

SINSEÑAS: Aplicación móvil para el aprendizaje y traducción del lenguaje de señas colombiano

SINSEÑAS: Mobile application for learning and translation of colombian sign language

Cristian F. Bravo Mosquera¹  Manuel F. Silva Joaqui²  Katerine Márceles Villalba³ 
Siler Amador Donado⁴ 

^{1,2}Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca, Faculty of Engineering, Computing Engineering Program, I+D in Computing Group, Popayán-Colombia

³Universidad de Antioquía, Faculty of Engineering, System Engineering Program, In2lab Group, Medellín-Colombia

⁴Universidad del Cauca, Faculty of Electronic Engineering and Telecommunications, System Engineering Program, Information Technology Research and Development Group (GTI), Popayán-Colombia

Resumen

La integración de herramientas tecnológicas como alternativas de comunicación, permite la inclusión de diferentes esfuerzos y desarrollo de capacidades humanas para disminuir la brecha comunicacional. El presente artículo permite visualizar el desarrollo de una alternativa tecnológica para interpretación y aprendizaje de lenguaje de señas, basándose en diferentes propuestas investigadas. Como resultado, se encontraron alcances y limitaciones que permiten definir métodos y herramientas para la interpretación, traducción y aprendizaje de lenguaje de señas usados. Además, el reconocimiento de la población que presenta una necesidad comunicacional y conocer las ventajas que brindará el despliegue de la herramienta en dispositivos móviles.

Abstract

The integration of technological tools as communication alternatives, allows the inclusion of different efforts and development of human capabilities to reduce the communication gap. This article allows visualizing the development of a technological alternative for interpretation and learning of sign language, based on different research proposals. As a result, scopes and limitations were found that allow defining methods and tools for interpretation, translation and learning of sign language used. In addition, the recognition of the population that presents a communicational need and to know the advantages that will provide the deployment of the tool in mobile devices.

Palabras clave: aprendizaje lenguaje de señas, traducción lenguaje de señas, brecha digital, herramientas móviles.

Keywords: sign language learning, sign language translation, digital divide, mobile tools.

¿Cómo citar?

Bravo, C. F., Silva, M.F., Villalba, K.M., Donado, S.A. SINSEÑAS: Mobile application for learning and translation of colombian sign language. Ingeniería y Competitividad. 2024, 26(1) e-21312815

<https://doi.org/10.25100/iyc.v26i1.12815>

Recibido: 19-02-23

Aceptado: 02-02-24

Correspondencia:

kmarceles@unimayor.edu.co

Este trabajo está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-No Comercial-CompartirIgual4.0.



Conflicto de intereses: ninguno declarado



¿Por qué se llevó a cabo?

Este trabajo se realiza con el objetivo de construir una herramienta que sirva de apoyo para que quienes no conocen la lengua de señas colombiana puedan aprenderla y comunicarse en tiempo real.

¿Cuáles fueron los resultados más relevantes?

Entre los resultados más relevantes estuvo poder construirlo bajo una plataforma móvil y poder hacer traducción simultánea, es decir en tiempo real, y la aceptación de los usuarios.

¿Qué aportan estos resultados?

Estos estudios plantean la necesidad de romper barreras comunicativas y la importancia de este tipo de herramientas que contribuyen a la inclusión.

Graphical Abstract

SINSEÑAS: Aplicación móvil para el aprendizaje y traducción del lenguaje de señas colombiano



Introducción

En la actualidad los avances que se presentan con relación a la tecnología han ido incrementando debido a la capacidad del ser humano. Los conocimientos y experiencias a lo largo de la vida han hecho posible generar alternativas de comunicación en virtud de la necesidad de interrelacionarse con personas que manejen diferentes idiomas, y en este caso, con personas sordomudas; estas alternativas a través de la inclusión de diferentes tipos de herramientas, mecanismos, servicios, entre otros, han permitido que se impulsen y aporten instrumentos a la sociedad enfocando sus esfuerzos en el bien común. La discapacidad auditiva se encuentra aproximadamente representada en un 5% de la población mundial, es decir 446 millones de personas, para ser más específicos dentro de Sur América; en este mismo sentido, el 1% de la población en Colombia, a partir de una muestra de 500.000 personas presentan sordera (1).

A partir de lo anterior, se encuentra la necesidad de disminuir la brecha de comunicación entre personas sordomudas y hablantes. Es por esto, que surge la propuesta de crear una aplicación que permita tener una alternativa de comunicación traduciendo el lenguaje de señas a texto desde un dispositivo móvil, basándose en puntos referentes identificados de la mano. Igualmente, permitiendo módulos donde se proporciona material de aprendizaje de libre acceso y con base en el reconocimiento inmaterial, cultural y lingüístico nacional colombiano.

Antecedentes

Para la realización de este trabajo se hizo necesario hacer una caracterización de diferentes proyectos que fuesen similares con el fin de tener referentes acerca de qué se ha hecho y qué no para poder llegar a la construcción de la propuesta que se presenta en este artículo, a continuación, se destacan los siguientes estudios:

En cuanto al artículo: *"Estrategia inclusiva mediada por TIC para el mejoramiento de la comunicación de personas en condición de discapacidad auditiva y vocal"*, publicado por los autores (2), presenta una herramienta tecnológica basada en una aplicación móvil dirigida a personas con discapacidad auditiva y vocal; su objetivo principal fue mejorar el proceso de comunicación entre personas que presentan este tipo de discapacidad frente a aquellas que no la padecen. Es importante destacar que esta estrategia trabajó con el lenguaje de señas basado en el alfabeto dactilológico colombiano. Este trabajo se tuvo como referente para fortalecer la base teórica y funcional en lo que respecta a la construcción estructural de la propuesta.

"Herramienta tecnológica disruptiva para la inclusión social en personas sordas", este artículo elaborado por (3), presenta una aplicación móvil dirigida a personas sordas, el fundamento de la aplicación es incrementar el nivel de comunicación entre personas sordas y personas oyentes; el cuál trabajó con el lenguaje de señas basado en el alfabeto dactilológico Colombiano, dando prioridad al lenguaje de las personas sordas; para así realizar una traducción al lenguaje castellano, es por ello que se incluye el uso del lenguaje abreviado a través de imágenes con movimiento y además se adicionan predicciones de texto en el teclado a través del uso de archivos con extensión .gif. Finalmente, se realizaron las pruebas respectivas de la aplicación de donde se obtuvieron algunas sugerencias como mejoras, que ya fueron aplicadas y ajustadas en la versión que se incluye en este trabajo.

"Sistema de conversión del lenguaje de signos indios mediante una aplicación Android", presentado por (4). Es un sistema que usa un modelo de color Hue, Saturación, intensidad HSV para el seguimiento y segmentación de las manos. Gracias a esto, fue posible hacer un entrenamiento de una red neuronal para la clasificación de datos. La aplicación captura imágenes de los gestos y en un alojamiento web se toman como entrada para realizar el procesamiento en la red neuronal. Del estudio de este proyecto, se pudo destacar el uso de la API REST para manejo de la información generada del escaneo de las imágenes; esto atendiendo a la necesidad de liberar el posible flujo considerable de datos procesados.

"Traductor de texto y voz a lengua de señas ecuatoriana a través de un avatar implementado para dispositivos Android", según los autores (5) el traductor tiene como finalidad constituirse en una herramienta de aprendizaje del lenguaje de señas ecuatoriano, y así ayudar a las personas sordomudos a que puedan comunicarse dentro de este núcleo familiar y su entorno. Este sistema tiene una interfaz amigable con un avatar de fisonomía humana el cual realiza las señas y los movimientos respectivos de 120 palabras de uso frecuente; este traductor ha sido desarrollado en Android Studio para ser ejecutado en dispositivos Android. En la pantalla principal del menú de la interfaz se tienen dos opciones de ingreso: por teclado de una (dos o tres palabras); o por reconocimiento de voz de una frase que contenga tres palabras, en ambos casos, se ha limitado la frase a 25 caracteres; se pretende entonces brindar una herramienta para contribuir al aprendizaje de personas sordomudas tanto niños como adultos y principalmente de quienes sin tener ningún tipo de discapacidad están interesados en aprender lenguaje de señas ecuatorianas LSEC de una manera entretenida y sencilla. No obstante, es importante entender que el lenguaje de señas como medio de comunicación, la implementación de tecnologías de identificación y traducción, permiten reducir las brechas comunicacionales, mejorar la calidad de vida de las personas y brindar un avance en la implementación de nuevas tecnologías

"Aplicación androide para favorecer la comunicación en lengua de señas cubanas", propuesta por (6). La aplicación androide elaborada para favorecer la comunicación en lengua de señas cubanas contentiva de 122 videos, nutre a las familias con niños con discapacidad auditiva de la escuela José Antonio Echevarría Bianchi, del vocabulario necesario para interactuar con sus hijos. Así mismo, les informa de las características que estos poseen, así como las reglas y estrategias para una mejor comunicación. Este trabajo se tomó como referente en cuanto a la estructura y organización de los contenidos con el fin de presentarlos de manera amena y llamativa para los usuarios.

"El prototipo de la aplicación móvil para el aprendizaje del Lenguaje de Señas Colombiano en Android" creado por el autor (7) ofrece acceso tanto a personas con o sin limitaciones auditivas. Se destaca por su enfoque didáctico, utilizando expresión gestual-espacial. La aplicación se distingue por crear 3 módulos con múltiples unidades de aprendizaje, a diferencia de otras investigaciones. La aceptación de la herramienta fue positiva. El proyecto se caracteriza por ser completo, educativo e inclusivo, priorizando un diseño intuitivo para la población con discapacidad auditiva. Este trabajo contribuyó la importancia de realizar un diseño que fuera práctico y fácil de usar para los usuarios.

Diseño de un guante electrónico para la interpretación y traducción del lenguaje de señas en personas con discapacidades auditivas utilizando tecnología Arduino y una interfaz de visualización a través de una aplicación Android por el autor (8). Este proyecto se caracteriza por emplear una metodología descriptiva para diseñar un guante electrónico que interpreta y traduce el lenguaje de señas usando tecnología Arduino y una interfaz de visualización en una aplicación Android. Este proyecto destaca la necesidad de reducir la brecha comunicativa.

El trabajo presentado por (9), titulado *"Aplicación Móvil para Aprender Alfabetización con Fitzgerald para Niños con Discapacidades Auditivas,"* propone una aplicación de tableta como herramienta educativa, enfocada en competencias como la adquisición de conceptos y estructura de oraciones, adaptada al nivel de aprendizaje del niño. Este trabajo aporta ideas innovadoras para facilitar el aprendizaje del lenguaje de señas.

El artículo *"Propuestas de Soluciones TIC Emergentes para Personas con Discapacidades"* (10) sugiere proyectos utilizando tecnologías existentes adaptadas, como un sistema de reconocimiento de señas para sordos y mudos utilizando una cámara interactiva, aplicaciones para el tratamiento postoperatorio de labio leporino, interfaces móviles para ciegos y autoaprendizaje de braille. Estos avances contribuyen significativamente al desarrollo de una aplicación móvil para el aprendizaje de personas sordas y mudas, facilitando su comunicación e inclusión.

El pilar principal para desarrollar e implementar herramientas tecnológicas enfocadas a población con necesidades especiales o discapacidades será en respuesta a la sociedad, lo que genera la necesidad de conocer y saber qué opciones existen para facilitar la adaptación y evolución de esta población con el uso de dichas herramientas.

Dado lo anterior, es relevante mencionar la existencia de diferentes herramientas para dispositivos móviles en tiendas de aplicaciones como por ejemplo: *Play Store* de *Google*, donde hay gran variedad de aplicaciones que ayudan al aprendizaje y traducción del lenguaje de señas para personas sordomudas y personas oyentes que desconocen este lenguaje, en la siguiente tabla comparativa se encuentran las aplicaciones más relevantes:

Tabla 1. Comparación de aplicaciones móviles

| Aplicación Móvil | Detalle | De Pago o Gratis | Comunicación | Estado |
|---|---|------------------|--------------------------------|---|
|  | Háblalo es una aplicación desarrollada por Asteroid Technologies para ayudar a aquellas personas con dificultades para comunicarse: sordera, parálisis cerebral, esclerosis lateral. (Háblalo – Aplicaciones en Google Play 2019) | Gratis | Inglés Portugués Español | Última actualización 2 de noviembre de 2021 funcionando. |
|  | Sordo Ayuda, es una aplicación que reconoce la voz del oyente y el sordo puede leer todo lo que el oyente ha dicho. (Sordo Ayuda -Aplicaciones en Google Play 2019) | Gratis | Castellano | Última actualización 3 de marzo de 2019 funcionando. |
|  | LSApp, es una aplicación para el aprendizaje de lenguaje de señas con el uso de un personaje animado representando los gestos de las señas disponibles (LSApp – Aplicaciones en Google Play 2021). | Gratis | Español | Última actualización 26 de noviembre de 2021 funcionando. |

Fuente: los autores.

Sordo Ayuda: es una app que cuenta con dos funciones, se basa en convertir el audio de voz a texto y el texto escrito en voz hablada. Esta es una herramienta móvil que hace uso de los recursos del motor de *Google*, para así, permitir la interpretación del audio a texto (11).

LSApp: es una herramienta móvil que tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de las personas sordas por medio del aprendizaje de lenguaje de señas. Esta herramienta cuenta con funcionalidades como: buscador de señas, juegos para facilitar la práctica y consejos que permitan la correcta comunicación con personas sordas. La herramienta no solamente está enfocada al aprendizaje de personas sordas, sino, también para todo público, permitiendo la inclusión de las personas en el proceso de aprendizaje, algo que es característico y aporta al desarrollo del actual proyecto (12).

Háblalo: es un proyecto que brinda la oportunidad de realizarse de forma colaborativa, y nace como solución para permitir establecer un diálogo entre personas con dificultades en su comunicación. Esta es una herramienta con diferentes propuestas comerciales, con formas de impactar dentro de bancos, hoteles, locales o lugares públicos brindando capacitaciones y permitiendo que las personas hagan parte de su comunidad (13).

Metodología

Para la construcción de toda propuesta se deben seguir una serie de pasos, es este sentido, el desarrollo de la herramienta llamada SinSeñas que se propone en este artículo, se llevó a cabo haciendo uso de la metodología XP (eXtreme Programming). Donde su objetivo

principal fue siempre entender las necesidades del cliente, estimar el esfuerzo y crear la solución integral que cumpliera con las expectativas de la población a la cual va dirigido (14). Es importante mencionar, que todo este proceso se hizo articulado bajo las buenas prácticas de la gestión de proyectos basados en la guía de PMBOOK, con el propósito de gestionar las diferentes áreas de conocimiento que esta comprende. A continuación, se presentan las fases en las cuales se desarrolló el proyecto.

Fases del proyecto

Durante el desarrollo de las fases del proyecto y gracias a la estructura de desglose de actividades se logró identificar el alcance preliminar del proyecto, el concepto del problema planteando, y las diferentes funciones básicas de la aplicación, esto se alcanzó por medio de un análisis de requerimientos que cumplen con la solución del problema, una verificación de viabilidad del problema y ajustes a las características necesarias mediante las siguientes actividades:

- Estudio de viabilidad.
- Acta de Constitución.
- Oferta Técnica.
- Oferta de Gestión.
- Oferta Económica.

Fase 3.1.1: fase de planificación. En esta fase se definieron los diferentes lineamientos y planes que se tuvieron en cuenta durante el desarrollo de la herramienta software.

Partiendo desde la creación de historias de usuarios que permitan realizar las funcionalidades y/o actividades del proyecto.

Se realiza un plan de iteraciones que evidencie los procesos que se deben ejecutar durante un periodo o plazo, y la asignación de roles dentro del proyecto.

Fase 3.1.2: fase de diseño. Se desarrolla un plan de especificaciones del proyecto realizando diseños previos y teniendo en cuenta los requerimientos funcionales que permitan visualizar las necesidades del cliente y objetivos planteados mediante los siguientes ítems:

Se establece un diagrama de secuencia que permita visualizar un orden lógico de la funcionalidad de los procesos.

Se realiza el diseño preliminar de mockups con la herramienta Figma, para así, estructurar la aplicación y visualizar los módulos de aprendizaje y traducción, tal como se muestra en la Fig. 1.

Se diseñan prototipos donde se visualizan las interfaces de usuario.

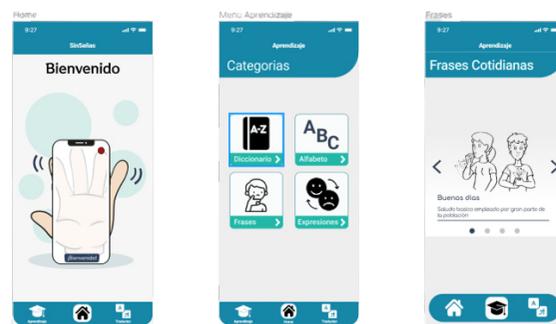


Figura. 1. Diseño mockup de la aplicación.

Fuente: los autores.

Fase 3.1.3: fase de desarrollo. En esta fase se desarrolla el plan de iteraciones según las especificaciones, requerimientos y planificación realizada previamente. Para la fase de desarrollo se hace uso de diferentes herramientas:

MediaPipe Manos: librería de Google de código abierto, permitió realizar el seguimiento de manos y dedos de alta fidelidad, la cual emplea el aprendizaje automático, para inferir 21 puntos de referencia 3D de una mano a partir de un solo cuadro, tal como se muestra en la Fig. 2. El proceso de detección que realiza la librería es: primero, entrenar un detector de palmas en lugar de un detector de manos, ya que estimar cajas delimitadoras de objetos rígidos como palmas y puños es significativamente más simple que detectar manos con dedos articulados. En segundo lugar, utiliza un extractor de características de codificador-descodificador para una mayor conciencia del contexto de la escena, incluso para objetos pequeños (similar al enfoque de RetinaNet). Por último, con las técnicas anteriores se consigue una precisión media del 95,7% en la detección de palmas (15).

Java y Android Studio: se optó por usar el lenguaje Java en el entorno de desarrollo Android Studio, dado que el equipo de desarrollo estaba familiarizado con el lenguaje y la herramienta, logrando disminuir la curva de aprendizaje.

SQLite y Firebase realtime: con el uso de java en Android Studio, hace que por su popularidad y manejo sea SQLite junto a Firebase, las herramientas para gestionar los recursos e información de la base de datos de la aplicación.

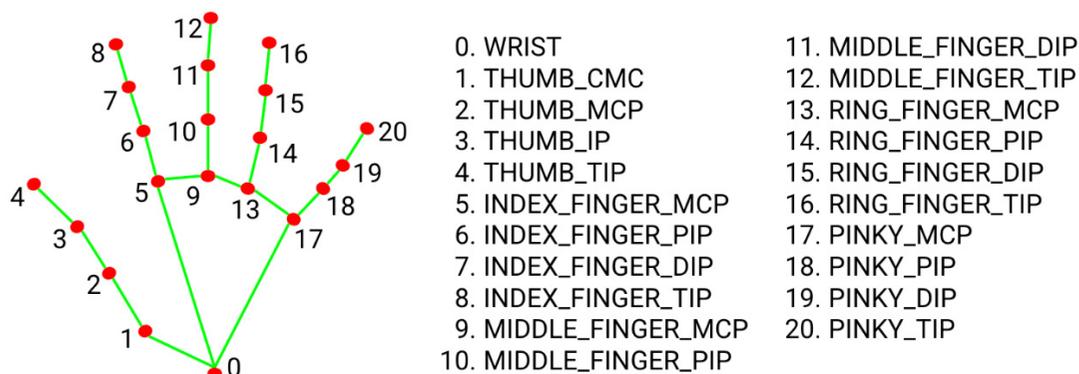


Figura. 2. Puntos de referencia de la mano.

Fuente: Hands [Internet]. mediapipe. [citado el 8 de junio de 2022]. Disponible en: <https://google.github.io/mediapipe/solutions/hands.html>

Fase 3.1.4: fase de pruebas. Esta fase tiene como objetivo analizar y evaluar el comportamiento y funcionamiento de la aplicación según los parámetros establecidos con base en los objetivos definidos:

Se realiza un diseño de casos de pruebas, donde se permita realizar la configuración previa y requisitos que garanticen la correcta ejecución de la herramienta.

Siguiendo la aprobación de los casos de prueba se realiza la ejecución de estos, dejando en evidencia del correcto funcionamiento.

Posteriormente se realizó una prueba de aceptación a los usuarios interesados y que voluntariamente accedieron a probar y dar su respectiva retroalimentación a cerca de la aplicación.

Luego de completar las fases que se plantearon para el desarrollo metodológico, donde se expone la planeación, diseño, desarrollo y pruebas del proyecto, se logra la construcción de un producto software llamado SinSeñas, el cual atiende a la necesidad y requerimientos de las personas que presentan una limitación auditiva, permitiendo mejorar la condición de inclusión social y comunicativa.

Resultados y discusión

Luego de completar las fases del desarrollo de la herramienta SinSeñas, siguiendo la metodología donde se expone la planeación, diseño y desarrollo del proyecto, se logra la construcción de una

herramienta de aprendizaje y traducción de lenguaje de señas, la cual brinda la oportunidad a las personas que usan el lenguaje de señas, para comunicarse de una forma más sencilla con personas que no conocen dicho lenguaje.

Durante el desarrollo de la herramienta SinSeñas, se realizó un análisis que permitió visualizar el alcance del proyecto, recursos que se tenían y herramientas accesibles de software libre, que permitieron el desarrollo ágil de la aplicación como lo es el lenguaje de programación Java, IDE Android Studio, Firebase, SQLite y en conjunto con la librería MediaPipe, que garantiza una precisión media del 95,7% en la detección de palmas. Además, fue posible evidenciar diferentes factores que limitan el desarrollo como lo es la capacidad de almacenamiento, necesidad de uso de bases de datos en la nube, tecnologías de inteligencia artificial para identificación y comparación de la información.

Como resultado se puede encontrar que la herramienta permite de forma sencilla traducir letras del alfabeto partiendo desde la identificación de la mano. También se logró brindar módulos con material de aprendizaje, imágenes y texto que dan a conocer diferentes formas de expresión dentro del lenguaje de señas. Cabe resaltar, que tanto el material de aprendizaje como la función de traducción se trabajó con el alfabeto dactilológico colombiano.

Gracias a esto, fue necesario realizar fases de prueba, donde usuarios que desconocen el lenguaje de señas lograron acceder a la información y permitir el uso del traductor para reconocimiento de señas, como se muestra en las siguientes figuras 3, 4 y 5. Además, es importante definir un alcance adecuado al volumen de información y usuarios que pueden hacer uso de la herramienta. Esto permitirá mejorar el rendimiento de procesamiento, reducir la capacidad de almacenamiento mínima y desplegar funciones innovadoras en el área tecnológica haciendo uso de Machine Learning y tecnologías de inteligencia artificial para facilitar el funcionamiento y comparación de la información en tiempo real.

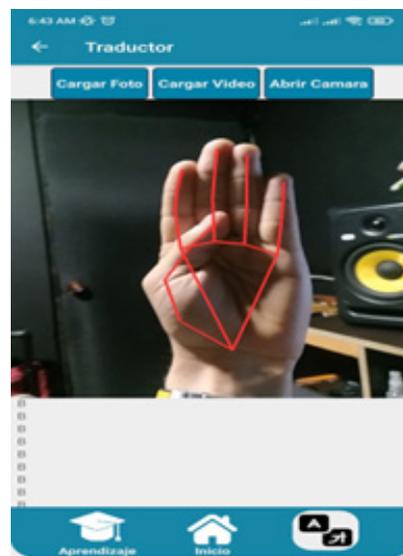


Figura. 3. Cámara tiempo real

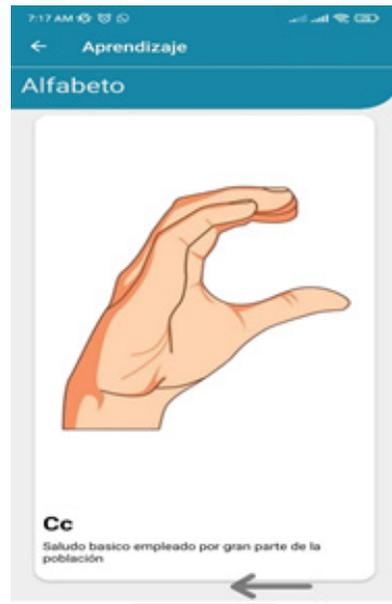


Figura. 4. Módulo de aprendizaje



Figura. 5. Cámara en modo foto

Conclusiones

En el transcurso del desarrollo de la aplicación fue necesario probar diferentes librerías para el reconocimiento de los gestos capturados por la cámara, esto se debe a la complejidad que requiere maquetar la mano, y también, por la disposición del tiempo que se requiere para realizar el reconocimiento entre el lenguaje de señas de acuerdo con el gesto capturado. En este proceso se presentaron algunas particularidades que limitaron el desarrollo de funciones en la identificación y traducciones de señas por el gran volumen de información que se está iterando constantemente, esto representa un gran consumo de almacenamiento local. Por lo tanto, se contempló el uso de almacenamiento en la nube con servicios como Firebase real time, tanto para el almacenamiento de señas, como el material de aprendizaje.

También, es importante mencionar que la selección del lenguaje de programación, librerías y recursos que permitieran el desarrollo de una herramienta móvil, fué necesario debido a las diferentes limitantes que existen alrededor de este tema. Es por esto que, para permitir una disminución en la curva de aprendizaje en nuevas tecnologías, se hace uso de herramientas con las que se contaba experiencia previa logrando conservar una mayor consistencia en las actividades consagradas en la metodología de desarrollo del proyecto.

Otro aspecto fundamental es que se tuvieron en cuenta los lineamientos para lenguaje de señas colombiano, siendo este patrimonio inmaterial, cultural y lingüístico nacional. Por lo anterior, se realiza el desarrollo de la herramienta en base a las diferentes fuentes de conocimiento de lenguaje de señas reconocido nacionalmente por Colombia (LSC).

En el proceso de identificación se hace presente la necesidad de usar tecnologías de inteligencia artificial como futura proyección del alcance, que permitan entrenar algoritmos que identifiquen y comparen los resultados del análisis para así poder brindar una respuesta con menos margen de error. En el desarrollo de la herramienta se hace uso de bases de datos donde se alojan las diferentes instrucciones para la traducción de señas requerida, este a su vez, identifica los vectores de puntos clave en la mano, realiza una comparación con la información proporcionada y establecida en la base de datos, permitiendo dar respuesta a la seña capturada por la cámara. En el proceso de identificación en tiempo real, la constante iteración de los recursos MediaPipe, generan una disminución de rendimiento en la fluidez de la cámara. Es por ello que se recortaron diferentes trazas como la visualización de puntos e índices en cada falange de los dedos, las cuales reconoce la herramienta; se deja entonces, el mapeo de la mano y los dedos con trazas lineales, permitiendo a su vez, una mejora de rendimiento.

En la implementación de una herramienta móvil que permite la traducción de señas en tiempo real, es menester destacar que se logra una disminución en la brecha comunicacional brindado no solo herramientas para el aprendizaje, sino también, la posibilidad de comunicarse en cualquier momento. En virtud, de esto se convierte en algo primordial llegar a todo público interesado no solo en aprender del lenguaje de señas, sino impulsar las diferentes relaciones comunicacionales con personas que usan este lenguaje como primera lengua, permitiendo también la inclusión integral en la comunicación de lenguaje de señas colombiana.

Además, se planea elaborar un cronograma de socialización del proyecto destinado a alcanzar a una amplia audiencia, especialmente a aquellas personas que utilizan el lenguaje de señas.

Agradecimientos

Gracias a la Universidad del Cauca especialmente al grupo de investigación GTI, a la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca y a la Universidad de Antioquía su grupo in2lab por proveer los recursos para el desarrollo de esta propuesta.

Referencias

1. Cubillos Alzate JC, Perea Caro SA. Ministerio de Salud. [Online].; 2020 [citado 25 de Marzo de 2022]. Recuperado a partir de: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/boletines-poblacionales-personas-discapacidadI-2020.pdf>
2. Caiza JJ, Márceles K. 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 Tecnologías de Informação*. 2019;(E23) [citado 1 de Abril de 2022]. Recuperado a partir de: <https://www.proquest.com/docview/2348877488>
3. Caiza JJ, Márceles K, Chachi GE. Herramienta tecnológica disruptiva para la inclusión social en personas sordas. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*. 2020;(E27) [citado 17 de Abril de 2022]. Recuperado a partir de: <https://www.proquest.com/openview/a47ccde735e57e85d0f8d95865d6e4f9/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>

4. Loke P, Paranjpe J, Bhabal S, Kanere K. Indian Sign Language Converter System Using An Android App. 2017 International conference of Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA). 2017 [citado 21 de Abril de 2022]. Doi: <https://doi.org/10.1109/ICECA.2017.8212852>
5. Carguacundo M. Traductor de texto y voz a lengua de señas ecuatoriana a través de un avatar implementado para dispositivos Android. Revista Infociencia. 2018; 12(1) [citado 16 de Mayo de 2022]. Doi: <https://doi.org/10.24133/infociencia.v12i1.1226>
6. Yanet Almarales W, Moreno Martínez M. Aplicación Android para favorecer la comunicación en lengua de señas cubanas. Evento virtual Primera Convención Científica Internacional "Islaciencia 2021". 2021 [citado 10 de Mayo de 2022]. Recuperado a partir de: <https://islaciencia.uj.edu.cu/wp-content/uploads/2021/11/095-CUB-UIJ-Pon-APLICACION-ANDROIDE-COMUNICACION-LENGUA-DE-SENAS-CUBANAS.pdf>
7. Prada Beltrán CL. Implementación de un prototipo de aplicación móvil en plataforma Android para el aprendizaje del lenguaje de señas colombiano. Tesis de pregrado. Universidad Autónoma de Bucaramanga, Programa de Ingeniería de Sistemas. 2020 [citado 20 de Mayo de 2022]. Recuperado a partir de: <http://hdl.handle.net/20.500.12749/12047>
8. Meriño Guzman JA, Garizabalo Pedrozo D. Diseño de un guante electrónico para la interpretación y traducción del lenguaje de señas en personas con discapacidad auditiva mediante tecnología arduino e interfaz de visualización por medio de una aplicación en Android. Trabajo de Grado. Unidades Tecnológicas de Santander, Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería. 2020 [citado 25 de Mayo de 2022]. Recuperado a partir de: <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/3302>
9. Cano S, Muñoz Arteaga J, Collazos C. Aplicación móvil para el aprendizaje de la lectoescritura con Fitzgerald para niños con discapacidad auditiva. Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação. 2015 [citado 1 de Junio de 2022]. Doi: <http://dx.doi.org/10.5753/cbie.wcbie.2015.240>
10. Villegas S, Talledo W, Barrientos Padilla A. Propuestas de soluciones TIC emergentes para personas con discapacidad. Sinergia E Innovación. 2015; 3(1) [citado 20 de Marzo de 2022]. Doi: <https://doi.org/10.19083/synergy2015.408>
11. Loreña I. Sordo Ayuda - Aplicaciones en Google Play. [Online]; 2019. Acceso 26 de Mayo de 2022. Disponible en: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.appbuilder.antonio_mercado_luque.Sordo_Deaf&hl=es
12. S.A. PT. LSApp. [Online]; 2021. Acceso 27 de Mayo de 2022. Disponible en: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lsapp>
13. Technologies A. Háblalo - Aplicaciones en Google Play. [Online]; 2019. Acceso 26 de Mayo de 2022. Disponible en: https://play.google.com/store/apps/details?id=appinventor.ai_mateo_nicolas_salvatto.Sordos
14. Ambler W. S. Agile Modeling: Effective Practices for eXtreme Programming and the Unified Process. 1st ed.; 2002.
15. Google LLC. Mediapipe Manos. [Online]; 2020. Acceso 4 de Abril de 2022. Disponible en: <https://google.github.io/mediapipe/solutions/hands.html>