



**Diseño e Implementación de un Prototipo Digital Asistivo para Consultas
Odontológicas Dirigido a Pacientes con Discapacidad Auditiva**

Nadia Irina Morales López

Diana Carolina Vargas Forero

Juliana Vásquez Duarte

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Industrial e Ingeniería de Sistemas

Bogotá, Colombia

26/Mayo/2026

**Diseño e implementación de un prototipo digital asistivo para consultas odontológicas
dirigido a pacientes con discapacidad auditiva**

Nadia Irina Morales López

Diana Carolina Vargas Forero

Juliana Vásquez Duarte

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniería industrial; Ingeniería de sistemas.

Director (a):

Diana Paola Figueroa Hernandez

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Ciudad, Colombia

26/Mayo/2026

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Ciudad, día/mes/año

“Agradezco profundamente a mi madre, quien fue una gran inspiración para el desarrollo de este proyecto, permitiéndome comprender de cerca las dificultades de comunicación que enfrentan muchas personas con discapacidad auditiva en el área de la salud. A mi padre, por su orientación y conocimientos; a mi pareja y amigos, por su apoyo incondicional, paciencia y motivación durante los momentos más difíciles de mi formación; y a la beca que me brindó la oportunidad de estudiar esta carrera que tanto me apasiona y llegar hasta este importante logro personal y profesional.”

– **Nadia Irina Morales López**

“Quiero agradecer al apoyo de Dorita, la inspiración de la idea inicial del proyecto y mi madre Diana Patricia, que ayudó a orientar el enfoque del proyecto con su experticia en sistemas.”

– **Diana Carolina Vargas Forero**

“A Dios, por guiarme y darme fortaleza durante este proceso.

A mi mamá y a mi papá, por su amor, esfuerzo y apoyo constante a lo largo de mi formación.

A mi tío Anderson, especialmente, por su confianza en mí y por hacer posible este camino académico, brindándome una oportunidad que agradezco sinceramente.

Y a Laura, por acompañarnos con tanta disposición, paciencia y sensibilidad, aportando significativamente al desarrollo de este proyecto.”

– **Juliana Vásquez Duarte**

Resumen

La comunicación efectiva en servicios de salud es un factor crítico para garantizar la calidad de la atención; sin embargo, las personas con discapacidad auditiva (PDA) enfrentan barreras significativas, especialmente en el ámbito odontológico, donde la comprensión del diagnóstico y tratamiento es esencial. En Colombia, estas dificultades se asocian a la falta de herramientas comunicativas, escaso uso de Lengua de Señas Colombiana (LSC) y limitada implementación de estrategias inclusivas, generando impactos en la calidad del servicio y la experiencia del paciente.

El objetivo de esta investigación fue diseñar, desarrollar e implementar un prototipo digital asistivo orientado a optimizar la comunicación durante la anamnesis odontológica en PDA. Se empleó una metodología mixta con enfoque aplicado. Inicialmente, se identificaron barreras mediante encuestas semiestructuradas a pacientes con discapacidad auditiva (n=17), complementadas con análisis de procesos. Posteriormente, se diseñó y evaluó un prototipo mediante simulación clínica y pruebas piloto con los usuarios.

El prototipo es una aplicación web de comportamiento responsive, el cuál su funcionalidad consiste en ser un puente de comunicación entre paciente-odontólogo. Genera una sesión única, donde el odontólogo podrá enviar preguntas previamente diseñadas según la estructura de la anamnesis médica, definida por distintos institutos de salud, al dispositivo que esté utilizando el paciente, y este las verá traducidas al LSC, generando así una comunicación bilateral.

Los resultados evidencian una alta frecuencia de barreras comunicativas: el 41% de los participantes reportó dificultades constantes y el 71% indicó no comprender

completamente los tratamientos. Asimismo, el 53% depende de terceros para comunicarse durante la consulta. Se identificó una aceptación del 71% hacia herramientas digitales con apoyo visual. Las pruebas piloto mostraron que el 93% de los usuarios tuvo una percepción positiva del prototipo, el 50% reportó mejora en la comunicación y el 100% lo recomendaría, aunque se identificaron oportunidades de mejora en usabilidad.

Se concluye que la implementación de un prototipo digital asistivo basado en recursos visuales contribuye a mejorar la eficiencia comunicativa, reducir barreras y optimizar el proceso de anamnesis odontológica. Estos hallazgos validan preliminarmente la viabilidad de soluciones tecnológicas inclusivas en el contexto de salud colombiano.

Palabras clave: Accesibilidad comunicativa, Discapacidad auditiva, Odontología inclusiva, Tecnología asistiva, Comunicación clínica, Experiencia del paciente.

Abstract

Effective communication in healthcare services is a critical factor in ensuring quality of care; however, people with hearing disabilities face significant barriers, particularly in dental settings, where understanding diagnosis and treatment is essential. In Colombia, these challenges are associated with the lack of appropriate communication tools, limited use of Colombian Sign Language (CSL), and insufficient implementation of inclusive strategies, negatively impacting service quality and patient experience.

The objective of this study was to design, develop, and implement a digital assistive prototype aimed at optimizing communication during dental anamnesis for people with hearing disabilities. A mixed-methods approach with an applied scope was used. Initially, communication barriers were identified through semi-structured surveys administered to hearing-impaired patients (n=17), complemented by process analysis. Subsequently, a prototype was designed and evaluated through clinical simulation and a pilot test with the users.

The prototype is a responsive web application designed to serve as a communication bridge between patient and dentist. It creates a single session where the dentist can send pre-designed questions, based on the medical history structure defined by various health institutions, to the patient's device. The patient then sees these questions translated into CSL, thus establishing two-way communication.

The results show a high frequency of communication barriers: 41% of participants reported constant difficulties, and 71% indicated that they did not fully understand the treatments. Additionally, 53% depend on third parties to communicate during consultations. A 71% acceptance rate of digital tools with visual support was identified.

The pilot test showed that 93% of users had a positive perception of the prototype, 50% reported improved communication, and 100% would recommend it, although usability improvements were identified.

It is concluded that the implementation of a visual-based digital assistive prototype contributes to improving communication efficiency, reducing barriers, and optimizing the dental anamnesis process. These findings preliminarily validate the feasibility of inclusive technological solutions in the Colombian healthcare context.

Keywords: Communication accesibility, Hearing impairment, Inclusive dentistry, Assistive technology, Clinical communication, Patient experience.

Introducción

La comunicación efectiva es un elemento esencial en la prestación de servicios de salud, ya que permite la identificación adecuada de síntomas, la formulación de diagnósticos y la comprensión del tratamiento por parte del paciente. Cuando esta se ve limitada, se reflejan afectaciones negativas en la calidad de la atención que reciben los pacientes. En Colombia, según estadísticas del DANE (2023), alrededor de 500.000 personas presentan discapacidad auditiva, lo que equivale al 1% de la población nacional.

En este contexto, las (PDA) enfrentan barreras significativas en su interacción con el sistema de salud, principalmente en la comunicación médico-paciente. Diversos estudios señalan que estas dificultades se relacionan con la falta de herramientas comunicativas adecuadas y el desconocimiento de la LSC por parte del personal sanitario. Además, la limitada implementación de estrategias inclusivas en promoción y prevención puede derivar en atención tardía y menor participación en decisiones sobre el propio estado de salud y afectaciones en la calidad de vida de esta población (Castrillón et al., 2024). El problema, por tanto, no radica en la condición auditiva en sí, sino en las barreras estructurales y comunicativas que afectan la calidad del servicio.

En el marco normativo colombiano, la Ley 1618 de 2013 establece la obligación del Estado y de las instituciones que prestan servicios de salud de garantizar el acceso en igualdad de condiciones a las personas con discapacidad y promover la eliminación de barreras. Sin embargo, persisten brechas entre lo dispuesto normativamente y la experiencia real de atención, especialmente en poblaciones donde la comunicación es el eje del proceso asistencial.

En el ámbito odontológico, la comunicación adquiere especial relevancia, dado que los procedimientos requieren comprensión del diagnóstico, consentimiento informado e indicaciones posteriores. En Colombia, se ha evidenciado mayor morbilidad oral, percepciones de discriminación y dificultades durante la consulta odontológica en PDA, asociadas a barreras comunicativas y a la insuficiente capacitación del talento humano en Lengua de Señas Colombiana (LSC) (Pérez et al., 2021). Asimismo, el desconocimiento de terminología técnica y la escasez de herramientas adaptadas profundizan estas dificultades (Peña et al., 2024).

Aunque se han desarrollado iniciativas tecnológicas para facilitar la interacción entre odontólogos y PDA (incluyendo aplicaciones basadas en lengua de señas y recursos visuales como Dentiseñas, Odontoseñas y OdontoLibras), estas se concentran en el escenario clínico y no abordan integralmente los protocolos institucionales que regulan la atención dentro del modelo de aseguramiento en salud colombiano.

El modelo gestionado por las Entidades Promotoras de Salud (EPS) define rutas de acceso, asignación de citas y condiciones de prestación del servicio, influyendo directamente en la experiencia del paciente. No obstante, persisten interrogantes sobre la incorporación de mecanismos específicos de accesibilidad comunicativa en la atención odontológica para PDA, particularmente en contextos como Bogotá y Madrid, Cundinamarca. La ausencia de lineamientos operativos y herramientas integradas evidencia una brecha entre el enfoque normativo de inclusión y su aplicación práctica, impactando tanto la experiencia del usuario como la eficiencia del proceso de atención.

Desde una perspectiva que integra la ingeniería industrial (orientada a la optimización de procesos) y la ingeniería de sistemas (enfocada en el desarrollo

tecnológico), surge la necesidad de diseñar soluciones digitales que mejoren la comunicación clínica y optimicen el flujo del servicio odontológico.

De este modo, una propuesta digital que pueda entregar una comunicación sin barreras a los pacientes se compondría de una aplicación alojada en la nube, que pueda dar un entorno digital entre el paciente y el médico odontólogo durante la consulta, en especial en la primera fase de una consulta, que es la anamnesis, donde es de vital importancia la comunicación clara.

Se formula entonces la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo influye la implementación de un prototipo digital asistivo en la optimización de la comunicación y atención odontológica para personas con discapacidad auditiva en Colombia?

El objetivo general de la investigación es diseñar, desarrollar e implementar un prototipo digital asistivo orientado a optimizar el proceso de atención odontológica para personas con discapacidad auditiva en Colombia. Para ello, se plantean como objetivos específicos: (i) analizar el proceso actual e identificar barreras comunicativas y puntos críticos; (ii) definir los requerimientos funcionales y no funcionales bajo criterios de usabilidad y accesibilidad; (iii) diseñar la arquitectura e interfaz del prototipo; (iv) desarrollar una herramienta funcional de comunicación asistida basada en recursos visuales; e (v) implementar y validar el prototipo mediante pruebas piloto.

Bajo esta perspectiva, se plantea como hipótesis que la implementación de un prototipo digital asistivo mejora significativamente la eficiencia comunicativa durante la interacción clínica, reduce los reprocesos y los tiempos de atención, y aumenta el nivel de

satisfacción tanto de las personas con discapacidad auditiva como de los profesionales
odontológicos.

Marco teórico

La discapacidad auditiva comprende a las personas sordas y a aquellas con hipoacusia, es decir, individuos que presentan una disminución parcial o total de la capacidad auditiva que afecta la discriminación de sonidos, palabras y conversaciones. El grado de afectación varía según el nivel de pérdida auditiva y puede generar limitaciones en los procesos de comunicación y acceso a la información (Ministerio de la Protección Social & ACNUR, 2011, citado en Función Pública, s.f.).

Una de las principales barreras que enfrenta esta población es la limitada utilización y conocimiento del LSC por parte de la población oyente, lo que restringe la interacción en distintos contextos sociales y dificulta el acceso a servicios que dependen de la comunicación verbal. En consecuencia, las PDA enfrentan dificultades recurrentes en sus actividades diarias debido a limitaciones en la accesibilidad comunicativa (Jiménez, 2016).

Estas limitaciones se evidencian de manera crítica en el sector salud, donde la comunicación entre profesionales y pacientes es un elemento fundamental para garantizar una atención adecuada. Estudios han señalado que las PDA enfrentan múltiples barreras en los servicios de salud, entre las cuales se destacan las barreras de comunicación, las barreras de acceso a la información y la falta de comprensión de la discapacidad por parte del personal sanitario (Fuentes et al., 2024).

En Colombia, existe un marco normativo orientado a asegurar el acceso equitativo a los servicios de salud y a reducir las barreras que afectan a las PDA. Entre las normas más relevantes se encuentran la Ley 1751 de 2015, que reconoce la salud como un derecho fundamental y establece la obligación de garantizar una atención sin barreras para

poblaciones de especial protección; la Ley 1618 de 2013, orientada a asegurar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad y promover la accesibilidad en distintos servicios; la Ley 982 de 2005, que reconoce la necesidad de equiparar oportunidades para las personas sordas y sordociegas; y la Ley 324 de 1996, que reconoce oficialmente la LSC como idioma propio de la comunidad sorda y establece que el Estado debe garantizar y proveer intérpretes idóneos para que las personas sordas puedan acceder a los servicios públicos. Aun con este marco normativo, persisten dificultades en su aplicación práctica dentro de los servicios de salud.

Existen, además, iniciativas orientadas a reducir estas barreras en el país. Un ejemplo es el programa Centro de Relevó, desarrollado por FENASCOL (Federación Nacional de Sordos de Colombia), quienes desde 2001 ofrecen servicios de interpretación en LSC, funcionando como una vía de comunicación entre personas con discapacidad auditiva y entidades públicas o privadas. Este sistema permite establecer comunicación en tiempo real mediante llamadas telefónicas o video llamadas mediadas por intérpretes, lo que facilita la interacción en contextos de atención al usuario (FENASCOL, s.f.); sin embargo, su uso depende de la disponibilidad de intérpretes y de condiciones tecnológicas específicas.

También se han desarrollado soluciones tecnológicas que buscan reducir estas barreras mediante el uso de herramientas digitales. Por ejemplo, Montes et al. (2023) presentan un modelo de software que integra Sistemas de Información Geográfica (SIG) con tecnologías de Realidad Aumentada (RA), permitiendo a los usuarios con discapacidad auditiva visualizar rutas hacia centros de salud y acceder a información de los servicios mediante elementos multimedia. Este tipo de soluciones demuestra el

potencial de las tecnologías digitales para mejorar la accesibilidad a la información sanitaria. No obstante, muchas de estas soluciones presentan limitaciones en su implementación práctica, en el nivel de conocimiento por parte de los usuarios y en su integración dentro de los flujos reales de atención.

A pesar de estos avances, persisten brechas importantes en el acceso y uso de estas herramientas. En muchos casos, las soluciones tecnológicas existentes no son ampliamente conocidas por la población objetivo o presentan problemas de accesibilidad, usabilidad e integración en servicios cotidianos. Además, varias se centran en el apoyo de traducción que ofrecen los intérpretes de lenguaje de señas, lo que puede generar dependencia de terceros para establecer una comunicación efectiva.

Estas dificultades pueden generar situaciones de estrés, frustración e inseguridad en los pacientes con discapacidad auditiva, afectando su experiencia en el sistema de salud. Como consecuencia, algunos evitan acudir a los servicios médicos por el temor de no comprender las indicaciones del profesional o de no ser comprendidos durante la consulta. Esto puede llevar a que busquen atención médica únicamente cuando la enfermedad ya se encuentra en etapas avanzadas, lo cual afecta negativamente los procesos de prevención y tratamiento oportuno (Santana & Freire, 2019). Este comportamiento no se debe únicamente a factores individuales, sino a fallas estructurales en la prestación del servicio, particularmente en lo relacionado con la accesibilidad comunicativa.

En el ámbito odontológico, la comunicación cumple un papel central en etapas como la anamnesis, el diagnóstico y la explicación de procedimientos. La falta de herramientas comunicativas adecuadas puede generar pérdida de información, errores en la interpretación de síntomas y dificultades en la comprensión de los tratamientos. Desde una

perspectiva de procesos, estas fallas se traducen en reprocesos, incremento en los tiempos de atención y afectaciones en la calidad del servicio.

Frente a esta problemática, los recursos visuales se presentan como herramientas de comunicación inclusiva, ya que permiten mejorar la comprensión de la información. Los pictogramas, como parte de los sistemas aumentativos y alternativos de comunicación, pueden reducir la dependencia del lenguaje verbal y facilitan la transmisión de mensajes en contextos específicos. Este tipo de recursos han sido ampliamente utilizados en entornos educativos y de salud, donde mejoran la accesibilidad comunicativa de personas con diferentes tipos de discapacidad. (Torres et al., 2024).

El uso de materiales visuales organizados y estrategias para simplificar los textos puede mejorar la comunicación entre los profesionales de la salud y los pacientes con discapacidad auditiva, especialmente cuando no hay intérpretes disponibles o el tiempo de atención es limitado (Ayala et al., 2021).

Estos enfoques se relacionan con los principios de diseño inclusivo y experiencia de usuario (UX), los cuales proponen el desarrollo de interfaces claras, visuales y comprensibles que reduzcan las barreras de interacción, la carga cognitiva y que permitan una participación equitativa en contextos reales de uso de personas con diferentes capacidades (Castro, P., 2016).

En este sentido, el desarrollo de herramientas digitales asistivas orientadas al sector salud representa una alternativa viable para mejorar la comunicación clínica. La integración de elementos como pictogramas, videos explicativos, selección gráfica de síntomas y apoyo visual para explicar procedimientos puede facilitar la interacción entre profesionales odontológicos y pacientes con discapacidad auditiva durante el proceso de

consulta. Desde el enfoque de la ingeniería de sistemas y la optimización de procesos, la implementación de este tipo de soluciones tecnológicas no solo aporta a la inclusión, sino que también contribuye a la eficiencia del servicio y a la experiencia del paciente dentro del sistema de salud al reducir errores de interpretación y optimizar los tiempos de atención.

Finalmente, el presente estudio se fundamenta en la integración de tres ejes conceptuales principales: la accesibilidad comunicativa, la optimización de procesos en servicios de salud y el desarrollo de tecnologías asistivas basadas en diseño inclusivo. A partir de estos elementos, se propone el diseño de un prototipo digital asistivo orientado a optimizar la comunicación en la atención odontológica, con el propósito de contribuir a la reducción de barreras comunicativas y a la optimización del proceso de atención para pacientes con discapacidad auditiva en Colombia.

Estado del arte (Metodología PRISMA)

A partir de lo anteriormente mencionado en la introducción, surge la pregunta de investigación que guiará la presente revisión: ¿Cómo influye la implementación de un prototipo digital asistivo en la optimización de la comunicación y atención odontológica para personas con discapacidad auditiva en Colombia?, siendo la población PDA que requieren atención odontológica, la intervención por tanto, será la implementación de prototipos digitales asistivos ya sean aplicaciones móviles, páginas web y/o herramientas tecnológicas, la comparación será la atención odontológica convencional sin dichas herramientas digitales y por último el outcome o resultados serían la optimización de la comunicación y la atención medidas en satisfacción, comprensión, eficiencia y acceso.

Para resolver esta incógnita, se desarrolla una revisión sistemática de literatura estructurada a partir de la metodología PRISMA centrándose en cuatro aspectos importantes: características y funcionalidades de los prototipos desarrollados, metodología empleada para su validación, resultados reportados y conclusiones en cuanto a su influencia y efectividad para la comunicación y atención y, por último, limitaciones y vacíos presentes en la literatura.

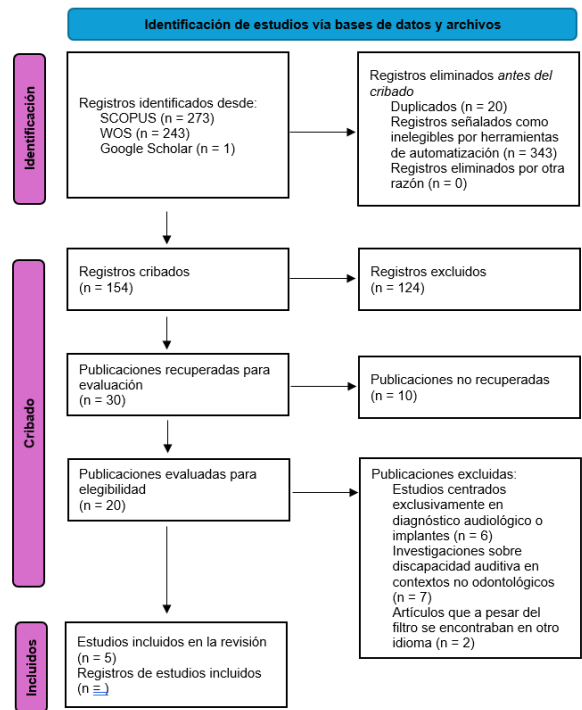
La búsqueda de información fue revisada por última vez el día 7 de Marzo del año 2026 en las bases de datos Scopus, Web of Science y Google Scholar y para la filtración inicial de los artículos se empleó una ecuación de búsqueda incorporando los operadores booleanos AND y OR, con la finalidad de asociar los términos relacionados con salud, odontología, tecnologías asistivas, comunicación y discapacidad auditiva, dando como resultado la siguiente ecuación de búsqueda: ("deaf" OR "hearing loss" OR "hard of

hearing") AND ("patients") AND ("dentistry" OR "dental care" OR "health") AND ("communication"). Adicionalmente en la búsqueda se emplearon términos equivalentes en español para ampliar el espectro de búsqueda y con el propósito de identificar artículos recientes se delimitó un periodo de análisis de los años 2020 a 2026.

Para garantizar pertinencia en los estudios abarcados se determinaron los siguientes criterios de inclusión: artículos publicados entre 2020 y 2026, estudios relacionados con discapacidad auditiva y/o pérdida auditiva, investigaciones que discuten la comunicación entre profesionales de la salud dental y pacientes con discapacidad auditiva, artículos relacionados con tecnologías asistivas, aplicaciones móviles o herramientas digitales para la comunicación en salud orientadas para pacientes con discapacidad auditiva, así como se determinaron los siguientes criterios de exclusión: estudios publicados antes de 2020, documentos sin acceso al texto completo, artículos duplicados e investigaciones que no abordaran el contexto odontológico o sanitario.

Figura 1

Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios.



Nota. Diagrama de flujo PRISMA para la selección de estudios. Adaptado de Page, M. J., et al. (2021). "The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews". BMJ, 372, n71. <https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71>.

El análisis de los estudios seleccionados revela las siguientes tendencias metodológicas; (i) predominio de diseños mixtos, los estudios seleccionados integran fases cuantitativas como encuestas y escalas de satisfacción, con fases cualitativas como lo son entrevistas o grupos focales para así poder distinguir necesidades y rectificar contenido, demostrándonos que el fenómeno estudiado es complejo por lo que es pertinente emplear esta metodología dado que integra dimensiones tanto objetivas por parte de la comunicación y efectividad, como subjetivas por parte de la experiencia del paciente, saliendo a relucir que a lo largo del tiempo los estudios han podido fundamentarse en marcos teóricos más sólidos, reflejándose esto en sus enfoques hacia la accesibilidad universal, modelos de comunicación y diseño centrado en el usuario (DCU).

En cuanto al diseño evolutivo se puede notar que mientras entre los estudios más antiguos (2020 a 2023) se enfocan en desarrollar y validar el contenido, los más recientes (2023 a 2026) logran anexar diseños cuasiexperimentales junto con ensayos controlados, reflejando así un florecimiento en relación al campo de estudio y por esto mismo, una mayor rigidez y requerimiento a la hora de presentar evidencia así como una mayor especialización dado que las soluciones más actuales apuntan específicamente al contexto odontológico para una mayor adaptación.

Por otro lado, en cuanto a la participación de los usuarios finales en el diseño, todos los estudios incorporan a las PDA en alguna fase de todo el proceso, fuese por medio de entrevistas, pruebas de usabilidad y experiencia del usuario (UX) o validación de

contenidos, yendo alineadas a un DCU lo cual también se demuestra en como los estudios más recientes no sólo se enfocan en la comunicación odontólogo hacia paciente sino que transicionan a una comunicación bidireccional también pensando en que el paciente pueda expresar de mejor manera síntomas y comprender mejor los procedimientos.

Sumado a esto tenemos la contextualización regional dado que ya hay estudios en Latinoamérica (Colombia y Chile), por lo que se puede intuir que ha habido un aumento en la conciencia sobre la necesidad de adoptar y adaptar soluciones a las realidades actuales cultural y lingüísticamente frente a los sistemas de salud en cada región. Por último, un elemento colectivo dentro de estos estudios es el validar las traducciones usadas para cada uno de estos a través de expertos (educadores especializados, intérpretes e incluso las mismas PDA) respectivamente, garantizando así la comprensión del mensaje a transmitir, la lingüística de las herramientas empleadas y una adecuación cultural.

Con base en lo anteriormente expuesto continuamos hacia los importantes vacíos identificados a lo largo de la investigación, muchos de los estudios se centran en desarrollar prototipos o evaluaciones preliminares de aplicaciones móviles, sin embargo, existe una cantidad limitada de investigaciones que consideren estudiar la implementación real de estas herramientas en contextos clínicos del diario vivir. Asimismo, se presenta la continua limitación por parte de los profesionales de odontología en cuanto a conocimiento y uso de habilidades comunicativas relacionadas con la discapacidad auditiva, prolongando así la necesidad de integrar estos contenidos en programas de formación en salud para cerrar esta brecha.

Bajo estas circunstancias, el desarrollo de herramientas tecnológicas asistivas que sean adecuadas al ámbito odontológico simboliza una oportunidad que da pie a mejorar la calidad de atención brindada, comprensión de tratamientos y accesibilidad a PDA, una línea de investigación que pretende seguir enmarcando este trabajo, buscando poder contribuir al desarrollo de soluciones que brinde las herramientas para reducir las barreras comunicativas actuales en la atención odontológica en Colombia.

Tabla 1
Comparación de estudios seleccionados.

Autor(es) / Año	Título del estudio	Objetivo principal	Metodología empleada	Variables analizadas	Principales hallazgos	Limitaciones reportadas	Relación con el proyecto actual
Weerapol, N., & Leelakanok, N. (2024)	<i>Communication between healthcare professionals and patients with hearing loss: A systematic review and meta-analysis</i>	Analizar estudios sobre comunicación entre profesionales de salud y pacientes con pérdida auditiva.	Revisión sistemática y metaanálisis.	Barreras comunicativas, estrategias de comunicación, resultados clínicos.	Las barreras comunicativas afectan significativamente la calidad de la atención médica y la satisfacción del paciente.	Heterogeneidad en los estudios analizados.	Fundamenta la necesidad de soluciones tecnológicas que mejoren la comunicación clínica.

Özkaya et al. (2026)	<i>A novel mobile application developed to improve dental care communication for Deaf and hard-of-hearing individuals</i>	Desarrollar y evaluar una aplicación móvil que facilite la comunicación entre odontólogos y pacientes con discapacidad auditiva.	Desarrollo tecnológico y evaluación de prototipo.	Usabilidad, comprensión de información clínica, interacción paciente-odontólogo.	La aplicación mejoró la comprensión de los procedimientos y facilitó la comunicación durante la consulta.	Evaluación realizada con muestra limitada de usuarios.	Evidencia la viabilidad del uso de aplicaciones móviles como apoyo a la comunicación en odontología.
		Desarrollar una aplicación móvil para apoyar la atención odontológica de PDA en Chile, adaptando términos técnicos odontológicos a Lengua de Señas Chilena (LSCh).	Estudio de desarrollo tecnológico validado mediante juicio de expertos y pruebas de usabilidad con usuarios sordos en un entorno controlado.	Contenido en LSCh, usabilidad, comprensión de términos técnicos, satisfacción con la herramienta	Facilita la comunicación básica al traducir 45 términos odontológicos a LSCh, valorada positivamente por usuarios para comprender procedimientos y expresar síntomas.	Validación limitada a un entorno controlado y con una muestra pequeña, sin evaluar el impacto en calidad de la atención ni en satisfacción del odontólogo.	Antecedente regional que propone una metodología para traducir y validar términos odontológicos en lengua de señas, aplicable al contexto colombiano.
Campos, V., Cartes, R., & Bancalari, C. (2018)	<i>Development of an app for the dental care of Deaf people: Odontoseñas</i>						

Fageeh et al. (2024)	<i>Teledentistry using a mobile app (Telesmile)</i>	Evaluar el impacto de una aplicación de teledentistry en personas con discapacidad visual y auditiva.	Ensayo controlado aleatorizado.	Accesibilidad al servicio, educación en salud oral, seguimiento clínico.	La aplicación mejoró el acceso a servicios odontológicos y la educación en salud oral.	Implementación en contexto específico.	Demuestra el potencial de las tecnologías móviles en salud oral.
Pérez et al. (2021)	<i>Dentiseñas– Colombia, prototipo de una App para facilitar la comunicación odontólogo-persona con discapacidad auditiva</i>	Diseñar un prototipo de aplicación para facilitar la comunicación odontológica mediante lengua de señas.	Desarrollo de prototipo tecnológico.	Comunicación clínica, comprensión del paciente, accesibilidad.	El prototipo facilita la explicación de procedimientos odontológicos.	Aún en fase experimental.	Referente directo para el desarrollo de herramientas similares en Colombia.

Metodología

Enfoque y alcance de la investigación

Se tomará un enfoque basado en una metodología mixta, combinando aspectos cualitativos con cuantitativos.

Se llevarán a cabo encuestas estructuradas dirigidas al personal odontológico en el componente cuantitativo, con el objetivo de obtener información de manera sistemática que posibilite examinar elementos tales como: la periodicidad con la que se atiende a individuos con problemas auditivos, las maneras de comunicarse empleadas durante la consulta y las consecuencias en lo que respecta al tiempo de atención y eficacia del proceso clínico.

Enfoque inicial

A base de encuestas estructuradas dirigidas a los médicos especialistas en odontología, se clasificarían componentes cuantitativos como el tiempo de atención, periodicidad de consulta y métodos de comunicación. Y en el aspecto cualitativo, se evaluaría la percepción de atención que los PDA perciben.

Sin embargo, por limitaciones de acceso a expertos con experiencia específica, el enfoque de investigación cambió a solo tener la percepción del paciente.

Enfoque nuevo

Manteniendo la perspectiva mixta y experimental, se hará un estudio cualitativo de la percepción de los PDA a través de encuestas semiestructuradas, para suplir la necesidad de buscar a personal odontológico con experiencia en el trato de pacientes CDI.

A partir de los resultados de las encuestas de percepción, se definirán los requerimientos mínimos para un aplicativo web MVP (*Minimum Viable Product*), siendo

este nuestro prototipo objetivo. Teniendo ya preparado el MVP, se diseñará una estructuración de prueba piloto basada en simulación clínica: “La simulación clínica es considerada como un método de aprendizaje y enseñanzas efectivas e interesantes que incluye tecnología y escenarios parecidos al mundo real.” (Guanoluisa-Iza & Pachucho-Flores, 2024) donde un médico especialista en odontología evaluará los aspectos de la simulación, se definirán 12 perfiles ficticios con una lista de respuestas que se basarán en la anamnesis:

La anamnesis se considera uno de los primeros procesos al iniciar la atención clínica, en la que los profesionales sanitarios buscan obtener información completa sobre la salud del paciente, incluyendo su historial médico, síntomas actuales, afecciones de salud previas, tratamientos anteriores, estilo de vida y otros aspectos relevantes. (RODRIGUES, 2024)

Teniendo esto en cuenta, a nivel cuantitativo se evaluarán los resultados del piloto definiendo:

- Índice de exactitud: Evalúa la exactitud de respuesta de entrada (PDA basados en perfiles ficticios) y de salida (Registro final de respuestas a través del aplicativo)
- Tiempos de registro: Se medirá cuánto tiempo tardan los PDA en completar las preguntas durante la anamnesis de prueba, se tendrá como tiempo de éxito 30 minutos, debido a que las consultas odontológicas tardan idealmente 1 hora.

- Índice de eficiencia: Se relaciona el tiempo que tardan los PDA de prueba en rellenar las preguntas de la anamnesis, teniendo en cuenta el tiempo objetivo y su índice de exactitud.
- Percepción de accesibilidad categorizada: Se realizará una encuesta de satisfacción con categorías de experiencia de usuario, comunicación y satisfacción.

En las pruebas de simulación, el ambiente controlado se realizará en una interacción PDA-colaborador del equipo de investigación junto el apoyo de una intérprete certificada en LSC.

La aplicación por diseñar se tiene pensada como una aplicación responsive que utilizará como lenguaje principal JavaScript (ES2022+) con React 18 como framework, con una arquitectura SPA (Single Page Application), lo que significa que toda la interfaz se carga una sola vez y la navegación entre vistas ocurre sin recargar el navegador.

Definición de variables

Tabla 2

Variables con categorización.

Variable	Tipo	Definición operacional	Indicadores	Instrumento
Barreras comunicativas	Dependiente	Limitaciones de comunicación	Percepción de dificultad comunicativa durante la consulta	Encuesta

Eficiencia comunicativa	Dependiente	Nivel de claridad en la comunicación	Comprensión del diagnóstico	Encuesta
Necesidades del sistema	Dependiente	Requerimientos que deben ser incorporados en el prototipo digital	Identificación de necesidades	Análisis de proceso/entrevista
Aceptación del prototipo	Dependiente	Percepción del prototipo digital como una herramienta útil	Disposición a utilizar un sistema en futuras consultas	Encuesta
Experiencia del usuario	Dependiente	Percepción del paciente respecto a la calidad de la interacción y el proceso de atención odontológica	Nivel de satisfacción con la consulta odontológica	Encuesta
Reprocesos	Dependiente	Repeticiones por problemas de comunicación	Número de repeticiones	Observación
Satisfacción del paciente	Dependiente	Percepción de la calidad de la consulta	Escala Likert	Encuesta

Población y muestra

Población

Una población conformada por PDA en Bogotá D.C. y Madrid, Cundinamarca que requieran o se puedan beneficiar a futuro de una herramienta digital durante una cita odontológica, específicamente en la fase de la anamnesis.

Muestra

Para las encuestas de percepción, se logró contar con la participación de 17 PDA, de esta cantidad total, 5 personas participaron en la primer aprueba piloto, y 8 en la segunda medición de usabilidad para el aplicativo C.S.B.

Instrumentos

Fase 1. Para esta fase inicial de la metodología, se diseñó una encuesta semiestructurada para el perfil de pacientes con discapacidad auditiva, acompañada de una traducción en LSC de cada pregunta y respuesta abogando por una inclusividad en el formulario. La cual se ilustrará en la siguiente tabla, acompañada de las categorías “Tipo de respuesta” que describe el tipo de respuesta que se busca y las limitaciones de las preguntas, “Información proporcionada” definición del tipo de dato (Cualitativo o cuantitativo) y una corta descripción del impacto informativo que entregan las respuestas de cada pregunta, “Variable” donde se definirá cuales variables dependientes están siendo medidas con cada pregunta.

Tabla 3
Componentes de la encuesta estructurada dirigida a los pacientes con discapacidad auditiva.

Preguntas	Tipo de respuesta	Información proporcionada	Variable
-----------	-------------------	---------------------------	----------

1. Edad R/ (Menos de 18 años) (18-25 años) (26-35 años) (36-45 años) (46-60) (Más de 60 años)	Opción múltiple categórica	Herramienta cuantitativa, utilizada para segmentar la población de estudio y analizar posibles diferencias en la experiencia de atención según grupos etarios.	Experiencia del usuario
2. Ciudad donde ha recibido atención odontológica R/ [Bogotá D.C.] [Madrid, Cundinamarca] [Otro]	Selección múltiple	Herramienta cuantitativa, permite identificar el entorno geográfico donde se presta el servicio odontológico.	Experiencia del usuario
3. ¿Cuál es su forma principal de comunicación? R/(Lengua de Señas Colombiana) (Lectura labial) (Escritura) (Aplicaciones de texto en celular) (Intérprete de señas) (Otro)	Opción múltiple categórica	Herramienta cuantitativa, permite identificar el canal principal de comunicación utilizado por el paciente.	Barreras comunicativas / Eficiencia comunicativa
4. ¿Con qué frecuencia asiste a consultas odontológicas? R/ (Cada 6 meses) (Una vez al año) (Solo cuando tengo dolor o emergencia) (Casi nunca)	Opción múltiple categórica	Herramienta cuantitativa, permite identificar patrones de uso de los servicios odontológicos.	Experiencia del usuario
5. Durante la consulta odontológica, ¿ha tenido dificultades para comunicarse con el odontólogo? R/ (Siempre) (Muchas veces) (Algunas veces) (Rara vez) (Nunca)	Opción múltiple en escala de frecuencia	Herramienta cuantitativa, permite medir el nivel de dificultad comunicativa experimentado por los pacientes durante la consulta odontológica.	Barreras comunicativas
6. ¿Cómo se comunica normalmente con el odontólogo durante la consulta? R/ (Escribiendo en papel o celular) (Lectura labial) (Intérprete) (Acompañante) (Señales o gestos) (Otro)	Opción múltiple categórica	Herramienta cuantitativa, permite identificar las estrategias utilizadas para establecer comunicación durante la consulta.	Eficiencia comunicativa / Barreras comunicativas
7. ¿Qué dificultades ha experimentado durante la consulta odontológica? R/ [No entender lo que el	Selección múltiple	Herramienta cuantitativa, permite identificar las principales barreras comunicativas percibidas por los pacientes, así como factores que pueden generar	Barreras comunicativas / Reprocesos

odontólogo explica] [No poder explicar mis síntomas claramente] [Falta de intérprete de lengua de señas] [Uso excesivo de términos médicos difíciles] [Falta de apoyo visual (imágenes o diagramas)] [Poco tiempo para comunicarse] [Ninguna]			malentendidos o reprocesos en la atención clínica.	
8. ¿Alguna vez ha salido de una consulta sin entender completamente el tratamiento o procedimiento realizado? R/ (Sí) (No) (Algunas veces)	Opción múltiple	Herramienta cuantitativa, permite identificar fallas en la comprensión de la información clínica, lo cual puede generar errores, repeticiones de explicación o baja adherencia al tratamiento.	Eficiencia comunicativa / Reprocesos	
9. ¿Considera que las dificultades de comunicación han afectado la calidad de su atención odontológica? R/ {Mucho} {Moderadamente} {Poco} {Nada}	Escala de percepción (tipo Likert)	Herramienta cuantitativa, permite evaluar el impacto de las barreras comunicativas en la calidad percibida de la atención odontológica.	Satisfacción del paciente	
10. ¿Cree que una herramienta digital con apoyo visual (pictogramas, imágenes o videos explicativos) podría mejorar la comunicación durante la consulta odontológica? R/ {Sí, mucho} {Sí, moderadamente} {Tal vez} {No}	Escala de percepción (tipo Likert)	Herramienta cuantitativa, orientada a medir el grado de aceptación potencial de una herramienta digital asistiva para mejorar la comunicación clínica.	Aceptación del prototipo	
11. ¿Qué tipo de apoyo visual le sería más útil durante la consulta? R/ [Pictogramas de síntomas] [Imágenes de procedimientos dentales] [Videos explicativos cortos] [Pantalla donde el odontólogo explique el tratamiento] [Otro]	Selección múltiple	Herramienta cuantitativa, identificará los requerimientos funcionales que debería tener la herramienta digital, basados en las necesidades comunicativas de los pacientes.	Necesidades del sistema	
12. ¿Estaría dispuesto(a) a usar una aplicación o	Opción múltiple	Herramienta cuantitativa, permite evaluar la disposición del paciente a adoptar	Aceptación del prototipo	

herramienta digital durante su consulta odontológica para facilitar la comunicación?		soluciones tecnológicas durante la consulta odontológica.		
R/ (Sí) (Tal vez) (No)				
13.	En su experiencia, ¿cuál ha sido la mayor dificultad que ha tenido al comunicarse con un odontólogo?	Abierta	Herramienta cualitativa, permite obtener descripciones detalladas de las experiencias comunicativas negativas.	Barreras comunicativas
R/ Respuesta abierta				
14.	¿Qué le gustaría que cambiara o mejorara en la atención odontológica para personas con discapacidad auditiva?	Abierta	Herramienta cualitativa, orientada a identificar expectativas, sugerencias y necesidades de mejora en la atención odontológica.	Necesidades del sistema / Experiencia del usuario
R/ Respuesta abierta				
15.	En general, ¿qué tan satisfecho(a) está con la atención odontológica que ha recibido?	Escala de percepción (tipo Likert)	Herramienta cuantitativa, permite medir la percepción general del paciente sobre la calidad de la atención odontológica recibida.	Satisfacción del paciente
R/ {Muy satisfecho} {Neutral} {Muy insatisfecho}				

Nota: Elaboración propia.

Fase 2. En la siguiente fase, se definieron los requerimientos funcionales y no funcionales del aplicativo para el MVP, fue nombrado como “Comunicación Sin Barreras” y durante el presente trabajo se identificará con las siglas (C.S.B.).

Tabla 4
Requerimientos funcionales

ID	Nombre	Descripción	Actor	Prioridad
RF-01	Creación de sesión	El paciente ingresa el correo del odontólogo y el sistema genera un	Paciente	Alta

		código de sesión único de 6 caracteres alfanuméricos.		
RF-02	Envío de enlace al odontólogo	El sistema envía automáticamente el enlace de sesión al correo del odontólogo mediante EmailJS.	Paciente	Alta
RF-03	Copia del enlace	El paciente puede copiar el enlace de sesión al portapapeles para enviarlo por otro medio.	Paciente	Media
RF-04	Acceso del odontólogo por enlace	El odontólogo accede a la sesión activa mediante el enlace recibido, que contiene el código único de sesión en la URL.	Odontólogo	Alta
RF-05	Limpieza automática de sesión	La sesión se elimina automáticamente de Firebase cuando todos los usuarios se desconectan.	Sistema	Media
RF-06	Selección de paquetes de preguntas	El odontólogo selecciona los paquetes temáticos y preguntas individuales a enviar antes de iniciar la consulta.	Odontólogo	Alta
RF-07	Presentación de preguntas con pictogramas	Las preguntas se presentan al paciente con imágenes ilustrativas (pictogramas) generadas con IA para cada opción de respuesta.	Paciente	Alta
RF-08	Reproducción de video en LSC	Cada pregunta tiene asociado un video en Lengua de Señas Colombiana reproducible en un modal superpuesto.	Paciente	Alta
RF-09	Múltiples tipos de respuesta	El sistema soporta cinco tipos de respuesta: texto libre, sí/no con pictogramas, opción múltiple con pictogramas, pictograma exclusivo y selector de fecha.	Paciente	Alta
RF-10	Navegación bidireccional en el formulario	El paciente puede avanzar a la siguiente pregunta o retroceder a una anterior. Al retroceder, la	Paciente	Media

		respuesta previa se pre-carga automáticamente.		
RF-11	Salto condicional de preguntas	El sistema omite automáticamente preguntas de seguimiento cuando el paciente responde negativamente a preguntas condicionantes.	Sistema	Alta
RF-12	Sincronización en tiempo real	Las respuestas del paciente se muestran en tiempo real en la pantalla del odontólogo mediante Firebase Realtime Database.	Sistema	Alta
RF-13	Comentario final del paciente	Al finalizar la consulta el paciente puede agregar un comentario adicional opcional antes de confirmar el cierre.	Paciente	Baja
RF-14	Resumen de consulta	Ambos roles visualizan un resumen completo con todas las preguntas y respuestas al finalizar la sesión.	Paciente / Odontólogo	Alta
RF-15	Descarga del informe en PDF	El odontólogo puede descargar el informe de la consulta en formato PDF generado directamente en el navegador.	Odontólogo	Alta
RF-16	Envío del informe por correo	El odontólogo puede enviar el informe completo de la consulta a su correo electrónico mediante EmailJS.	Odontólogo	Alta
RF-17	Login de administrador	El acceso a la vista de administración requiere autenticación con correo y contraseña mediante Firebase Authentication.	Administrador	Alta
RF-18	Gestión del banco de preguntas	El administrador puede crear, editar y deshabilitar preguntas del formulario. Los cambios persisten en Firebase Realtime Database.	Administrador	Alta
RF-19	Cierre de sesión del administrador	El administrador puede cerrar su sesión autenticada desde la propia pantalla de administración.	Administrador	Media

RF-20	Videos de bienvenida en LSC	La pantalla de inicio y la pantalla de envío de enlace incluyen videos explicativos en LSC para orientar al paciente en el uso del sistema.	Paciente	Media
<i>Nota: Elaboración propia.</i>				

Tabla 5
Requerimientos no funcionales

ID	Categoría	Nombre	Descripción	Prioridad
RNF-01	Accesibilidad	Comunicación visual	Todas las preguntas de selección presentan pictogramas ilustrativos. Las respuestas sí/no incluyen imágenes específicas para cada opción.	Alta
RNF-02	Accesibilidad	Soporte LSC	Cada pregunta del formulario tiene un video asociado en Lengua de Señas Colombiana accesible desde la interfaz del paciente.	Alta
RNF-03	Rendimiento	Sincronización en tiempo real	Los cambios de estado entre paciente y odontólogo se reflejan en menos de 2 segundos bajo condiciones normales de conectividad.	Alta
RNF-04	Rendimiento	Carga inicial	La aplicación carga en menos de 3 segundos en conexiones móviles 4G gracias al bundle optimizado por Create React App y la CDN de Firebase Hosting.	Media
RNF-05	Usabilidad	Diseño responsivo	La interfaz se adapta correctamente a pantallas de dispositivos móviles, tabletas y computadores de escritorio mediante flexbox y diseño fluido.	Alta
RNF-06	Usabilidad	Modo oscuro	El sistema ofrece un modo visual oscuro persistente (almacenado en localStorage) accesible desde	Baja

			cualquier pantalla mediante un botón flotante.	
RNF-07	Usabilidad	Interfaz simplificada	El formulario presenta una sola pregunta a la vez para reducir la carga cognitiva del paciente con discapacidad auditiva.	Alta
RNF-08	Seguridad	Autenticación anónima	Paciente y odontólogo se autentican de forma anónima con Firebase Auth para obtener un UID único que habilita el uso de la base de datos.	Alta
RNF-09	Seguridad	Autenticación del administrador	El acceso a /admin está protegido con Firebase Authentication Email/Password. Las credenciales se gestionan desde Firebase Console.	Alta
RNF-10	Seguridad	Transmisión cifrada	Toda la comunicación entre el cliente y Firebase ocurre sobre HTTPS/TLS. El dominio de producción incluye certificado SSL automático.	Alta
RNF-11	Seguridad	Privacidad de datos	Las sesiones no almacenan datos de identificación sensibles más allá del correo del odontólogo. Los datos se eliminan automáticamente al finalizar la sesión.	Alta
RNF-12	Disponibilidad	Disponibilidad global	La aplicación está desplegada en Firebase Hosting con CDN global, garantizando disponibilidad desde cualquier dispositivo con acceso a internet.	Alta
RNF-13	Disponibilidad	Compatibilidad de navegadores	La aplicación es compatible con las últimas versiones de Chrome, Firefox, Safari y Edge, tanto en escritorio como en móvil.	Alta
RNF-14	Mantenibilidad	Arquitectura modular	El código está organizado en componentes, contextos y módulos de datos independientes, facilitando el mantenimiento y la extensión del sistema.	Media

RNF-15	Mantenibilidad	Banco de preguntas configurable	El banco de preguntas es editable por el administrador desde la interfaz y persiste en Firebase, sin necesidad de modificar el código fuente.	Media
---------------	----------------	--	---	--------------

Nota: Elaboración propia.

La documentación del aplicativo diseñado se encuentra detallado en el *ANEXO 1. Documentación C.S.B.*

Fase 3. Con el fin de evaluar la usabilidad del aplicativo, se diseñaron perfiles de casos ficticios que serán utilizados en la simulación clínica, para ello se establecieron las siguientes categorías para el proceso de la anamnesis simulada:

Primera prueba piloto:

- *Identificación*
- *Motivo de consulta*
- *Antecedentes médicos*
- *Última visita al odontólogo*
- *Higiene oral*
- *Hábitos y factores de riesgo*

Segunda prueba piloto:

- *Identificación*
- *Motivo de consulta (Nuevo)*
- *Historia del problema actual (Nuevo)*
- *Antecedentes médicos*
- *Última visita al odontólogo*
- *Higiene oral*
- *Hábitos y factores de riesgo*

Las preguntas asignadas para cada categoría de los casos fueron validadas por un médico odontólogo según una anamnesis común. Para visualizar en detalle los 12 perfiles diseñados y entregados a los PDA durante el ambiente de las pruebas piloto, visualizar los

siguientes anexos: *ANEXO II. Casos hipotéticos – prueba piloto 1.* y *ANEXO III. Casos Hipotéticos – prueba piloto 2.*

Fase 4. La fase más importante para el éxito de este estudio fue la traducción y asesoría de accesibilidad por una interprete certificada en LSC. Consistió en reuniones constantes con la interprete para grabar la traducción de todas las encuestas, preguntas y respuestas del aplicativo, los cuales se anexaron en todos los archivos. También, durante la asesoría de accesibilidad, se definieron los iconos adecuados para los PDA, debido a que hay símbolos que, aunque para los oyentes pueden ser “obvios”, para los PDA son confusos. Se realizó un documento donde se estructuraron las relaciones de la información preguntas-videos-respuestas. (Ver *ANEXO IV. Tabla relación videos-preguntas*)

Tabla 6

Ejemplificación de la Tabla videos-preguntas-respuestas

Id	Pregunta	Paquete de preguntas	Tipo de respuesta	Código Video LSC	Opción de Respuesta	¿Requiere respuestas con pictogramas?
1	¿Cuál es la razón de tu consulta?	<i>razon_consulta</i>	opción_múltiple	Codpregunta1	Dolor, Diente_roto, Sangrado, Inflamación, Limpieza, Control, Estética, Otro_Nose	Experiencia del usuario

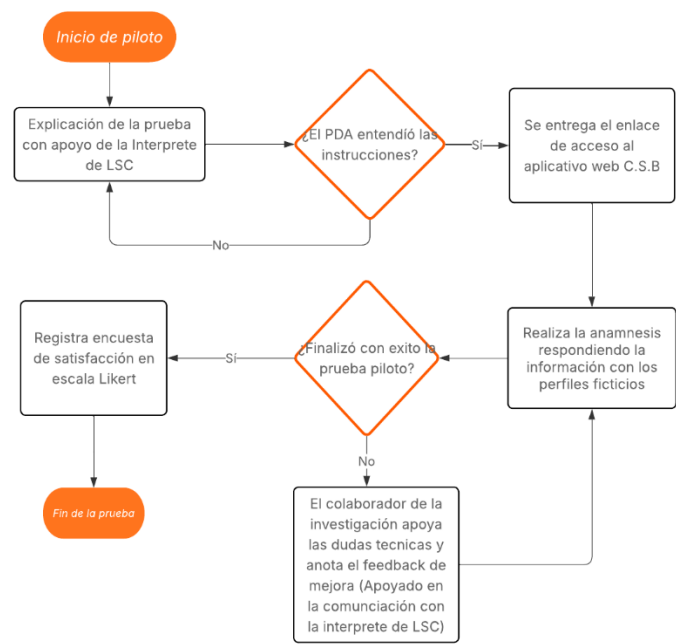
Nota: Elaboración propia.

Fase 4. Se implementaron dos pruebas piloto en un ambiente controlado con los actores:

- *Colaborador del equipo de investigación*
- *Intérprete certificada de LSC*
- *PDA*

En ambas el proceso de flujo fue el siguiente:

Figura 2
Diagrama de flujo del proceso de las pruebas piloto.



Nota: Elaboración propia.

La encuesta de satisfacción basada en escala Likert se tradujo, como todo el material entregado a los PDA, a LSC, y fue compuesto de las siguientes preguntas:

Tabla 7
Componentes de la encuesta de satisfacción dirigida a los pacientes con discapacidad auditiva.

Preguntas	Tipo de respuesta	Información proporcionada	Variable
Usar plataforma digital → ¿Cómo te sentiste?	Escala likert	Percepción de satisfacción al usar la aplicación	Experiencia del usuario
Plataforma digital → ¿Te ayudó a comunicarte mejor con el odontólogo?	Escala likert	Desempeño de usabilidad	Eficiencia comunicativa

Plataforma digital → ¿La mostrarías o recomendarías a tus amigos?	Escala likert	NPS (Net Promoter Score)	Aceptación del prototipo
---	---------------	--------------------------	--------------------------

Nota: Elaboración propia.

Instrumentos de investigación.

Tabla 8
Categorización de los instrumentos a utilizar en la investigación.

Instrumentos	Tipo de herramienta	Propósito dentro de la investigación	Fase de la investigación	Funcionalidad principal	Justificación de uso
JotForm	Recolección de datos y análisis de datos cualitativos	Recopilar información cuantitativa y cualitativa sobre las barreras comunicativas y experiencias de: • Pacientes con discapacidad auditiva	Levantamiento de información	Aplicación de encuestas estructuradas y almacenamiento automático de respuestas. Generación gráfica de información recolectada.	Facilita la recopilación sistemática de datos de múltiples participantes de manera rápida y organizada
Data Studio	Análisis de datos cuantitativos	Graficar en un dashboard los resultados de las pruebas piloto.	Análisis de datos	Categorización de información cuantitativa	Permite hallar patrones dentro de los datos cuantitativos previamente recopilados.
Excel	Análisis y organización de datos	Procesar y organizar los resultados obtenidos en preguntas cerradas y el análisis de datos cualitativos.	Análisis de datos	Tabulación de datos, generación de gráficos y análisis estadístico descriptivo	Permite estructurar los datos obtenidos y visualizar tendencias de forma clara

World	Diseño de requerimientos	Redactar los requerimientos necesarios en la solución digital.	Diseño del sistema	Diseño de formatos protocolizados para requerimientos de software.	Facilita el registro de los requerimientos funcionales y no funcionales en un formato versátil.
Lucidchart	Modelado de sistemas	Diseñar diagrama del flujo de la consulta (previo al prototipo y post prototipo) y diagrama UML del prototipo digital	Diseño del sistema	Diseño de diagramas para ilustrar arquitectura y flujos del sistema	Facilita la representación visual del funcionamiento y estructura del sistema propuesto
Figma	Diseño de interfaces	Diseñar la interfaz gráfica del prototipo digital asistivo	Diseño del prototipo	Prototipado visual de interfaces y experiencia de usuario	Permite diseñar interfaces accesibles y visualizar la interacción del usuario con el sistema

Nota: Elaboración propia.

Técnicas para el análisis de la información

Para el procesamiento y análisis de la información recolectada durante investigación serán de índole cuantitativos como cualitativos, en concordancia con el enfoque mixto adoptado en el estudio. Esta combinación metodológica permitirá determinar las necesidades específicas que se reflejarán en los requerimientos que ayudarán a la construcción de la solución digital, logrando evaluar el impacto de la implementación del prototipo digital asistivo en el entorno previamente evaluado.

En primera instancia, los datos cuantitativos adquiridos a través de las encuestas aplicadas a los pacientes serán analizados mediante técnicas de estadística descriptiva “Los

registros u observaciones efectuados proporcionan una serie de datos que necesariamente deben ser ordenados y presentados de una manera inteligible. La Estadística Descriptiva desarrolla un conjunto de técnicas cuya finalidad es presentar y reducir los diferentes datos observados.” (Fernández et al.,2002) tales como el cálculo de frecuencias, porcentajes, promedios y tablas de distribución.

Estas herramientas permitirán identificar patrones y tendencias relacionadas con la frecuencia de atención a pacientes con discapacidad auditiva, los métodos de comunicación empleados durante la consulta y las principales dificultades percibidas en el proceso de interacción clínica. Para la organización y diseño de elementos visuales de los datos recolectados se utilizará herramientas: JotForm, además de ser una herramienta de diseño de formularios, también facilita la organización, tabulación y representación gráfica de los resultados obtenidos.

Adicionalmente, se realizará un análisis comparativo de los resultados de la simulación clínica de escenarios, donde se evaluarán las concordancias de las respuestas dadas por los pacientes vs las respuestas suministradas mediante el aplicativo.

Para dicha evaluación, se utilizará Data Studio, en el cuál se graficará un dashboard donde se visualizarán los índices de evaluación anteriormente definidos: Índice de exactitud, eficacia, tiempos de registro y percepción de accesibilidad.

Índice de exactitud

Se utilizará la fórmula de exactitud utilizada en el Machine Learning ya que la lógica de la simulación clínica consiste en respuestas basadas en un modelo de datos predefinido. Siendo la división de cantidad de datos correctos sobre total de registros.

Figura 3

Formula de exactitud

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{correct classifications}}{\text{total classifications}} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

Nota: Fórmula de exactitud adaptado del curso de Google Developers:

<https://developers.google.com/machine-learning/crash-course/classification/accuracy-precision-recall?hl=es-419>

Índice de eficacia

Se implementó una formula donde se relaciona la exactitud con el tiempo objetivo (Definido previamente como 30 minutos) y se evalúa sobre el tiempo real de registro.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Indice de Exactitud} \times \text{Tiempo objetivo}}{\text{Tiempo real de registro}}$$

Tiempos de registro

Los tiempos de registro se midieron desde que el doctor (Colaborador de la investigación) recibió el enlace de la sesión $[T_0]$ hasta el envío del informe de preguntas registradas al correo $[T_1]$.

$$\text{Tiempo de registro}(T_2) = T_1 - T_0$$

Con esta información, se logró identificar información clave como el promedio de registro en total de los casos (Pruebas piloto concluidas por PDA).

$$\text{Tiempo promedio de registro} = \frac{\sum(T_2)}{\text{Número de casos}}$$

Percepción de accesibilidad

La fuente de análisis del análisis de estos datos fueron las encuestas de satisfacción, al haber sido realizadas en escala Likert, se implementó un cálculo sencillo del promedio por cada categorización.

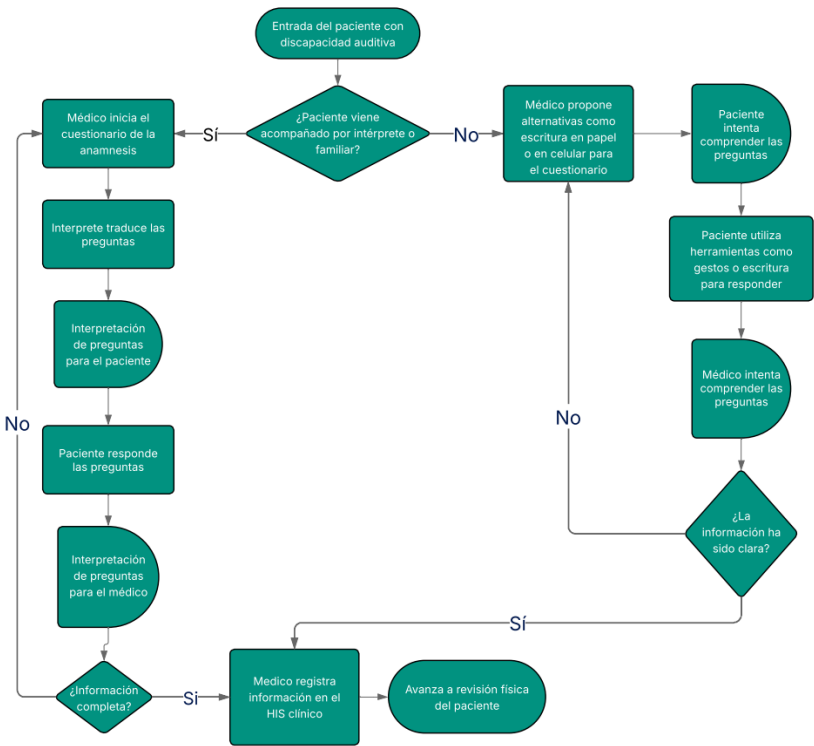
$$\textit{Percepción de accesibilidad} = \frac{\sum(\textit{Respuestas de la categoría } n)}{\textit{Número de casos}}$$

Resultados

Resultado 1: Flujo actual de anamnesis odontológica en pacientes con discapacidad auditiva.

Con asesoría de un médico odontólogo que ha tenido experiencia con pacientes con discapacidad auditiva, pudimos identificar el flujo de una anamnesis odontológica sin apoyo de una tecnología asistiva. Dando como resultado la figura 2, en la cual se muestran dos ramificaciones del proceso: Con acompañante/intérprete o sin acompañante/intérprete, demostrando que, aunque se cuente con un apoyo, los tiempos “muertos” son los mismos.

Figura 3
Diagrama de flujo del proceso de anamnesis sin aplicación asistiva.



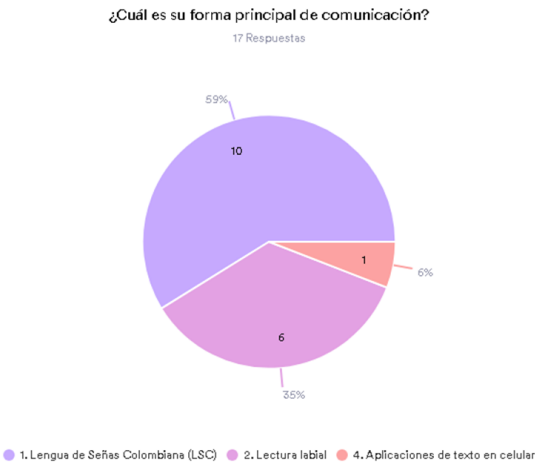
Nota: Elaboración propia.

Resultado 2: Percepción de usuarios con discapacidad auditiva

Para identificar barreras comunicativas en la atención odontológica, se encuestó a 17 PDA. Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

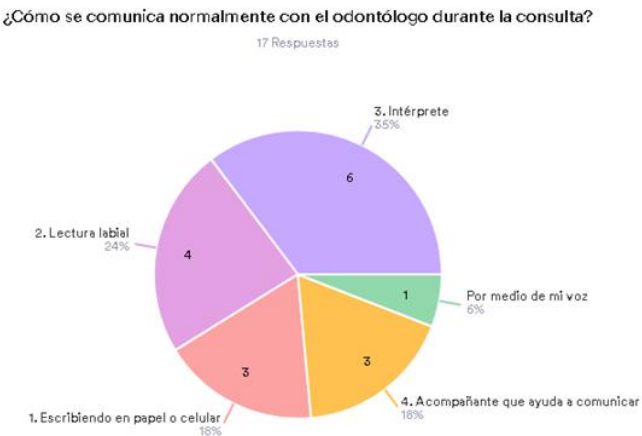
Caracterización y dinámica de atención

Figura 4
Diagrama de barras. Forma principal de comunicación.



Nota: Elaboración propia.

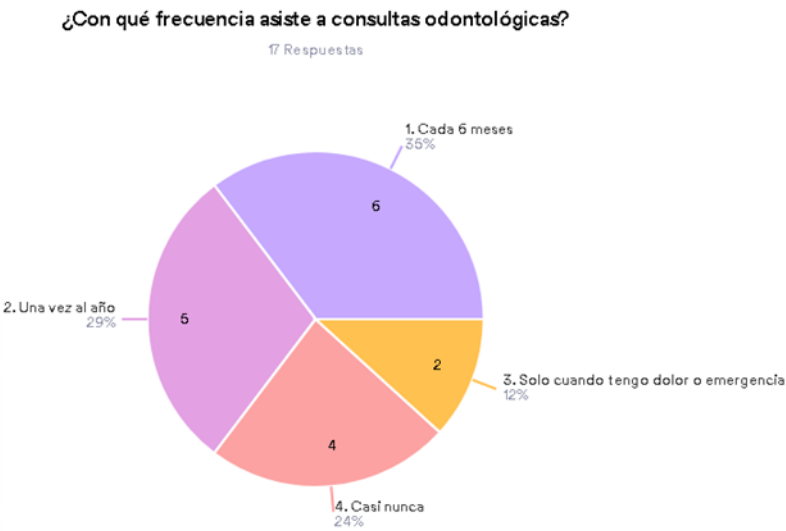
Figura 5
Diagrama de barras. Forma de comunicación durante la consulta.



Nota: Elaboración propia.

Figura 6

Diagrama de barras. Frecuencia de consulta.



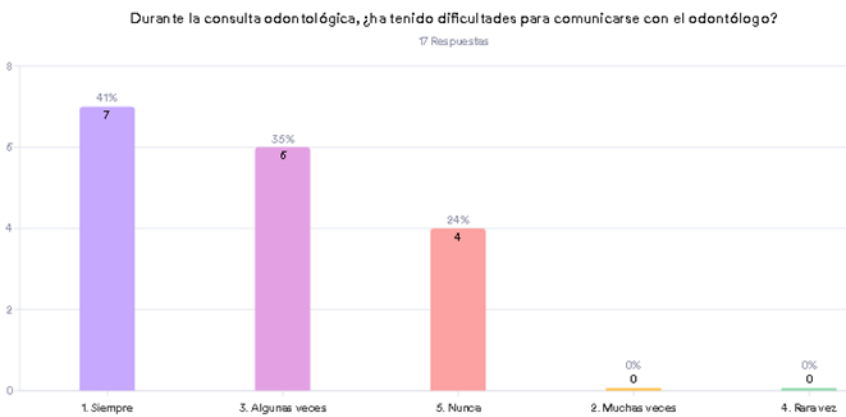
Nota: Elaboración propia.

El 59% de los participantes utiliza LSC como principal forma de comunicación, mientras que el 35% emplea lectura labial. Durante la consulta odontológica, el 53% depende de terceros (intérprete o acompañante), el 24% utiliza lectura labial y el 18% comunicación escrita, también se evidencia una moderada frecuencia de asistencia a consultas odontológicas, ya que la mayoría de los encuestados (35%) asisten cada 6 meses.

Barreras comunicativas

Figura 7

Diagrama de barras. Frecuencia de dificultades en la comunicación.



Nota: Elaboración propia.

Figura 8
Diagrama de barras. Tipos de barreras comunicativas.

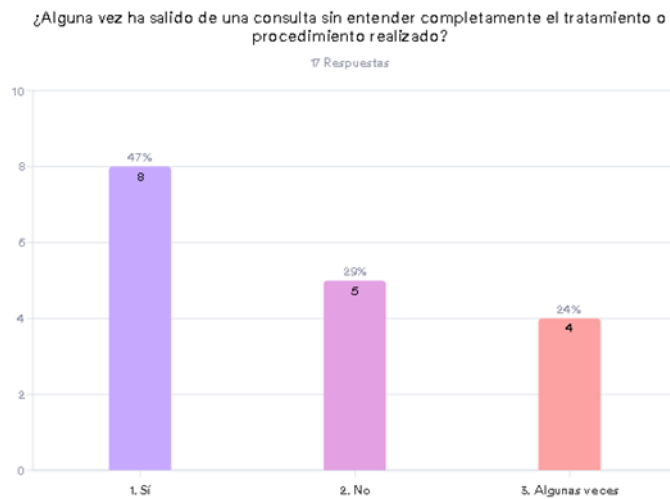


Nota: Elaboración propia.

El 41% de los encuestados reporta que siempre presenta dificultades de comunicación, mientras que el 35% las experimenta algunas veces. Las principales barreras identificadas corresponden a la falta de comprensión de las explicaciones del odontólogo (23%), limitaciones en la comunicación en LSC sin mediación (23%), poco tiempo de consulta para lograr una comunicación bilateral (19%) y ausencia de apoyo visual (15%).

Impacto en la atención

Figura 9
Diagrama de barras. Comprensión del tratamiento y/o procedimiento.



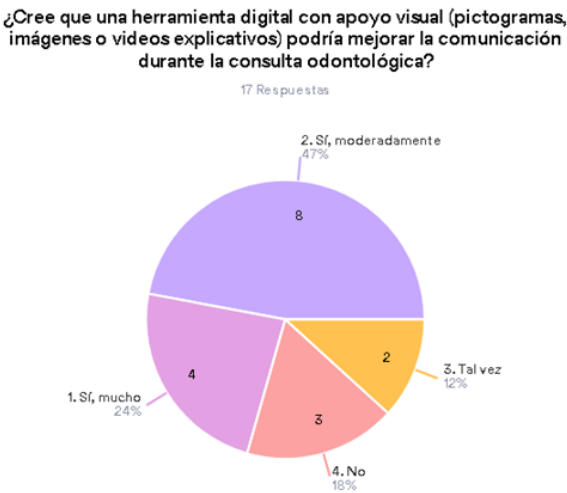
Nota: Elaboración propia.

El 47% de los participantes indica que ha salido de consultas sin comprender completamente el tratamiento, mientras que el 24% señala que esto ocurre algunas veces.

Percepción de soluciones

Figura 10

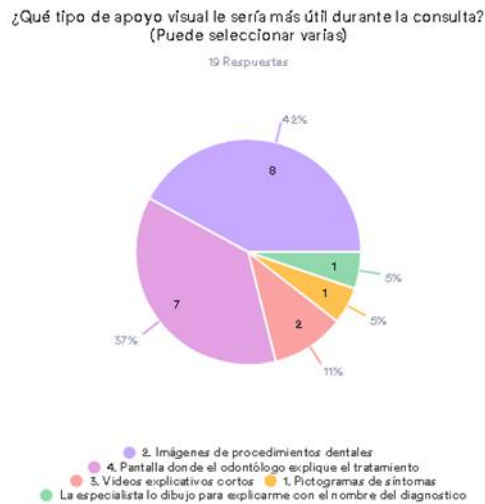
Diagrama de barras. Percepción sobre utilidad de herramienta digital.



Nota: Elaboración propia.

Figura 11

Diagrama de barras. Tipo de apoyo visual preferido.



Nota: Elaboración propia.

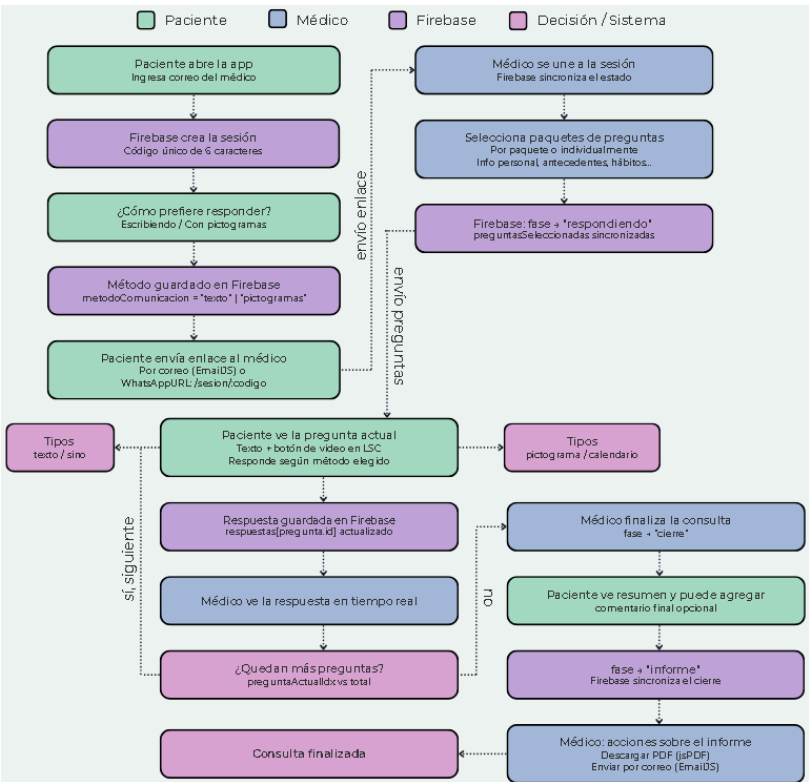
El 71% considera que una herramienta digital con apoyo visual podría mejorar la comunicación. Los recursos más valorados son imágenes de procedimientos dentales (42%) y pantallas explicativas durante la consulta (37%).

Resultado 3: Diagrama de flujo del funcionamiento de plataforma digital propuesta

A partir de las barreras identificadas en el proceso actual y los resultados de la encuesta aplicada, se diseñó el flujo de funcionamiento de la plataforma digital orientada a apoyar la anamnesis odontológica en pacientes con discapacidad auditiva. Como resultado, se obtiene la figura 11, en la cual se representa la interacción entre paciente y odontólogo mediante el uso de recursos visuales.

Figura 12

Diagrama de flujo del uso de plataforma digital asistiva en la anamnesis odontológica.



Nota: Elaboración propia.

Figura 13
Flujo de uso del prototipo de plataforma digital asistiva en la anamnesis odontológica.



Nota: Elaboración propia.

Resultado 4: Primera prueba piloto del prototipo de comunicación asistiva

Con el fin de evaluar la funcionalidad y usabilidad inicial del prototipo, se realizó una prueba piloto con la participación de 5 PDA. A los participantes se les proporcionó un conjunto de datos simulados correspondientes a una anamnesis parcial (incluyendo identificación, motivo de consulta, antecedentes médicos, última visita al odontólogo, hábitos e higiene oral), los cuales debían diligenciar a través de la plataforma digital. El proceso incluyó el envío del enlace de la herramienta al profesional de salud mediante correo electrónico, simulando el flujo real de uso.

Posteriormente, se realizó una encuesta de satisfacción. Se categorizaron las tres preguntas: “¿Cómo te sentiste al usar una plataforma digital?” [Experiencia de usuario]; “¿La plataforma digital te ayudó a comunicarte mejor con el médico odontólogo?” [Comunicación]; “¿la plataforma la recomendarías a otras personas?” [Satisfacción].

Figura 14
Promedios de exactitud, eficiencia y tiempos de registro. 1ra prueba piloto.



Nota: Elaboración propia.

Figura 15

Gráfico de nivel de percepción calificada por caso. 1ra prueba piloto.



Nota: Elaboración propia.

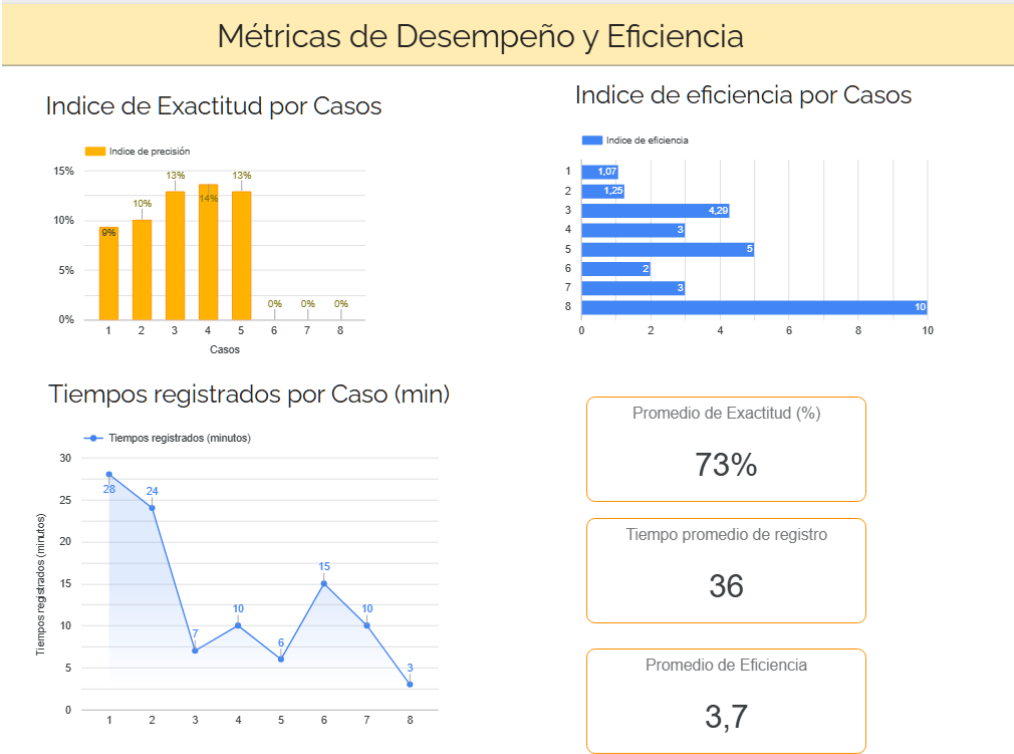
Resultado 5: Segunda prueba piloto del prototipo de comunicación asistiva

Con el propósito de continuar evaluando la usabilidad y funcionalidad del prototipo en un entorno de interacción más cercano al uso real, se realizó una segunda prueba piloto con la participación de 9 PDA. Al igual que en la primera prueba, los participantes debían diligenciar una anamnesis parcial mediante el uso de datos simulados previamente suministrados.

Finalmente, se aplicó una encuesta de satisfacción. Se categorizaron las tres preguntas: “¿Cómo te sentiste al usar una plataforma digital?” [Experiencia de usuario]; “¿La plataforma digital te ayudó a comunicarte mejor con el médico odontólogo?” [Comunicación]; “¿la plataforma la recomendarías a otras personas?” [Satisfacción].

Figura 16

Promedios de exactitud, eficiencia y tiempos de registro. 2da prueba piloto.



Nota: Elaboración propia.

Figura 17
Gráfico de nivel de percepción calificada por caso. 2da prueba piloto.



Nota: Elaboración propia.

Análisis de resultados

Resultado 1: Flujo actual de anamnesis odontológica en pacientes con discapacidad auditiva

En la figura 2 se evidencian retrasos en el proceso de anamnesis en ambas ramificaciones (con y sin acompañante o intérprete), debido principalmente a las dificultades en la comunicación entre el PDA y el médico odontólogo. Aunque contar con un intérprete o acompañante facilita el intercambio de información, no elimina los tiempos muertos que se generan durante la mediación comunicativa.

Por otro lado, cuando el paciente no cuenta con apoyo, se intensifican las barreras de comunicación, lo que puede generar incomprensión del procedimiento, errores en la recolección de información clínica y una experiencia insatisfactoria. Esto evidencia una limitación estructural del proceso actual, en el que la comunicación depende de terceros o de estrategias no estandarizadas, afectando la eficiencia y calidad de la atención.

Resultado 2: Percepción de usuarios con discapacidad auditiva

Los resultados evidencian una baja autonomía comunicativa, dado que el 53% de los usuarios depende de terceros durante la consulta, a pesar de que la mayoría utiliza LSC como forma principal de comunicación. Esto indica una desconexión entre las capacidades comunicativas del paciente y los mecanismos disponibles en el entorno clínico.

Asimismo, se identifica una alta frecuencia de barreras comunicativas, reportadas de forma constante por el 76% de los participantes. Las principales dificultades se relacionan con la comprensión de la información médica y la ausencia de recursos visuales, lo que sugiere deficiencias en la adaptación del servicio a las necesidades de esta población. En términos de impacto, el hecho de que el 71% de los usuarios no comprenda

completamente el tratamiento recibido evidencia una afectación directa en la calidad de la atención, particularmente en procesos de información y toma de decisiones.

Finalmente, la aceptación de herramientas digitales (71%) y la preferencia por recursos visuales estructurados evidencian una disposición favorable hacia el uso de apoyos tecnológicos en la atención odontológica de PDA, lo que sugiere el potencial de este tipo de herramientas para mejorar la comunicación en este contexto.

Resultado 3: Diagrama de flujo del funcionamiento de plataforma digital propuesta

En el flujo propuesto en la figura 11 se observa la integración de la herramienta digital en el proceso de anamnesis, incorporando recursos visuales para apoyar la comunicación entre paciente y profesional.

Resultado 4: Primera prueba piloto del prototipo de comunicación asistiva

Los resultados de la prueba piloto evidencian que la plataforma es funcional y permite completar el proceso de registro de información de manera estructurada. El uso de recursos visuales (como videos con intérprete y opciones gráficas de respuesta) facilitó la comprensión de las preguntas por parte de los participantes.

No obstante, se identificaron oportunidades de mejora relacionadas principalmente con la usabilidad de la plataforma. Entre ellas, la necesidad de simplificar las instrucciones iniciales dirigidas al usuario, especialmente en el proceso de envío del enlace al profesional de salud. Asimismo, se identificó la necesidad de mejorar la representación gráfica en la localización del dolor, mediante la inclusión de íconos más específicos que permitan una mayor exactitud en la comunicación (por ejemplo, diferenciación por zonas como superior, inferior, derecha e izquierda).

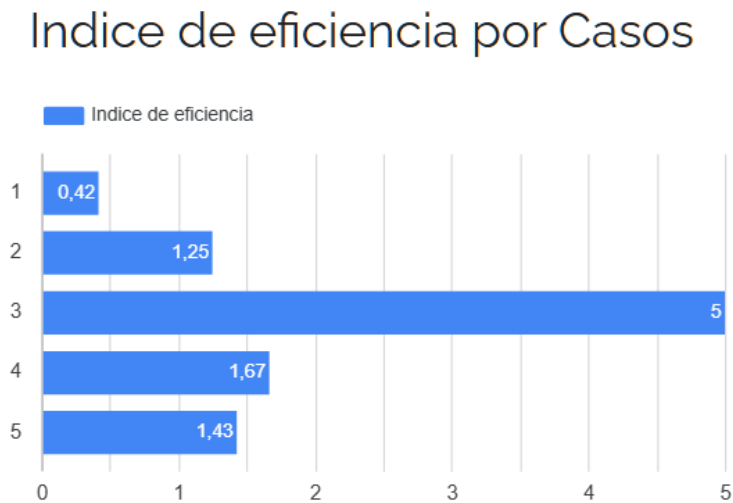
Los resultados obtenidos durante la prueba piloto fueron procesados y analizados mediante la herramienta Data Studio, permitiendo visualizar indicadores de exactitud, eficiencia y tiempos de registro.

Figura 18
Gráfico de exactitud. Primera prueba piloto.



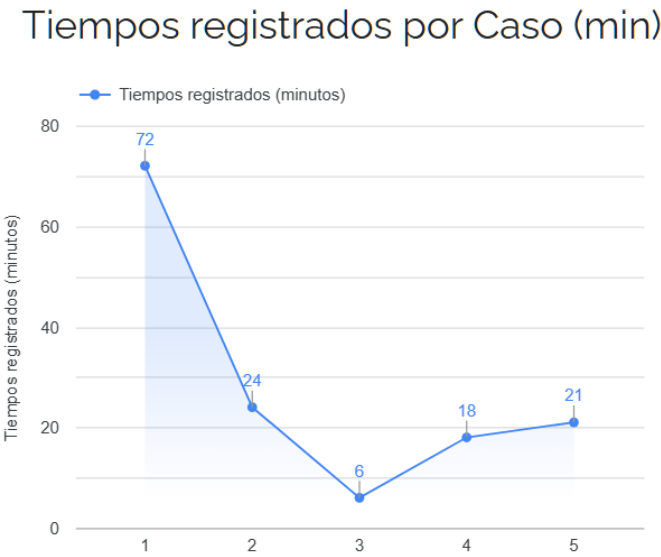
Nota: Elaboración propia.

Figura 19
Gráfico de eficiencia. Primera prueba piloto.



Nota: Elaboración propia.

Figura 20
Gráfico de tiempos registrados durante la prueba por caso. Primera prueba piloto.



Nota: Elaboración propia.

Figura 21
Promedios de exactitud, eficiencia y tiempos de registro. Primera prueba piloto.



Nota: Elaboración propia.

Dentro de los resultados esperados para la primera prueba piloto, como lo muestra la Figura 21, se identificó una exactitud promedio de respuesta del 63%, evidenciando un nivel favorable de interacción y comprensión de la plataforma. En relación con la eficiencia, se obtuvo un índice promedio de eficiencia de 1,95, indicando cumplimiento del tiempo objetivo establecido para la actividad (30 minutos). Se registró entonces, un tiempo promedio de diligenciamiento de 28 minutos, que se considera adecuado para el alcance de la prueba piloto.

De manera complementaria, la encuesta de satisfacción evidenció una percepción altamente positiva frente al uso de la herramienta. El 100% de los participantes manifestó sentirse muy bien al utilizar la plataforma, mientras que el 80% indicó que esta mejoró significativamente la comunicación con el odontólogo y el 100% afirmó que la recomendaría a otras personas. Lo que evidencia una aceptación inicial favorable del prototipo por parte de los usuarios.

En general, los resultados indican que el prototipo es viable como herramienta de apoyo en la comunicación durante la anamnesis odontológica.

Resultado 5: Segunda prueba piloto del prototipo de comunicación asistiva

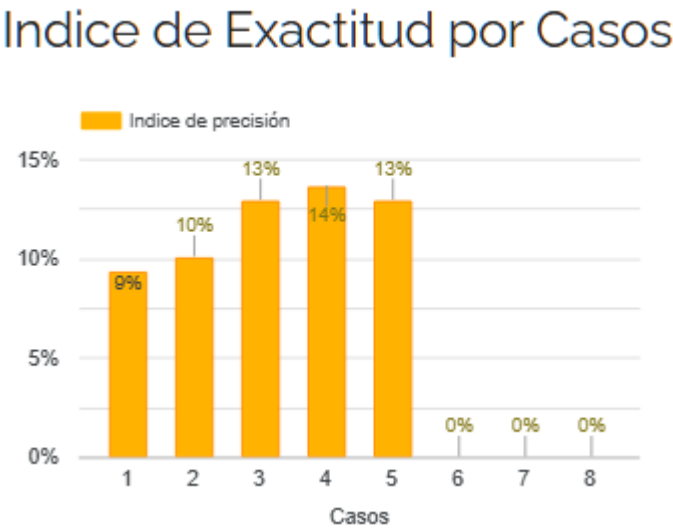
Durante el desarrollo de la actividad se identificaron diferentes comportamientos relacionados con la interacción de los usuarios con la plataforma. Entre las principales situaciones observadas se encontró la dificultad de algunos participantes para diferenciar los datos simulados de su información personal al momento de diligenciar las respuestas.

De igual manera, se evidenciaron inconvenientes en la navegación de ciertos elementos de la interfaz, en algunos casos, los participantes no lograban identificar de

inmediato cómo cerrar la ventana emergente del video en LSC para continuar con el diligenciamiento, mientras que otros realizaron múltiples intentos al presionar el botón de envío del enlace al profesional de salud. También se observaron dinámicas de apoyo entre los participantes, en las que algunos intervenían en el proceso de respuesta de sus compañeros.

Los resultados obtenidos durante la prueba piloto fueron procesados y analizados mediante la herramienta Data Studio, permitiendo visualizar indicadores de exactitud, eficiencia y tiempos de registro.

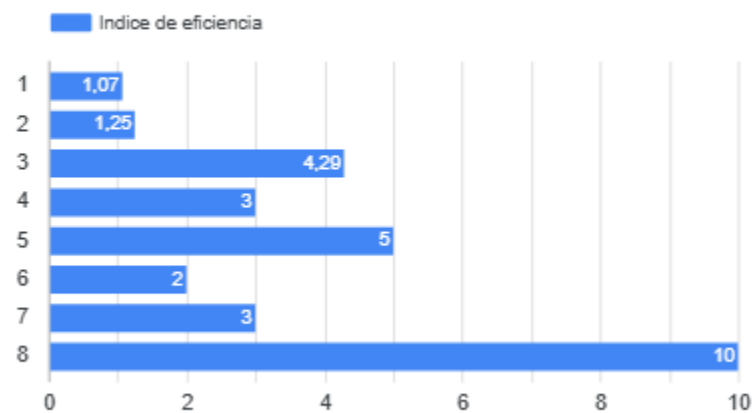
Figura 22
Gráfico de exactitud. Segunda prueba piloto.



Nota. Elaboración propia.

Figura 23
Gráfico de eficiencia. Segunda prueba piloto.

Indice de eficiencia por Casos



Nota. Elaboración propia

Figura 24

Gráfico de tiempos registrados durante la prueba por caso. Segunda prueba piloto.

Tiempos registrados por Caso (min)



Nota. Elaboración propia.

Figura 25
Promedios de exactitud, eficiencia y tiempos de registro. Segunda prueba piloto.



Nota. Elaboración propia

Dentro de los resultados esperados para la primera prueba piloto, como lo muestra la Figura 25, se identificó una exactitud promedio de respuesta del 73%, evidenciando un nivel favorable de interacción y comprensión de la plataforma. En relación con la eficiencia, se obtuvo un índice promedio de eficiencia de 3,7. Se registró entonces, un tiempo promedio de diligenciamiento de 36 minutos, que se considera un poco alto para el alcance de la prueba piloto.

De manera complementaria, la encuesta de satisfacción evidenció una percepción positiva frente al uso de la herramienta. El 89% de los participantes manifestó sentirse muy bien al utilizar la plataforma, mientras que el 11% indicó sentirse de manera normal

durante la experiencia de uso. Asimismo, el 67% señaló que la herramienta contribuyó de alguna manera a mejorar la comunicación con el odontólogo y el 33% indicó que la mejoró significativamente. Por último, el 100% de los participantes afirmaron que recomendaría la plataforma a otras personas, evidenciando una aceptación favorable por parte de los usuarios.

Propuesta de solución a la problemática

[1] Situación actual

El proceso de anamnesis odontológica en PDA presenta limitaciones de estructura asociadas principalmente a barreras en la comunicación. Como se evidenció en el análisis del flujo actual, la interacción entre paciente y médico odontólogo depende en una amplia medida de la comunicación verbal o de la mediación de terceros, lo que genera retrasos en el proceso y tiempos muertos durante la consulta.

Adicionalmente, los resultados de la encuesta muestran que hay una baja autonomía comunicativa, dado que el 55% de los usuarios depende de acompañantes o intérpretes y, que hay una alta frecuencia de barreras de comunicación, reportadas por el 67% de los participantes. Estas dificultades se relacionan principalmente con la falta de comprensión de la información médica y la ausencia de recursos visuales adecuados.

Tomando en cuenta lo anterior, se identifica una afectación en la calidad de la atención, reflejado en el 67% de los usuarios que indicaron no comprender completamente el tratamiento recibido, lo que impacta en la toma de decisiones y la experiencia del paciente.

[2] Oportunidades

A partir de los resultados obtenidos, se identifican oportunidades de mejora enfocadas en optimizar la comunicación durante el proceso de anamnesis mediante la implementación de herramientas accesibles. En particular, se evidencia una actitud y disposición favorable hacia el uso de soluciones digitales, con un 66% de aceptación por parte de los usuarios, así como una clara preferencia por recursos visuales, como imágenes de procedimientos y apoyos explicativos durante la consulta. Esto respalda la conveniencia de incorporar elementos visuales estructurados que faciliten la comprensión de la información clínica.

Asimismo, los hallazgos de la prueba piloto indican que el uso de videos con intérprete y opciones gráficas de respuesta mejora la comprensión de las preguntas y la interacción con la plataforma, lo que refuerza el potencial de este tipo de soluciones como apoyo en los procesos de comunicación.

[3] Propuesta de solución

En respuesta a la problemática identificada, se propone el desarrollo de una plataforma digital asistiva orientada a apoyar el proceso de anamnesis odontológica en PDA, mediante la integración de recursos visuales y herramientas de comunicación accesibles.

La solución planteada organiza la recolección de información clínica a través de preguntas guiadas, acompañadas de videos con intérprete en Lengua de Señas Colombiana (LSC) y opciones de respuesta gráficas, facilitando así la comprensión por parte del paciente. Además, la plataforma contempla la posibilidad de compartir la información registrada con el profesional de salud antes de la consulta, optimizando el tiempo de atención y reduciendo la dependencia de terceros.

De este modo, la propuesta promueve la autonomía del paciente, reduce las barreras comunicativas y fortalece la calidad del proceso de atención, alineándose con el objetivo general del proyecto. Así pues, los resultados obtenidos permiten corroborar preliminarmente la hipótesis planteada, al demostrar que la implementación de una herramienta digital asistiva basada en recursos visuales puede contribuir significativamente a mejorar la comunicación entre PDA y profesionales de la salud, optimizando así la calidad y eficiencia del proceso de anamnesis odontológica.

Discusión

Los resultados obtenidos en esta investigación confirman que las barreras comunicativas en la atención odontológica a PDA constituyen un problema estructural, tal como se plantea en el marco teórico. En particular, la alta dependencia de terceros y las dificultades en la comprensión de la información clínica ponen en evidencia una limitada accesibilidad comunicativa, coincidiendo con lo expuesto por Jiménez (2016) y Fuentes et al. (2024), quienes identifican la comunicación como una de las principales barreras en el acceso a servicios de salud para esta población.

En esta misma línea, la limitada comprensión del tratamiento y la presencia de tiempos muertos durante el proceso de anamnesis permiten observar que estas barreras no solo inciden en la experiencia del paciente, sino también en la eficiencia del servicio, como lo plantea el enfoque de optimización de procesos en salud. En la práctica, esto puede traducirse en reprocesos, posibles errores en la recolección de información y, en consecuencia, en una disminución de la calidad de la atención, aspectos que ya han sido señalados en la literatura.

Por otro lado, la aceptación de herramientas digitales y la preferencia por recursos visuales sugiere que el uso de tecnologías asistivas es una alternativa pertinente para abordar estas limitaciones. Este hallazgo es coherente con estudios previos como los de Özkaya et al. (2026) y Pérez et al. (2021), donde se demuestra que las aplicaciones móviles pueden mejorar la comprensión de la información clínica y facilitar la comunicación durante la consulta odontológica.

En relación con las pruebas piloto, los resultados muestran una alta aceptación por parte de los usuarios y una mejora percibida en la comunicación, lo que coincide con

tendencias identificadas en el estado del arte, donde se destaca que las soluciones tecnológicas basadas en diseño centrado en el usuario y en el uso de recursos visuales tienden a mejorar la experiencia del paciente. Además, el uso de videos con intérprete y opciones gráficas de respuesta se alinea con los principios de accesibilidad comunicativa y diseño inclusivo planteados en el marco teórico, especialmente en lo relacionado con la reducción de la carga cognitiva y la mejora en la comprensión de la información (Castro, 2016; Torres et al., 2024).

Sin embargo, también se identifican limitaciones que han sido señaladas en estudios previos, como la necesidad de mejorar aspectos de usabilidad y las dificultades para integrar estas herramientas en contextos reales de atención. En este sentido, los ajustes resultantes de las pruebas piloto, como la simplificación de instrucciones y la mejora en la representación gráfica, coinciden con los vacíos reportados en la literatura respecto a la implementación práctica de este tipo de soluciones.

Los hallazgos de esta investigación aportan evidencia preliminar sobre la viabilidad de incorporar herramientas digitales asistivas en el proceso de anamnesis odontológica, contribuyendo no solo a la mejora de la comunicación, sino también a la optimización del proceso de atención. De este modo, el estudio no solo confirma problemáticas previamente identificadas, sino que también propone una solución aplicada que responde a los vacíos existentes en la literatura, especialmente en el contexto colombiano.

Finalmente, para futuros estudios se recomienda ampliar el tamaño de la muestra e implementar pruebas en entornos clínicos reales con participación directa de profesionales en odontología. Durante las pruebas piloto se identificó que el uso de datos simulados

generó confusión en algunos participantes, dificultando parcialmente la interacción con la plataforma y el diligenciamiento de la información. En este sentido, una implementación en un contexto real de atención podría favorecer una experiencia de uso más natural, facilitando la comprensión del flujo de la herramienta y permitiendo evaluar de manera más precisa su impacto en la comunicación clínica.

Plan de divulgación

El proyecto de grado busca impulsar sus resultados más allá del contexto académico mediante una estrategia de divulgación enfocada en fortalecer, validar y ampliar el alcance de la solución propuesta. Considerando su enfoque social, tecnológico e inclusivo, se eligió la postulación del prototipo al programa EAN Impacta, específicamente al evento EAN Science 2 Venture, como la ruta de divulgación más adecuada.

La elección de esta ruta se fundamenta en que el proyecto no solo representa una solución tecnológica, sino también una iniciativa con potencial de generar impacto social en el sector salud, especialmente en la atención odontológica a personas con discapacidad auditiva en Colombia. El prototipo desarrollado (C.S.B) permitió validar su funcionamiento en un entorno cercano al contexto de uso real, alcanzando un nivel de madurez tecnológica aproximado a un TRL 6, gracias a las pruebas piloto realizadas y procesos de validación preliminares con usuarios.

Con esta visión, el proyecto busca posicionarse como una iniciativa con potencial de crecimiento institucional y empresarial, contemplando a futuro la posibilidad de conformar una Spin Off con el acompañamiento de la Universidad EAN, así como el registro del software y de la documentación asociada ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor, con el fin de proteger la propiedad intelectual derivada del trabajo desarrollado por las integrantes del proyecto.

Propuesta de valor

La propuesta de valor ofrece una herramienta digital asistiva que facilite la comunicación entre profesionales odontológicos y pacientes con discapacidad auditiva, contribuyendo a reducir barreras de acceso y promoviendo entornos de atención más inclusivos. Así, la solución busca disminuir las dificultades comunicativas presentes en procesos como la anamnesis, optimizando la experiencia tanto de los pacientes como de los profesionales de salud.

Nicho objetivo

El nicho objetivo inicial está conformado por entidades del sector salud, entre ellas EPS, IPS y consultorios odontológicos interesados en fortalecer sus prácticas de inclusión y accesibilidad. Igualmente, el proyecto podría despertar interés en instituciones académicas, organizaciones enfocadas a la población con discapacidad e iniciativas de innovación social y tecnológica.

Para llevar a cabo esta estrategia, el equipo plantea acciones como la inscripción del proyecto en el evento EAN Science 2 Venture, la preparación del material técnico y audiovisual requerido para presentar el prototipo, el fortalecimiento de las evidencias obtenidas durante las pruebas piloto y la consolidación de una estrategia inicial de visibilidad digital mediante redes sociales creadas para divulgar el propósito, alcance e impacto de la iniciativa.

El desarrollo de tales actividades requerirá acompañamiento institucional de la Universidad EAN, especialmente desde áreas relacionadas con innovación, emprendimiento y propiedad intelectual. Se contempla además la posibilidad de establecer alianzas con profesionales del sector odontológico, organizaciones relacionadas con la

discapacidad auditiva y entidades interesadas en implementar herramientas inclusivas en servicios de salud.

Cronograma

El cronograma propuesto contempla las siguientes fechas tentativas:

- 28 de mayo: Subir nuestra propuesta en el formulario de inscripción del evento Ean Science 2venture.
- 29 de mayo: Registrar el prototipo y su documentación en la Dirección Nacional de Derechos de Autor a nombre de las tres integrantes del proyecto.
- 29 de junio: Inicio del acompañamiento.
- 25 de junio: Implementar la tercera prueba piloto con más robustes.
- 1 julio: Creación de redes sociales para la divulgación del proyecto.

Por último, se espera que este proceso permita incrementar la visibilidad del proyecto, fortalecer su validación técnica y social, generar oportunidades de articulación con actores externos y consolidar una ruta de crecimiento que favorezca la transferencia de conocimiento y el desarrollo de soluciones inclusivas aplicadas al sector salud.

Conclusiones

La presente investigación permitió diseñar, desarrollar e implementar un prototipo digital asistivo orientado a optimizar el proceso de atención odontológica para PDA en Colombia, dando cumplimiento al objetivo general planteado. A partir del análisis del proceso actual de atención, se evidenció que las barreras comunicativas representan una problemática significativa dentro del contexto odontológico, afectando tanto la comprensión de la información clínica como la eficiencia del servicio. Los participantes reportaron que experimentan dificultades frecuentes de comunicación y dependencia de terceros durante la consulta, lo que confirma la necesidad de implementar alternativas accesibles que favorezcan una interacción más autónoma e inclusiva.

En relación con el primer objetivo específico, se identificaron múltiples puntos críticos asociados al proceso de anamnesis odontológica, principalmente relacionados con la limitada comprensión de los tratamientos, la ausencia de herramientas de comunicación adaptadas y la generación de reprocesos durante la atención. Lo identificado durante el estudio también ha sido reportado en investigaciones previas, especialmente en relación con las dificultades de comunicación en las consultas. De igual manera, se identificó una percepción favorable hacia el uso de herramientas digitales con apoyo visual dentro del proceso de atención odontológica. Sin embargo, durante las pruebas piloto algunos participantes manifestaron inicialmente cierta incertidumbre frente al uso práctico de la plataforma.

El desarrollo del prototipo permitió construir una herramienta funcional basada en principios de accesibilidad y diseño integral. El uso de recursos visuales, videos en LSC y

opciones gráficas de respuesta facilitó la comprensión de las preguntas por parte de los participantes. Esto indica que la integración de elementos visuales dentro del proceso de anamnesis puede contribuir significativamente a reducir parte de los problemas de comunicación presentes en la atención odontológica.

En cuanto a la implementación y validación del prototipo mediante pruebas piloto, los resultados obtenidos permitieron validar de manera preliminar la hipótesis planteada en la investigación. La percepción positiva del 93% de los participantes, junto con el hecho de que el 100% recomendaría el uso de la herramienta y que el 50% reportó una mejora en la comunicación, demuestra que el prototipo tiene potencial para optimizar la interacción clínica entre profesionales odontológicos y PDA. Durante las pruebas se identificaron oportunidades de mejora relacionadas principalmente con aspectos de usabilidad, como la simplificación de instrucciones, la navegación de ciertos elementos de la interfaz y la precisión de algunos recursos gráficos. Estos hallazgos resultan relevantes, ya que muestran la importancia de continuar realizando ajustes y validaciones con participación de los usuarios.

Después de interactuar con el prototipo, se evidenció una alta aceptación y satisfacción con la herramienta, reflejada en la percepción positiva de los usuarios y en la disposición total a recomendar su uso. Los resultados muestran que este tipo de herramientas pueden ser aceptadas por los usuarios cuando su diseño facilita la interacción y comprensión de la información.

Los resultados sugieren que las herramientas digitales asistivas pueden ser incorporadas de manera viable en los procesos de atención odontológica en Colombia. Además de contribuir a la mejora de la comunicación, la plataforma desarrollada

representa una alternativa con potencial para optimizar tiempos de atención, disminuir reprocesos y hacer el proceso de atención más comprensible para las PDA. Además de identificar problemas ya descritos en otros estudios, la investigación permitió plantear una solución aplicada orientada a responder a necesidades reales de esta población. De igual forma, el enfoque que se desarrolló presenta potencial para adaptarse a otras especialidades médicas donde se presenten limitaciones similares en la comunicación durante los procesos de atención.

No obstante, el estudio tuvo limitaciones relacionadas con el tamaño de la muestra, el uso de datos simulados durante las pruebas piloto y la ausencia de implementación en entornos clínicos reales. Estas condiciones pudieron influir en algunos comportamientos observados durante la interacción con la plataforma y limitan la posibilidad de generalizar completamente los resultados obtenidos. Para futuras investigaciones sería importante ampliar la muestra, incorporar profesionales odontológicos en escenarios reales de atención y evaluar el impacto de la herramienta en variables operativas y clínicas específicas. Además, se considera pertinente continuar fortaleciendo aspectos de usabilidad y accesibilidad para mejorar la experiencia de interacción y favorecer una adopción más efectiva de este tipo de tecnologías en el sector salud.

En conclusión, el uso del prototipo desarrollado mostró resultados favorables que respaldan la hipótesis planteada y evidencian el potencial de este tipo de soluciones para contribuir al desarrollo de procesos de atención más eficientes e integrales para los pacientes dentro del sistema de salud colombiano.

Referencias bibliográficas

- Ayala, S., Brand, J., Piedrahita, J & Varón, Y. (2021, 9 de junio). *Signs to the rescue: Estrategias para una Comunicación Asertiva a Personal de Primera Respuesta en el Abordaje de Pacientes con Discapacidad Auditiva en Trauma*. UNAC.
Recuperado de <https://repository.unac.edu.co/handle/11254/1112>
- Barreto, A., & Amores, S. (2012, 10 de enero). *El uso del software de transcripción lingüística ELAN en el análisis de la interpretación de lengua de señas colombiana en el contexto universitario*. Mutatis Mutandis. Revista Latinoamericana De Traducción, 5(2), 295–319. <https://doi.org/10.17533/udea.mut.13066>
- Caiza, J., & Villalba, K. (2019, 11 de julio). *Estrategia inclusiva mediada por TIC para el mejoramiento de la comunicación de personas en condición de discapacidad auditiva y vocal*. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E23), 184-193. https://ocw.uca.es/pluginfile.php/5776/mod_folder/content/0/out.pdf
- Castrillón, J., Arango, D., & Echavarría, C (2024, 9 de noviembre). *Población sorda en Colombia: ¿Relegados del sistema de salud?* SciELO. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-55522024000300684&script=sci_arttext
- Castro, P. (2016, 12 de mayo). *Usabilidad web y la experiencia de usuario*. UDLA.
Recuperado de <https://revistatd.azc.uam.mx/index.php/rtd/article/view/10/33>
- Correa, M., Sánchez, J., Fernández, F., & Niño, J. A. (2025, 31 de mayo). *Hearing impairment and teaching basic electronics concepts: An opportunity for educational inclusion in the classroom*. Gaceta Médica De Caracas, 133(Supl. 1), 84–95. https://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_gmc/article/view/30758

Díaz, J. (2010). *La accesibilidad a los medios de comunicación audiovisual a través del subtitulado y de la audiodescripción*. Imperial College London. Recuperado de

https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1539110/1/Access_InstiCervantes_10.pdf

FENASCOL. (s.f.). *Centro de relevo*. FENASCOL. Recuperado de

<https://fenascol.org.co/centro-de-relevo/>

Fernández, S., Cordero, J., & Córdoba, A. (2002). *Estadística Descriptiva (2ª ed)*. ESIC EDITORIAL. Recuperado de

<https://books.google.com.mx/books?id=31d5cGxXUnEC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

Fuentes, A. del R., Vázquez, N., Gutiérrez, A., Flores, B., Tenorio, H., Vivero, E &

Altamira, R. (2024, 9 de septiembre). *Experiencia vivida de las personas con discapacidad auditiva durante la atención sanitaria*. Revista Ciencias De La Salud.

<https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.13287>

Función Pública. (1996, 11 de octubre). Ley 324 de 1996. Gestor Normativo. Recuperado

de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=349>

Función Pública. (2005, 2 de agosto). Ley 982 de 2005. Gestor Normativo. Recuperado de

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=17283>

Función Pública. (2013, 27 de febrero). *Ley 1618 de 2013*. Gestor Normativo. Recuperado

de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=52081>

Función Pública. (2015, 16 de febrero). Ley 1751 de 2015. Gestor Normativo. Recuperado

de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=60733>

- Guanoluisa, J., & Pachucho, A. (2024, 7 de octubre). *Métodos de evaluación en simulación clínica: revisión sistemática*. Revista Científica Arbitrada En Investigaciones De La Salud.
<https://journalgestar.org/index.php/gestar/article/view/118>
- Google Developers. (2018) *Curso intensivo de aprendizaje automático*. Recuperado de:
<https://developers.google.com/machine-learning/crash-course?hl=es-419>
- INSOR. (2023). *Tablero de control. Estadísticas Población Sorda DANE ECV 2023*.
INSOR. Recuperado de <https://www.insor.gov.co/insorlab/tablero-de-control/>
- INSOR. (2024, 6 de julio). *Pregunta frecuente: ¿Cuántas personas sordas tiene Colombia?* [Video]. YouTube.
<https://www.youtube.com/watch?v=knWoojCaurs&t=1s>
- Iubenda. (s.f.). *Principios del diseño inclusivo: Cómo crear experiencias digitales que funcionen para todos*. Iubenda. <https://www.iubenda.com/es/help/182759-principios-del-diseno-inclusivo-como-crear-experiencias-digitales-que-funcionen-para-todos/>
- Martins, M., Borges, M., Correa, R., & Gomes, C. (2024, 28 de junio). *LA COMUNICACIÓN NO VERBAL ENTRE PROFESIONALES DE LA SALUD EN UN SERVICIO DE ATENCIÓN DOMICILIARIA*. Ciencia y Enfermería.
<https://doi.org/10.29393/ce30-8cnmc40008>
- Jiménez, E. (2016, 12 de julio). *Impacto psicosocial de los productos y tecnologías de apoyo para la comunicación en personas con discapacidad auditiva y personas*

sordas [Tesis de doctorado]. Universidad De Salamanca.

<https://sid.usal.es/idocs/F8/FDO27380/JimenezArberas.pdf>

Ministerio de Cultura Argentina. (2023, 26 de octubre). *Sistema de Pictogramas*

Accesibles [PDF]. IBERMUSEOS. [https://www.iber museos.org/wp-](https://www.iber museos.org/wp-content/uploads/2023/10/manual-sistema-de-pictogramas-accesible-final-26-10-23.pdf)

[content/uploads/2023/10/manual-sistema-de-pictogramas-accesible-final-26-10-23.pdf](https://www.iber museos.org/wp-content/uploads/2023/10/manual-sistema-de-pictogramas-accesible-final-26-10-23.pdf)

Montes, D., Montenegro, C., & Gaona, P. (2023). *Modelo SIG con uso de realidad*

aumentada (RA) para usuarios con discapacidad auditiva que acuden a servicios sanitarios. Revista Ontare.

<https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revistao/article/view/3655>

Palencia, H. (2024, 7 de agosto). *Estadísticas de población con discapacidad auditiva.*

Bionics Hearing. Recuperado de

<https://bionicshearing.com.co/blogs/noticias/estadisticas-de-poblacion-con-discapacidad-auditiva>

Pérez, B., Sánchez, L., & Grandas, A. (2021, 13 de julio). *Dentiseñas-Colombia, prototipo*

de una App para facilitar la comunicación Odontólogo- Persona con Discapacidad Auditiva. CES Odontología. Recuperado de

[https://www.researchgate.net/publication/349196127_Dentisenas-](https://www.researchgate.net/publication/349196127_Dentisenas-Colombia_prototipo_de_una_App_para_facilitar_la_comunicacion_Odontologo-Persona_con_Discapacidad_Auditiva)

[Colombia_prototipo_de_una_App_para_facilitar_la_comunicacion_Odontologo-Persona_con_Discapacidad_Auditiva](https://www.researchgate.net/publication/349196127_Dentisenas-Colombia_prototipo_de_una_App_para_facilitar_la_comunicacion_Odontologo-Persona_con_Discapacidad_Auditiva)

Peña, A., Salamanca, B., Calderón, L., Peña, L & Mopán, Y. (2024, 3 de diciembre).

Tecnologías de asistencia aplicadas a adultos con discapacidad auditiva: mejoras

en farmacovigilancia en el departamento del Huila. “Revisión temática”. UNAD.

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/64979>

Rodrigues, K. (2024, 12 de julio). *Anamnese e plano de cuidados em saúde bucal:*

Desafios e potências na formação odontológica. Universidade Christus.

<https://repositorio.unichristus.edu.br/jspui/handle/123456789/1823>

Santana, A., & Freire, A. (2019, 10 de marzo) *Perceptions of deaf subjects about*

communication in Primary Health Care. National Library of Medicine.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30916228/>

Salazar, S. (2025). *Tabla periódica en lengua de señas colombiana (LSC): Secuencia*

didáctica para estudiantes sordos. Recuperado de

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/89154>

Torres, A., Maldonado, J & Moreta, D. (2024, 11 de julio). *Sistema de comunicación de*

enfermería para la atención humanizada al paciente con discapacidad auditiva.

UNACH. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/13425>