

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	Documento F-AC-DBL-007	Código 30-09-2024	Fecha C
	Dependencia DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	Aprobado SUBDIRECTOR ACADEMICO	Pág. 1(79)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Luis Duvan Torrado Mora		
FACULTAD	Ingeniería		
PLAN DE ESTUDIOS	Ingeniería De Sistemas		
DIRECTOR	Dewar Wilmer Rico Bautista		
CODIRECTOR (si aplica)	Cesar Alberto Collazos (Universidad del Cauca/Colombia)		
TÍTULO DE LA TESIS	Software Traductor Del Lenguaje De Señas Al Lenguaje Formal Colombiano Usando Mediapipe Mediante Python		
TITULO EN INGLES	Sign Language To Colombian Formal Language Translation Software Using Mediapipe Through Python		
RESUMEN (70 palabras)			
Es un software traductor del lenguaje de señas colombiano el cual se encarga de darle voz a las personas sordomudas, está conformado por redes neuronales lstm las cuales ayudan a predecir mejor las palabras, tiene el google text to speech que es una biblioteca de código abierto además tiene la funcionalidad de traducir las señas en tiempo real formando un cuadro de dialogo y guardándolo en pantalla mostrando la secuencia de palabras que se vayan introduciendo por medio de señas.			
RESUMEN EN INGLES			
It is a Colombian sign language translation software which is responsible for giving a voice to deaf-mute people. It is made up of lstm neural networks which help to better predict words. It has Google Text to Speech which is an open source library. It also has the functionality of translating signs in real time by forming a dialog box and saving it on the screen showing the sequence of words that are entered through signs.			
PALABRAS CLAVES	Redes neuronales LSTM, lenguaje de señas, python, mediapipe.		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	LSTM neural networks, sign language, python, mediapipe.		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 73	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 37	CD-ROM:



Via Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88
 atencionalciudadano@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

**Software Traductor Del Lenguaje De Señas Al Lenguaje Formal Colombiano Usando
Mediapipe Mediante Python**

Luis Duvan Torrado Mora

Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña

Ingeniería de Sistemas

Ph. D. Dewar Wilmer Rico Bautista

Ph.D. César Alberto Collazos

15 marzo 2025

Índice

Lista De Figuras	6
Capítulo 1. Software Traductor Del Lenguaje De Señas Al Lenguaje Formal Colombiano Usando Mediapipe Mediante Python.....	9
1.1 Planteamiento de la situación problema.....	9
1.2 Formulación Del Problema	13
1.3 Objetivos.....	16
1.3.1 Objetivo general	16
1.3.2 Objetivos específicos	16
1.4 Justificación	16
1.4.1 factor diferenciador.....	18
1.5 Hipótesis	21
1.6 Delimitaciones	23
1.6.1 Conceptual.....	23
1.6.2 Geográfica	24
1.6.3 Operativa	24
1.6.4 Temporal	24
Capítulo 2. Marco Referencial.....	26
2.1 Marco Histórico	26
2.2 Marco Contextual.....	26
2.3 Marco Conceptual	27
2.3.1 Redes artificiales convolucionales (CNN).....	27
2.3.2 Dactilología	27
2.3.3 Machine learning.....	27

	3
2.3.4 Mediapipe	27
2.4 Marco Teórico	28
2.5 Marco Legal.....	30
Capítulo 3. Diseño Metodológico.....	31
3.1 Diseño metodológico	31
3.1.1. Tipo de Estudio	31
3.1.2. Usabilidad.....	31
3.1.3. metodología de diseño centrada en el usuario	35
3.1.4. Fases del Proyecto	42
3.2 Población y Muestra	46
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de información	51
3.3.1 Tipo de investigación.....	51
3.3.2 Origen de datos	51
3.3.3 Técnica a emplear	51
3.4 Análisis de información.....	52
Capítulo 4. Resultados Del Proyecto	53
4.1. Resultados del objetivo 1	53
4.1.1. Requisitos funcionales.....	53
4.1.2. Requisitos no funcionales.....	54
4.2. Resultados del objetivo 2	54
4.2.1. Preparación del entorno	54
4.2.2. Instalación de bibliotecas.....	55
4.3. Resultados del objetivo 3.....	55
4.3.1. Algoritmos principales.....	55

4.3.2. Algoritmos secundarios	4
4.3.2. Algoritmos secundarios	56
4.4. Resultados del objetivo 4.....	57
4.4.1. Pruebas locales – espacio cerrado.....	57
4.4.2. Pruebas en público – espacio abierto.....	58
Capítulo 5. Generación De Conocimiento	59
5.1 Participación en eventos como ponente	59
5.1.1. Tercera Conferencia Internacional sobre Sistemas de Información y Tecnologías de Software (ICI2ST) 2022	59
5.1.2. Marco del ciclo de conferencias celebrando el día mundial del internet 2024.....	60
5.1.3. X Jornadas Iberoamericanas de Interacción Humano Computadora JIHCI2024	61
5.1.4. 1er Workshop Accesibilidad e Inclusión - X Jornadas Iberoamericanas de Interacción Humano Computadora JIHCI2024	62
5.1.5. 11th international conference of technological innovation.....	63
5.2 Participación en semilleros de investigación	64
5.2.1. 8vo Encuentro Interinstitucional De Semilleros De Investigación	64
5.3 Certificados torneos de robótica	64
5.3.1. Robotic People Fest Cartagena 2023	64
5.3.2. Robotic People Fest Cartagena 2024.....	65
5.4 Certificados capacitació	67
5.4.1. Genexus 18 Core.....	67
5.4.2. Introducción a LABVIEW para la ingeniería.....	68
Capítulo 6. Conclusiones	70

Capítulo 7. Recomendaciones	5 73
-----------------------------------	---------

Lista De Figuras

Figura 1. Distribucion discapacidad en Colombia	12
Figura 2. Ramas de la inteligencia artificial	13
Figura 3. Tecnología mediapipe	28
Figura 4. Diagrama de los puntos de las manos	29
Figura 5. Diálogo entre sordo y sordomudo.	34
Figura 6. Diálogo entre sordomudo y ciego.	34
Figura 7. Arquitectura de usabilidad: cliente - software	36
Figura 8. Toma de muestras de “hola” en Null	37
Figura 9. Toma de muestras de “hola” en Capturando	38
Figura 10. Traducción de la palabra “hola”	38
Figura 11. Logo mundial de la discapacidad	39
Figura 12. Tipografía y color de las letras y su fondo	40
Figura 13. Arquitectura del Sistema	45
Figura 14. Personas según su género	46
Figura 15. Personas del conflicto armado	47
Figura 16. Personas discapacitadas	48
Figura 17. Tipo de discapacidad	48
Figura 18. Grupo étnico	49
Figura 19. Ocupación	49
Figura 20. Nivel de educación	50
Figura 21. Algoritmos principales – traductor de señas.	55
Figura 22. Algoritmos secundarios – traductor de señas.	56
Figura 23. Pruebas al código de evaluación – traductor de señas.	58
Figura 24. Pruebas en público – feria de proyectos de aula UFPSO.	58

Figura 25. Certificado ponente en el ICI2ST 2022	59
Figura 26. Certificado ponente en el ciclo de conferencias celebrando el día mundial del internet 2024	60
Figura 27. Certificado ponente en las jornadas JIHCI2024.	61
Figura 28. Certificado como mejor trabajo en el 1er Workshop Accesibilidad e Inclusión en las jornadas JIHCI2024	62
Figura 29. Certificado ponente de la 11th international conference of technological innovation.	63
Figura 30. Certificado como ponente en el 8vo Encuentro Interinstitucional De Semilleros De Investigación – UFPS	64
Figura 31. Primer puesto - Robotic People fest Cartagena 2023.	65
Figura 32. Primer puesto - Robotic People fest Cartagena 2024.	65
Figura 33. Segundo puesto - Robotic People fest Cartagena 2024.	66
Figura 34. Tercer puesto - Robotic People fest Cartagena 2024.	66
Figura 35. Certificado participación - Robotic People fest Cartagena 2024.	67
Figura 36. Certificado Curso GeneXus 18 CORE	67
Figura 37. Certificado Introducción a LABVIEW para la ingeniería	68

Las ramas de la inteligencia artificial se dividen en: robótica, planificación, procesamiento del lenguaje natural, visión por computadora, sistemas expertos, reconocimiento automático del habla, aprendizaje automático y por ultimo redes neuronales las cuales se utilizan en este proyecto en el cual entrenamos el software por medio de convoluciones que son filtros realizados a las imágenes obtenidas en el entrenamiento que se le realiza a las neuronas mediante una cantidad significativa de muestras, teniendo como función el seguimiento de las manos a través de la plataforma código libre llamada Mediapipe, en la cual se centra el proyecto para la correcta traducción de lenguaje de señas a texto.

Primero se realiza el entrenamiento del software para el reconocimiento de cada letra donde se toman 300 imágenes de la posición de cada letra, segundo se compila el modelo y el peso de las letras y tercero se realiza la predicción.

Otra forma de ver el despliegue del proyecto sería:

- Inteligencia Artificial
- redes neuronales (conformadas por convolucionales)
- mediapipe (traducción del lenguaje de señas)

De esta forma podemos implementar el software con los siguientes pasos:

- Fase de entrenamiento: donde se toman las 300 imágenes de la posición de la mano respecto a cada letra
- Fase de compilación: aquí se realiza el compilamiento de las imágenes tomadas en el entrenamiento.
- Fase de predicción: al final podemos traducir las letras respecto a cada posición de la mano.

Capítulo 1. Software Traductor Del Lenguaje De Señas Al Lenguaje Formal Colombiano Usando Mediapipe Mediante Python

1.1 Planteamiento de la situación problema

La ausencia de dispositivos o software que puedan traducir lenguaje de señas es escasa en Colombia, se han realizado muchas investigaciones y avances para ayudar a las personas que no pueden hablar ni escuchar con la ayuda de la tecnología moderna.

Las personas así ni siquiera pueden utilizar aplicaciones de voz como el asistente de Google (ikram, s; danda, n.d.). En el proceso de solicitud de ayuda es necesario utilizar un método seguro adecuado, herramientas de comunicación y rapidez en el envío de mensajes solicitando ayuda para que no suceda algo no deseado. Una de las formas de superar este problema es utilizar el lenguaje de señas (Thejowahyono N.F., Setiawan M.V., Handoyo S.B., 2022). Un sistema de reconocimiento de imágenes en tiempo real capaz de identificar con precisión las letras del alfabeto LIS proporcionadas por un usuario en un marco de interacción humano-computadora (HCI) por medio de la biblioteca Open Source Computer Vision (OpenCV) de Python y dos modelos basados en redes neuronales convolucionales, a saber, CNN y VGG19 (Schmalz, 2021). Se propone un sistema robusto de reconocimiento de gestos manuales basado en imágenes térmicas de alta resolución que es independiente de la luz. Se construye un conjunto de datos de 14.400 gestos térmicos con las manos, separados en dos tonos de color (Breland, Dayal, et al., 2021; Breland, Skriubakken, et al., 2021). Se pretende utilizar la mano del usuario como región de interés (ROI) que luego será analizada y procesada para combatir los efectos de la luz y otras anomalías que puedan surgir, luego utilizar Redes

Neuronales Artificiales (CNN) para el aprendizaje del alfabeto (Pichucho, jp; Constante, pn; Gordón, am; mendocino, 2019). En Colombia, hay gran ausencia de tecnologías encaminadas al aprendizaje e interpretación señas; por ende, es un compromiso social, llevar a cabo iniciativas que promuevan la mejora de la calidad de vida de este grupo social del país, el cual está representado por una minoría considerable (villa, betsy; valeria, valencia; julie, 2018). Para ayudar a mejorar el nivel de vida de las personas sordomudas se diseñó un sistema Traductor de lenguaje de señas a texto, que se enfoca principalmente en traducir la señas y números que realizan la personas con deficiencias auditivas y transformarlas a texto para que aquellas personas que desconocen este lenguaje puedan comunicarse (cuji, rodriguez; julio , enrique; amanda, 2018). Las cámaras de color y profundidad se implementan comúnmente para el reconocimiento de gestos con las manos, pero la clasificación sólida de los gestos con las manos bajo iluminación variable sigue siendo una tarea desafiante (breland, ds; Dayal, a; Jha A; Yalavarthy, pk; Pandey, do; Cenkeramaddi, 2021).

Para realizar el procesamiento digital de imágenes se debe seguir un proceso exhaustivo, por el cual en la propuesta se explica de manera detallada el ambiente controlado por contraste debido a que posee dos luminarias tanto de una lámpara de escritorio, como de la propia iluminación de la habitación considerando que de esta manera elimina la mayor parte las sombras existentes que pueden afectar a la imagen, Mediapipe, integrado con Python, utiliza aprendizaje automático mediante métodos interconectados. Su modelo inicial detecta la palma de la mano en la imagen de entrada, generando un cuadro delimitador orientado que encierra la palma capturada. el límite cuadro se utilizará para recortar la imagen de la mano y luego pondrá dentro de la base de datos. También están los problemas de aislamiento de las personas con

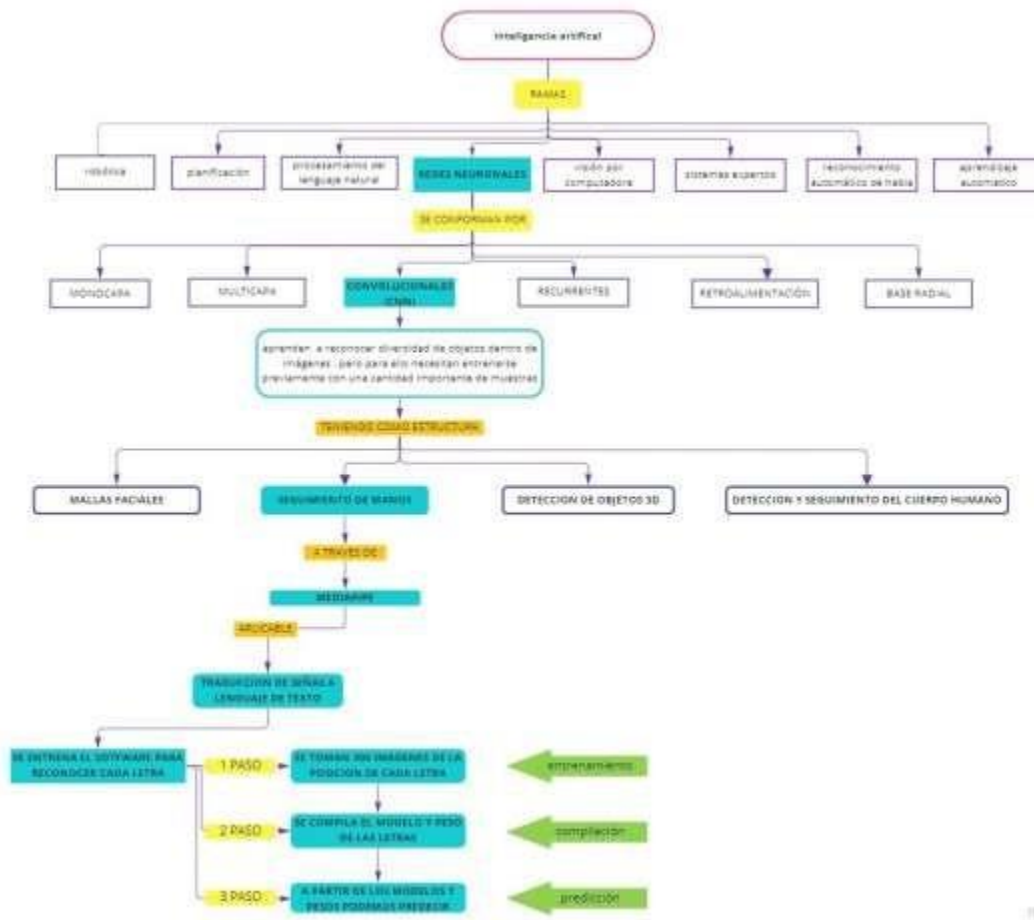
discapacidad, ya sea en las aulas de clases, en un centro comercial, o en ciertos tipos de lugares donde se necesite la comunicación con otras personas para transmitir información y recibir también información, donde un método de comunicación con las personas con esta discapacidad es el software planteado en este documento donde se pretende traducir las señas que introduzca la persona con la condición de no poder hablar ni escuchar, y el software logre captar cada una de ellas y mostrarlas en la pantalla marcando los 21 puntos de las manos y donde muestra en la parte superior la letra que traduzca en vivo, así la persona que se esté comunicando con ella podrá entender en principio algunas palabras que la persona desee comunicar. El software está diseñado para ser fácilmente aceptado en la sociedad, considerando el desafío de integración que enfrentan las personas con discapacidades para hablar y escuchar, como se muestra en estadísticas del promedio de discapacidades en Colombia, ver Figura. 1. En la actualidad, estas dificultades conducen a situaciones de aislamiento, lo que hace imperativo desarrollar herramientas que faciliten la comunicación. Este sistema busca ser implementado en una amplia variedad de espacios como colegios, centros comerciales, hospitales y otros entornos donde estas personas necesiten interactuar, tanto con la sociedad como con sus familiares. Su objetivo principal es ofrecer una solución práctica y accesible que fomente la inclusión.

Figura 1*Distribución discapacidad en Colombia*

Además, se espera que este software tenga un impacto significativo debido a su diseño robusto y sus posibilidades de desarrollo prácticamente ilimitadas. Su funcionamiento se basa en una base de datos creada durante una fase de entrenamiento que utilizó técnicas avanzadas de reconocimiento de señas. Este proceso empleó 21 puntos clave de las manos para identificar cada posición relacionada con las letras del alfabeto. Durante la etapa de recopilación, se generaron 300 imágenes para cada posición de la mano, que se almacenaron en una base de datos sólida y estructurada. Esta base sustenta las fases posteriores de compilación y predicción, permitiendo que el software evolucione y se adapte a nuevas necesidades de uso. Con ello, se busca no solo facilitar la comunicación, sino también abrir nuevas posibilidades de interacción y aprendizaje para las personas con discapacidad.

Figura 2

Ramas de la inteligencia artificial



El diagrama de la figura muestra las ramas utilizadas durante el desarrollo del proyecto donde se emplearon diferentes técnicas de inteligencia artificial, se compararon con otros proyectos realizados y donde se obtuvieron resultados parecidos, ver Figura. 2.

1.2 Formulación Del Problema

Luego de la revisión sistemática, se tienen los siguientes resultados. El propósito principal es dar una visión general sobre las mejores prácticas usadas en el desarrollo de software para el

reconocimiento de señas y responder las preguntas de investigación que contribuirán al futuro desarrollo del proyecto en cuestión.

1. ¿Cómo se comunican las personas sordomudas?

Las personas con la dificultad de no poder hablar ni escuchar tienen muchos métodos de comunicación los cuales han aprendido a lo largo de su vida como por ejemplo el solo hecho de señalar algo ya es un método de comunicación no hablado, el modelo más formal de comunicación de estas personas es el medio de señas el cual van aprendiendo por medio de familiares o, por el contrario, al ver a otras personas hablar el lenguaje de señas. La comunicación de las personas sordomudas con la sociedad que hoy en día no conocen el lenguaje es un poco confusa para ambas partes.

2. ¿Qué medios de comunicación utilizan las personas sordomudas?

Algunas personas sordomudas pueden utilizar los medios de la escritura, en el caso de saber escribir de forma correcta, por otro lado, las personas con esta condición en muchas ocasiones saben leer los labios permitiéndoles un poco menos de complejidad al momento de comunicarse.

3. ¿el lenguaje de señas es igual en todos los países?

El lenguaje de señas al igual que el lenguaje de habla o escritura es diferente en todos los países, esto llevado consigo de la mano con el lenguaje común. Permitiendo que en cada país sea

posible el entrenamiento del software aquí propuesto para el desarrollo de una problemática como lo es la comunicación con las personas sordomudas.

4. *¿las personas sordomudas saben leer y escribir?*

En muchas ocasiones la persona con la condición de sordomudez implica la dificultad de no poder escuchar lo que otra persona le está transmitiendo, esto lleva al fin de reducir la probabilidad de poder entenderse con otra persona, lo cual causa mucha dificultad de poder escribir de forma correcta. Las personas con sordomudez pueden escribir de forma correcta, pero con cierto grado de dificultad al transmitir información.

La propuesta se realizó gracias a la implementación de diferentes tecnologías como lo son el machine learning, algoritmos de cnn, mediapipe, python, pycharm.

Son herramientas de gran importancia en el desarrollo del proyecto ya que cada una de estas implementa ciertas características especiales que realizan específicas funciones en la predicción de cada una de las letras a traducir. El uso de inteligencia artificial como base para el desarrollo del proyecto abre nuevos conocimientos adquiridos durante el planteamiento del desarrollo de la aplicación, así como también el conocimiento de las redes neuronales convolucionales las cuales ayudan a una mejor predicción de las letras introducidas en tiempo real a la aplicación.

El software tendrá una fácil aceptación dentro de la sociedad ya que hoy en día se puede observar el aislamiento de las personas con la discapacidad de no poder hablar ni escuchar, además se pretende que su uso sea implementado en diferentes entidades como lo son; colegios,

centros comerciales, centros de salud y otros sitios en los cuales las personas con esta condición necesitan comunicarse con la sociedad o con sus familiares, se espera que su uso sea bastante significativo ya que es una herramienta robusta de infinitas posibilidades de desarrollo, el origen de los datos de conforma de la base creada a partir de la fase de entrenamiento donde se empleó la técnica de reconocimiento de señas a través de 21 puntos tomados de las manos donde se almacenaron en una base datos conformada por 300 imágenes de cada posición de la mano respecto a cada letra, de ahí se componen las otras fases de compilación y predicción (Torrado-Mora & Rico-Bautista, 2022).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseño de un software traductor del lenguaje de señas al lenguaje formal colombiano usando mediapipe mediante python

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar los requerimientos funcionales y no funcionales del software usando mediapipe
- Diseñar del algoritmo usando la plataforma mediapipe de código abierto para la creación del software
- Desarrollo los algoritmos para el funcionamiento del software donde se determinen los requerimientos funcionales y no funcionales
- Evaluar la funcionalidad del prototipo de software en un ambiente de prueba para disminuir posibles fallos

1.4 Justificación

El estudio de la lengua de señas en Colombia se le ha dado gran importancia desde 1984 y fue reconocida oficialmente en 1996 durante el gobierno de Ernesto Samper Pizano mediante la ley 324(Melo, 1996). En el cual el artículo dice lo siguiente “el estado colombiano reconoce la lengua de señas como propia de la comunidad sorda del país”

Se crea la necesidad de comunicación con las personas sordomudas generando el desarrollo de un software informático que permita la comunicación con las personas, a partir de esto se crea un proyecto investigativo donde se plantee una solución que ayudara a las personas con discapacidad auditiva a la mejor comunicación con el medio y las personas.

El impacto esperado durante y luego la realización del software es ayudar a las personas sordomudas no solo a comunicarse con la sociedad sino con sus familiares donde se desarrollen destrezas durante el uso del software logrando aprendizajes significativos.

El software traductor del lenguaje de señas será factible ya que no se necesitan altos recursos ni máquinas costosas, hoy en día podemos utilizar un computador y una cámara web para el uso de la aplicación, la viabilidad del proyecto respecto a la necesidad también será factible ya que muchas personas no cuentan con conocimiento del lenguaje de señas.

El propósito del traductor del lenguaje de señas colombiano es mejorar la comunicación y relación entre personas del común y personas que padecen esta condición.

El software será capaz de traducir en tiempo real el alfabeto de señas y almacenar las letras traducidas en una caja de texto con el fin de armar la palabra deseada, además para evitar que se almacenen letras no deseadas, el almacenamiento de las letras se verá reflejado a través de un porcentaje de aprobado del 98%.

La aplicación estará construida a partir de mediapipe que es de código abierto la cual cuenta con diferentes funcionalidades entre las cuales se encuentra el reconocimiento de los 21 puntos de las manos.

Este proyecto será una herramienta importante para las personas sordomudas ya que les brindará una mejor experiencia de comunicación donde la participación en la sociedad será mayor gracias a esta herramienta

1.4.1 factor diferenciador

En Colombia ya existen dispositivos o páginas web que ayuden a personas con sordomudez a comunicarse una de ellas se llama HETAH es una herramienta web que ofrece varios tipos de traducción del lenguaje de señas, como, por ejemplo, traducción en señas 2D, traductor por imágenes, avatares 3D y un diccionario de señas.(HETAH - Traductor de lenguaje de señas, 2024). También existe otra aplicación llamada HABLEMOS es una aplicación móvil desarrollada por estudiantes de la universidad nacional de Colombia en Medellín, esta aplicación traduce en tiempo real, comunicación directa, diccionario de palabras y expresiones, y el uso de inteligencia artificial.(Universidad Nacional de Colombia, 2024).

Nuestra herramienta posee varias funcionalidades extra a comparación con las anteriores mencionadas, funcionalidades que se han implementado con el fin de destacar la herramienta, una de las principales es el uso de redes neuronales LSTM para procesamiento de imágenes en tiempo real, el uso de MEDIAPIPE como herramienta de código abierto en la cual nos apoyamos para la captación de los puntos de las manos, el uso de la herramienta TEXT TO SPEECH como base para traducir de texto a voz.

Aportes para Colombia.

- El proyecto aborda la escases de herramientas específicas para la comunidad sorda en Colombia, una región donde el desarrollo tecnológico inclusivo es limitado
- Considera el lenguaje de señas colombiano, asegurando que el software esté adaptado al contexto cultural y lingüístico del país, algo que no siempre ocurre en proyectos internacionales

Uso de nuevas herramientas como son mediapipe y python

- Se implementa mediapipe, una herramienta de código abierto, lo que reduce costos de desarrollo y permite que sea accesible para modificaciones futuras
- Integra aprendizaje automático y redes neuronales convolucionales (CNN) para reconocer señas en tiempo real, ofreciendo un sistema con alta precisión y posibilidad de expansión

Factor diferenciador en el sistema

- El sistema se construyó con una base de datos sólida generada durante un proceso de entrenamiento que incluyó 300 imágenes por letra.
- Se aplicaron técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes para garantizar la calidad y precisión en condiciones reales.
- Uso de redes neuronales LSTM para mejor procesamiento de imágenes a comparación con las anteriormente usadas (CNN).
- Uso de text to speech para traducir texto a voz.

Factor de inclusión y accesibilidad

- No solo traduce el lenguaje de señas a texto, sino que también genera comandos de voz, ampliando la funcionalidad a personas con discapacidades combinadas, como sordo-ceguera.
- Está diseñado para implementarse en entornos públicos y privados como escuelas, hospitales, y centros comerciales, promoviendo la inclusión social.

Enfoque de mejora continua

- Aunque actualmente el software no tiene auto entrenamiento, plantea futuras implementaciones de aprendizaje autónomo para actualizarse con nuevas señas y palabras.
- Destaca las redes LSTM como posibles mejoras para responder más rápidamente en comparación con las CNN utilizadas.
- Anteriormente el software usaba redes neuronales CNN las cuales eran lentas a comparación con las redes neuronales LSTM

Contribución académica

- El proyecto ha sido presentado en varios eventos académicos y conferencias internacionales, demostrando su valor como innovación tecnológica y herramienta educativa.
- Ha generado conocimiento a través de la publicación de artículos científicos, lo que amplía su impacto más allá de lo técnico.

Fácil uso de herramientas cotidianas

- Utiliza hardware y software accesibles, como cámaras web comunes y python, lo que lo hace replicable en diversos entornos con bajos recursos económicos.

Aplicaciones futuras

- Plantea extenderse a otros lenguajes de señas y mejorar la portabilidad para dispositivos móviles
- Potencialmente podría integrarse con tecnologías como seguimiento ocular o interfaces cerebro-computadora para personas con discapacidades más severas

Comparación con otros proyectos

- A diferencia de algunos proyectos internacionales que usan dispositivos especializados como guantes o cámaras infrarrojas, este software se basa en cámaras convencionales y aprendizaje automático, haciéndolo más accesible y adaptable.
- Enfocado en las necesidades locales, su propuesta de personalización y entrenamiento por parte de los usuarios es un diferenciador clave.

1.5 Hipótesis

El desarrollo e implementación de un software traductor de la Lengua de Señas Colombiana (LSC), basado en redes neuronales de tipo LSTM (Memoria a Largo y Corto Plazo), promete mejorar significativamente la precisión y la eficiencia en la traducción en tiempo real de

señas a texto y voz. Estas redes neuronales destacan por su capacidad para procesar secuencias de datos y reconocer patrones complejos, características esenciales para interpretar con precisión los gestos que conforman el lenguaje de señas.

Esta tecnología mejora la comunicación entre personas sordomudas y oyentes en una amplia variedad de entornos, tanto públicos como privados. En espacios públicos, como escuelas, universidades, oficinas gubernamentales y centros de salud, el uso de este software facilitará interacciones más fluidas y naturales, reduciendo la dependencia exclusiva de intérpretes humanos y permitiendo una comunicación más inmediata y eficiente. En contextos privados, como el hogar o reuniones sociales, esta herramienta ofrecerá a las personas sordomudas una solución poderosa para expresarse y comprender a sus interlocutores, fortaleciendo las relaciones personales y familiares.

Como resultado, esta innovación tecnológica no solo beneficiará directamente a las personas sordomudas, sino que también impulsará una mayor inclusión social y accesibilidad. Al derribar las barreras de comunicación que enfrenta la comunidad sorda en Colombia, se abrirán más oportunidades para su participación activa en la vida cotidiana y profesional. Esto fomentará la construcción de una sociedad más equitativa y accesible, donde la educación, el empleo y la interacción social no estén restringidos por limitaciones lingüísticas. El impacto de esta tecnología trascenderá las fronteras de Colombia, convirtiéndose en un modelo replicable para otros países y regiones que enfrentan desafíos similares en la inclusión de personas sordomudas. El éxito de este software en Colombia podría inspirar la creación de soluciones similares adaptadas a otras lenguas de señas y contextos culturales, ampliando su impacto positivo a escala global.

El desarrollo de un software traductor de la Lengua de Señas Colombiana basado en redes neuronales LSTM marca historia en la tecnología de accesibilidad. Esta herramienta no solo mejora la precisión y velocidad de las traducciones en tiempo real, sino que también facilita la comunicación, impulsa la inclusión social y derriba las barreras que dificultan la interacción. Al hacerlo, contribuye a construir una sociedad más justa y accesible para todos. Su implementación promete generar un impacto profundo y duradero, acompañando a la comunidad sorda y abriendo paso a un futuro más inclusivo, donde la conexión entre personas sea verdaderamente universal.

1.6 Delimitaciones

1.6.1 Conceptual

Investigando y documentando se encontró con una problemática que incluye a las personas que viven en situación de discapacidad (PeSD) de origen auditivo, para esto usamos un sistema basado en conocimiento basado en una lengua de señas que es un lenguaje de expresión natural y perfiles de percepción espacial, gestual y visual, a través del cual las personas sordas pueden crear un canal de comunicación con su entorno social, ya sea PCD. La comunicación oral-lingüística ocurre en el canal auditivo-acústico, y la lengua de señas lo hace a través del canal visual-motor-espacial. Su principal ventaja es que utiliza señales hechas a mano, junto con gestos y expresión física. Cabe señalar que en estas construcciones se representa la gramática y la sintaxis. Por su parte, el significado dependerá de la forma de la mano o mano aplicada al hacer la señal, el lugar de colocación de la señal, su movimiento y velocidad, la dirección de la palma y las expresiones faciales o corporales. Acompañando a la seña, cabe señalar que la lengua de señas no es una lengua universal, cada país tiene su propio sistema, para esto nos basamos en

antecedentes el cual nos brindaran información acerca de otros proyectos ya realizados y concluimos que todos se basan en el método redes neuronales el cual propone un modelo simple que simula la forma en que el cerebro humano procesa la información esto funciona combinando simultáneamente una gran cantidad de unidades de procesamiento interconectadas que parecen versiones abstractas de una neurona.

1.6.2 Geográfica

Se requiere utilizar el software en la ciudad de Ocaña en diferentes espacios públicos o privados donde se encuentren personas sordomudas, con el fin de poner a prueba el reconocimiento de señas para poder realizar ajustes y entrenamiento del mismo, previo a esto se tuvo que haber realizado el entrenamiento de la red neuronal artificial.

1.6.3 Operativa

El Lenguaje de programación utilizado en este Software es el lenguaje de Python, Este lenguaje posee mucha popularidad en el mundo, ya que al ser robusto se puede realizar todo tipo de proyecto además de esto es fácil de usar y es un lenguaje de código abierto. El sistema será capaz de traducir el lenguaje de señas además de guardar temporalmente las señas traducidas en una caja de texto, para luego sacarla en comando de voz y así poder lograr la comunicación con las personas del habla común.

1.6.4 Temporal

Mediapipe en coordinación con Python utilizan el aprendizaje automático que consiste en varios métodos que están interconectados y trabajan juntos. El primer modelo es detectar la palma de la imagen que es considerado como entrada. Este modelo devolverá una mano orientada cuadro delimitador de la imagen de la palma capturada. el límite cuadro se utilizará para recortar

la imagen de la mano y luego pondrá dentro de la base de datos, por tal motivo el software no cuenta con entrenamiento automático, esto quiere decir que se tienen que realizar ajustes cada cierto tiempo, como por ejemplo, señas mal traducidas, lo cual llevaría el software a ser obsoleto si no se realizan previos ajustes cada cierto tiempo, a futuro se quiere implementar nuevas tecnologías con el fin de que el software sea capaz de entrenarse por sí mismo (Torrado-Mora & Rico-Bautista, 2022).

Capítulo 2. Marco Referencial

2.1 Marco Histórico

El uso del lenguaje de señas se le comenzó a dar importancia cerca del siglo XVI cuando diferentes iglesias brindaban educación a niños con sordomudez, siendo capaz de comunicarse con ellos y poderles brindar y transmitir la información con el fin de que los alumnos sordomudos entendieran al igual que los que podían escuchar y hablar.

El impacto del lenguaje de señas y reconocimiento del lenguaje de señas se dio en 1755 gracias a “abad francés Charles Michel de l'Épée” quien fundó en París la primera escuela para sordos.

Desarrolla un lenguaje dactilológico creando una seña para cada letra del alfabeto, creando también un lenguaje de palabras, documentándolo y darle una estructura gramatical a este lenguaje, se menciona también que se documentó el uso de las manos para diferenciar algunas palabras o letras, por ejemplo, la mano izquierda o la mano derecha podrían dar significado a palabras indicativas, relativas y descriptivas.

2.2 Marco Contextual

El uso del lenguaje dactilológico se emplea para transmitir palabras, frases o cualquier tipo de comunicación que se quiera dar, lo que se pretende con el software de traducción de señas es poder traducir una seña a texto y a voz, con el fin de que las personas con dificultad para entender señas puedan saber lo que la persona sordomuda este tratando de comunicar, el uso del software se pretende usar en espacios públicos y privados donde se requiera, como por ejemplo un banco, un lugar comercial, un colegio, una universidad, una empresa o un parque público, las

escuelas por supuesto necesariamente tendrían que actualizar su método de enseñanza para poder interactuar con personas discapacitadas, ya que hoy en día muy escasos profesores son capaces de interactuar con personas con condiciones especiales, para este caso se puede emplear el software de traducción de señas ya que sería de gran ayuda tanto para un profesor como para el alumno.

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 Redes artificiales convolucionales (CNN)

Una red artificial convolucional es una arquitectura de redes de machine learning y Deep learning donde se enseña a dicha red a diferenciar patrones en imágenes con el fin de diferenciar una o varias imágenes encontrando y reconociendo objetos en ellas.

2.3.2 Dactilología

La dactilología es el alfabeto de señas con el cual se comunican las personas con problemas de sordera y mudez, cabe aclarar que no todas las señas son iguales en todo el mundo

2.3.3 Machine learning

Término utilizado para la inteligencia artificial donde se busca emplear algoritmos y entrenarlos para diferenciar e identificar objetos o diferencias en una imagen

2.3.4 Mediapipe

Es una plataforma de código abierto trabajable con python con la cual se pueden realizar diferentes proyectos de IA empleando algoritmos y métodos de identificación de imágenes se puede emplear para reconocimiento de rostros, manos, poses, cabellos, entre otros, ver Figura. 3.

Figura 3

Tecnología mediapipe



2.4 Marco Teórico

El Lenguaje de programación utilizado en este Software es el lenguaje de Python, Este lenguaje posee mucha popularidad en el mundo, ya que al ser robusto se puede realizar todo tipo de proyecto además de esto es fácil de usar y es un lenguaje de código abierto.

Mediapipe, junto con Python, emplea técnicas de aprendizaje automático que combinan diversos métodos interconectados para trabajar de manera conjunta. Inicialmente, utiliza un modelo encargado de detectar la palma de la mano en la imagen proporcionada como entrada. Este modelo genera un cuadro delimitador que representa la orientación de la mano detectada. A continuación, la imagen recortada de la mano, basada en este cuadro, se procesa y se incorpora a una base de datos para su análisis o uso posterior, ver Figura. 4.

Figura 4

Diagrama de los puntos de las manos



En primer punto para el correcto funcionamiento del software se realizará el entrenamiento de la red neuronal donde se pretende insertar cada letra o número que se desee traducir, allí podemos utilizar la cámara donde le mostraremos el posicionamiento de la mano respecto a la letra que queremos introducir en la red neuronal. Luego se realizará la compilación de las letras, almacenando fotos y posicionamiento de cada una de ellas respecto a la letra que la lleva consigo, este archivo lleva el nombre del peso de las letras para la correcta traducción.

La dactilología debe ser ejecutada con la mano más hábil de la persona, es decir, si se es diestro debe utilizarse la mano derecha, si es zurdo, la izquierda; cuando se es ambidiestro, debe seleccionarse sólo una de las manos, de lo contrario, se confundiría a los receptores.

El brazo debe colocarse cómodamente, sin realizar ningún esfuerzo adicional, para el entrenamiento de la red se tomarán 300 imágenes respecto a cada letra del abecedario para generar menos porcentaje de error.

2.5 Marco Legal

La ley 324 de 1996 del congreso de la república de Colombia en su artículo 11 dice “El Estado establecerá la protección legal para que el padre, la madre o quien tenga bajo su cuidado o protección legal al limitado auditivo, disponga de facilidades en sus horas laborales, para la atención médica, terapéutica y educativa para sus hijos.” A demás en su artículo 2 también menciona y reconoce la lengua manual colombiana como idioma propio de la comunidad sorda del país.

Capítulo 3. Diseño Metodológico

3.1 Diseño metodológico

En esta tesis se presenta el desarrollo e implementación de un sistema de visión computacional para el reconocimiento de señas, dirigido a personas con discapacidad auditiva (PeSD). La metodología empleada sigue un enfoque **mixto**, integrando técnicas tanto cualitativas como cuantitativas para abordar la problemática de comunicación de las personas sordas y validar la efectividad del sistema propuesto.

3.1.1. *Tipo de Estudio*

El estudio es de tipo **experimental y aplicado**, ya que busca desarrollar y probar un sistema innovador que permita el reconocimiento automático de señas. La experimentación se realiza para validar el desempeño del sistema, mientras que su aplicación está enfocada en mejorar la comunicación de las personas con discapacidad auditiva.

3.1.2. *Usabilidad*

Se aplican códigos y diseños estructurales para el correcto funcionamiento de la red neuronal, donde se piensa al usuario como parte fundamental del desarrollo de la tecnología existente y futura, el diseño del software se basa en características que definen al usuario como una persona con bajos conocimientos de tecnología, debe estar orientado a todo tipo de personas y además ser intuitivo, estas características facilitan la programación y la comprensión de cómo se comunica una persona sordomuda.

- **Facilidad y sencillez del entorno del software:** Este software se ofrece al público, por tal motivo, debe ser intuitivo y fácil de utilizar, tanto para la persona sordomuda con discapacidad del habla como para la persona común, ya que el software está implementado para facilitar la comunicación, no para complicarla. En este paso intervienen dos personas, el emisor y el receptor; donde el emisor es la persona sordomuda y el receptor es una persona normal, donde el emisor se posiciona frente a la cámara y procede a comunicar lo que quiere decir con el movimiento de sus manos, no necesita interactuar con el software de ninguna otra manera, y el receptor va logrando percibir lo que transmite el emisor y donde el software lo va mostrando en la pantalla.

- **Equipo de trabajo especializado en el área:** En el estudio y programación del software intervienen varias personas, y cada una tiene un papel fundamental en cada fase del proyecto, como primera persona debe estar un sordomudo, una persona que pueda entender señas, un programador, un desarrollador y un diseñador de arquitectura de software.

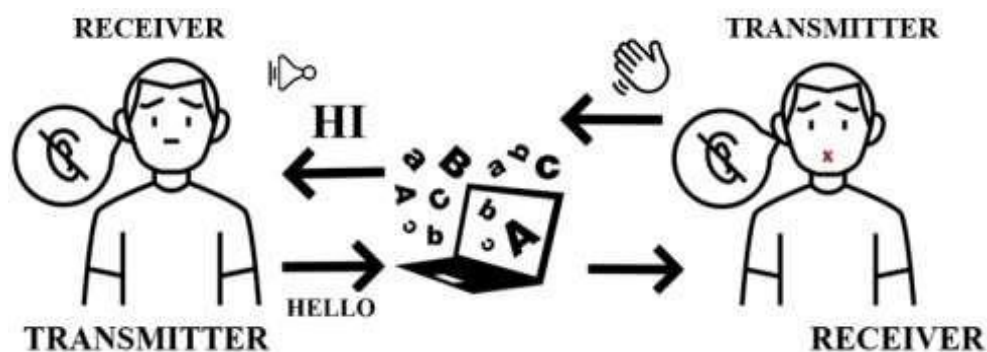
- **Diseño y seguimiento:** Todos los miembros del equipo están involucrados en el diseño de la arquitectura cliente-software de manera que los pasos a seguir están marcados por etapas de construcción funcional, donde se realizan pruebas respecto a la programación y traducción de cada seña, se anota cada actualización y corrección para generar un estudio de cada factor que influye en los errores resultantes. El programa solo maneja como interfaz la cámara de la computadora la cual se despliega en pantalla y muestra en vivo a la persona sordomuda intentando hacer las letras del abecedario con sus manos, el software actualmente no cuenta con una interfaz de usuario ni interactividad con la configuración de esta, solo está programado para el desarrollador quien solo ejecuta el código y despliega la cámara para su operación.

Primero se realiza el entrenamiento del software para el reconocimiento de cada letra donde se toman trescientas imágenes de la posición de cada letra, segundo se compila el modelo y el peso de las letras y tercero se realiza la predicción, otra forma de ver el despliegue del proyecto sería con Inteligencia Artificial, redes neuronales (conformadas por convolucionales), y mediapipe (traducción de lenguaje de señas). Entendemos que entre dos personas para establecer una comunicación debe haber un emisor y un receptor, el emisor es el encargado de enviar un mensaje y el receptor es el encargado de recibir y comprender el mensaje. El software traductor de señas no solo puede ayudar a las personas sordomudas a establecer una comunicación, sino que también puede ayudar a otro tipo de personas como, por ejemplo, comunicación para personas sordas y sordomudas un emisor con discapacidad auditiva solo quiere enviar un mensaje a una persona sordomuda, el receptor recibe el mensaje leyendo los labios de la persona y responde mediante señas, el software toma esas señas y las traduce a texto y comando de voz, logrando una comunicación entre emisor y receptor, ya que aun siendo el emisor en este caso una persona sordomuda y el receptor una persona con discapacidad auditiva, pueden entender el mensaje leyendo la pantalla de la computadora sin necesidad de escuchar el comando de voz.

- La comunicación para personas sordas y sordomudas un emisor con discapacidad auditiva solo quiere enviar un mensaje a una persona sordomuda, el receptor recibe el mensaje leyendo los labios de la persona y responde mediante señas, el software toma esas señas y las traduce a texto y comando de voz, logrando una comunicación entre emisor y receptor, ya que aun cuando el emisor en este caso es una persona sordomuda y el receptor es una persona con discapacidad auditiva, estos pueden entender el mensaje leyendo la pantalla de la computadora sin necesidad de escuchar el comando de voz, ver Figura. 5.

Figura 5

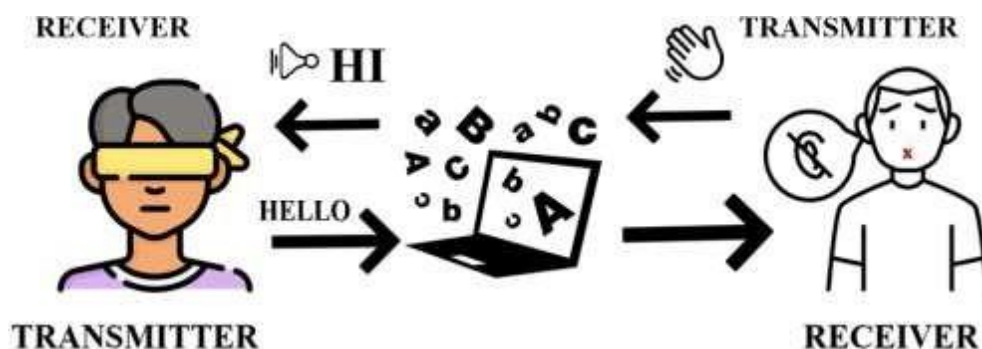
Diálogo entre sordo y sordomudo.



- La comunicación entre una persona ciega y una persona sordomuda tampoco sería un problema para el software ya que la persona ciega como emisor y la sordomuda como receptor son capaces de entender mediante la lectura de los labios y ahora el sordomudo como emisor y la ciega como receptor. Este podría entender el mensaje a través del software ya que, al traducir la seña de la persona sordomuda, el software la muestra en pantalla y la emite mediante comando de voz, estableciéndose la comunicación entre emisor y receptor, ver Figura. 6.

Figura 6

Diálogo entre sordomudo y ciego.



3.1.3. metodología de diseño centrada en el usuario

La metodología de diseño centrada en el usuario ayuda a enfocar las necesidades, características y experiencias de los usuarios en el centro de todas las etapas de desarrollo del proyecto por el cual se ve reflejada la necesidad de aplicar un diseño metodológico en el cual el usuario sea parte del desarrollo del software logrando crear múltiples beneficios los cuales ayuden a que el producto final sea intuitivo para el usuario.

En el presente proyecto se presenta una estructura centrada en el usuario garantizando que el software traductor no solo sea técnicamente competente, sino que también sea fácil de usar, accesible y eficaz para mejorar la comunicación y la inclusión social. Este proceso iterativo y flexible permite un desarrollo continuo, en el que las necesidades de la comunidad sorda son siempre la prioridad.

- **Investigación de usuarios (sordomudos)**

Comprender cuales son las necesidades, limitaciones y características de los usuarios finales en este caso los sordomudos para asegurarnos que el software sea relativamente útil.

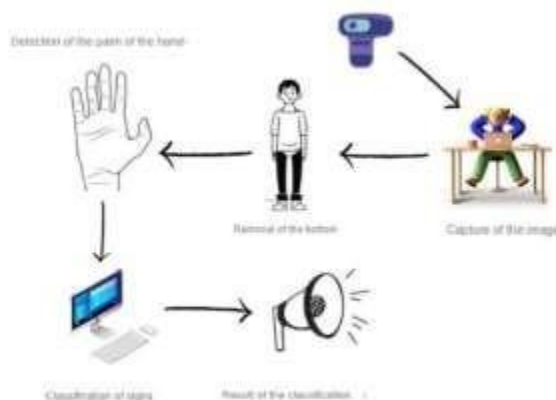
En este caso se usó el método de entrevista en el cual el usuario final (sordomudo) destaca cuales son las dificultades por las cuales es difícil comunicarse con otras personas, también se le pregunta cuales serían las prioridades aplicables al software para la toma de muestras en las cuales destaca la toma de las manos y del rostro, para este caso no se pudo realizar toma de evidencia del usuario final ya que se reserva el derecho a la ley de protección de datos personales (1581 del 2012).

- **Análisis y especificaciones del sistema**

En la cual definimos los requisitos funcionales y no funcionales del sistema gracias a la colaboración del usuario final, aquí definimos los casos en el que el software sería ideal aplicarlo, como por ejemplo escenarios en los que el software podría servir como intermediario de comunicación de dos personas en la cual una sea una persona sordomuda, ver Figura. 7.

Figura 7

Arquitectura de usabilidad: cliente - software



- **Diseño de interfaces**

El software cuenta con dos interfaces incluyentes que son visibles para el usuario final, la primera es la interfaz en la que el usuario puede realizar la toma de muestras para cada palabra que no esté en el sistema o que se desee mejorar la predicción de la misma.

- La primera interfaz respecto a la toma de muestras, nos muestra en pantalla la cámara encendida junto con la frase “Realiza la palabra con tus manos...” , que durante este proceso no se tomará muestras mientras no esté detectando ninguna

mano, ver Figura. 8.

Figura 8

Toma de muestras de “hola” en Null



- Podemos observar la toma de muestras detectando la mano y capturando la toma de fotogramas mientras hacemos el movimiento que la palabra lo requiera, en este caso la palabra “hola”, ver Figura. 9.

Figura 9

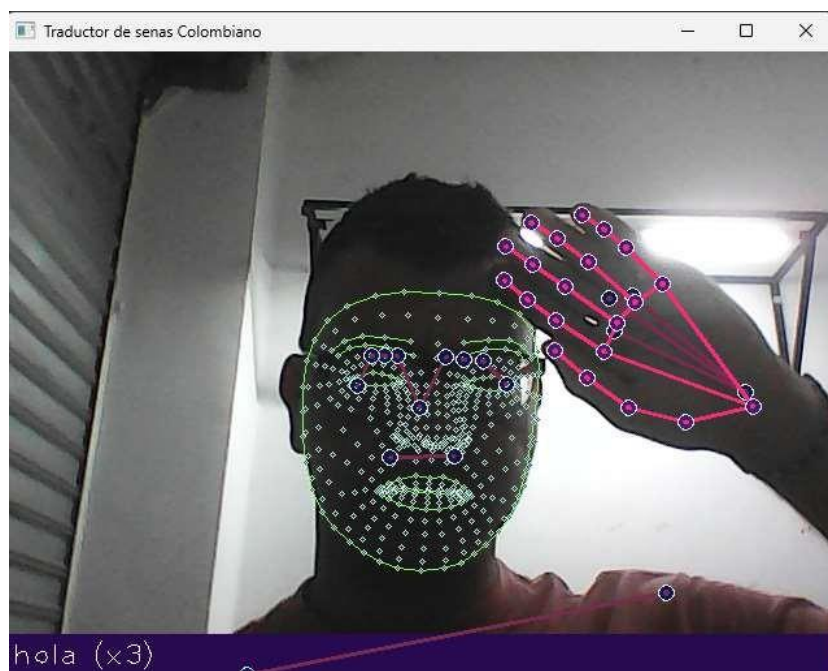
Toma de muestras de “hola” en Capturando



- La segunda interfaz nos muestra la evaluación de las muestras previamente guardadas y traduciendo correctamente como se ve en el cuadro de texto junto con el comando de voz de la palabra que estamos haciendo con las señas, ver Figura. 10.

Figura 10

Traducción de la palabra “hola”



- **Pruebas de accesibilidad**

El diseño de una interfaz incluyente para el software traductor debe ser accesible, intuitiva y fácil de usar para personas con diferentes tipos de discapacidad, no solo sordera. Por este motivo se visualiza una interfaz sencilla pero clara al momento de interactuar con ella, también es limpia y ordenada con contrastes adecuados en los cuales se puede detallar cada elemento por separado, también se tiene tipografía legible empleando fuentes grandes y claras, por tal motivo es un software incluyente orientado a múltiples personas con distintas discapacidades, ver Figura. 11.

Figura 11

Logo mundial de la discapacidad

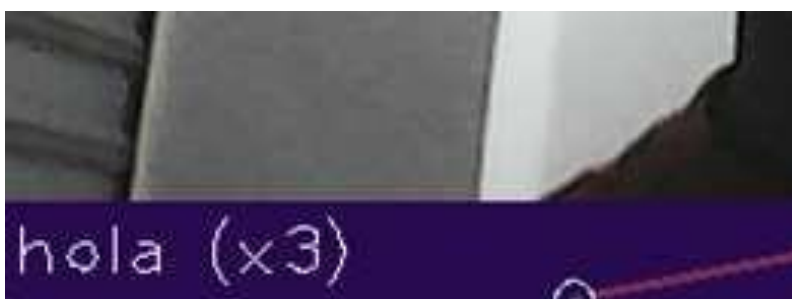


- **Personalización de la traducción**

Podemos modificar diferentes datos en el software como por ejemplo si queremos que las palabras se muestren en mayúscula, cambiar el color del texto o también cambiar el color del fondo del texto, esto con el fin de asociarlo a personas con sensibilidad a la luz. Incorpora una opción para que los usuarios puedan repetir una traducción además el software le pone por defecto a la palabra “xN” donde n es la cantidad de veces que se repitió la palabra, ver Figura. 12.

Figura 12

Tipografía y color de las letras y su fondo



- **Interacción multimodal**

- Señales visuales y auditivas proporcionando una traducción simultánea tanto en

texto como en voz, para que los usuarios tengan la opción de elegir entre leer o escuchar la traducción, según sus preferencias o necesidades.

- Subtítulos en tiempo real para los usuarios sordos o con dificultades auditivas, ofrece subtítulos con una representación del lenguaje de señas en texto.
- Audio descriptivo para personas con discapacidad visual, el software incluye una opción de descripción de acciones, utilizando texto a voz que describa las interacciones de señas.

- **Soporte para diferentes idiomas y dialectos**

- Variedad de dialectos incluye la opción de entrenar con diferentes dialectos o variaciones regionales de la Lengua de Señas Colombiana, ya que hay diversidad en la forma de señalar entre regiones del país.
- Traducción a múltiples lenguas entrenando el software para lograr traducir otros idiomas las señas como por ejemplo de español a inglés y viceversa.

- **Pruebas de usabilidad y accesibilidad**

- Evaluación constante con usuarios realizando pruebas de usabilidad con personas sordas, oyentes y personas con discapacidades de diferentes tipos, para asegurar que la interfaz sea inclusiva y funcione bien en diversos contextos.
- Pruebas de accesibilidad asegurando los requisitos legales sobre la accesibilidad digital

3.1.4. Fases del Proyecto

El desarrollo de la metodología se divide en las siguientes fases:

Fase 1: Análisis de la Problemática y Recolección de Datos

En esta primera fase, se llevó a cabo un análisis exhaustivo del contexto de la problemática, identificando las principales barreras de comunicación que enfrentan las personas sordas. Se realizó una revisión de literatura y un análisis de antecedentes para recopilar información sobre proyectos similares. Además, se llevó a cabo una consulta con expertos en lengua de señas y con usuarios finales (personas sordas) para comprender mejor las necesidades y las características de este lenguaje.

Fase 2: Desarrollo del Sistema de Visión Computacional En esta fase se desarrolló el sistema de visión computacional, utilizando técnicas de procesamiento de imágenes y redes neuronales convolucionales (CNN). Los pasos seguidos fueron:

1. **Captura de Datos:** Se recolectaron imágenes y videos de señas realizadas por usuarios expertos en lengua de señas. Se utilizaron cámaras de alta resolución y técnicas de segmentación de imágenes para identificar las manos y extraer características relevantes.
2. **Pre procesamiento de Imágenes:** Se aplicaron técnicas de normalización, reducción de ruido y segmentación para mejorar la calidad de las imágenes y facilitar la extracción de características.
3. **Extracción de Características:** Utilizando modelos de aprendizaje profundo, se extrajeron puntos clave de las manos (como la forma, posición y movimiento), que

representan las señas del alfabeto dactilológico.

4. **Entrenamiento del Modelo:** Se emplearon redes neuronales convolucionales para entrenar el modelo de reconocimiento de señas. Para ello, se utilizó un conjunto de datos etiquetados, empleando técnicas de aumento de datos para mejorar la precisión y robustez del modelo.

Fase 3: Validación y Evaluación del Sistema En esta fase se realizaron pruebas experimentales para evaluar el rendimiento del sistema desarrollado. Los pasos seguidos fueron:

1. **Validación del Modelo:** El modelo entrenado fue validado utilizando métricas de rendimiento como la precisión, la sensibilidad y la especificidad.
2. **Pruebas con Usuarios Finales:** Se llevaron a cabo pruebas piloto con personas sordas para evaluar la usabilidad y efectividad del sistema en un entorno real.
3. **Análisis de Resultados:** Se realizaron análisis estadísticos para interpretar los resultados obtenidos, comparándolos con los de otros sistemas existentes.

3. Herramientas y Técnicas Utilizadas

Para el desarrollo del sistema se emplearon las siguientes herramientas:

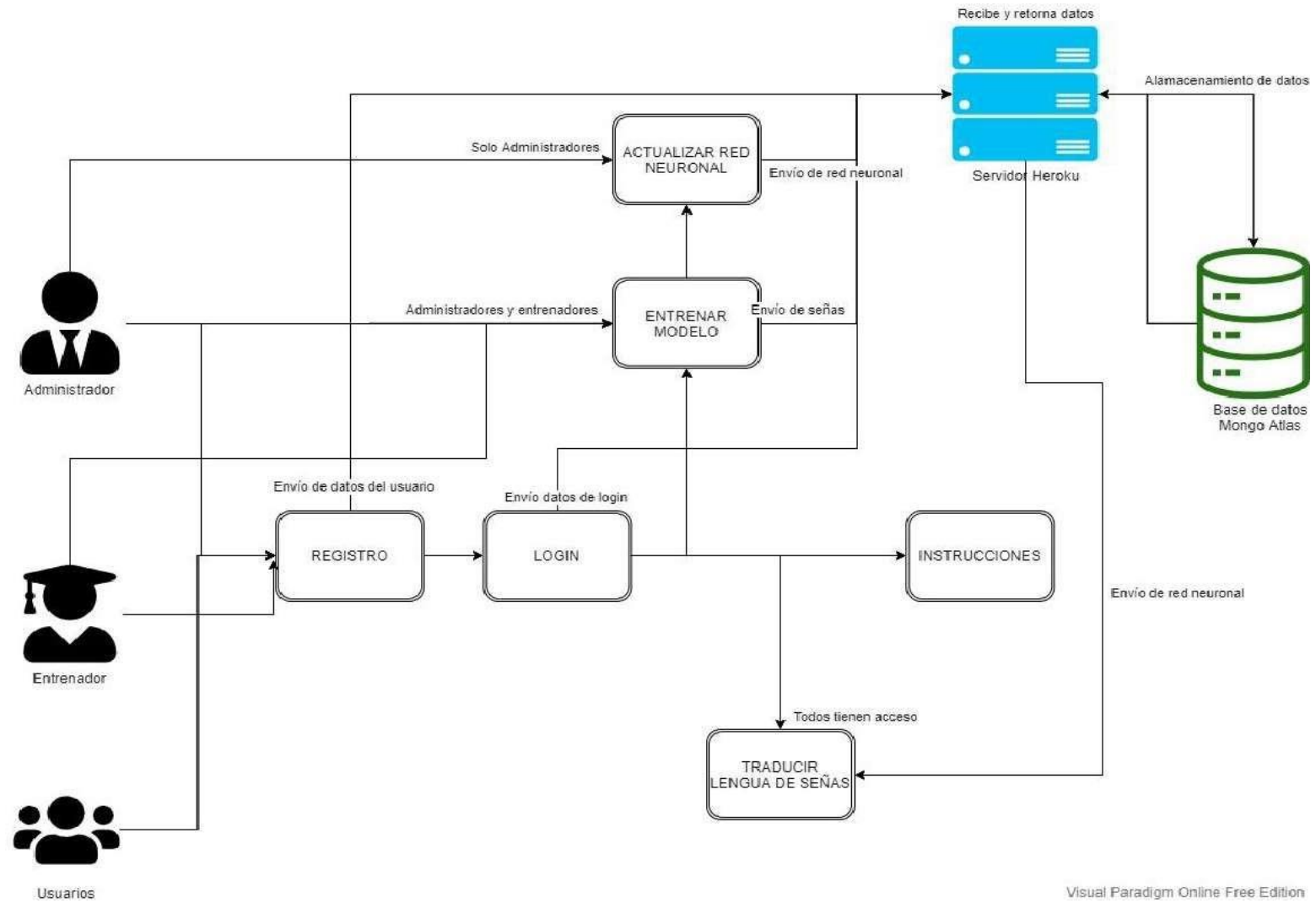
- **Software:** Python como lenguaje de programación, junto con bibliotecas especializadas como OpenCV para el procesamiento de imágenes y TensorFlow/Keras para el desarrollo del modelo de redes neuronales.
- **Hardware:** Cámaras de alta resolución para capturar las imágenes y videos, y una GPU para acelerar el entrenamiento del modelo.
- **Modelos:** Redes neuronales convolucionales (CNN) para el reconocimiento de patrones y clasificación de señas.

4. Consideraciones Éticas

Se garantizó el consentimiento informado de todos los participantes, especialmente de las personas sordas que colaboraron en la captura de datos. Además, se tomaron medidas para asegurar la privacidad y anonimato de los datos recolectados.

5. Limitaciones y Alcances del Estudio

El sistema desarrollado se enfoca en el reconocimiento del alfabeto dactilológico y señales básicas de la lengua de señas. No abarca toda la complejidad de la gramática de la lengua de señas, por lo que futuras investigaciones pueden expandir el modelo para incluir una gama más amplia de señas, además se tiene un concepto de expansión del software a futuro donde se planteen roles en el mismo, ver Figura. 13.

Figura 13*Arquitectura del Sistema*

3.2 Población y Muestra

Se realizó un estudio a una base de datos del gobierno colombiano llamada “Cantidad de personas beneficiadas en el uso y apropiación de las TIC por parte de las personas con discapacidad”

Se logró ver los resultados de los datos obtenidos a través de la herramienta weka, que permite visualizar gráficamente los datos, ver Figura. 14 a Fig. 20.

Fuente: <https://www.datos.gov.co/Ciencia-Tecnolog-a-e-Innovaci-n/Formaci-n-Personas-discapacitadas/8pzx-ex7k>

¿Qué hay en este Conjunto de Datos?

- Filas: 1509 registros
- Columnas: 19, pero lo limpiamos y quedaron 9 columnas
- Cada: Persona es un beneficiario

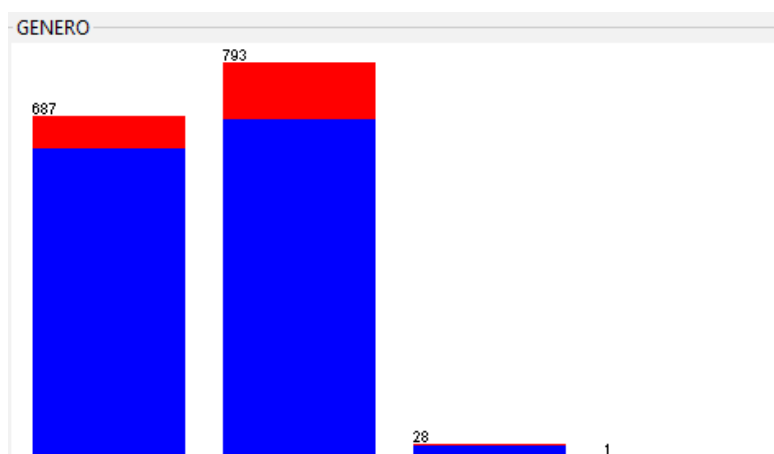
En el cual arrojaron datos de género, cantidad de personas que han sido víctima de conflicto armado, el departamento con mayor número de personas con discapacidad, que tipo de discapacidad, grupo étnico, ocupación y su nivel educativo.

¿Géneros registrados en la Base de datos?

- Femenino: 687 personas
- Masculino: 793 personas
- Transgénero: 1 persona
- No registra: 28 persona

Figura 14

Personas según su género

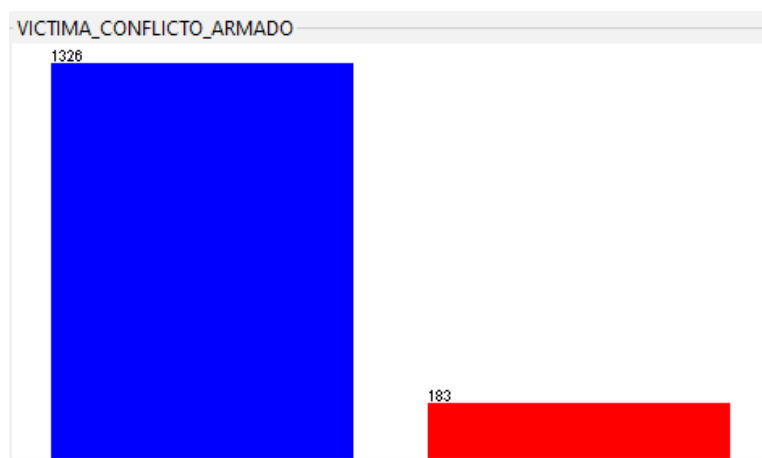


¿Persona discapacitadas víctimas de conflicto armado?

- NO: 1326
- SI:183

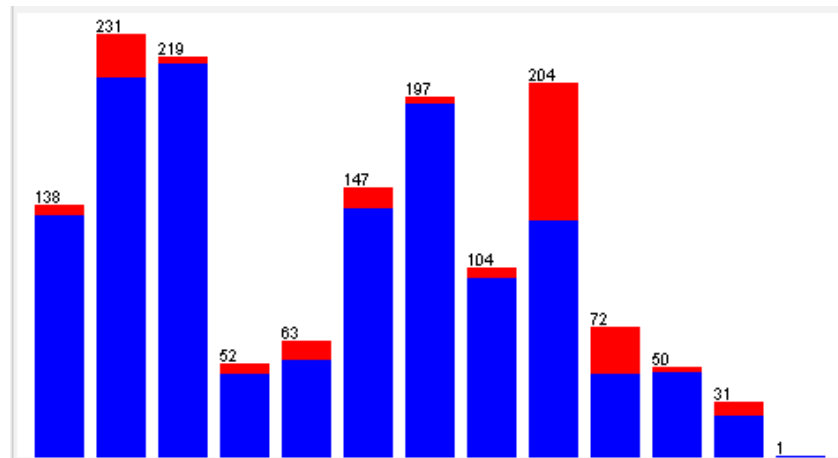
Figura 15

Personas del conflicto armado



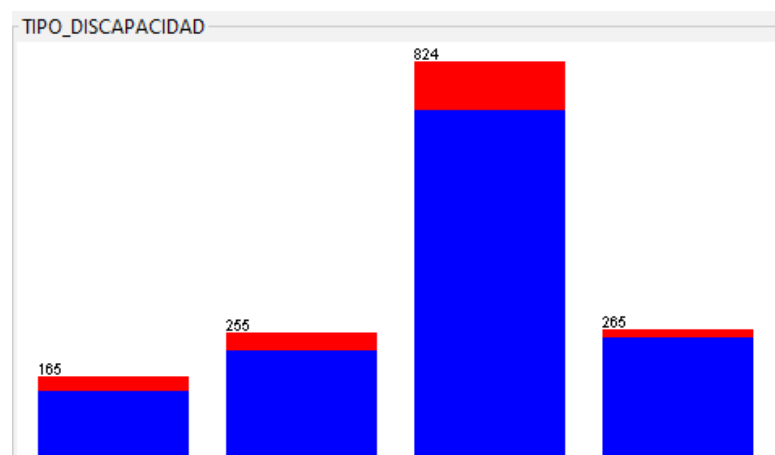
¿Departamentos con más personas discapacitadas?

- Santander:231
- Magdalena: 219
- Atlantico:204
- Córdoba: 197
- Bolivar:147

Figura 16*Personas discapacitadas*

¿Tipo de discapacidad?

- Visual:255
- Intelectual:824
- Auditivo:265
- Otra:165

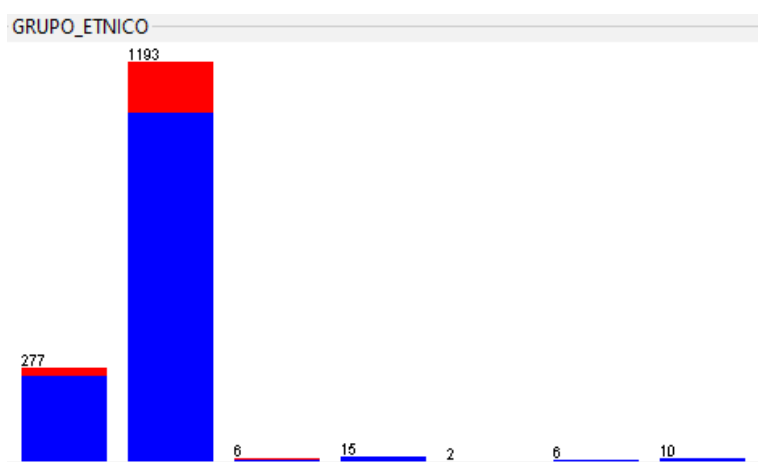
Figura 17*Tipo de discapacidad*

¿Grupo Étnico?

- Mestiza:277
- Negra:6
- Afro:15
- Raizal:2
- Mulata:6
- Indígena:10
- No registra:1193

Figura 18

Grupo étnico

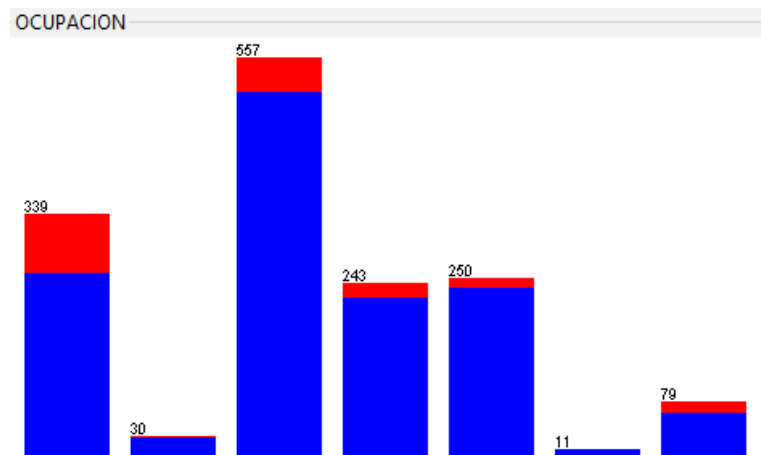


¿Ocupación?

- Desempleado:339
- Actividades remuneradas:30
- Estudiante:557
- Independiente:243
- Pensionado:11
- Empleado:79
- Pendiente Clasificar:250

Figura 19

Ocupación

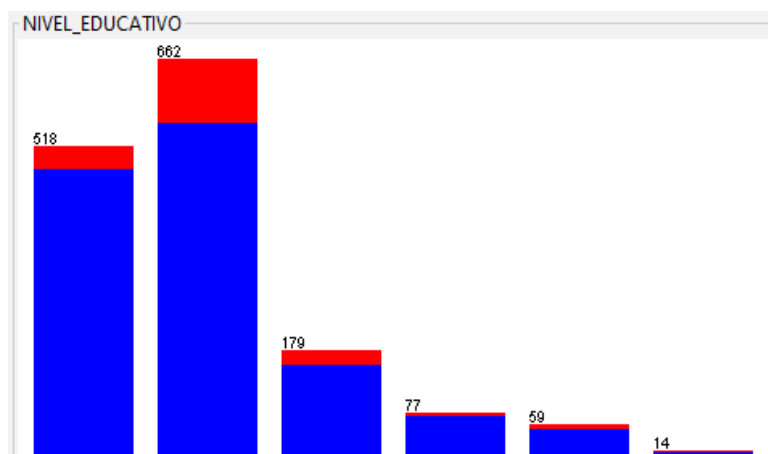


¿Nivel Educativo?

- Media:518
- Basica:662
- Pregado:77
- Preescolar:59
- Posgrado:14

Figura 20

Nivel de educación



Como vemos en la gráfica de tipo de discapacidad, la discapacidad visual y auditiva son de un alto grado de afectación en la sociedad y de gran importancia para el desarrollo de nuestro proyecto

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de información

3.3.1 Tipo de investigación:

Se utilizó un método de investigación cualitativo en el cual se analizaron documentos de diferentes bases de datos además numeroso artículos relacionados con la inteligencia artificial y el reconocimiento de objetos. Estos artículos fueron la base de investigación para el inicio del proyecto, ya que durante el mapeo realizado se encontraron similitudes para el proyecto que se quería realizar.

3.3.2 Origen de datos:

el origen de los datos de conforma de la base creada a partir de la fase de entrenamiento donde se empleó la técnica de reconocimiento de señas a través de 21 puntos tomados de las manos donde se almacenaron en una base datos conformada por 300 imágenes de cada posición de la mano respecto a cada letra, de ahí se componen las otras fases de compilación y predicción

3.3.3 Técnica a emplear:

la técnica empleada para el software es de reconocimiento de señas a partir de los cuales se compara con la base de datos almacenada en la fase de entrenamiento y da lugar a la predicción de cada letra, detectando el posicionamiento de las manos en tiempo real, tomando

cada punto de la mano y posición de este, realizando ciertas convoluciones para hallar la predicción correcta.

3.4 Análisis de información

El procesamiento de las imágenes se logra mediante la captación de puntos en las manos; las cuales en total suman 21 puntos reconocibles por el módulo de entrenamiento, permitiendo a las personas que desconocen dicho lenguaje poder comunicarse. El software se basa en el modelamiento Machine Learning el cual permite que el sistema sea artificialmente inteligente.

La construcción del software está basada en redes neuronales convolucionales las cuales permiten la clasificación de imágenes mediante capas y el reconocimiento de las posiciones de los puntos de las manos, el software cuenta con la aplicación de la plataforma de código abierto Mediapipe la cual cuenta con detección de objetos en 3D en tiempo real, de tal modo que detecta objetos en 2D y estima sus poses a través de un modelo de machine learning.

Al reconocer esos puntos cada gesto que se realice frente a la cámara nos va a decir en tiempo real a que letra se refiere y va guardada esa información para que las secuencias de varios gestos armen un párrafo en el cuadro de texto que va a tener para mostrar la traducción.

Capítulo 4. Resultados Del Proyecto

En el presente proyecto se presentaron diferentes inconvenientes al momento de implementar nuevas tecnologías con el fin de mejorar el rendimiento y la funcionalidad del mismo, todos estos inconvenientes fueron afrontados a base de investigaciones y pruebas realizadas al código y donde se logra obtener un producto final capaz de representar de forma precisa el objetivo principal del proyecto.

Estos resultados fueron dando lugar a nuevos productos con los cuales se fue defendiendo el proyecto con el fin de garantizar que el mismo tuviera gran impacto y tuviera un gran aporte a la investigación en lo que es la inteligencia artificial.

4.1. Resultados del objetivo 1

El primer objetivo tiene como fin identificar los requisitos funcionales y no funcionales del software con base a mediapipe, por tal motivo se identifican estos requisitos a continuación.

4.1.1. *Requisitos funcionales*

Estos representan las funcionalidades que el software ofrece al cliente

- **Entrenamiento:** permitir al usuario entrenar el software con palabras nuevas
- **Captura de movimiento:** donde el software es capaz de detectar los puntos de los movimientos en tiempo real por medio de la cámara luego mediapipe reconoce esos puntos clave necesarios para la traducción.
- **Reconocimiento de señas:** se reconoce las señas y las compara con el modelo de entrenamiento previamente cargado en la base de datos.
- **Traducción:** transformar las señas captadas por la cámara en voz y en texto.

- **Personalización:** posibilitar que el usuario pueda entrenar el software con gestos cortos que signifiquen grandes palabras.

4.1.2. Requisitos no funcionales

Son los que representan aquellas funcionalidades no perceptibles para el usuario final

- **Procesamiento:** el procesamiento de las fotos tomadas por la cámara debe ser alto ya que representa menor tiempo de entrenamiento.
- **Precisión:** lograr un porcentaje cercano a 100 en la comparación de los modelos entrenados con los captados en tiempo real por la cámara.
- **Escalabilidad:** permitiendo introducir nuevos gestos al software sin disminuir el rendimiento del sistema
- **Seguridad:** asegurar que las personas que realicen los entrenamientos tengan seguridad de que sus rostros no se compartan sin su consentimiento
- **Fiabilidad:** garantizar que el sistema esté disponible sin interrupciones

4.2. Resultados del objetivo 2

El fin del objetivo 2 es preparar el entorno en el cual vamos a trabajar dando como resultado las diferentes librerías que utilizaremos con sus respectivas versiones, las herramientas que utilizaremos, etc.

4.2.1. Preparación del entorno:

En este caso se trabaja con python que es el ideal para procesamiento de datos y de redes neuronales

- **Instalación de mediapipe:** en este caso para detección de las manos
- **Instalación de OpenCV:** para la captura y procesamiento de datos en tiempo real

4.2.2. Instalación de bibliotecas: tendremos en cuenta la instalación de cada versión ya que una actualización o instalación diferente a la que tenemos puede afectar el uso del software

- **Bibliotecas:** tensorflow==2.10.1 mediapipe==0.10.11, numpy==1.26.4, tables==3.9.2, opencv-python==4.9.0.80, pandas==2.2.1, protobuf==3.20.3, keras==2.10.0, h5py==3.10.0, flatbuffers==24.3.7, gTTS==2.5.1, pygame==2.5.2

4.3. Resultados del objetivo 3

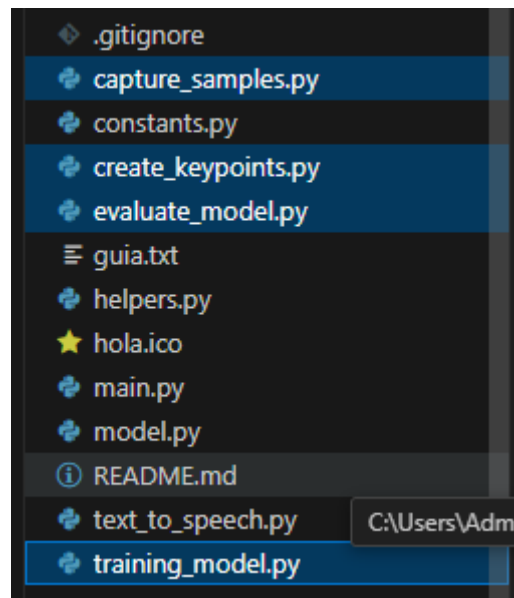
Los resultados del objetivo 3 plantean desarrollar los algoritmos que representan el software traductor de señas con el cual podemos realizar cambios en ciertas funcionalidades del mismo.

Se representan por 4 algoritmos principales que permiten el uso general del software

4.3.1. Algoritmos principales: Se implementan para el uso general del software logrando funcionalidades nuevas y acorde a lo necesario, ver Figura. 21.

Figura 21

Algoritmos principales – traductor de señas.



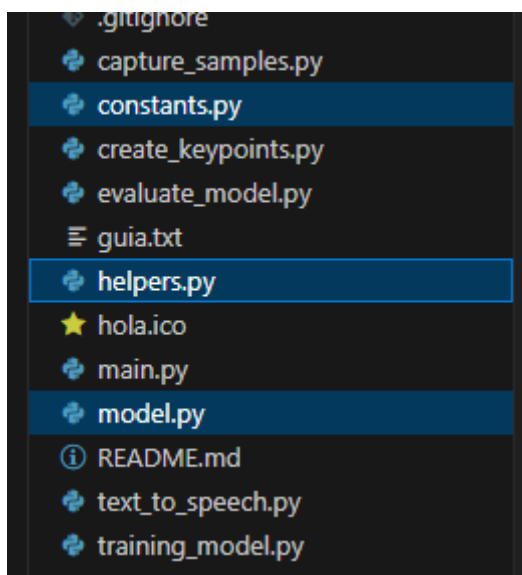
- **capture_samples.py**: captura las muestras para almacenar en la base de datos
- **create_keypoints.py**: crea los keypoints para el entrenamiento.
- **training_model.py**: entrena la red neuronal.
- **evaluate_model.py**: se verifica y evalúa el modelo entrenado.

4.3.2. Algoritmos secundarios:

Se utilizan para realizar ajustes a la red neuronal y a funciones adicionales, ver Figura. 22.

Figura 22

Algoritmos secundarios – traductor de señas.



- **model.py**: donde se ajusta el modelo de la red neuronal.
- **constants.py**: ajustes de la red neuronal.
- **helpers.py**: funciones donde se utilizan los scripts principales.

4.4. Resultados del objetivo 4

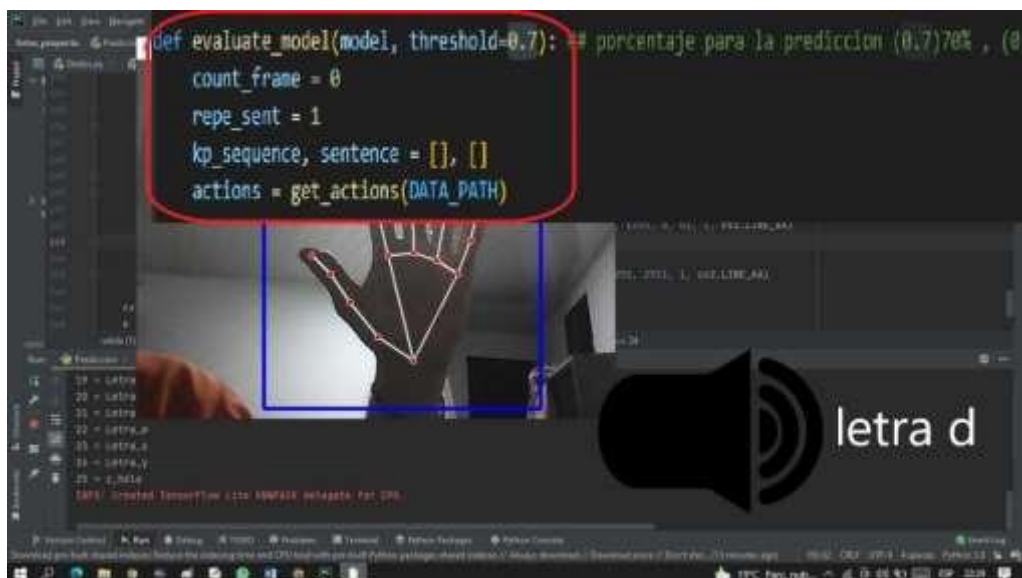
Este es el objetivo final en el cual evaluaremos el software respecto al porcentaje de aprobado en la predicción de las señas, esto se logra por medio del código donde actualmente tiene un porcentaje de aprobado del 70% esa variable podemos cambiarla con el fin de optimizar el sistema

4.4.1. Pruebas locales – espacio cerrado:

Se realizaron pruebas de sistema como primer lugar en un espacio cerrado donde solo interactuaba el programador, logrando interactuar con el software verificando y calibrando diferentes puntos, ver Figura. 23.

Figura 23

Pruebas al código de evaluación – traductor de señas.



4.4.2. Pruebas en público – espacio abierto:

En este caso se realizó una prueba de funcionamiento en una feria de proyectos de la Universidad Francisco de Paula Santander. Donde se pudieron verificar el funcionamiento de los diferentes códigos, ver Figura. 24.

Figura 24

Pruebas en público – feria de proyectos de aula UFPSO.



Capítulo 5. Generación De Conocimiento

A continuación, se muestran los certificados como ponente a diferentes eventos nacionales a internacionales, eventos de semilleros, torneo de robótica y capacitación.

5.1 Participación en eventos como ponente

5.1.1. Tercera Conferencia Internacional sobre Sistemas de Información y Tecnologías de Software (ICI2ST) 2022:

En el cual se logra obtener un IEEE con la publicación del paper llamado “Systematic Mapping: Translator Language from Sign Language to Colombian Formal Language” en la conferencia realizada en la Escuela Politécnica Nacional en noviembre del año 2022, ver Figura. 25.

Link: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10063757>

Figura 25

Certificado ponente en el ICI2ST 2022



5.1.2. Marco del ciclo de conferencias celebrando el día mundial del internet 2024:

En el día mundial de internet celebrado el 17 de mayo del 2024 se obtuvo constancia de participación con el título “software traductor del lenguaje de señas al lenguaje formal colombiano”, ver Figura. 26.

Figura 26

Certificado ponente en el ciclo de conferencias celebrando el día mundial del internet 2024



5.1.3. X Jornadas Iberoamericanas de Interacción Humano Computadora JIHCI2024:

En este workshop realizado en la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) donde se obtuvo certificado como ponente en junio del año 2024, con el título “Sign Language to Colombian Formal Language Translator Software”, ver Figura. 27.

Figura 27

Certificado ponente en las jornadas JIHCI2024.



5.1.4. 1er Workshop Accesibilidad e Inclusión - X Jornadas Iberoamericanas de Interacción Humano Computadora JIHCI2024:

Se obtuvo certificado como mejor artículo en el primer workshop de accesibilidad e inclusión, y donde a la fecha se espera publicación del artículo con el título “Sign language to text translation using Python with LSTM neural networks”, ver Figura. 28.

Figura 28

Certificado como mejor trabajo en el 1er Workshop Accesibilidad e Inclusión en las jornadas JIHCI2024



5.1.5. 11th international conference of technological innovation:

Se obtuvo certificación como ponente oral donde se presentó el producto “Diseño de un circuito de frecuencias para un generador de hidrógeno que elimina el uso de hidrocarburos en motores de combustión interna” en septiembre del año 2024 en la Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña, ver Figura. 29.

Figura 29

Certificado ponente de la 11th international conference of technological innovation.



5.2 Participación en semilleros de investigación

5.2.1. 8vo Encuentro Interinstitucional De Semilleros De Investigación:

Se participó como ponente en el evento desarrollado en el marco de la 11ª semana internacional de ciencia, tecnología e innovación con el trabajo de investigación titulado “software traductor del lenguaje de señas al lenguaje formal colombiano” desarrollado el mes de octubre del año 2024 en la Universidad Francisco De Paula Santander Cúcuta, ver Figura. 30.

Figura 30

Certificado como ponente en el 8vo Encuentro Interinstitucional De Semilleros De Investigación – UFPS



5.3 Certificados torneos de robótica

5.3.1. Robotic People Fest Cartagena 2023:

Competencia de robótica en la cual se logra participar en la Universidad Tecnológica De Bolívar Cartagena y obtener el primer puesto en la categoría de mini sumo rc profesional en noviembre del año 2023, ver Figura. 31.

Figura 31

Primer puesto - Robotic People fest Cartagena 2023.



5.3.2. Robotic People Fest Cartagena 2024:

Nuevamente se obtiene certificado de ganador con primer puesto en la categoría de mini sumo autónomo, 2do y 3er puesto en la categoría de mini sumo rc profesional logrando clasificar para competir en el evento internacional de robótica robotchallengue2025, ver Figura. 32 a Figura. 35.

Figura 32

Primer puesto - Robotic People fest Cartagena 2024.



Figura 33

Segundo puesto - Robotic People fest Cartagena 2024.



Figura 34

Tercer puesto - Robotic People fest Cartagena 2024.



Figura 35

Certificado participación - Robotic People fest Cartagena 2024.



5.4 Certificados capacitación

5.4.1. Genexus 18 Core:

En este curso de genexus se logra obtener un 100% de aprobado generando certificación del examen. En junio del 2023, ver Figura. 36.

Figura 36

Certificado Curso GeneXus 18 CORE



5.4.2. Introducción a LABVIEW para la ingeniería:

En este curso se aprendió a usar un software de programación grafica logrando obtener reconocimiento por medio de la Universidad Tecnológica De Tehuacán en agosto de 2024, ver Figura. 37.

Figura 37

Certificado Introducción a LABVIEW para la ingeniería



Capítulo 6. Conclusiones.

Para lograr una detección efectiva y evitar confusiones de letras, los gestos del lenguaje de huellas dactilares deben estar perfectamente definidos. Mientras que los enfoques de última generación actuales se basan principalmente en entornos de escritorio potentes para la inferencia, nuestro método logra un desempeño en tiempo real en un teléfono celular e incluso se adapta a múltiples manos.

Se desarrolló un software de aplicación que enfatiza el aprendizaje del lenguaje de señas, con técnicas de procesamiento digital de imágenes en el que el usuario debe poder coordinar la inclinación, rotación y movimiento para aprender los símbolos con mayor facilidad.

Se debe considerar que las letras ñ y z no son imágenes estáticas para el programa, deben ser imágenes con movimiento. Se debe considerar que los gestos del lenguaje de huellas dactilares deben estar perfectamente definidos ahora de reconocimiento de cámara, para evitar confusiones entre letras.

Los signos más utilizados en el lenguaje de señas son de la A a la Z, considerando que letras como m, n y r, tienen cierto grado de confusión en el programa.

El desarrollo del proyecto se vislumbra a futuro como una plataforma de ayuda para la correcta comunicación con personas sordas con discapacidad del habla implementada en diversos lugares como centros comerciales, escuelas y bancos. Será capaz de traducir el lenguaje de señas en ambos sentidos, de seña a texto y de texto a seña, sin olvidar que también se podrá hacer la implementación de ayudas de voz para personas ciegas.

El software podría ser mejorado implementando entrenamiento automático y corrección de errores con IA para lograr un software autónomo en la implementación de nuevas palabras o abreviaturas de ellas como señas.

Distintas opiniones sobre el desarrollo del software han ayudado a otros desarrollos del proyecto, como, por ejemplo, para las personas que se quedan sin manos y tienen la condición de no poder hablar ni oír, se realizará la implementación de seguimiento ocular y un teclado en pantalla.

El futuro uso de tecnologías innovadoras en el software ayudará a realizar pruebas en varios lugares para cubrir gran parte de la población de Colombia donde resolvería a gran escala la comunicación con personas sordas con discapacidad del habla.

Las redes neuronales lstm son mejores en tiempo de respuesta en comparación con las redes neuronales CNN, esto es gracias a su capacidad de aprender y responder en un corto período de tiempo.

A pesar de los avances en la precisión del reconocimiento de señas, el software enfrenta desafíos para diferenciar ciertas letras que tienen posiciones de dedos similares o involucran movimientos. Por lo tanto, se planean mejoras que incluyen la detección de expresiones faciales y posiciones del torso para proporcionar una traducción más precisa y completa del lenguaje de señas.

Las librerías utilizadas en el proyecto presentan fallas al momento de utilizar actualizaciones ya que son incompatibles con otras que aún no se han actualizado, presentando inconvenientes en la traducción por lo tanto se recomienda trabajar sobre las versiones que se creó el proyecto.

Se diseñó un sistema innovador que emplea tecnologías de código abierto, como MediaPipe y Python, para realizar la traducción del lenguaje de señas en tiempo real. Esto facilita la interacción entre personas con discapacidad auditiva y oyentes, demostrando que las herramientas de visión por computadora pueden implementarse eficazmente en soluciones inclusivas y accesibles.

Las pruebas realizadas evidenciaron que el modelo desarrollado logra identificar y traducir señas con un grado aceptable de precisión, siempre que existan condiciones favorables de iluminación y las manos sean visibles.

Este software tiene el potencial de generar un cambio significativo al eliminar barreras de comunicación. A pesar de encontrarse en sus primeras etapas de desarrollo, su posible implementación en dispositivos móviles o aplicaciones web podría ampliar su alcance y mejorar la vida diaria de las personas con discapacidad auditiva.

El uso de nuevas tecnologías ayuda a mantener el software en continuas actualizaciones en las cuales se realizan mejoras, corrección de errores, mantenimiento de base de datos por medio de mejores cámaras, y el uso de herramientas como son mediapipe y redes neuronales con base a nuevos estudios.

Capítulo 7. Recomendaciones

Incorporar redes neuronales más avanzadas para optimizar el reconocimiento de gestos dinámicos y continuos.

Incluir opciones de personalización que permitan a los usuarios entrenar gestos nuevos y expandir el conjunto de señas reconocidas.

Mejorar la portabilidad del sistema mediante optimizaciones para dispositivos móviles. Extender su funcionalidad a otros idiomas y sistemas de señas para incrementar su alcance global.

Referencias

- Adeyanju, I. A., Bello, O. O., & Adegboye, M. A. (2021). Machine learning methods for sign language recognition: A critical review and analysis. *Intelligent Systems with Applications*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2021.200056>
- Adhikary, S., Talukdar, A. K., & Sarma, K. K. (2021). A vision-based system for recognition of words used in Indian sign language using MediaPipe. 390-394. <https://doi.org/10.1109/ICIIP53038.2021.9702551>
- Alberto, C., Ordoñez, C., Alejandro, J., & Toledo, J. (2018). La gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza / aprendizaje de la programación. *Oscar Revelo*, 19, 31-46.
- Antonelli, L., Lezoche, M., & Delle Ville, J. (2024). Knowledge extraction from the language extended lexicon glossary using natural language processing. *TecnoLógicas*, 27(59), e2917-e2917. <https://doi.org/10.22430/22565337.2917>
- Arroyo, C. M., Muñoz, R. P., & Moya, M. D. S. (2021). Through the mask. The space between nature and architecture in Egon Eiermann's house. *ZARCH*, 17, 82-95. https://doi.org/10.26754/ojs_zarch/zarch.2021176074
- Breland, D. S., Dayal, A., Jha, A., Yalavarthy, P. K., Pandey, O. J., & Cenkeramaddi, L. R. (2021). Robust hand gestures recognition using a deep CNN and thermal images. *IEEE Sensors Journal*, 21(23), 26602-26614. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2021.3119977>
- Breland, D. S., Skriubakken, S. B., Dayal, A., Jha, A., Yalavarthy, P. K., & Cenkeramaddi, L. R. (2021). Deep learning-based sign language digits recognition from thermal images with edge computing system. *IEEE Sensors Journal*, 21(9), 10445-10453. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2021.3061608>
- Brown, L. (2018). A Brief Review on Artificial Neural Network: Network Structures and

- Applications. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/112>
- Chen, H., Wang, X., & Li, T. (2017). Efficient online learning algorithms based on LSTM neural networks. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 28(2), 312-324.
<https://doi.org/10.1109/TNNLS.2016.2590183>
- Chunduru, V., Roy, M., & Chittawadigi, R. G. (2021). *Hand tracking in 3D space using MediaPipe and PnP method for intuitive control of virtual globe*. 9th Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC). <https://doi.org/10.1109/R10-HTC53172.2021.9641587>
- Davis, K. (2022). Neural Networks Architectures Design, and Applications: A Review. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/113>
- De Souza, I., Mattos, P., Pina, C., & Fortes, D. (2018). ADHD: The impact when not diagnosed. *Jornal Brasileiro de Psiquiatria*, 57(2), 139-141. <https://doi.org/10.1590/s0047-20852008000200010>
- Fabregat, M. S., & Agudelo, C. A. (2023). Detección de tumores cerebrales mediante inteligencia artificial: Revisión sistemática. *Journal of Neurological Research*, 14(2), 112-120.
<https://doi.org/10.1038/jnr.2023.98>
- Gulati, S., Rastogi, A. K., Virmani, M., Jana, R., Pradhan, R., & Gupta, C. (2022). *Paint/writing application through WebCam using MediaPipe and OpenCV*. 287-291.
<https://doi.org/10.1109/ICIPTM54933.2022.9753939>
- HETAH - Traductor de lenguaje de señas. (2024). <https://hetah.net/traductor>
- Johnson, A. (2021). Artificial Neural Networks: A Tutorial. *IEEE Access*.

- <https://ieeexplore.ieee.org/document/110>
- Li, X., Wang, S., Zhang, L., & Shi, J. (2021). Advances in wearable technology for sign language recognition. *Journal of Wearable Technology*, 19(2), 97-108.
<https://doi.org/10.1002/jwt.2316>
- Liu, H., Zhang, Z., Qian, J., Wang, W., & Kang, K. (2019). *Hand gesture recognition based on deep neural network and sEMG signal*. 3001-3006.
<https://doi.org/10.1109/ROBIO49542.2019.8961445>
- Melo, N. R. (1996). *Historia de la lengua de señas en Colombia*. Calaméo.
<https://www.calameo.com/books/00397046244367e05d3bc>
- Radmehr, A., Asgari, M., & Masouleh, M. T. (2021). *Experimental study on the imitation of the human head-and-eye pose using the 3-DOF agile eye parallel robot with ROS and Mediapipe framework*. 472-478. <https://doi.org/10.1109/ICRoM54204.2021.9663445>
- Rastgoo, R., Kiani, K., & Escalera, S. (2020). Hand sign language recognition using multi-view hand skeleton. *Expert Systems with Applications*, 150, 113336-113336.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113336>
- Santos, J. F., & Mendonça, R. T. (2021). Sign language recognition using graph convolutional networks. *Pattern Recognition Letters*, 151, 45-51.
<https://doi.org/10.1016/j.patrec.2021.06.010>
- Schmalz, V. J. (2022). *Real-time Italian Sign Language recognition with deep learning*. 45-57.
- Smith, J. (2020). Artificial Neural Networks. *IEEE Transactions on Neural Networks*.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/109>
- Thejowahyono, N. F., Setiawan, M. V., Handoyo, S. B., & Rangkuti, A. H. (2022). Hand Gesture Recognition as Signal for Help using Deep Neural Network. *International Journal of*

- Emerging Technology and Advanced Engineering*, 12(2), 37-47.
https://doi.org/10.46338/ijetae0222_05
- Thejowahyono N.F., S. M. V., Handoyo S. B. ., Rangkuti A. H. (2022). Hand Gesture Recognition as Signal for Help using Deep Neural Network. 22502459.
- Torrado-Mora, L. D., & Rico-Bautista, D. (2022). *Systematic Mapping: Translator Language from Sign Language to Colombian Formal Language*. 44-48.
<https://doi.org/10.1109/ICI2ST57350.2022.00014>
- Universidad Nacional de Colombia, S. M. (2024). *Hablemos—Traductor de lenguaje de señas colombiano*. <https://medellin.unal.edu.co/5361>
- Villa, B., Valencia, V., & Berrio, J. (2018). Digital image processing applied on static sign language recognition system/Diseño de un Sistema de Reconocimiento de Gestos No Móviles mediante el Procesamiento Digital de Imágenes. *Prospectiva*, 16(2), 41-48.
<https://doi.org/10.15665/rp.v16i2.1488>
- Williams, R. (2019). Evolving Artificial Neural Networks. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/111>
- Zea Gutiérrez, J. A., Suárez Barón, M. J., & González Sanabria, J. S. (2024). Aprendizaje por refuerzo como soporte a la predicción de la precipitación mensual. Caso de estudio: Departamento de Boyacá—Colombia. *TecnoLógicas*, 27(60).
<https://doi.org/10.22430/22565337.3017>
- Zhang, Z., Li, X., & Zhang, L. (2019). Long short-term memory and convolutional neural networks for active noise control. *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/ICASSP.2019.8682891>
- Zhong Y.a, L. X. (2022). Using CNN-VGG 16 to detect the tennis motion tracking by

information entropy and unascertained measurement theory. 2287237X.