornos-virtuales-para-garantizar-la-ensenanza-a-estudiantes-con-discapacidades-17698-22698/*

Vazquez, A. (2017, 16 de agosto). Estudio sobre la situación educativa y laboral de sordos. INVDES. *https://invdes.com.mx/los-investigadores/primer-estudio-la-situacion-educativa-laboral-sordos/*

Vygotsky, L. S., y Cole, M. (1978). Mind in society: Development of higher psychological processes. Harvard University Press.

W3C. (2018). Web content accessibility guidelines (WCAG) 2.1. W3.Org. *https://www.w3.org/TR/WCAG21/*

Williamson, B. (2018). Big Data en Educación: El futuro digital del aprendizaje, la política y la práctica. Ediciones Morata.

Zimmerman, B. J., y Schunk, D. H. (Eds.). (2011). *Handbook of self-regulation of learning and performance*. Routledge.