

Interprete virtual de Lengua de Señas Colombiana.

Ángela M. Pérez Z., Néstor D. Duque M., Arabelly Guerra M.

Abstract— La población sorda en muchos casos ha sido excluida e incluso tachada como personas con incapacidad para pensar y procesar información. Esto es debido a que su aprendizaje no se enfoca en la audición para entender el entorno. Principalmente utilizan la vista, lo que les genera dificultades para desarrollar habilidades comunicativas. Con el paso del tiempo se ha generado un mecanismo de comunicación para estas personas, la cual se basa en la expresión corporal. La lengua de señas es formada a partir de las características de cada cultura, por lo cual no existe una lengua universal. Este artículo sustenta una propuesta, que busca minimizar las barreras existentes entre la comunicación de sordos y oyentes a través de las tecnologías de la informática. Esto último es dado a través de un intérprete virtual unilateral basado en software libre. La propuesta fue puesta a prueba a través de una validación funcional de la herramienta.

Index Terms—Interprete de señas, Lengua de señas Colombiano, Tecnologías web, reconocimiento de voz.

Abstract— In many cases, deaf community has been excluded and judged to be unable to think and process information. This situation occurs because learning does not focus on listening to understand the environment; mainly is used sight, which generates difficulties in developing communication skills. Over time, it has generated a communication mechanism for this community, which is based on body language. Sign language is formed from the characteristics of each culture, so there is no universal language. This article supports a proposal that seeks to minimize the barriers between the deaf and hearing communication through computer technologies; it is through a unilateral virtual interpreter based on free software. The proposal was tested through a functional assessment too.

Index Terms— Sign language interpreter, Colombian sign language, web technologies, speech recognition.

I. INTRODUCCIÓN

LAS personas sordas a diario enfrentan grandes retos en su entorno, esto es debido a la dificultad que existe para expresar sus pensamientos a otras personas, incluyendo a aquellas que tienen la misma discapacidad. La interacción entre personas sordas y oyentes es usualmente reducida a expresiones físicas, debido a que los sordos requieren de una comunicación gestual para expresarse, y en ocasiones requieren de este tipo de expresión para captar y entender el entorno. Esta situación es más compleja en personas que nacieron con esta condición, debido a que el mecanismo del aprendizaje está basado en la experimentación corporal y visual, donde el movimiento de las manos, posturas y gestos son completamente representativas para expresar un pensamiento,

una idea o describir un evento. [1].

Durante años, se consideraron a las personas nacidas con sordera, como seres humanos incapaces de pensar, esto debido a que no desarrollan sus habilidades de habla. Por tal motivo nace la lengua de señas, este mecanismo de comunicación se enfoca en la visión y en movimientos corporales. Este lenguaje se desarrolla en cada cultura por lo cual no contienen significados universales y cada país maneja su propio medio de comunicación no verbal según las características de sus comunidades sordas, al igual que este pueden adquirir diversos nombres. En Colombia es identificada a través de la ley 324 de 1996 como Lengua de Señas Colombiana (LSC) [2].

La educación convencional se convierte en una barrera para las personas con discapacidad auditiva, al requerirse de apoyos comunicativos que usualmente no están disponibles. A través de la ley 361 de 1997, el estado colombiano, busca igualdad para las personas sordas especialmente en la educación [3]. Sin embargo, pocas instituciones educativas ofrecen un entorno adecuado, tanto en infraestructura como en preparación del cuerpo docente, para ofrecer un ambiente de enseñanza aprendizaje adecuado a la población sorda. En el decreto reglamentario 2369 de 1997 se estipula la necesidad de que las instituciones educativas de nivel superior añadan servicios de intérpretes lingüísticos en sus planes curriculares [4]; pero estos son rara vez ofertados a nivel nacional debido a que se requieren perfiles muy especializados en dominio de LSC lo que incrementa los costos al contratar un profesional con este perfil.

Pocos desarrollos tecnológicos se han enfocado en fortalecer la comunicación entre sordos y oyentes, de los cuales se tienen exigencias en especificaciones técnicas para el funcionamiento de los aplicativos. Esto es debido a que la lengua de señas es diversa en el mundo, lo que dificulta la utilización de una misma herramienta en diversos países.

En este artículo se presenta una propuesta de una herramienta web que es utilizada para interpretar del español a la LSC. El aplicativo se enfoca en la utilización de un avatar virtual que apoyará a los sordos para entender a los oyentes a través de una escritura textual o de una pronunciación que estos últimos proporcionen al aplicativo. La herramienta se apoya en los avances de las tecnologías de la información y la comunicación, permitiendo aumentar los medios de comunicación entre las personas.

El presente documento se estructura de la siguiente manera. En la Sección 2 se presentan algunos aspectos conceptuales sobre la comunidad sorda. En la Sección 3 se identifican

algunos trabajos relacionados. Se continúa con la Sección 4 exponiendo la propuesta planteada. La Sección 5 expone la validación funcional de los resultados de la propuesta y se finaliza con la Sección 6 presentando conclusiones y trabajos futuros.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel mundial, las personas sordas han sido excluidas por las sociedades hablantes, esto es debido a que los sordos no logran desarrollar habilidades del habla, lo que para algunos se traduce en que sean consideradas como enfermos o incapaces de pensar. Oliver Sacks expone que "... la sordera congénita se da en todas las razas y países, y así ha sido desde el principio de la historia. Afecta a una milésima parte de la población. Samuel Johnson dijo una vez que la sordera es "una de las calamidades humanas más terribles"; pero la sordera en sí no es ninguna calamidad. Una persona sorda puede ser culta, y elocuente, puede casarse, viajar, llevar una vida plena y fructífera, y no considerarse nunca incapacitada ni anormal..." [1]. Estas situaciones presentadas en la exclusión de las personas sordas son dadas, en ocasiones, por la limitada comprensión de la necesidad de ofrecer nuevas formas de enseñanza que les permita a dichas personas interactuar con su entorno basándose en otros sentidos.

El LSC, surge por la necesidad inherente de comunicación entre los miembros de esta comunidad. Esta es una lengua de expresión no verbal, caracterizado por ser visocorporal, mediante el uso de las manos y las expresiones faciales. Permite el desarrollo de las funciones lingüísticas y cognitivas, ya que posee dialectos individuales y evoluciona constantemente dentro de la comunidad sorda. Posee su propio vocabulario y sistema de reglas morfosintácticas y pragmáticas [5]. La LSC es adoptada como lengua única y nativa de las personas con sordera.

La Ley 982 de agosto 2 de 2005 define la lengua de señas como la "lengua natural de una Comunidad de Sordos, la cual forma parte de su patrimonio cultural y es tan rica y compleja en gramática y vocabulario como cualquier lengua oral"[6].

Existen oyentes que se especializan en la LSC, con el fin de convertirse en intérpretes lingüísticos. Donde su labor de interpretación se considera como una "actividad compleja de mediación lingüística, social y cultural que implica procesos de recepción, procesamiento y transmisión de información" [7]. La interpretación lingüística trata de expresar la equivalencia de un discurso en una lengua diferente. Pero es necesario representar aspectos característicos del mensaje como el sentido, el registro utilizado, la información implícita y las emociones del orador.

Por lo anterior, la interpretación requiere interiorización de aspectos culturales e históricos de una lengua. Una persona que ejerza esta función para la lengua verbal y la lengua de señas, requiere habilidades en el plano lingüístico, personal y aptitudinal. El plano lingüístico hace referencia a la capacidad de comprensión del mensaje por parte del intérprete y poseer amplios conocimientos gramaticales de ambas lenguas. El plano personal, se relaciona con los conocimientos del intérprete en la temática tratada. El plano aptitudinal son las habilidades de adaptabilidad a los diversos oradores, capacidad

de análisis y síntesis, además de facilidad de control [7]. Los intérpretes pueden prestar sus servicios de "traducción" en instituciones educativas, donde deben certificar su formación, tener experiencia de interpretación pedagógica y en lo posible, haber cursado estudios superiores y en un campo relacionado con las temáticas ofrecidas donde presta el servicio de interpretación[8].

III. TRABAJOS RELACIONADOS

Con el objetivo de permitir que los sordos identifiquen y asimilen con mayor facilidad conceptos del entorno dados entre la sociedad oyente, diversas propuestas soportadas en las TIC apoyan a la comunidad sorda en este proceso. Algunos de los trabajos se exponen a continuación.

El traductor Lengua de Señas Colombiana fue desarrollado por la división de investigación *ITEC* de la compañía TELECOM Colombia fue ganador al premio de Investigación AHCIET (Asociación Hispanoamericana de Centros de Investigación y Empresas de Telecomunicaciones) en Santiago de Chile. La herramienta cuenta con videos, imágenes, narrativas en inglés y diversos sonidos. Aplica algoritmos que permiten realizar análisis sintáctico y léxico para interpretar la gramática del castellano. Es importante resaltar que dichos algoritmos permiten establecer las palabras claves que pertenecen a la estructura de la lengua de señas. El software está compuesto por tres funcionalidades que permiten la interpretación de la lengua, el primero es un traductor que toma frases de texto y realiza su interpretación correspondiente en la lengua de señas, continua con una herramienta multimedia que presenta diversos escenarios que permiten la enseñanza de la lengua, y finalmente presentan un diccionario de señas que permite identificar sinónimos, videos, sonidos y su escritura. Esta es una herramienta de baja divulgación ya que no aplica desarrollo web, además de esto no realiza capturas de voz permitiendo ampliar métodos para establecer los mecanismos de entrada para la respectiva interpretación [9].

Iris es el avatar desarrollado por la fundación *HETAH* – Herramientas tecnológicas para Ayuda Humanitaria–. Este avatar permite realizar interpretaciones de la lengua de seña a través de la página web de la fundación, en donde ofrecen diversas herramientas que pretenden apoyar el desarrollo de diversas comunidades. El traductor de lengua de señas es una herramienta que permite graduar velocidades, repetir reproducción, pausar o avanzar los movimientos del avatar. A través de un texto el aplicativo identifica las palabras necesarias en la LSC para presentar una animación de *Iris*, pero este avatar también tiene permitido deletrear algunas palabras que no encuentre registradas en su repertorio cuando el usuario así lo permite. Esta herramienta presenta dificultades al interpretar frases largas, adicional a ello no permite establecer traducciones identificando la voz del usuario oyente que la utiliza. [10]

En otros países, también se han realizado acercamientos que apuntan a la accesibilidad para los sordos. La revisión realizada permitió identificar los siguientes avances.

Ganas es un generador automático del Lenguaje de Signos Español (LSE) es una herramienta creada en España por la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM) [11], este

proyecto apunta a las empresas y al público en general como un software que se puede adquirir y utilizar según sus necesidades. El desarrollo está orientado a la conversión de un texto al LSE mediante el movimiento de un avatar en 3D. El usuario ingresa un texto el cual se procesa mediante un árbol binario que le da la prioridad a las palabras y con esto se muestra la frase pertinente mediante un avatar. El proyecto permite la traducción aparente de cualquier tipo de contenido textual, además de la indexación de nuevas señas mediante el procesamiento de un video para añadir nuevos signos representados por el avatar. Las ventajas que ofrece este proyecto son la calidad de la traducción, el uso de un avatar en 3D, la posibilidad de ingresar nuevos avatares y signos. Las falencias se encuentran en el modelo comercial y en como esto puede reducir significativamente el alcance de la herramienta para el público en general ya que este es un aplicativo de escritorio y es limitado a características específicas de hardware para su operación.

La empresa Indra, la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM) y el Grupo de Tecnología del Habla (GTH) de la ETSI de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid ha desarrollado el proyecto *Consignos* [12]. Este proyecto permitió la construcción de un prototipo para la comunicación entre sordos y oyentes por medio del reconocimiento de voz y la LSE. Se pretende contribuir a la inclusión de las personas con discapacidad auditiva en la sociedad española. Se utilizan tecnologías innovadoras para realizar una traducción automática de información a LSE. En el marco del proyecto se aplican tecnologías de reconocimiento de voz, traducción a LSE y construcción de los signos a través de un agente animado. Esta herramienta es principalmente utilizada para la divulgación de actividades turísticas. Es una aplicación de escritorio que requiere equipo de hardware especializado para su operación. Realiza reconocimiento de voz para establecer la traducción que requiere por parte de una persona oyente a un sordo. La representación de la LSE se soporta con el audio a través de un sintetizador de voz. El agente animado del aplicativo es de alta calidad, tiene facilidades de representación gestual permitiendo una mejor representación de la lengua. El prototipo es una aplicación de escritorio, dificultando la adquisición, aumenta los costos y los requisitos mínimos de hardware para su operación.

La organización Cordobesa XUL Comunicación Social y el Instituto Tecnológico de Castilla y León (ITCL) de España, trabajan conjuntamente en el proyecto *Textosig* [13], donde desarrollaron a la interprete *Maya*, la cual utiliza conceptos de realidad virtual con el fin de proporcionarles mayor realismo a sus movimientos corporales y gesticulaciones, esto permitiendo aumentar el adecuado entendimiento de los signos representados por el avatar. Es un aplicativo que apunta a la accesibilidad tecnológica. El proyecto está orientado a la comunidad sorda de España. Utiliza textos para proporcionar una interpretación con el LSE, no permite de forma directa una interacción entre personas oyentes y sordos. Esta es una plataforma de traducción aplicable a diferentes entornos que se vende a empresas como complemento a sus servicios, muestra un video de los textos que se necesitan en el contexto de las

situaciones. Las desventajas de esta plataforma es que no es accesible a las personas comunes, si bien el funcionamiento es acertado, no representa una verdadera ayuda para la comunidad general de sordos. Inicialmente los servicios ofrecidos no operaban en tiempo real, más sin embargo, se planea para la nueva versión proporcionar un enfoque de ofrecer servicios de interpretación en páginas web y funcionamiento en tiempo real.

Un proyecto desarrollado por investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) [14], el objetivo de esta es crear una herramienta de fácil acceso con la cual permitirle a las personas oyentes comunicarse con sordos, su funcionalidad es limitada debido a que en el momento se está desarrollando, pero su objetivo es permitir transformar un texto corto, sencillo y con algunos parámetros a la lengua de señas de este país. Las ventajas que ofrece este proyecto son la accesibilidad, puesto que al ser una herramienta web su utilización no necesita de un hardware específico, además de no tener costo para el usuario, las desventajas son la falta de un correcto procesamiento del texto para obtener una traducción acertada, además del hecho de que al estar en etapa de desarrollo hay bastantes errores y falencias fácilmente apreciables.

Al revisar la literatura presentada se puede apreciar que en Colombia son pocos los desarrollos o propuestas con un enfoque de traducción o interpretación que facilite la comunicación entre oyentes y sordos a través de la utilización de las TIC. Por lo tanto fue necesario extender la revisión literaria a otras zonas geográficas, lo que permitió identificar distintos proyectos que apuntan a la accesibilidad e inclusión digital, si bien están fuertemente enfocados como un producto para organizaciones comerciales, permitiéndoles ampliar su público objetivo, realizan un aporte importante a la comunidad sorda al eliminar de forma paulatina las barreras de comunicación. Adicional a esto, puede resaltarse que la representación visual del significado de las palabras es un componente importante, puesto que la comunidad sorda restringe su forma de comunicación a través del sentido de la visión, por lo cual los movimientos gesticulares que deben de realizar los avatares son indispensables que mantengan una expresión emocional y cultural. A su vez se logra identificar que para lograr un mayor realismo en la representación de las señas, se tiene un costo computacional por el procesamiento de los componentes renderizados, por lo cual se identifica que esta es una falencia común entre todas las propuestas y trabajos adelantados con el objetivo de sistematizar la traducción de la lengua vocal a la lengua de señas dando una apertura a fomentar la investigación en función de mejorar el manejo de los recursos funcionales para la obtención de resultados eficientes y usables.

IV. PROPUESTA

Basados en la revisión de la literatura relacionadas con propuestas que apuntan a la atención de la comunidad sorda para fortalecer la accesibilidad y apoyar la comunicación entre oyentes y sordos, se logran identificar una serie de características importantes para establecer el desarrollo de esta propuesta. Adicional a ello fue necesario consultar herramientas tecnológicas que pudieran ser aplicadas en este

desarrollo.

En este artículo se propone un aplicativo web, sin costos de uso, que permite realizar traducciones del castellano a LSC, donde se pretenden utilizar elementos textuales o auditivos para capturar la información lingüística a traducir, intentando suplir la función de un intérprete en LSC. En esta sección, se presenta la identificación de los requisitos funcionales, se continúa con una descripción del diseño definiendo los limitantes de la propuesta y se finaliza en la implementación.

A. Identificación de requerimientos

Con el fin de apoyar la comunicación entre personas oyentes y sordas, se opta por desarrollar un aplicativo que permita a las personas sordas entender el contexto de los mensajes expuestos por las personas oyentes en su entorno. Esto debe ser realizado a través de movimientos permitiendo entablar un medio de comunicación unilateral de forma visual para las personas sordas.

Se utilizan tecnologías web con el fin de proporcionar una mayor cobertura del aplicativo, permitiendo aumentar el número de usuarios, adicional a ello, a través del desarrollo web se evitan restricciones de uso por exigencias de requerimientos mínimos de características de hardware.

Se establece que el aplicativo debe ser completamente libre, de fácil acceso sin necesidad de validaciones de usuario y sin costos por derechos de uso. Adicional a ello, el sistema debe contener dos formas para recibir la información que debe traducir: mecanismos textuales o con reconocimiento de voz. El mecanismo textual debe permitir la escritura de frases cortas. El reconocimiento de voz debe permitir la utilización de un micrófono.

B. Diseño del aplicativo

Se aplican técnicas de ingeniería de software [15] como el lenguaje unificado de modelado UML [16], identificando de forma previa dificultades y falencias, con el fin establecer soluciones para fortalecer las estrategias y medios definidos para su montaje. Como se presenta en la Fig. 1, a través del diagrama de secuencia, es posible identificar la funcionalidad del sistema y su interacción con los usuarios.

Es posible observar, que el aplicativo propuesto representa un intérprete virtual unilateral, donde el usuario que interviene directamente en el sistema, por lo general es una persona oyente con capacidades verbales de expresión, y los usuarios indirectos son las personas con discapacidad auditiva que se benefician observando en la pantalla al avatar que realiza las representaciones de las señas, sirviendo como interprete a la persona sorda. La propuesta inicial está planteada para realizar traducciones textuales.

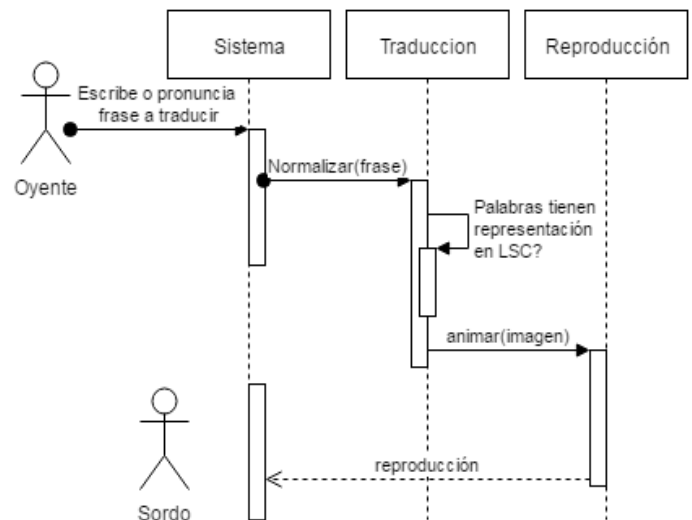


Fig. 1. Diagrama de secuencia representativo de la funcionalidad del Sistema y su interacción con los usuarios.

Adicional a esto, se recurren a metodologías ágiles de desarrollo como la metodología SCRUM [16], cuyo modelo establece la necesidad de definir arquetipos para mantener un control sobre los avances obtenidos en las etapas del desarrollo. La metodología permite generar un proceso progresivo con base a los objetivos planteados en cada iteración, identificados por el equipo de trabajo al establecer la funcionalidad final del sistema. Esta metodología de desarrollo permite no solo controlar resultados en los avances del sistema, también otorga flexibilidad y permite la detección de fallas del aplicativo. Por lo cual agrega escalabilidad al sistema.

El avatar utilizado fue desarrollado por la Fundación para el Desarrollo de Herramientas Tecnológicas para Ayuda Humanitaria (HETAH) [10], la cual proporcionó más de 3.000 imágenes en formato JPG donde cada una contiene 13 movimientos del avatar para permitir la animación.

Adicional a esto, fue necesario establecer las principales características de los diversos lenguajes de programación operables en entornos web con el fin de permitir la funcionalidad de las tecnologías que intervienen con la operación de la herramienta. Se optó por utilizar un conjunto de lenguajes de programación web que permitan la interacción del sistema con los usuarios. Se aplicó el lenguaje de etiquetas HTML 5, que permite crear una estructura organizada en la página. Como complemento para mantener una estética agradable a la vista de los usuarios, se utilizó el lenguaje CSS 3. Y con el fin de mantener la operatividad del sistema fue usado el lenguaje JavaScript.

Este último permite la identificación de las palabras en castellano, la traducción a la lengua de señas y la reproducción, además del reconocimiento de voz para realizar la traducción del castellano a LSC utilizando la librería de código abierto Annyang. Esta librería permite a los visitantes de una página controlar su sitio con comandos de voz. Soporta múltiples idiomas, no tiene dependencias, y tiene un peso de 2 kb.

C. Implementación

Ya que se busca manejar una herramienta web intuitiva y de fácil uso, se plantea una página web plana con pocos elementos como se presenta en la Fig. 2. El aplicativo permite a través de un cuadro de texto Input establecer una entrada escrita, también proporciona un botón que permite indicar al sistema el momento en el cual se debe de realizar la traducción. Cuando el usuario utiliza una entrada no textual a través del reconocimiento de voz, cada vez que este realiza una pausa el sistema automáticamente realiza la traducción. Además el usuario puede controlar la velocidad de los movimientos que realiza el avatar para representar las señas.



Fig. 2. Interfaz gráfica aplicativo del intérprete virtual del Lenguaje de Señas Colombiano.

En la Fig. 3 se observa un diagrama de flujo que describe de forma general la lógica aplicada en el intérprete virtual. El aplicativo web es una página sencilla que requiere la inicialización de un vector que permite identificar la localización de los archivos que realizan la representación de las señas, cuando el usuario oyente interactúa con el sistema.

Se continúa con la captura del mensaje a traducir, esto se realiza a través de un mecanismo textual o un mecanismo de audio con un micrófono. Luego se identifica si cada parte del mensaje a traducir es una palabra que establece un valor cualitativo o cuantitativo. Se verifica si hay una seña existente, si no es así se procede con un mecanismo que permita establecer una representación de la seña correspondiente a esta palabra incluso deletreando dicha palabra. Pero si la seña existe esta es reproducida. Es importante identificar que este proceso aplica algoritmos que permiten analizar la sintaxis y la semántica de los mensajes a traducir.

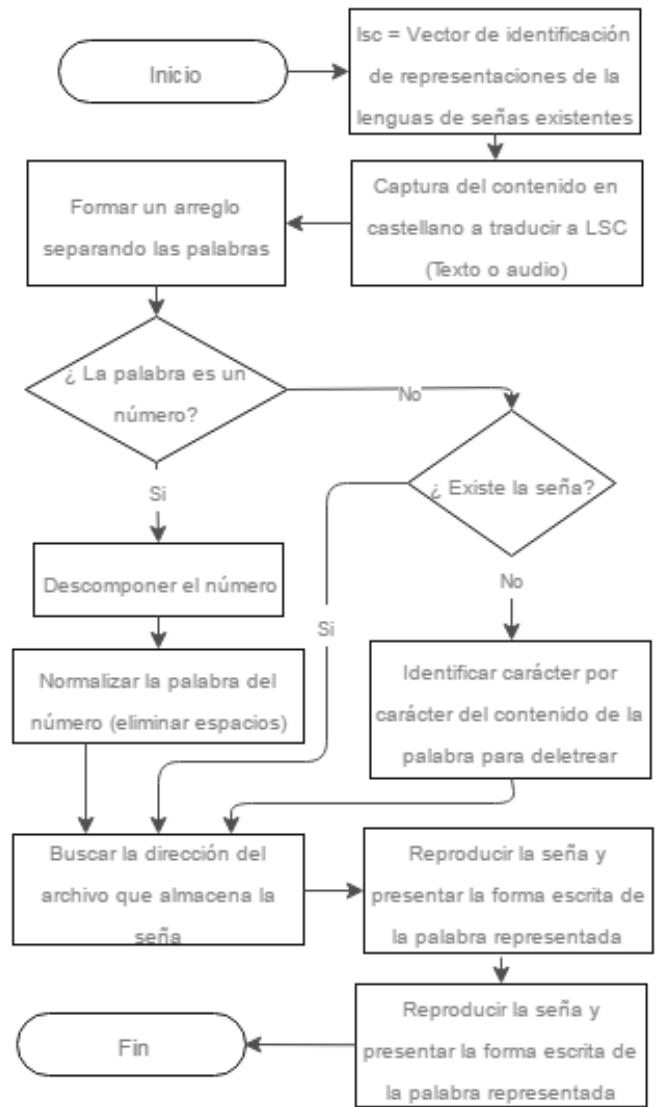


Fig. 3. Diagrama de flujo funcionamiento de los algoritmos del intérprete virtual.

V. VALIDACIÓN

La validación temprana de la herramienta se ha realizado teniendo en cuenta la metodología propuesta por el Grupo de Investigación en Ambientes Inteligentes Adaptativos GAIA, la cual comprende cuatro etapas, de las cuales se ha hecho uso de dos de ellas, y que, a pesar de no contar aún con la documentación respectiva, han permitido encontrar fallas de usabilidad en la misma y gestionar su corrección. Además, la metodología se propone bajo un enfoque de usabilidad, teniendo en cuenta que la mayoría de herramientas en dicho grupo de investigación se orientan a suplir necesidades en el aprendizaje de poblaciones específicas.

La primera etapa de la metodología planteada expone la realización de pruebas de inspección formal de usabilidad del software, en las cuales se tienen en cuenta los requerimientos funcionales y no funcionales para realizar verificaciones continuas de su cumplimiento, así como la aplicación de dichas pruebas por parte del desarrollador de la herramienta. Esto se

ha realizado a medida que se culminan los procesos en el desarrollo (construcción de código), aplicando las siguientes pruebas, de acuerdo al objetivo de la herramienta:

Verificación del funcionamiento del avatar usando la misma palabra prueba e ingresándola por los dos métodos de la herramienta: de forma escrita y el reconocimiento de voz. Además se ha verificado que la palabra sea también generada de forma escrita, para garantizar la accesibilidad de la información entregada de acuerdo a las especificaciones de la persona sorda que la use. Esta prueba se ha realizado con frases y cifras, estas últimas tanto en letras como en números.

Los errores o especificaciones a tener en cuenta para recomendar al usuario, son los siguientes:

1. Es necesario que cuando se use el reconocimiento de voz, se tenga en cuenta que la herramienta reconoce la misma en frases cortas, por lo que la persona que habla debe realizar pausas y permitir que la herramienta realice la traducción a LSC de estas.
2. Las cifras compuestas, ya sea ingresadas en letras o en números, no son reconocidas de forma correcta por la herramienta y, por lo tanto, su traducción a la LSC no es la indicada.

En cuanto a la tercera etapa se ha realizado una evaluación enmarcada en la primera fase de esta, por parte de un experto poblacional interprete del LSC, y otra en la segunda fase, por parte de un modelo lingüístico de LSC. Aquí se tuvieron en cuenta criterios como el entendimiento de la seña representada y del sentido de lo traducido por el avatar, las condiciones del mismo para la representación de las señas y la aceptación de la plataforma respecto a su aspecto visual.

Ambos, en un primer acercamiento con el desarrollo, han recomendado mejorar los saltos notorios entre cada seña cuando el avatar interpreta, respecto a lo cual se ha logrado disminuir un poco dicha falta de fluidez en la interpretación. Sin embargo, se reconoce que debe seguirse trabajando más, tanto en este aspecto como en la posibilidad de realizar una traducción de un habla fluida del usuario y de cifras compuestas, independientemente de su forma de ingreso a la herramienta.

VI. CONCLUSIONES

A pesar de las posibilidades ofrecidas por las TICs, la inclusión de las personas sordas es limitada, en parte por la falta de interés o por el desconocimiento de las soluciones y por otro lado por los requerimientos técnicos para apoyar la comunicación en la comunidad sorda, pues la lengua de señas requiere de buena capacidad de procesamiento computacional y uso de algoritmos avanzados. Este trabajo demuestra que las TICs pueden contribuir a crear ambientes accesibles para las personas sordas y aportar a la superación de barreras de comunicación a que se ven sometidos.

Como trabajos futuros, se pretenden realizar mejoras en los algoritmos de interpretación a través de análisis semántico, buscando aplicar un fuerte trabajo con técnicas de inteligencia artificial para evitar que las traducciones se realicen de forma completamente textual y continuar con interpretación de la lengua, como lo realizaría una persona que trabaja como

intérprete lingüístico. Adicional a ello se están adelantando tareas de reconocimiento de imágenes con el fin de permitir una interpretación bilateral, es decir que a través de una cámara web se focalice a la persona con sordera que está transmitiendo un mensaje y el sistema realice la interpretación requerida para luego comunicarla por texto o por audio con un sintetizador de voz a una persona oyente.

A pesar de esto, la herramienta presenta una funcionalidad aceptable que, habiéndose expuesto solo a un intérprete y un modelo lingüístico, muestra una aceptación en la comunidad basada en la respuesta a las necesidades de comunicación de las personas con discapacidad auditiva

AGRADECIMIENTOS

A la fundación HETAH que proporcionó las imágenes de los avatares utilizados para la representación de la LSC.

El trabajo de investigación presentado en este artículo fue financiado parcialmente por el proyecto de COLCIENCIAS y el Ministerio de Educación Nacional titulado: "RAIM: Implementación de un framework apoyado en tecnologías móviles y de realidad aumentada para entornos educativos ubicuos, adaptativos, accesibles e interactivos para todos" de la Universidad Nacional de Colombia, con código 1119-569-34172.

REFERENCIAS

- [1] O. Sacks, (2003), *Vejo una voz: Viaje al mundo de los sordos*, Barcelona, España, Anagrama.
- [2] Congreso de la república de Colombia, Ley 324 de 1996, Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=349>
- [3] Congreso de la república de Colombia, Ley 361 de 1997, Disponible en: http://www.secretriasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0361_1997.html
- [4] Ministerio de educación nacional, Decreto 2369 de 1997, Disponible en: http://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/decreto_2369_1997.htm
- [5] Ministerio de educación nacional, Federación Nacional de Sordos de Colombia (FENASCOL), Plataforma de culturización sobre la comunidad sorda colombiana: "Lengua de Señas... Un idioma para conocer", [Online], Disponible en: http://mail.colombiaaprende.edu.co:8080/recursos/lengua_senas/
- [6] Congreso de la república de Colombia, Ley 982 de agosto 2 de 2005, [Online], Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=17283>
- [7] S. Gómez, Instituto Nacional para Sordos, Publicación de notificación "El servicio de interpretación en lengua de señas", [Online], Disponible en: <http://www.insor.gov.co/el-servicio-de-interpretacion-en-lengua-de-senas/>
- [8] P. Ramírez, J. Parra, Ministerio de educación Nacional (2004), *Estudiantes Sordos en la educación superior: Equiparación de oportunidades*. Artículo del Instituto Nacional de Sordos, Bogotá, Colombia, [Online], Disponible en: http://www.colombiaaprende.edu.co/html/directivos/1598/articles-81728_archivo.pdf
- [9] División de Investigación ITEC, Telecom Colombia, Presentación de software desarrollado, [Online], Disponible en: <http://www.tise.cl/2010/archivos/tise99/html/software/lenguassenas/index.html>
- [10] Fundación Hetah, (2007), Traductor. [Online], Disponible en: <http://www.hetah.net>
- [11] Indra cátedras, Universidad de Castilla – La Mancha. (2008). Publicación del trabajo desarrollado en "Ganas", Disponible en: <http://catedraindra.uclm.es/ganas>
- [12] Indra cátedras, Universidad de Castilla – La Mancha. (2009). Publicación del trabajo desarrollado en "CONSIGNOS: Conversor y Reproductor Automático de Lengua de Signos", Disponible en: http://www.tecnologiasaccesibles.com/es/consignos_index.htm

- [13] Instituto Tecnológico de Castilla y León, (2010). Textosign. Traductor automático a lengua de signos para la accesibilidad. Disponible en: <http://www.itclimasd.org/Realidad-Virtual/Realidad-irtual/textosign.asp>
- [14] R. Palma, C. Broglia de Lacerda, (2015). Publicación “Software convierte voz en lenguaje de señas para sordos”, Disponible en: <http://www.scidev.net/america-latina/comunicacion/noticias/software-convierte-voz-en-lenguaje-de-se-as-para-sordos.html>
- [15] I. Sommerville, Ingeniería de software, Séptima Edición. 2005
- [16] R. Pressman. Ingeniería de Software. Un enfoque práctico. Séptima Edición, pp 735-733. 2005



Ángela M. Pérez Z. Tecnólogo en Automatización Industrial del Servicio de Educación Nacional –SENA-, Sede Manizales, Actualmente es estudiante de pregrado en Administración de Sistemas Informáticos de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Participa en el Grupo de investigación en Ambientes Inteligentes Adaptativos, sus áreas de interés están relacionadas con temáticas de inteligencia artificial, minería de datos, desarrollo web y computación afectiva.



Néstor D. Duque M. Ingeniero Mecánico de la Universidad Tecnológica de Pereira. Especialista en Auditoria

de Sistemas de Información de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Magíster en Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Doctor en Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Actualmente es docente de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Director del grupo de investigación en Ambientes Inteligentes Adaptativos. Sus áreas de interés están relacionadas con inteligencia artificial, TIC en educación y sistemas adaptativos, inclusión digital, minería de datos, seguridad y auditoría de sistemas de información, computación ubicua, software libre.



Arabelly Guerra M. Administradora de empresas de la Universidad Nacional de Colombia. Candidata a especialista en Gerencia del Desarrollo Humano de la Universidad EAFIT. Actualmente acompaña los procesos con personas con discapacidad del Grupo de investigación en Ambientes Inteligentes Adaptativos GAIA de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. Sus áreas de interés se enmarcan en la inclusión de personas con discapacidad, así como los recursos humanos en las organizaciones como aspecto desde el cual aportar para dicha inclusión.