



**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA TRADUCTOR DE LENGUAJE
DE SEÑAS MEDIANTE EL USO DE SERVICIOS WEB**

**GERALDIN PINZÓN BAYONA
YESID GIOVANNY SANABRIA ORJUELA**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN
BOGOTÁ
2021**

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA TRADUCTOR DE LENGUAJE DE
SEÑAS MEDIANTE EL USO DE SERVICIOS WEB

GERALDIN PINZÓN BAYONA
YESID GIOVANNY SANABRIA ORJUELA

ASESOR: Fredy Ernesto Pardo Angulo (MSc en Educación)

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN
BOGOTÁ
2021



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#). [Advertencia.](#)

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

TABLA DE CONTENIDO

1. Planteamiento Del Problema	17
1.1 Pregunta De Investigación	18
2. Objetivos.....	19
2.1 Objetivo General	19
2.2 Objetivos Específicos	19
3. Delimitaciones	20
3.1 Alcance	20
3.2 Limitaciones	20
4. Marco Referencial.....	23
4.1 Marco Teórico	23
4.2 Marco Conceptual	29
5. Estado Del Arte.....	36
5.1 Aplicación Móvil De Traducción Del Lenguaje De Señas Estadounidense A Través De Algoritmos De Procesamiento De Imágenes	36
5.2 Diseño De Aplicación Lenguaje De Signos Colombiano Para Dispositivos Móviles 37	
5.3 Framework De Servicios Web Para Traducir Texto A Lenguaje De Señas.....	38
5.4 Aprendizaje De Lenguaje De Señas Basado En Android Para Sordos Y Personas Con Problemas Del Habla.....	38
5.5 Lsc App: Aplicación Móvil Para La Práctica De La Lengua De Señas Colombiana. 39	
5.6 Aplicación Integrada A La Tecnología Kinect Para El Reconocimiento E Interpretación De La Lengua De Señas Colombiana	40
6. Metodología	41
6.1 Fase De Análisis	42
6.2 Fase De Diseño	48
6.3 Fase De Implementación	51
6.4 Técnicas E Instrumentos.....	53
7. Análisis De Resultados	54
7.1 Pruebas Funcionales Módulo Traducción	54
7.2 Pruebas Funcionales Módulo Ayuda.....	55

8. Conclusiones	58
9. Trabajos Futuros.....	59
10. Bibliografia.....	60
11. Anexos	63
11.1 Repositorio Github:	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Imagen 1. Lunes.....	20
Imagen 2. Arriba.....	20
Imagen 3. Mal.....	21
Imagen 4. Bien	21
Imagen 5. Febrero.....	22
Imagen 6. Subcampos De La Inteligencia Artificial	23
Imagen 7. Aplicación De NMS.....	26
Imagen 8. Cuadros Delimitadores	26
Imagen 9. Manos Renderizadas.....	27
Imagen 10. Puntos De Referencia De La Mano	28
Imagen 11. Anatomía Y Fisiología Del Oído	29
Imagen 12. Ejemplo De Un Conjunto De Imágenes De Manos.....	32
Imagen 13. Resultado De La Segmentación, Junto Con La Imagen De Canny Detectada Con Diferentes Condiciones De Fondo E Iluminación.....	36
Imagen 14. Interfaz De Usuario De La Aplicación Móvil Vlscapp.....	37
Imagen 15. Flujo Del Framework	38
Imagen 16. Aplicación Móvil Desarrollada	39
Imagen 17. Interfaz De La Aplicación Lscapp	40
Imagen 18. Plantilla De Una Señal Tomada Con Kinect.....	40
Imagen 19. Diagrama De Flujo.....	42
Imagen 20. Caso De Uso Sección De Ayuda.....	43
Imagen 21. Caso De Uso Realizar Cambio De Imagen.	44
Imagen 22. Caso De Uso Realizar Traducción De La Señal.	44
Imagen 23. Diagrama De Secuencia.....	47
Imagen 25. Pantalla De Inicio.....	48
Imagen 26. Pantalla Selección De Foto.	49
Imagen 27. Pantalla Captura De Foto Desde Cámara.	49
Imagen 28. Pantalla Seleccionar Foto Desde Galería.....	50
Imagen 29. Pantalla Señal A Traducir.....	50
Imagen 30. Pantalla Señal Traducida.	51
Imagen 31. Diagrama De Actividad De Módulo Traducción Imágenes	51
Imagen 32. Diagrama De Actividad De Módulo Ayuda	52
Imagen 33. Diagrama De Paquetes Aplicación Móvil.....	52
Imagen 34. Diagrama De Paquetes Servicio Web.	52
Imagen 35. Carrusel Sección De Ayuda 1.	55
Imagen 36. Carrusel Sección De Ayuda 2.	55
Imagen 37. Cantidad De Manos Detectadas Por Tipo.	56
Imagen 38. Cantidad De Señales Detectadas.	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Listado De Requerimientos Funcionales	42
Tabla 2. Listado De Requerimientos No Funcionales	42
Tabla 3. Listado De Requerimientos Técnicos	43
Tabla 4. Listado De Casos De Uso	43
Tabla 5. Tomar Foto De La Señal	45
Tabla 6. Seleccionar Imagen De La Señal Desde Galería	45
Tabla 7. Realizar Cambio De Imagen	46
Tabla 8. Reintentar Captura De Foto De La Señal.....	46
Tabla 9. Realizar Traducción De La Señal.....	47
Tabla 10. Resultados Pruebas Funcionales.....	54

DEDICATORIA

Este trabajo de grado está dedicado a:

A nuestros padres y abuelas, por su amor, comprensión, por su apoyo incondicional ante cualquier situación, y por su sacrificio durante todos estos años lo que nos ha permitido cumplir un sueño más.

A nuestros hermanos por su incondicional compañía en este proceso formativo y apoyo moral a lo largo de nuestras vidas.

Por último, a todas las personas que nos han brindado apoyo y han contribuido a que este trabajo se realice con éxito, en especial aquellos que compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias por ser los principales promotores de nuestros sueños, por creer en nosotros y ser nuestra motivación para todos los días desarrollarnos como mejores personas y profesionales.

A la Universidad Católica de Colombia y a todos nuestros docentes por haber compartido todos sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, en especial a nuestro tutor de trabajo de grado Fredy Ernesto Pardo Angulo, por brindarnos su conocimiento, consejos y enseñanzas.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la facultad de ingeniería y la universidad católica de Colombia para optar al título de Ingeniero de Sistemas y Computación.

Jaime Fernando Perez Gonzalez
Jurado 1

Maria Fernanda Diaz Hernandez
Jurado 2

Fredy Ernesto Pardo Angulo
Asesor

RESUMEN

Actualmente surge una necesidad de comunicación entre personas con discapacidad auditiva y aquellas que no la padecen. Para superar esta barrera de comunicación se desarrolló el Lenguaje de Señas Colombiano (LSC), que busca un desarrollo intelectual, personal y emocional al permitir interactuar a estas personas con su entorno social. Debido al bajo uso del lenguaje de señas en la cotidianidad por parte de las personas que no padecen esta condición, se busca una solución que permita establecer un canal de comunicación eficaz, utilizando las diferentes plataformas tecnológicas que existen para apoyar este proceso.

Ya que el uso de dispositivos móviles en Colombia está masificado, se plantea como solución una aplicación móvil que permita apoyar el proceso de comunicación mediante la traducción del LSC. La aplicación móvil utilizará algoritmos de la librería MediaPipe Hands que permitan la interpretación de señas que pertenezcan al LSC.

Para el desarrollo de la aplicación móvil se utilizó Scrum como metodología de desarrollo, Flutter como framework de desarrollo, y la librería MediaPipe que apoya el proceso de reconocimiento de manos, además se implementó un API que permite clasificar las señas, comunicándose con la aplicación mediante microservicios.

En la culminación del proyecto se obtuvo un servicio web y un aplicativo móvil, que realizan la interpretación de cinco señas del lenguaje de señas colombiano por medio de imágenes tomadas desde la cámara o galería del dispositivo donde se encuentre el aplicativo instalado.

Palabras claves: Lenguaje de signos, traducción, sordomudez, comunicación, inteligencia artificial.

ABSTRACT

Nowadays the need for communication arises between hearing loss and hearing people. In order to overcome this communicative barrier, the Colombian Sign Language was created (LSC for its acronym in Spanish) to seek intellectual, emotional, and personal development through the interaction of hearing loss people with their social environment. Due to the low everyday usage of LSC by hearing people, a solution was sought to establish an efficient mean of communication by using the different and existing technological platforms to support this process.

Since the use of smartphones in Colombia is widespread, a phone application allowing communication by translating LSC was offered as a solution. The phone app uses algorithms from MediaPipe Hands Library that interpret LSC signs. Scrum was used as a software development methodology, Flutter as a development framework, and MediaPipe supported the hand recognizing process, and an API was implemented as well to classify the signs and then communicate with the application by microservices.

As a result, a web service and a phone app were obtained. Both carry out the interpretation of five LSC signs through pictures taken by cameras or from the phone's gallery where the phone app is installed.

Key Words: sign language, Translation, deaf-mute, communication, artificial intelligence

INTRODUCCIÓN

La comunicación es parte fundamental de la vida de todo ser humano, ya que surge como una necesidad, ayudando en cada etapa a su desarrollo cognitivo, lingüístico y social. Generalmente se realiza mediante el lenguaje oral, a través del cual son emitidas las señales sonoras que ingresan por el canal auditivo y llegan al cerebro para ser procesadas¹. Las personas que no tienen la capacidad de comunicarse oralmente tienen dificultades que derivan en problemas para relacionarse, debido a que el lenguaje oral tiene como actores principales la voz y el oído. Esto varía en el caso del lenguaje de signos, ya que en este proceso la comunicación se realiza por los gestos y la vista. Los primeros indicios sobre el uso del lenguaje de signos datan del siglo XVII.

Actualmente en Colombia la población con deficiencia auditiva es del 1.1%, lo cual es un porcentaje bajo, debido a esto se genera una ruptura de comunicación, ya que, al ser un lenguaje poco convencional, no se fomenta en la sociedad colombiana, debido a que la mayoría de la población no cuenta con dicha discapacidad, dando como resultado que esta comunidad se enfrente a grandes desafíos tanto sociales, culturales y económicos, por la falta de masificación de su lengua nativa.

Recientemente por medio de diversas aplicaciones tecnológicas, se establecen ayudas comunicativas, brindando a las personas con deficiencia auditiva la capacidad de lograr establecer de manera dinámica e interactiva comunicación con las personas sin discapacidad auditiva. Aunque se aplican diferentes métodos de interpretación, las aplicaciones móviles que apoyan esta comunidad se basan en inteligencia artificial, entre ellas la traducción del lenguaje de señas a voz y el traductor de voz a lenguaje de señas, es decir, algunas se enfocan para las personas oyentes y otras para las personas con deficiencia auditiva. Por esta razón se desarrolla una aplicación móvil que brinda al usuario la capacidad de interactuar fácilmente con la finalidad de ayudar a personas sin discapacidad auditiva a comunicarse con las personas que tienen esta discapacidad, logrando así una interpretación de forma textual.

El aplicativo contará con cinco palabras tomadas del diccionario de lenguaje de señas colombiano disponible en la página de la INSOR (Instituto Nacional Para Sordos), de las categorías hombre y sociedad, las cuales conllevan aspectos que determinan al hombre en su desarrollo físico y sentimental, junto con los aspectos que tienen que ver con el desarrollo de actividades propias de su entorno familiar, social y laboral.

¹ Lineth Alain and Rafael Vejarano, 'Alternativas Tecnológicas Para Mejorar La Comunicación de Personas Con Discapacidad Auditiva En La Educación Superior Panameña | Revista de Educación de La Universidad de Granada', *Revista de Educación de La Universidad de Granada*, 2016, p. 17 <<https://revistaseug.ugr.es/index.php/reugra/article/view/16640>> [accessed 1 December 2020].

En la ejecución de este proyecto se busca lograr un impacto social proporcionando un software que permite una mayor portabilidad y facilidad del aprendizaje del lenguaje de señas colombiano.

En este documento se presenta una metodología implementada a lo largo del desarrollo de la propuesta y sustentada en el estado del arte, compuesta por requerimientos, diseño de la aplicación e implementación de diversos componentes que permiten la correcta interpretación de las señas designadas en el presente documento.

JUSTIFICACIÓN

En Colombia hay cerca de quinientas mil personas con discapacidad auditiva, población que equivale al 1.1% del total de colombianos². Según la resolución 5274 del 21 de marzo de 2017 se obtuvo el reconocimiento de la lengua de señas en el grupo de lenguas nativas del país³. Allí se resaltó la lengua de señas colombiana como un derecho fundamental para la población sorda, que no debe ser ignorado por la sociedad, como una oportunidad para continuar visibilizando, promoviendo y logrando que más colombianos se apropien de los derechos de esta población⁴.

A pesar de los esfuerzos realizados en Colombia para reconocer la importancia del lenguaje de señas, este aún no logra ser incorporado totalmente, en todos los ámbitos que abarca la vida cotidiana. Es común ver que un familiar o amigo de la persona que tenga esta discapacidad traduzca su mensaje para ser entendido, debido a que sólo las personas que lo requieren son quienes lo aprenden.

Esto hace que sea muy difícil para una persona con deficiencia auditiva establecer vínculos en diferentes entornos sociales, entre ellos el educativo y laboral, donde las personas carecen de habilidades para entender lo que ellos quieren comunicar, generando una dificultad para transmitir ideas. Según el Instituto Nacional para Sordos INSOR, “entre el año 2005 y 2014 se evidenció una tendencia al aumento del número de estudiantes sordos en los grados del nivel de primaria; sin embargo, mientras que avanzan hacia la secundaria y media, la matrícula de los estudiantes sordos desciende”⁵. Adicionalmente, en el 2014 se tenía cobertura para el 14% del total de personas sordas en el país. En otras palabras, 1.394 estudiantes estaban recibiendo su formación académica en condiciones de calidad.

Teniendo en cuenta que en Colombia el porcentaje de uso de dispositivos móviles es del 119%, lo que equivale a 60.38 millones de dispositivos, significa que sobrepasa el total de la población colombiana, que cuenta con 50.61 millones de habitantes. Del total de

² Instituto nacional para sordos INSOR, ‘Perfil Educativo de La Población Sorda Colombiana 2014’, *Ministerio de Educación*, 2014, p. 2 <http://www.insor.gov.co/observatorio/download/Perfil_educativo_sordos_Colombia_Jun01_-2015.pdf> [accessed 2 January 2021].

³ ‘Resolución: N° 05274 Del 21 de Marzo de 2017 - Ministerio de Educación Nacional de Colombia’ <https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-360342.html?_noredirect=1> [accessed 14 October 2021].

⁴ Instituto nacional para sordos INSOR, ‘El INSOR Celebró La Inclusión de La Lengua de Señas Colombiana Como Lengua Nativa – INSOR | Instituto Nacional Para Sordos’, *Ministerio de Educación Nacional de Colombia*, 2016 <<http://www.insor.gov.co/home/el-insor-celebro-la-inclusion-de-la-lengua/>> [accessed 14 November 2020].

⁵ Instituto nacional para sordos INSOR, ‘Situación de Las Personas Sordas En Colombia’, *Ministerio de Educación Nacional de Colombia*, 2015, p. 4 <http://www.insor.gov.co/bides/wp-content/uploads/archivos/sit_per_sordas_sept2015.pdf> [accessed 14 November 2020].

dispositivos móviles en Colombia, el 93% corresponde a dispositivos inteligentes⁶. Se busca a través de estos medios tecnológicos apoyar la comunicación entre una persona oyente y otra con deficiencia auditiva sin la necesidad de depender de un intérprete, para que las personas oyentes puedan entender de manera asertiva las ideas o necesidades que quieren transmitir las personas con dicha discapacidad.

Por lo mencionado previamente se desarrolla una aplicación móvil que es utilizable en cualquier momento, permitiendo a una persona oyente traducir cinco señas del lenguaje de señas colombiano, aumentando el desarrollo social y cultural en la sociedad colombiana.

⁶ K. Rosgaby Medina, 'Estadísticas de La Situación Digital de Colombia En El 2019 y 2020 | Branch', 2020 <<https://branch.com.co/marketing-digital/estadisticas-de-la-situacion-digital-de-colombia-en-el-2019-y-2020/>> [accessed 22 November 2020].

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Todos los seres vivos tienen formas de comunicación, ya sea por medio de símbolos, imágenes, movimientos y hasta sonidos. La comunicación se genera entre dos o más personas para transmitir o compartir información, además es una necesidad en la sociedad, ya que mediante este proceso se puede socializar una idea de diferentes maneras como lo es verbal o escrita, y permite mantener buenas relaciones personales en varios ámbitos de nuestra vida, particularmente familiares, laborales y sociales.

Con el paso del tiempo la tecnología ha tenido un gran impacto en la forma en que nos comunicamos, a través de redes sociales, mensajería móvil y llamadas a larga distancia, teniendo en cuenta que más de 3.8 billones de personas en el mundo usan redes sociales, entre ellas las más usadas son, Facebook, Messenger, WhatsApp y Twitter⁷. Otra tecnología que ha fortalecido el proceso de la comunicación es la inteligencia artificial, que ha ayudado a automatizar diferentes procesos, entre ellos el uso de chatbots, utilizados por algunas empresas para tener una atención eficaz con el cliente.

Sin embargo, el poder comunicarse en una sociedad no está al alcance de todos. Una barrera es la discapacidad del habla y/o escucha, lo que genera la necesidad de aprender el Lenguaje de Señas Colombiano, que permite la interacción con este tipo de población. Son pocas las personas que cuentan con esta discapacidad y debido a esto hace que su lenguaje no sea tan convencional, dificultando así en distintos ámbitos sociales su interacción y obtención de conocimiento, ya sea en relaciones familiares, con amigos, o en el periodo de su desarrollo educativo, en los espectáculos y medios de transporte. Estas dificultades en la integración de círculos sociales generan inseguridad, y baja autoestima.

Además, el 60% de los problemas que se generan en las empresas son por falta de una comunicación asertiva⁸. Debido a esto, una persona con deficiencias auditivas estaría afectando no sólo a una empresa sino a su entorno social. Para reducir la brecha de comunicación entre una persona oyente y no oyente, se creó un aplicativo móvil que facilita el aprendizaje a las personas oyentes que no conocen el lenguaje de señas, el cual le permite traducir una secuencia de señas al lenguaje castellano.

Esta aplicación reconoce señas a partir de imágenes tomadas del gesto. Se interpretan solamente cinco señas que no requieren de movimiento para poder ser traducidas. Adicionalmente no se tienen en cuenta expresiones faciales o interacciones con partes del cuerpo, enfocadas en dar una respuesta de la seña que se quiere interpretar. Esto

⁷ Rafael Lucca, 'Las Redes Sociales Con Más Usuarios: 2020 - DXmedia', 2020 <<https://dxmedia.net/redes-sociales-usuarios-2020/#:~:text=Las redes sociales con más usuarios en el mundo en,usuarios más que en 2019>> [accessed 14 December 2020].

⁸ La PYME ESPAÑOLA Begoña Gómez Nieto and Begoña Cristina Benito Vielba, *PRESENTE DE LA COMUNICACIÓN ORGANIZACIONAL EN*, 2014 <www.razonypalabra.org.mx> [accessed 3 January 2021].

permite dejar una base para el desarrollo de futuros trabajos, en los cuales se desarrollen clasificación de las señas mediante la librería MediaPipe para oraciones completas y palabras compuestas.

1.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

A partir del anterior problema surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Es posible apoyar a las personas sordomudas, a través de un aplicativo móvil, para facilitar su interacción comunicativa con interlocutores que no conocen el lenguaje de señas colombiano?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una aplicación móvil para facilitar la comunicación entre personas oyentes y no oyentes, por medio de imágenes consumiendo servicios web.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Construir con ayuda de la librería MediaPipe Hands el algoritmo de detección de señas del lenguaje de señas colombiano.

Diseñar un API (Application Programming Interface) que permita el consumo del servicio de detección de señas desde la aplicación móvil.

Desarrollar una aplicación móvil que permita utilizar el algoritmo de detección de lenguaje de señas colombiano.

3. DELIMITACIONES

3.1 ALCANCE

Se desarrolló una aplicación móvil multiplataforma. La aplicación cuenta con distintos módulos, con la finalidad de traducir el lenguaje de señas colombiano, utilizando servicios web, y se validó la detección de las señas, usando imágenes recolectadas en diferentes grupos de personas.

3.2 LIMITACIONES

La aplicación móvil se desarrolló utilizando el framework Flutter y se enfocó en cinco expresiones del lenguaje de señas colombiano, que fueron elegidas debido a su uso cotidiano, y que constan de un solo gesto, las cuales son:

Imagen 1. Lunes



Fuente: http://www.insor.gov.co/descargar/diccionario_basico_completo.pdf

Imagen 2. Arriba



Fuente: http://www.insor.gov.co/descargar/diccionario_basico_completo.pdf

Imagen 3. Mal



Fuente: http://www.insor.gov.co/descargar/diccionario_basico_completo.pdf

Imagen 4. Bien



Fuente: http://www.insor.gov.co/descargar/diccionario_basico_completo.pdf

Imagen 5. Febrero



Fuente: http://www.insor.gov.co/descargar/diccionario_basico_completo.pdf

La traducción de estas señas se hizo excluyendo la detección del rostro y posiciones corporales, ya que puede influir en el significado del mensaje a transmitir.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO TEÓRICO

4.1.1 Inteligencia artificial

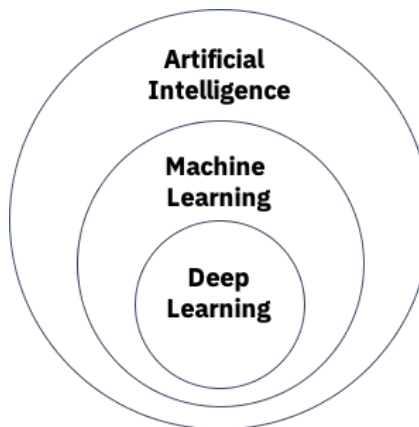
La inteligencia artificial surgió desde la pregunta que se realizó Alan Turing de “¿pueden pensar las máquinas?”, implementando la prueba de Turing donde se puede determinar si una máquina puede tener la inteligencia humana, desde entonces la inteligencia artificial ha sido tema de debate.

Se puede entender inteligencia artificial como el campo científico de la informática que busca la creación de programas y mecanismos que permita a las máquinas ser inteligentes y comprender la inteligencia humana, adicionalmente la inteligencia artificial no sólo se basa en métodos observables sino resolución de problemas, y toma de decisiones como lo hacen los humanos.

Adicionalmente la inteligencia artificial cuenta con dos subcampos de aplicación, los cuales son aprendizaje profundo y aprendizaje automático, pero a su vez el aprendizaje profundo es un subcampo del aprendizaje automático⁹.

Para mayor claridad del tema la ilustración número 1 especifica la relación entre estas tres técnicas.

Imagen 6. Subcampos de la inteligencia artificial



Fuente: <https://www.ibm.com/cloud/learn/what-is-artificial-intelligence>

⁹ IBM Cloud Education, 'What Is Artificial Intelligence (AI)? | IBM', 2020 <<https://www.ibm.com/cloud/learn/what-is-artificial-intelligence>> [accessed 26 May 2021].

4.1.2 Aprendizaje automático

El aprendizaje automático se centra en crear sistemas que aprenden de los datos, detectan patrones y pueden tomar decisiones con la más mínima intervención humana, estos modelos son capaces de adaptarse de forma independiente y dar resultados confiables con ayuda de cálculos previos de los datos que pasaron por el modelo.

El aprendizaje automático tiene dos enfoques:

Aprendizaje autónomo supervisado: Este tipo de enfoque es aquel donde el algoritmo es entrenado con un conjunto de datos que ya tiene un pre etiquetado previo y esto ayudará a que el algoritmo aprenda a dar conclusiones.

Aprendizaje autónomo no supervisado: Este tipo de enfoque es aquel donde el algoritmo no recibe un entrenamiento con datos etiquetados, sino que realiza análisis complejos para detectar patrones y procesos¹⁰.

4.1.3 Modelo de detección de disparo único

Este modelo se basa en una única red neuronal profunda para realizar toda la detección de objetos, en este caso las palmas de las manos, donde crea cuadros delimitadores y en dichos cuadros se realiza un análisis de las características en cada cuadro que se creó. Adicionalmente, la red analiza múltiples mapas de características y varias resoluciones de imágenes, para no realizar un remuestreo de píxeles de la imagen.

Una ventaja de este método es que el entrenamiento de este es fácil de realizar e implementar al momento de hacer detección de objetos¹¹.

¹⁰ ORACLE, '¿Qué Es El Aprendizaje Automático? | Oracle Colombia' <<https://www.oracle.com/co/data-science/machine-learning/what-is-machine-learning/>> [accessed 26 May 2021].

¹¹ Wei Liu and others, 'SSD: Single Shot MultiBox Detector', *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9905 LNCS (2015), 21–37 <https://doi.org/10.1007/978-3-319-46448-0_2>.

4.1.4 Modelo de detección de palmas

Para lograr detectar la ubicación inicial de las manos, se diseña un modelo de detección de disparo único que es optimizado para su uso. Detectar las manos es un trabajo arduo, ya que el modelo de detección de palmas debe tener en cuenta los diferentes tamaños de palmas y ser capaz de detectar manos ocluidas y auto ocluidas.

Para tratar estos desafíos como primera instancia se entrena un detector de palmas ya que es más fácil estimar las cajas delimitadoras de un objeto como la palma que la detección total de la misma, en este se aplican técnicas como supresión no máxima, cuadros delimitadores y un extractor de funciones de codificador-decodificador¹².

4.1.5 Algoritmo de supresión no máxima (NMS)

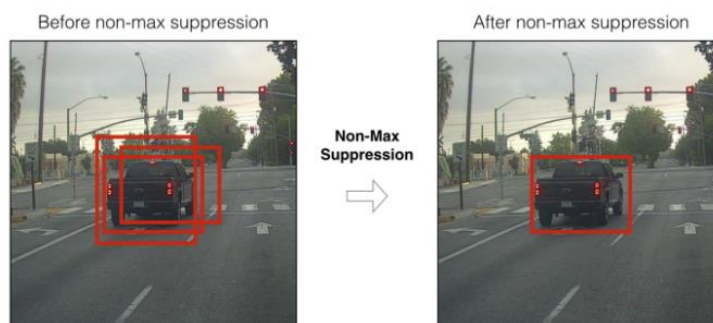
La canalización de detección de objetos típica tiene un componente para generar propuestas de clasificación. Estas propuestas son regiones candidatas para el objeto de interés. Sin embargo, procesar todas las propuestas a través de una red de clasificación es pesado. La supresión no máxima es una manera de asegurarse de que el algoritmo detecta cada objeto una sola vez.

Esta técnica filtra las propuestas en función de ciertos criterios, recibiendo una lista de los recuadros de propuesta, las puntuaciones de confianza asignadas, y un umbral de superposición. NMS primero examina las probabilidades asociadas con cada una de las detecciones seleccionando la propuesta con la puntuación más alta eliminando de lista de recuadros de propuestas, y agregando a la lista de propuestas final, después se calcula el pagaré de esta propuesta con todas las propuestas en la lista de recuadros y se eliminan las casillas que tienen un pagaré superior al umbral. Este proceso se repite hasta que no queden más propuestas en la lista de recuadros de propuesta¹³.

¹² MediaPipe, 'Hands - Mediapipe' <<https://google.github.io/mediapipe/solutions/hands.html>> [accessed 26 May 2021].

¹³ Sambasivarao. K, 'Non-Maximum Suppression (NMS). A Technique to Remove Duplicates And... | by Sambasivarao. K | Towards Data Science', 2019 <<https://towardsdatascience.com/non-maximum-suppression-nms-93ce178e177c>> [accessed 26 May 2021].

Imagen 7. Aplicación de NMS



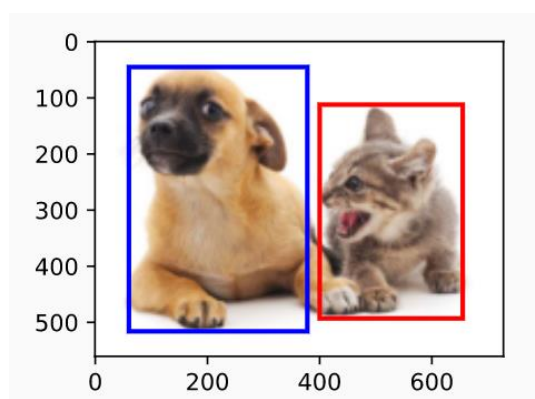
Fuente: <https://towardsdatascience.com/non-maximum-suppression-nms-93ce178e177c>

4.1.6 Detección de objetos y cuadros delimitadores

En la detección de objetos por máquina la mayoría de las veces se realiza con un objeto único, lo cual no simula un ambiente real, debido a que en estos ambientes suelen haber muchos objetos de por medio.

Uno de los métodos para identificar el objeto a buscar son los cuadros delimitadores, los cuales delimitan el objeto encontrado en una caja que cuenta con coordenadas (X, Y) para sus bordes y con respecto a su centro, lo que le da un ancho y un alto en donde se encuentra el objeto encontrado y delimitado para poder realizar el análisis pertinente¹⁴.

Imagen 8. Cuadros delimitadores



Fuente: https://d2l.ai/chapter_computer-vision/bounding-box.html

¹⁴ Learning Into Deep Learning, '13.3. Object Detection and Bounding Boxes — Dive into Deep Learning 0.16.4 Documentation' <https://d2l.ai/chapter_computer-vision/bounding-box.html> [accessed 26 May 2021].

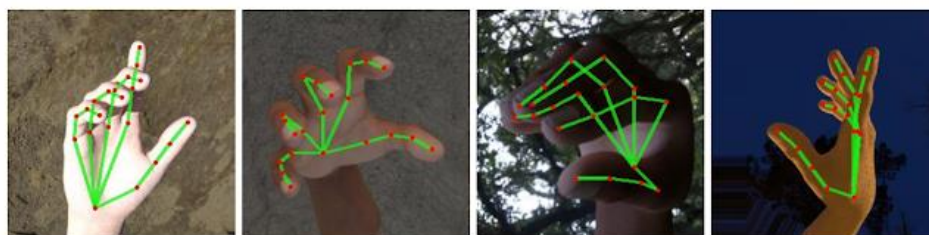
4.1.7 Extracción de funciones del codificador automático

Es una red neuronal que se usa para aprender una representación comprimida de datos sin procesar. Esta red neuronal se compone de un codificador y submodelos de decodificador. La función del codificador es comprimir la entrada y la del decodificador es intentar recrear la entrada a partir de la versión comprimida proporcionada por el codificador. Después de realizar el entrenamiento, el modelo codificador se guarda y el decodificador se descarta. El codificador puede usarse como una técnica de preparación de datos, que permite realizar la extracción de características en datos sin procesar, y estos pueden ser usados para entrenar un modelo de aprendizaje automático¹⁵.

4.1.8 Renderización

Este proceso genera una imagen bidimensional o tridimensional mediante un programa de computadora especializado, con el fin de dar un resultado realista, aplicando técnicas ya sea de iluminación, posicionamiento de la cámara, fondos adecuados y distribución, entre otras. Finalmente se obtiene una imagen fotorrealista, que aparenta ser una fotografía¹⁶.

Imagen 9. Manos renderizadas



Fuente: <https://ai.googleblog.com/2019/08/on-device-real-time-hand-tracking-with.html>

¹⁵ Jason Brownlee, 'Autoencoder Feature Extraction for Classification', 2020 <<https://machinelearningmastery.com/autoencoder-for-classification/>> [accessed 26 May 2021].

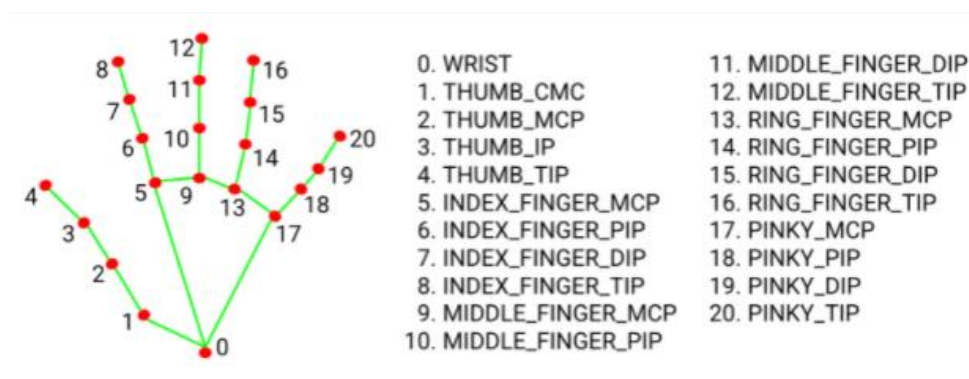
¹⁶ arqing, '¿Qué Es Un Render? - Arquitectura y Renders', 2021 <<https://www.arqing-mexico.com/renderers/qué-es-un-render/>> [accessed 26 May 2021].

4.1.9 Hand Landmark Model

Este modelo detecta los puntos de referencia de la mano, realizando una localización precisa de puntos clave de 21 coordenadas 3D de los respectivos nudillos de la mano dentro de las regiones de la mano detectadas mediante la predicción directa de coordenadas.

Para tener una mejor detección de las posibles poses de la mano, además del uso de un conjunto de datos reales, se incluye la renderización de un modelo de mano sintético de alta calidad en varios fondos. Este modelo es robusto incluso para manos poco visibles¹⁷.

Imagen 10. Puntos de referencia de la mano



Fuente: <https://google.github.io/mediapipe/solutions/hands.html>

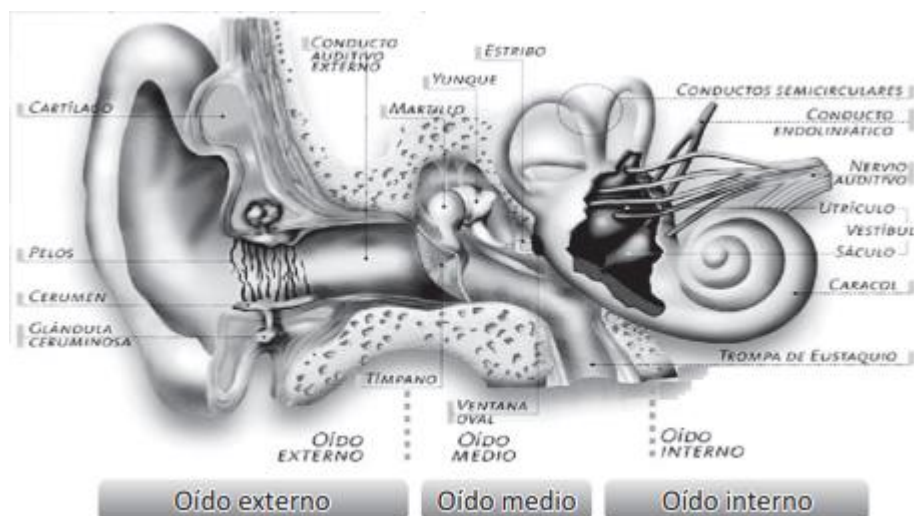
¹⁷ MediaPipe, 'Hands - Mediapipe'.

4.2 MARCO CONCEPTUAL

4.2.1 Deficiencia auditiva

La deficiencia auditiva son alteraciones en la audición que pueden generar una incorrecta percepción de ella. Esta se puede presentar en diferentes grados, alterando en la persona la capacidad de recepción, comprensión y asociación de los sonidos del medio ambiente que lo rodea y de los sonidos que componen un código lingüístico de tipo auditivo-vocal.

Imagen 11. Anatomía y fisiología del oído



Fuente: http://www.insor.gov.co/home/wp-content/uploads/filebase/cartilla_salud_auditiva_y_comunicativa.pdf

La deficiencia auditiva puede clasificarse de la siguiente manera:

Pérdidas conductivas: Esta pérdida se presenta cuando la lesión se ubica en el oído externo o medio. Son pérdidas moderadas. Esta lesión tiene tratamiento ya sea médico o quirúrgico, donde en la mayoría de los casos se puede recuperar el sentido.

Pérdidas neurosensoriales: Se presenta cuando la lesión se encuentra en el oído interno. Estas pérdidas varían ya que pueden ser leves o severas, donde el daño es irreversible.

Pérdidas mixtas: Es cuando la lesión se presenta en el oído externo y oído interno. Estas pérdidas pueden ser leves o profundas. El tratamiento en este caso es posible para la lesión del oído interno y externo¹⁸.

¹⁸ Paulina Ramírez and others, *SALUD AUDITIVA Y COMUNICATIVA MÓDULO DE CAPACITACIÓN Documento Elaborado Por*, 2009 <www.insor.gov.co> [accessed 26 May 2021].

4.2.2 Lenguaje de señas

La lengua de señas es la lengua natural de las personas sordas. Esta lengua cumple con todas las leyes lingüísticas y facilita solventar las necesidades comunicativas y sociales propias del ser humano. Se basa en expresiones y movimientos a través de las manos, los ojos, el rostro, la boca y el cuerpo. Este lenguaje de señas también está al alcance de las personas que no cuentan con esta deficiencia¹⁹.

Lenguaje de señas colombiano

Según el diccionario de lenguaje de señas colombiano, esta lengua tiene origen del año 1920 en un internado católico bogotano y tiempo después en Cali. Parece que este sistema de señas tuvo influencia de la lengua española por medio de inmigrantes o personas sordas que recibieron educación en España a mediados de los años 50²⁰.

4.2.3 Aplicación móvil

Es una aplicación diseñada para ejecutarse en un dispositivo móvil, ya sea un teléfono inteligente o tablet, proporcionando al usuario una funcionalidad limitada, dependiendo de lo que el usuario esté buscando. Además, brinda servicios similares a los que ofrece un computador. Las aplicaciones móviles son frecuentadas por los usuarios debido a que en su uso diario es más accesible un dispositivo móvil²¹. Estas pueden ser:

Nativa: Son aquellas desarrolladas únicamente para un sistema operativo y plataforma del fabricante. Este tipo de aplicaciones se adaptan con funcionalidades y características del dispositivo obteniendo una mejor experiencia de uso, sin embargo, si se desea crear una aplicación multiplataforma se tendría que realizar una aplicación por fabricante y esto genera un mayor coste.

¹⁹ Enrique Vercher, 'La Lengua de Señas - Agestrad', 2018 <<https://www.agestrad.com/la-lengua-de-senas/>> [accessed 26 May 2021].

²⁰ Instituto Caro, Cuervo Departamento, and D E Lexicografía, *DICCIONARIO BÁSICO DE LA LENGUA DE SEÑAS COLOMBIANA*.

²¹ Techopedia, 'What Is a Mobile Application? - Definition from Techopedia' <<https://www.techopedia.com/definition/2953/mobile-application-mobile-app>> [accessed 26 May 2021].

Web: Son las desarrolladas para navegadores, pero se aplica el “responsive web design” para que esta se adapte al tamaño de pantalla de dispositivo, sin embargo, este tipo de aplicaciones ofrece una peor experiencia de uso ya que se ignoran las características del dispositivo y se depende únicamente del navegador utilizado en el mismo.

Híbrida: Son desarrolladas como aplicaciones web, pero se pueden compilar de manera nativa lo cual permite acceder a todas las características del dispositivo, por otro lado, su punto negativo es que no llega a ser tan eficaz como una aplicación nativa²².

4.2.4 MediaPipe

Es un marco multiplataforma de código abierto. Esta librería permite construir una canalización de la percepción de gráficos, sonidos y videos en tiempo real utilizando modelos de inferencia como tensorflow TFLite, donde ofrecen varias soluciones como lo son hands, Face Mesh, Hand Traking, Iris²³, entre otras, con modelos pre entrenados²⁴.

4.2.5 Conjunto de datos

Es un conjunto de información de un tema en específico, el cual es probado, entrenado y evaluado por los desarrolladores que desean evaluar el desempeño de sus algoritmos. Además, permite facilitar el acceso a esta información cuando sea necesario. Los conjuntos de datos también se utilizan para almacenar la información que necesitan las aplicaciones. Estos pueden ser organizados de diversas formas, dependiendo de cómo se plantee acceder a dicha información²⁵.

²² raona, ‘¿App Nativa, Web o Híbrida? - Raona’, 2017 <<https://www.raona.com/aplicacion-nativa-web-hibrida/>> [accessed 26 May 2021].

²³ MediaPipe, ‘Solutions - Mediapipe’ <<https://google.github.io/mediapipe/solutions/solutions>> [accessed 26 May 2021].

²⁴ MediaPipe, ‘MediaPipe – Opensource.Google’ <<https://opensource.google/projects/mediapipe>> [accessed 26 May 2021].

²⁵ IBM, ‘What Is a Data Set? - IBM Documentation’ <<https://www.ibm.com/docs/en/zos-basic-skills?topic=more-what-is-data-set>> [accessed 26 May 2021].

Imagen 12. Ejemplo de un conjunto de imágenes de manos



Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Palm-print-image-database-examples_fig5_256087256

4.2.6 BackEnd

En el contexto de desarrollo de aplicaciones el backend es la parte de un sitio web que no está disponible al usuario, como bases de datos y servidores. Esta es la capa de acceso a datos, es por medio del backend que el sitio web funciona, actualiza y cambia, donde se analizan los datos de forma continua para dar un resultado que se entrega de forma visual al usuario. La prioridad de los desarrolladores que trabajan en backend es la seguridad, la estructura, y gestión de contenido²⁶.

4.2.7 FrontEnd

El frontend en el contexto de desarrollo de aplicaciones es todo lo relacionado con lo que ve el usuario en un sitio web y le permite navegar en el mismo, conocido como el lado del cliente. Estas tecnologías y lenguajes de programación vienen implementados en los distintos navegadores web que existen, que son interpretadores de estos códigos. Las tecnologías más utilizadas en el Frontend son HTML, CSS, JavaScript, jQuery, Ajax, Bootstrap, Angular, etc.²⁷.

4.2.8 Servicios web

Es una tecnología que se puede acceder mediante protocolos web estándar, utilizando XML para el intercambio de información. Este conjunto de métodos es accesible mediante internet, dando respuestas a las peticiones que realice el usuario, independientemente del lenguaje en el que se haya desarrollado el servicio, ofreciendo información con un formato estándar que puede ser entendido fácilmente por una aplicación. Se pueden

²⁶ Rafah M Almuttairi, *Web Application Development What's the Difference Between the Front-End and Back-End?*

²⁷ Autor Joan and others, *Página* / 2, 2018.

utilizar para integrar aplicaciones escritas en diferentes lenguajes y que se ejecutan en plataformas diferentes.

Existen diferentes tipos de servicios web los denominados servicios Web grandes ("big" Web Services), llamados servicios Web SOAP, y servicios Web RESTful, que se proporcionan mediante un endpoint accesible a través de la red.

Servicios Web SOAP

Estos servicios se crearon originalmente para permitir la comunicación entre las aplicaciones que se diseñan con diferentes lenguajes y en diferentes plataformas. Estos servicios web utilizan mensajes XML para comunicarse y siguen el estándar SOAP (Simple Object Access Protocol), el lenguaje XML define la arquitectura y el formato de los mensajes. Estos servicios imponen reglas integradas que aumentan la complejidad y sobrecarga, generando un retraso de respuesta. Se pueden integrar mediante protocolos HTTP, SMTP, entre otros.

Servicios Web RESTful

Los servicios Web RESTful (Representational State Transfer Web Services) se integran mejor con HTTP que los servicios basados en SOAP, debido a que no requieren mensajes XML o definiciones del servicio en forma de fichero WSDL. Este servicio permite utilizar métodos que proporciona HTTP como GET, POST, PUT, DELETE, PATCH. Además, es más flexible en la transmisión de datos ya sea en formato json, xml, y binarios²⁸.

4.2.9 Sistemas operativos

Es la parte de software más importante que se ejecuta en computadores y teléfonos inteligentes, ya que este administra el hardware de los dispositivos como la memoria, disco de almacenamiento y CPU (central de procesamiento) para que estos recursos sean accesibles a los programas que lo necesiten. Adicionalmente permite la comunicación entre software y hardware del dispositivo²⁹.

²⁸ *Servicios Web y SOA Índice*, 2012.

²⁹ GCFGlobal, 'Computer Basics: Understanding Operating Systems' <<https://edu.gcfglobal.org/en/computerbasics/understanding-operating-systems/1/>> [accessed 26 May 2021].

Sistemas operativos para móviles

Estos sistemas no suelen ser tan complejos como los sistemas operativos de escritorio, debido a que los sistemas operativos para dispositivos móviles como lo son, teléfonos inteligentes y tablets están orientados a una conectividad inalámbrica.

Algunos de los sistemas operativos para móviles son:

Android

Es un sistema operativo para dispositivos móviles como teléfonos inteligentes, relojes inteligentes, y televisores. Este sistema operativo fue desarrollado por Google y está basado en el Kernel de Linux³⁰.

iOS

Es un sistema operativo para dispositivos móviles creado por Apple, en su comienzo fue desarrollada para iPhone, pero con el paso del tiempo se fue adaptando a los demás dispositivos de Apple como lo son Apple TV, Apple Watch, Mac y iPad³¹.

4.2.10 Flutter

Flutter es un framework que permite el desarrollo de aplicaciones multiplataforma con un solo código, a diferencia de otros framework Flutter es capaz de compilar de forma nativa tanto para Android como para iOS lo cual permite que las aplicaciones desarrolladas con este framework alcancen el mismo rendimiento de una aplicación nativa. Adicionalmente Flutter cuenta con sus propios componentes los cuales los denomina widgets y esto ayuda a que el diseño de la aplicación sea la misma sin importar el sistema operativo y la versión³².

Las principales características de este framework es que permite un compilado nativo de la aplicación, la creación de interfaces es muy flexible por su opción de creación de widgets personalizados y es de desarrollo rápido debido a que permite ver los cambios al tiempo que se va escribiendo el código.

³⁰ ELPROCUS, 'Sistema Operativo Android: Introducción, Características y Sus Aplicaciones' <<https://www.elprocus.com/what-is-android-introduction-features-applications/>> [accessed 26 May 2021].

³¹ GCFGlobal, 'IPad: Sistema Operativo Móvil IOS' <<https://edu.gcfglobal.org/es/ipad/sistema-operativo-movil-ios/1/>> [accessed 26 May 2021].

³²

aures tic, '¿Qué Es Flutter? - Desarrollo de Aplicaciones Móviles | Aures Tic' <<https://aurestic.es/que-es-flutter/>> [accessed 26 May 2021].

Dart

Es un lenguaje open source desarrollado por Google que permite utilizar el paradigma orientado a objetos, además cuenta con aún gran cantidad de herramientas lo que permite un desarrollo más rápido y una compilación en Just-in-Time lo que permite que el código puede ser ejecutado de forma inmediata³³.

³³ Victor Divi, '¿Qué Es El Lenguaje de Programación Dart? | InLab FIB' <<https://inlab.fib.upc.edu/es/blog/que-es-el-lenguaje-de-programacion-dart>> [accessed 26 May 2021].

5. ESTADO DEL ARTE

5.1 APLICACIÓN MÓVIL DE TRADUCCIÓN DEL LENGUAJE DE SEÑAS ESTADOUNIDENSE A TRAVÉS DE ALGORITMOS DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

Se presenta una implementación del reconocimiento de la lengua de signos en una plataforma de teléfono inteligente, desarrollada por los estudiantes de la facultad de ingeniería eléctrica de la Universidad de Tecnológica de Malasia. Allí se propone un marco que se implementa inicialmente para un conjunto de 1.600 imágenes del lenguaje de señas americano, la detección de bordes de Canny y el crecimiento de la región sembrada para segmentar el gesto de la mano de su fondo. Después, para obtener los puntos de características de las imágenes segmentadas de gestos de la mano, se extraen con el algoritmo de características robustas aceleradas (SURF), cuyas características se derivan a través de la Bolsa de Características (BoF). Posteriormente se aplica Máquina de Soporte Vectorial (SVM) para clasificar el conjunto de datos de imágenes de gestos del lenguaje de señas americano. La salida del lenguaje de señas reconocido se transmite mediante texto y voz audible³⁴.

Imagen 13. Resultado de la segmentación, junto con la imagen de Canny detectada con diferentes condiciones de fondo e iluminación



Fuente: [https://www.researchgate.net/profile/Ming-Jin-](https://www.researchgate.net/profile/Ming-Jin-Cheok/publication/305649273_A_mobile_application_of_American_sign_language_translation_via_image_processing_algorithms/links/5a27882caca2727dd883bb4b/A-mobile-application-of-American-sign-language-translation-via-image-processing-algorithms.pdf)

[Cheok/publication/305649273_A_mobile_application_of_American_sign_language_translation_via_image_processing_algorithms/links/5a27882caca2727dd883bb4b/A-mobile-application-of-American-sign-language-translation-via-image-processing-algorithms.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ming-Jin-Cheok/publication/305649273_A_mobile_application_of_American_sign_language_translation_via_image_processing_algorithms/links/5a27882caca2727dd883bb4b/A-mobile-application-of-American-sign-language-translation-via-image-processing-algorithms.pdf)

³⁴ Ming Jin Cheok and others, 'A Mobile Application of American Sign Language Translation via Image Processing Algorithms Adaptive Chebyshev Fusion of Vegetation Imagery Based on SVM Classifier View Project Sign Language Recognition View Project A Mobile Application of American Sign Language Translation via Image Processing Algorithms', 2016 <<https://doi.org/10.1109/TENCONSpring.2016.7519386>>.

5.2 DISEÑO DE APLICACIÓN LENGUAJE DE SIGNOS COLOMBIANO PARA DISPOSITIVOS MÓVILES

Consiste en una aplicación móvil desarrollada con el software Poser para el diseño de la aplicación GUI, a su vez se usó ApplInventor y el software Adobe Flex para la creación de la aplicación móvil, el reconocimiento y registro de texto. La base de datos de esta aplicación puede ser usada en línea o fuera de línea por la persona sorda. Se conforma de una base de datos de 5 palabras inicialmente. Esta aplicación reconoce ciertas expresiones de audio y texto que el usuario quiere reconocer e introduce como entrada a la aplicación y esta responde al usuario a través de la interfaz gráfica, con una animación de la letra registrada en la entrada en lengua de Señas Colombiano³⁵.

Imagen 14. Interfaz de usuario de la aplicación móvil VLSCApp



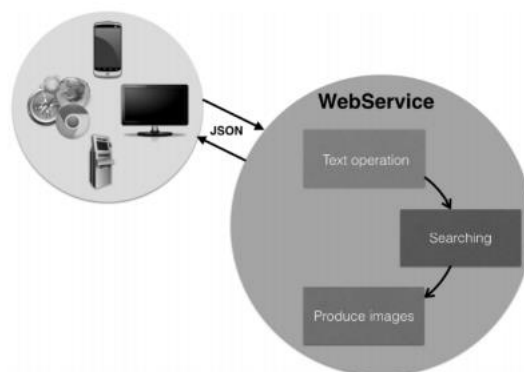
Fuente: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7528378>

³⁵ Sindy Carolina Bernal Villamarin and others, 'Application Design Sign Language Colombian for Mobile Devices: VLSCApp (Voice Colombian Sign Language App) 1.0', in *Proceedings of 2016 Technologies Applied to Electronics Teaching, TAE 2016* (Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016) <<https://doi.org/10.1109/TAE.2016.7528378>>.

5.3 FRAMEWORK DE SERVICIOS WEB PARA TRADUCIR TEXTO A LENGUAJE DE SEÑAS

Se plantea por estudiantes de la Universidad de Tecnología King Mongkut North Bangkok, el desarrollo de un marco que recibe mensajes, procesa y envía animaciones en lenguaje de señas tailandés. Este marco puede ser utilizado con máquinas automatizadas, aplicaciones móviles, sitios web, etc, para de esta forma lograr ayudar a las personas con problemas de audición a tener más accesos en la sociedad. El marco se divide en cuatro secciones, entre ellas servicio web que recibe y envía información solicitada por el usuario, operación de texto la cual divide las palabras recibidas, la sección búsqueda que busca imágenes a partir de las palabras, y por último se genera la producción de imágenes en formato GIF³⁶.

Imagen 15. Flujo del framework



Fuente: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8035336>

5.4 APRENDIZAJE DE LENGUAJE DE SEÑAS BASADO EN ANDROID PARA SORDOS Y PERSONAS CON PROBLEMAS DEL HABLA

Consiste en una aplicación basada en Android que puede interpretar directamente el lenguaje de señas de Indonesia enviado por el habla sorda al lenguaje escrito. El proceso de traducción comienza con la detección de manos usando el algoritmo Viola-Jones, y se usa el método de clasificación K-NN. Además, la aplicación tiene funciones de tutorial

³⁶ Teranai Vichyaloetsiri and Pongpisit Wuttidittachotti, 'Web Service Framework to Translate Text into Sign Language', in *IEEE CITS 2017 - 2017 International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems* (Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2017), pp. 180–84 <<https://doi.org/10.1109/CITS.2017.8035336>>.

añadidas con el objetivo de formar de manera intensiva a los usuarios en el uso de la lengua de signos³⁷.

Imagen 16. Aplicación móvil desarrollada



Fuente: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7380825>

5.5 LSC APP: APLICACIÓN MÓVIL PARA LA PRÁCTICA DE LA LENGUA DE SEÑAS COLOMBIANA.

Consiste en el desarrollo de una aplicación móvil que genera la traducción del lenguaje de señas colombiano por medio de un servicio web llamado Microsoft Custom Vision Service. Este permite el etiquetado personalizado de las imágenes, para realizar el entrenamiento del modelo de traducción y poder enviar una imagen de una seña generando su respectiva predicción. Adicionalmente, esta aplicación busca la masificación de dicho lenguaje, lo cual también incluye formas de aprendizaje de manera lúdica³⁸.

³⁷ Setiawardhana, Rizky Yuniar Hakkun, and Achmad Baharuddin, 'Sign Language Learning Based on Android for Deaf and Speech Impaired People', in *Proceedings - 2015 International Electronics Symposium: Emerging Technology in Electronic and Information, IES 2015* (Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016), pp. 114–17 <<https://doi.org/10.1109/ELECSYM.2015.7380825>>.

³⁸ Marvin Daniel and others, *CIS1730CP06 LSC APP: APLICACIÓN MÓVIL PARA LA PRÁCTICA DE LA LENGUA DE SEÑAS COLOMBIANA* <<http://pegasus.javeriana.edu.co/~CIS1730CP06/>> [accessed 26 May 2021].

Imagen 17. Interfaz de la aplicación LSCApp



Fuente:

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/40940/CelyBaezMarvinDaniel2018..pdf?sequence=2&isAllowed=y>

5.6 APLICACIÓN INTEGRADA A LA TECNOLOGÍA KINECT PARA EL RECONOCIMIENTO E INTERPRETACIÓN DE LA LENGUA DE SEÑAS COLOMBIANA

En esta investigación la tecnología que se implementa para capturar las señas que realiza el usuario es Kinect, que con ayuda de las cámaras de profundidad toma imágenes en blanco y negro, para de esta forma generar un conjunto de datos con las respectivas señas del cual se generan plantillas como en la imagen 18. Para realizar la predicción el usuario debe realizar la seña frente al Kinect donde se captura la imagen, y la transforma en una plantilla como se hizo con el conjunto de datos. Finalmente, se compara píxel a píxel la imagen contra el conjunto de datos, logrando así la respectiva predicción³⁹.

Imagen 18. Plantilla de una seña tomada con Kinect



Fuente: <http://ojs.uac.edu.co/index.php/escenarios/article/view/928>

³⁹ Leydi Patricia Pichón Pacheco and others, 'Aplicación Integrada a La Tecnología Kinect Para El Reconocimiento e Interpretación de La Lengua de Señas Colombianas', *Escenarios*, 14.2 (2016), 7 <<https://doi.org/10.15665/esc.v14i2.928>>.

6. METODOLOGÍA

Durante el desarrollo de la aplicación móvil se implementó la metodología Scrum, la cual es un marco de trabajo iterativo e incremental para el desarrollo de proyectos, productos y aplicaciones. Esta metodología se centra en ofrecer un producto con mayor calidad en el menor tiempo posible; y es considerada una de las metodologías ágiles más utilizadas debido a su simplicidad y fácil implementación en cualquier proyecto, adaptándola al proyecto de forma técnica, aplicando reglas definidas o adoptando los valores originales de scrum con reglas personalizadas.

Para el desarrollo de los requerimientos de la aplicación móvil se plantearon historias de usuarios provenientes de los casos de uso las cuales se agruparon en sprints de una duración máxima de dos semanas tal como explican a continuación:

Sprint 1: Se definió la arquitectura de los proyectos y las tecnologías con las que se trabajaron, se plantearon los requerimientos con los que cumple la aplicación y finalmente se realizó el diagrama de clases.

Sprint 2: Se definieron los casos de uso y posterior a esto se plantearon las historias de usuario, que alimentaron el backlog del proyecto. Además, se realizó el diagrama de secuencia y los diagramas de paquetes.

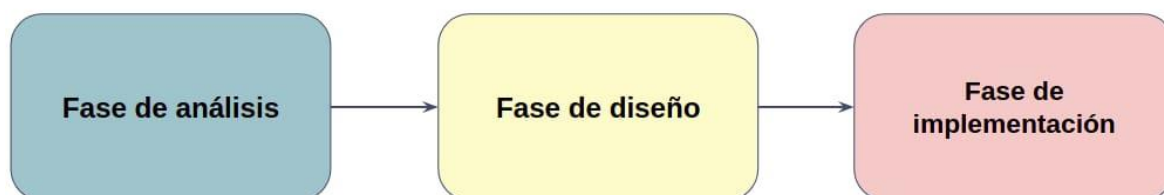
Sprint 3: Se implementó el algoritmo de reconocimiento de señas en la tecnología planteada en el primer sprint, se desarrollaron mockups.

Sprint 4: Se habilitó el acceso a la cámara y galería del dispositivo móvil con el fin de iniciar a consumir el servicio que interpreta la seña. Adicionalmente se estableció un control de errores y definición de las señas en el algoritmo.

Sprint 5: Se implementó control de errores en la aplicación móvil junto con la validación del diseño en diferentes tamaños de pantalla y el protocolo de pruebas del algoritmo.

Al finalizar cada iteración se socializaron los resultados, con todos los implicados en el proyecto, para identificar los impedimentos y de esta manera plantear alternativas que permitan solucionarlos. Para cumplir el desarrollo de este proyecto fue necesario llevar a cabo un conjunto de etapas, donde cada una de ellas depende de la anterior. Las etapas se dividen en tres fases las cuales son análisis, diseño e implementación.

Imagen 19. Diagrama de flujo



Fuente: Los autores

6.1 FASE DE ANÁLISIS

6.1.1 Requerimientos Funcionales

Tabla 1. Listado de requerimientos funcionales

Código	Descripción
RF01	El aplicativo le permite al usuario tomar una foto
RF02	El aplicativo le permite al usuario seleccionar una foto
RF03	El aplicativo le permite al usuario cambiar la foto capturada o seleccionada.
RF04	El aplicativo le permite al usuario traducir la seña de la foto.
RF05	El aplicativo le informa al usuario si la seña de la foto no fue encontrada.
RF06	El aplicativo le da una guía al usuario de como traducir una seña.

6.1.2 Requerimientos No Funcionales

Tabla 2. Listado de requerimientos no funcionales

Código	Descripción
RNF01	La aplicación móvil puede ser instalada fácilmente.
RNF02	La aplicación móvil cuenta con una interfaz gráfica muy agradable y con iconos muy intuitivos.
RNF03	La aplicación móvil es de uso intuitivo para el usuario.

6.1.3 Listado de Requerimientos Técnicos

Tabla 3. Listado de requerimientos técnicos

Código	Descripción
RT01	La aplicación móvil necesita de conexión a internet para ser instalada y utilizada.
RT02	La aplicación móvil puede ser ejecutada en dispositivos móviles con sistema operativo Android.
RT03	La aplicación móvil es desarrollada en Android Studio bajo el framework Flutter en la versión 2.2.

6.1.4 Listado de Casos de Uso

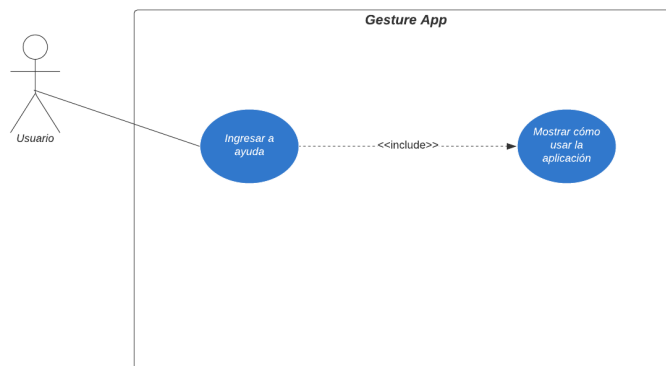
Tabla 4. Listado de casos de uso

Código	Descripción
CU-01	Ingresar a sección de ayuda
CU-02	Realizar cambio de imagen
CU-03	Realizar traducción de la seña

6.1.5 Diagramas de Casos de Uso

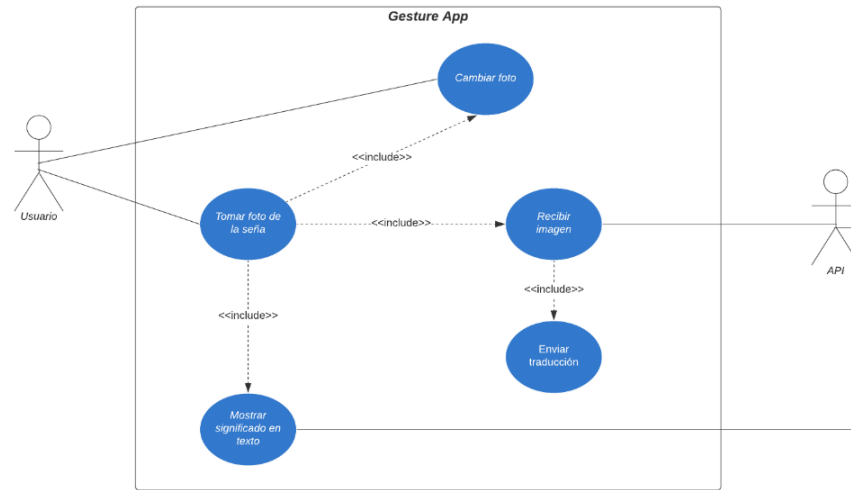
Para el presente proyecto se plantearon los siguientes casos de uso:

Imagen 20. Caso de uso sección de ayuda



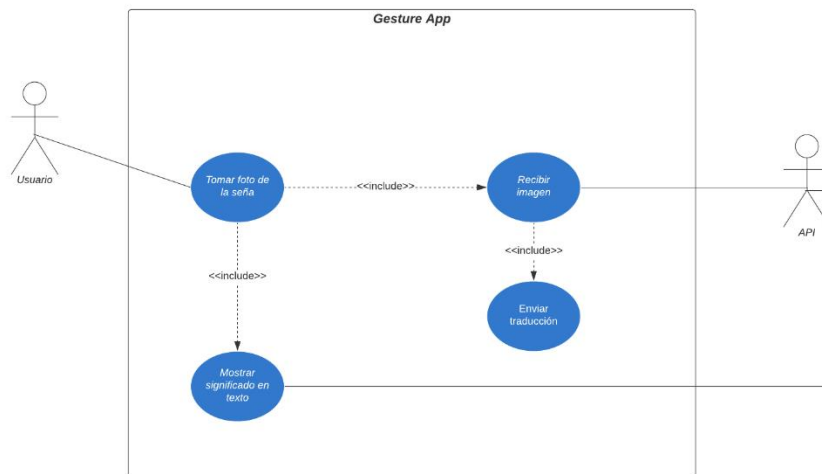
Fuente autores

Imagen 21. Caso de uso realizar cambio de imagen.



Fuente autores

Imagen 22. Caso de uso realizar traducción de la seña.



Fuente autores

6.1.6 Historias de Usuario

Tabla 5. Tomar foto de la seña

Código	HU-01
Nombre caso de uso	Tomar foto de la seña
Descripción	Este caso de uso le permite al usuario tomar una foto de la seña desde la cámara del celular.
Precondición	Ingresa a la aplicación
Flujo normal	1. El usuario en el menú principal selecciona la opción "Realizar traducción", 2. El usuario selecciona la opción "Tomar foto". 3. El usuario captura la imagen de la seña.
Excepciones	No aplica.

Tabla 6. Seleccionar imagen de la seña desde galería

Código	HU-02
Nombre caso de uso	Seleccionar imagen de la seña desde galería
Descripción	Este caso de uso le permite al usuario seleccionar una foto de la seña desde la galería del celular.
Precondición	Ingresa a la aplicación
Flujo normal	1. El usuario en el menú principal selecciona la opción "Realizar traducción" 2. El usuario selecciona la opción "Galería". 3. El usuario elige la foto que desea traducir.
Excepciones	No aplica.

Tabla 7. Realizar cambio de imagen

Código	HU-03
Nombre caso de uso	Realizar cambio de imagen
Descripción	Este caso de uso le permite al usuario cambiar la imagen cuando ya haya tomado o seleccionado alguna foto.
Precondición	Previamente tomar la foto de la seña
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario en el menú principal selecciona la opción "Realizar traducción". 2. El usuario selecciona la opción "Cámara" o "Galería". 2. El usuario selecciona una foto de una seña desde la galería o la toma desde su cámara. 3. El usuario selecciona la opción cambiar de imagen. 4. El usuario selecciona la opción "cámara" o "galería". 5. El usuario elige una foto de una seña desde la galería o la toma desde su cámara. 6. El usuario selecciona la opción de traducir. 7. El usuario podrá ver la traducción de la seña y volver al menú principal.
Excepciones	No aplica.

Tabla 8. Reintentar captura de foto de la seña

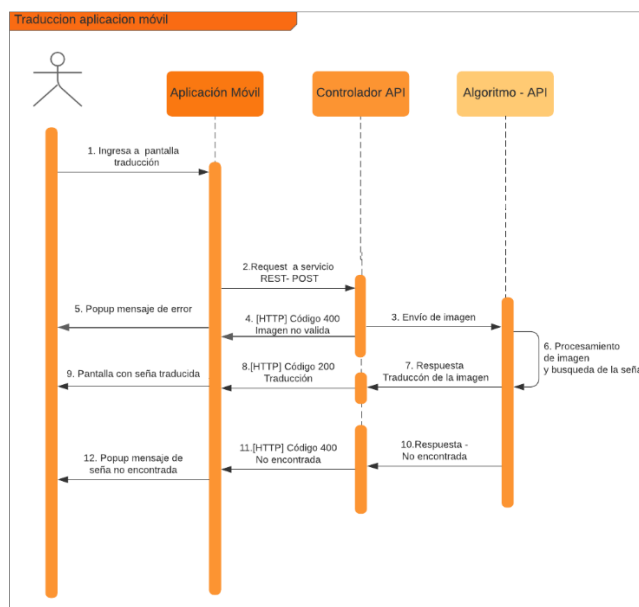
Código	HU-04
Nombre caso de uso	Reintentar captura de foto de la seña
Descripción	Este caso de uso le permite al usuario capturar de nuevo la seña desde la cámara del celular.
Precondición	Previamente tomar la foto de la seña
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario en el menú principal selecciona la opción "Realizar traducción". 2. El usuario selecciona la opción "Cámara". 3. El usuario captura una foto de una seña desde su cámara. 4. El usuario selecciona la opción "reintentar". 5. El usuario podrá capturar nuevamente la foto de la seña.
Excepciones	No aplica.

Tabla 9. Realizar traducción de la seña

Código	HU-05
Nombre caso de uso	Realizar traducción de la seña
Descripción	Este caso de uso le permite al usuario realizar una traducción de la foto de una seña tomada previamente.
Precondición	Previamente tomar la foto de la seña
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario en el menú principal selecciona la opción "Realizar traducción" 2. El usuario selecciona una foto de una seña desde la galería o la toma desde su cámara. 3. El usuario selecciona la opción de traducir. 4. El usuario podrá ver la traducción de la seña y volver al menú principal.
Excepciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Si en el sistema no encuentra la seña se le informa al usuario que la seña no fue encontrada.

6.1.7 Diagrama Secuencia

Imagen 23. Diagrama de secuencia.



Fuente autores

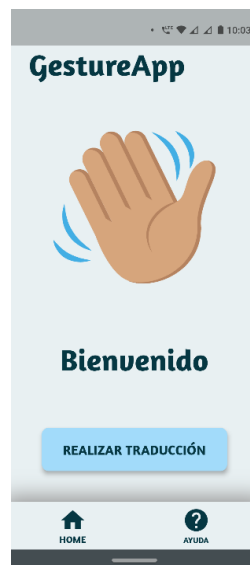
6.2 FASE DE DISEÑO

6.2.1 Diseño de Mockups

Para el desarrollo de la aplicación móvil se tuvieron presentes los siguientes diseños para el UX/UI:

En la interfaz “Pantalla de inicio” se presenta la pantalla principal de la aplicación, donde se muestra la imagen representativa del aplicativo, un mensaje de bienvenida, el botón que permite al usuario iniciar con el proceso de realizar traducción y el Navbar en el cual se encuentra predeterminada la pantalla de inicio en Home junto con la opción ayuda, tal como se muestra en la Imagen 25.

Imagen 24. Pantalla de inicio

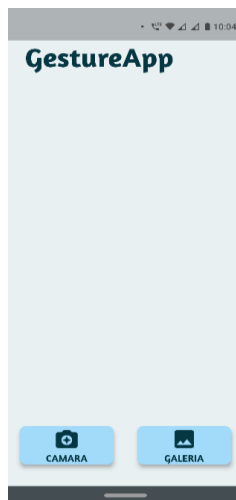


Fuente autores

En este diseño se presenta la interfaz de usuario para que seleccione desde que aplicación del dispositivo (cámara, galería) desea cargar la imagen a interpretar, tal como se muestra en la Imagen 26.

- El botón “CÁMARA” posicionado al lado inferior izquierdo le permite al usuario acceder a la cámara para realizar la captura de la imagen.
- El botón “GALERÍA” posicionado al lado inferior derecho le permite al usuario acceder a la galería para seleccionar la imagen a interpretar.

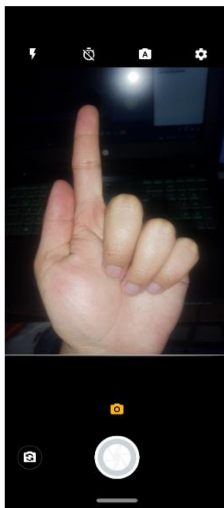
Imagen 25. Pantalla selección de foto.



Fuente autores

Cuando el usuario selecciona el botón “CÁMARA” (Imagen 26) se abre la aplicación cámara desde el celular para capturar la respectiva seña tal como se muestra en la Imagen 27.

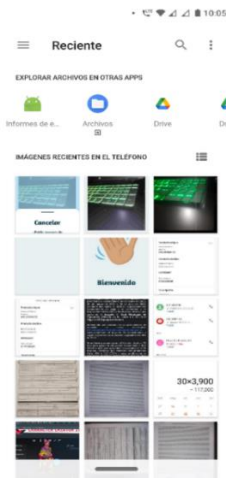
Imagen 26. Pantalla captura de foto desde cámara.



Fuente autores

Cuando el usuario selecciona el botón “GALERIA” (Imagen 27) se abre la aplicación galería del celular donde son visibles las fotos del dispositivo y puede seleccionar la imagen de la seña a interpretar, tal como se visualiza en la Imagen 28.

Imagen 27. Pantalla seleccionar foto desde galería.

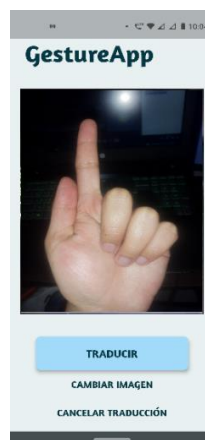


Fuente autores

En la interfaz de usuario “Pantalla seña a traducir” se previsualiza la imagen que el usuario seleccione bien sea desde la galería o cámara del dispositivo. Adicionalmente se le dan tres opciones en forma de botón al usuario, tal como se muestra en la Imagen 29:

- El botón “traducir” permite al usuario realizar la interpretación de la seña.
- El botón “cambiar imagen” permite al usuario volver a seleccionar la imagen a interpretar desde la cámara o galería.
- El botón “cancelar traducción” permite al usuario cancelar la interpretación de la seña y es dirigido a la pantalla principal de la aplicación.

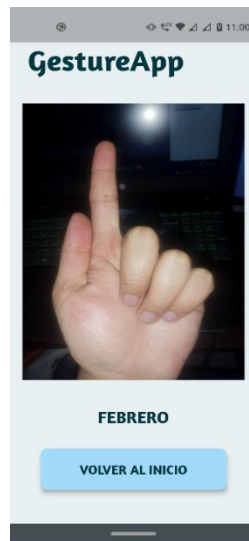
Imagen 28. Pantalla seña a traducir.



Fuente autores

En la interfaz de usuario “Pantalla seña traducida” se visualiza la imagen de la seña capturada desde la cámara o elegida de la galería junto con la traducción correspondiente, tal como se muestra en la Imagen 30. Además, se muestra el botón “volver al inicio” el cual redirige al usuario a la pantalla principal del aplicativo.

Imagen 29. Pantalla seña traducida.

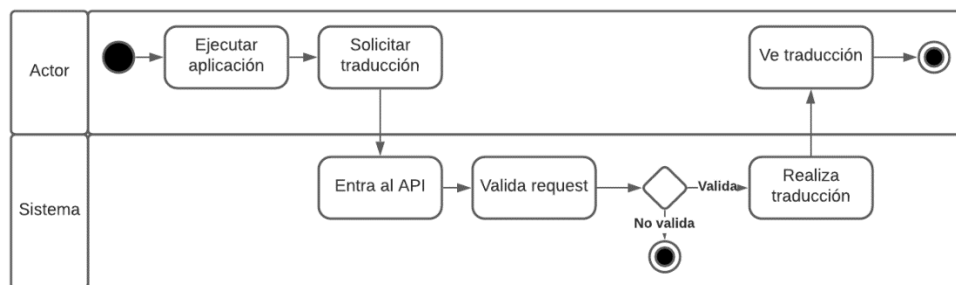


Fuente autores

6.3 FASE DE IMPLEMENTACIÓN

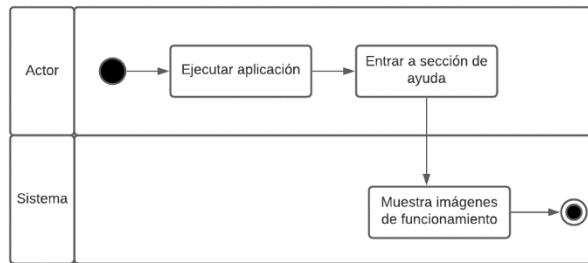
6.3.1 Diagramas de actividad

Imagen 30. Diagrama de actividad de módulo traducción Imágenes



Fuente autores

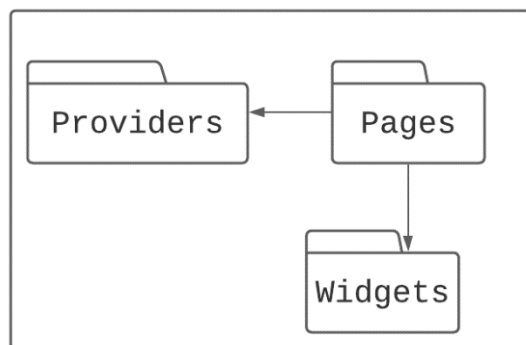
Imagen 31. Diagrama de actividad de módulo ayuda



Fuente autores

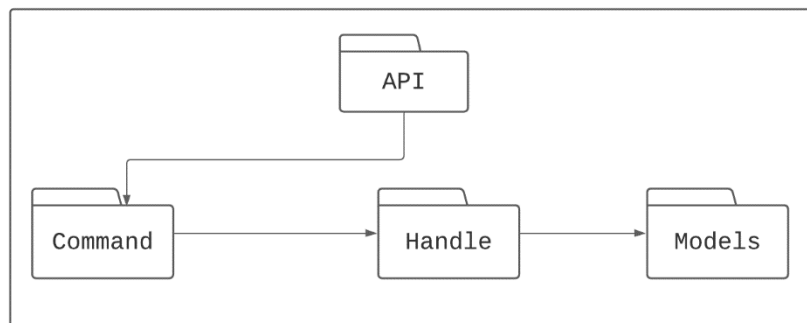
6.3.2 Diagrama de paquetes

Imagen 32. Diagrama de paquetes aplicación móvil



Fuente autores

Imagen 33. Diagrama de paquetes servicio web.



Fuente autores

6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Para el desarrollo del proyecto fue necesario el uso del siguiente equipo:

Instalaciones:

- Residencia de cada integrante de este trabajo de grado.

Equipo de Hardware:

- 1 computador con: Intel Core i5 3.90GHz 8GB de memoria RAM 1TB de espacio de disco y NVIDIAx1 GTX 1050 de 4GB de memoria VRAM.
- 1 computador portátil con procesador Intel Core i5 1.80GHz 20GB de memoria RAM 1TB de espacio de disco duro y NVIDIA GeForce MX130 de 2GB de memoria VRAM.
- 1 celular Samsung A30s con 4GB de RAM procesador Exynos 7885 de ocho núcleos 1.80GHz con triple cámara principal de 25 MP + 8 MP + 5 MP, el Galaxy A30s tiene una cámara frontal de 16 MP.
- 1 celular Motorola One Action con 4GB de RAM procesador Exynos 9609 de ocho núcleos 2.20GHz con triple cámara principal de 12MP + 16MP + 5MP y cámara frontal de 16MP.

Equipo de Software:

- Flutter 1.26.2
- Android Studio 4.1
- Visual Studio Code
- Python 3.8
- Librerías

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1 Pruebas funcionales módulo traducción

Estas pruebas midieron el funcionamiento general del sistema con respecto al módulo de traducción, donde se tomaron diez fotos de cada seña para luego ser interpretadas por la librería, obteniendo los siguientes resultados por cada seña:

Tabla 10. Resultados pruebas funcionales

Seña	Exitoso		No exitoso		No ejecutado	
	Cantidad de Imágenes	%	Cantidad de Imágenes	%	Cantidad de Imágenes	%
Lunes	6	60	4	40	0	0
Mal	2	20	8	80	0	0
Arriba	7	70	3	30	0	0
Bien	4	40	6	60	0	0
Febrero	8	80	2	20	0	0

Fuente autores

Se realizaron pruebas por medio del aplicativo GestureApp, donde se envió una imagen de alguna seña en específico y se validó con respecto a la respuesta del servidor obteniendo los resultados:

Para la seña “Lunes” de un total de 10 imágenes se obtuvo un 60% de interpretaciones exitosas y un 40% no exitoso.

Para la seña “Mal” de un total de 10 imágenes se obtuvo un 20% de interpretaciones exitosas y un 80% no exitoso.

Para la seña “Arriba” de un total de 10 imágenes se obtuvo un 70% de interpretaciones exitosas y un 30% no exitoso.

Para la seña “Bien” de un total de 10 imágenes se obtuvo un 40% de interpretaciones exitosas y un 60% no exitoso.

Para la seña “Febrero” de un total de 10 imágenes se obtuvo un 80% de interpretaciones exitosas y un 20% no exitoso.

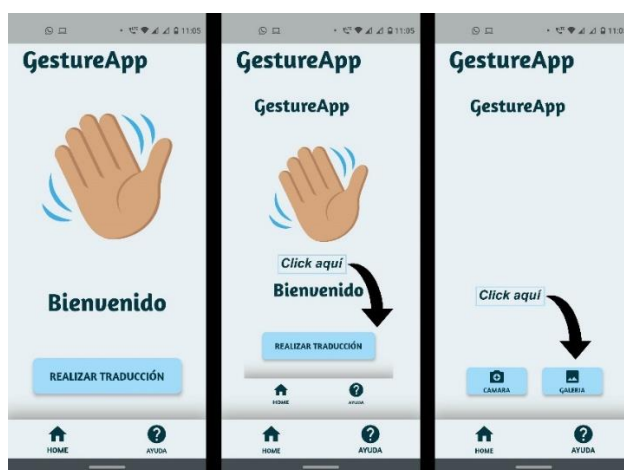
Para las anteriores pruebas se tuvieron en cuenta imágenes donde la mano contaba con distinta iluminación, y ángulos de enfoque de la misma.

7.2 Pruebas funcionales módulo ayuda

Se hicieron pruebas en el módulo de ayuda, donde se verificó si las transiciones se mostraban en el orden correcto, y si las imágenes eran claras correspondiendo al paso a paso para realizar la traducción de la seña desde la aplicación móvil. Del anterior proceso se obtuvo lo siguiente:

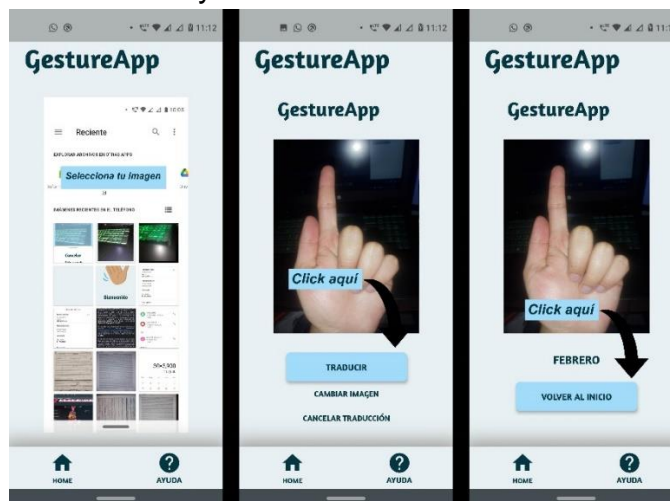
En las Imágenes 35 y 36 se muestra el correcto funcionamiento del carrusel presentado en la sección de ayuda.

Imagen 34. Carrusel sección de ayuda 1.



Fuente autores

Imagen 35. Carrusel sección de ayuda 2.

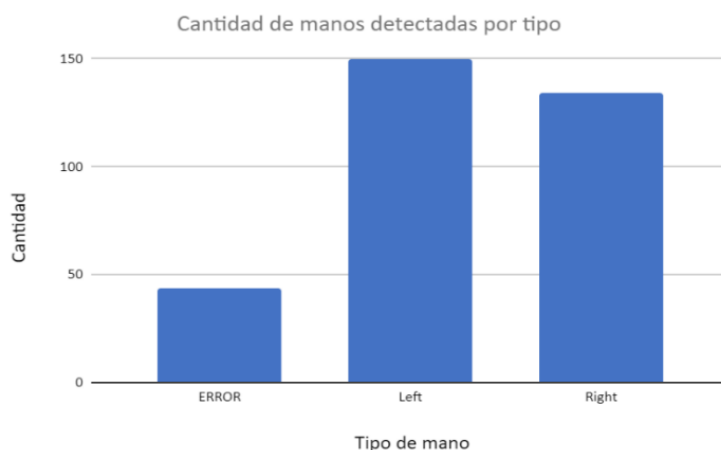


Fuente autores

7.2.1 Pruebas funcionales del servicio web

Estas pruebas midieron el funcionamiento del servicio web encargado de la traducción de señas, donde se tomaron 328 fotos las cuales están conformadas por las señas definidas en el presente documento y manos sin efectuar ninguna seña. Las fotos se tomaron en diferentes escenarios entre ellos baja iluminación, diferentes ángulos y con buena iluminación, obteniendo los siguientes resultados:

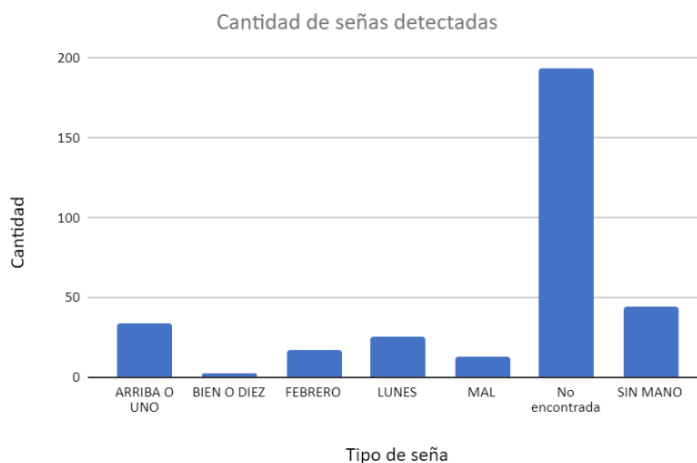
Imagen 36. Cantidad de manos detectadas por tipo.



fuelle autores

En la Imagen 37 se muestra la cantidad total de manos que detecto la librería MediaPipe Hands dependiendo de la mano. Se evidencia que, de las 328 fotos, 134 eran derechas, 150 izquierdas, y 40 en las cuales no se detectó ninguna mano.

Imagen 37. Cantidad de señas detectadas.



fuelle autores

En la Imagen 38 se evidencia la cantidad total de señas que el servicio web interpretó, donde la seña “ARRIBA O UNO” tuvo 34 detecciones, “BIEN O DIEZ” tuvo 2 detecciones, “FEBRERO” tuvo 17, “LUNES” tuvo 25, “MAL” tuvo 13, “No encontrada” 193 y “SIN MANO” 44.

En el anexo “Resultados – APIPruebas.xlsx” se encuentra la tabla con la información que se obtuvo de las pruebas realizadas al servicio, la columna “score” representa el porcentaje de precisión al detectar la mano, la columna “label” representa si la mano detectada es izquierda o derecha, la columna “image” contiene el nombre de la imagen que se recibió y “translation” la interpretación de la seña.

8. CONCLUSIONES

La aplicación GestureApp que se trabajó en el presente proyecto busca brindar la posibilidad de que las personas sin discapacidad del habla y escucha puedan interpretar señas básicas del LSC, permitiendo una mayor inclusión de la población sordomuda en la sociedad colombiana.

Al ejecutar este proyecto bajo la metodología ágil Scrum permitió realizar replanteamientos durante la ejecución del proyecto y un desarrollo rápido del mismo, permitiendo así abarcar los objetivos del proyecto.

Cabe resaltar que a pesar de que se cumplieron los objetivos del proyecto al implementar la librería MediaPipe Hands en el servicio web que interpreta las señas se evidenció que, al ser una librería genérica para la detección de manos en imágenes, no logra detectar correctamente las señas planteadas en el presente proyecto y de igual manera excluye las señas que cuenten con movimientos, interacción corporal e interacción con gestos faciales por lo que no se logró dar una cobertura total del LSC en el aplicativo móvil.

Finalmente, para el desarrollo de un proyecto donde se trabaje con el LSC se podría utilizar un modelo de detección de señas personalizado con el fin de dar una mayor cobertura al diccionario del LSC y de esta forma brindarle al usuario una mejor experiencia en el uso cotidiano del aplicativo.

9. TRABAJOS FUTUROS

Con la implementación del proyecto fueron surgiendo nuevas ideas para potenciar y mejorar el aplicativo móvil las cuales no se lograron implementar por limitaciones en tiempo. Dentro de los cuales se encuentra:

- Implementar la traducción de señas complejas, que incluyan la interacción con partes del cuerpo y gestos faciales, lo cual aumentaría la inclusión de personas sordas en el país.
- Implementar la traducción de señas por medio de videos previamente grabados.
- Implementar video streaming para realizar traducciones en tiempo real y así poder generar conversaciones fluidas entre los actores. De esta manera será posible avanzar desde un aprendizaje básico del lenguaje de señas colombiano a un nivel intermedio.
- Subir el micro servicio a la nube para poder acceder desde cualquier dispositivo móvil que disponga de una conexión a internet.

10. BIBLIOGRAFIA

- Alain, Lineth, and Rafael Vejarano, 'Alternativas Tecnológicas Para Mejorar La Comunicación de Personas Con Discapacidad Auditiva En La Educación Superior Panameña | Revista de Educación de La Universidad de Granada', *Revista de Educación de La Universidad de Granada*, 2016, p. 17 <<https://revistaseug.ugr.es/index.php/reugra/article/view/16640>> [accessed 1 December 2020]
- Almutteri, Rafah M, *Web Application Development What's the Difference Between the Front-End and Back-End?*
- arqing, '¿Qué Es Un Render? - Arquitectura y Renders', 2021 <<https://www.arqing-mexico.com/renderers/qué-es-un-render/>> [accessed 26 May 2021]
- aures tic, '¿Qué Es Flutter? - Desarrollo de Aplicaciones Móviles | Aures Tic' <<https://aurestic.es/que-es-flutter/>> [accessed 26 May 2021]
- Bernal Villamarin, Sindey Carolina, Diego Alejandro Cantor Morales, Carlos Andres Avila Reyes, and Christian Albeiro Sanchez, 'Application Design Sign Language Colombian for Mobile Devices: VLSCApp (Voice Colombian Sign Language App) 1.0', in *Proceedings of 2016 Technologies Applied to Electronics Teaching, TAE 2016* (Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016) <<https://doi.org/10.1109/TAE.2016.7528378>>
- Caro, Instituto, Cuervo Departamento, and D E Lexicografía, *DICCIONARIO BÁSICO DE LA LENGUA DE SEÑAS COLOMBIANA*
- Daniel, Marvin, Cely Báez, Sergio Forero Gómez, José Darío, and Guerrero Aragón, *CIS1730CP06 LSC APP: APLICACIÓN MÓVIL PARA LA PRÁCTICA DE LA LENGUA DE SEÑAS COLOMBIANA* <<http://pegasus.javeriana.edu.co/~CIS1730CP06/>> [accessed 26 May 2021]
- ELPROCUS, 'Sistema Operativo Android: Introducción, Características y Sus Aplicaciones' <<https://www.elprocus.com/what-is-android-introduction-features-applications/>> [accessed 26 May 2021]
- Enrique Vercher, 'La Lengua de Señas - Agestrad', 2018 <<https://www.agestrad.com/la-lengua-de-senas/>> [accessed 26 May 2021]
- GCFGGlobal, 'Computer Basics: Understanding Operating Systems' <<https://edu.gcfglobal.org/en/computerbasics/understanding-operating-systems/1/>> [accessed 26 May 2021]
- , 'IPad: Sistema Operativo Móvil IOS' <<https://edu.gcfglobal.org/es/ipad/sistema-operativo-movil-ios/1/>> [accessed 26 May 2021]
- IBM, 'What Is a Data Set? - IBM Documentation' <<https://www.ibm.com/docs/en/zos-basic-skills?topic=more-what-is-data-set>> [accessed 26 May 2021]
- IBM Cloud Education, 'What Is Artificial Intelligence (AI)? | IBM', 2020 <<https://www.ibm.com/cloud/learn/what-is-artificial-intelligence>> [accessed 26 May 2021]
- INSOR, Instituto nacional para sordos, 'El INSOR Celebró La Inclusión de La Lengua de Señas Colombiana Como Lengua Nativa – INSOR | Instituto Nacional Para Sordos',

- Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2016
<<http://www.insor.gov.co/home/el-insor-celebro-la-inclusion-de-la-lengua/>>
[accessed 14 November 2020]
- , ‘Perfil Educativo de La Población Sorda Colombiana 2014’, *Ministerio de Educación*, 2014, p. 2
<http://www.insor.gov.co/observatorio/download/Perfil_educativo_sordos_Colombia_Jun01_-2015.pdf> [accessed 2 January 2021]
- , ‘Situación de Las Personas Sordas En Colombia’, *Ministerio de Educación Nacional de Colombia*, 2015, p. 4 <http://www.insor.gov.co/bides/wp-content/uploads/archivos/sit_per_sordas_sept2015.pdf> [accessed 14 November 2020]
- Jason Brownlee, ‘Autoencoder Feature Extraction for Classification’, 2020
<<https://machinelearningmastery.com/autoencoder-for-classification/>> [accessed 26 May 2021]
- Jin Cheok, Ming, Zaid Omar, Cheok Ming Jin, and Mohamed Hisham Jaward, ‘A Mobile Application of American Sign Language Translation via Image Processing Algorithms Adaptive Chebyshev Fusion of Vegetation Imagery Based on SVM Classifier View Project Sign Language Recognition View Project A Mobile Application of American Sign Language Translation via Image Processing Algorithms’, 2016
<<https://doi.org/10.1109/TENCONSpring.2016.7519386>>
- Joan, Autor, Sebastian Aranda, Balaguera Tutor, Roberto Ferro Escobar, Universidad Distrital, and Francisco José De Caldas, *Página | 2*, 2018
- K. Rosgaby Medina, ‘Estadísticas de La Situación Digital de Colombia En El 2019 y 2020 | Branch’, 2020 <<https://branch.com.co/marketing-digital/estadisticas-de-la-situacion-digital-de-colombia-en-el-2019-y-2020/>> [accessed 22 November 2020]
- K, Sambasivarao., ‘Non-Maximum Suppression (NMS). A Technique to Remove Duplicates And... | by Sambasivarao. K | Towards Data Science’, 2019
<<https://towardsdatascience.com/non-maximum-suppression-nms-93ce178e177c>>
[accessed 26 May 2021]
- Learning Into Deep Learning, ‘13.3. Object Detection and Bounding Boxes — Dive into Deep Learning 0.16.4 Documentation’ <https://d2l.ai/chapter_computer-vision/bounding-box.html> [accessed 26 May 2021]
- Liu, Wei, Dragomir Anguelov, Dumitru Erhan, Christian Szegedy, Scott Reed, Cheng-Yang Fu, and others, ‘SSD: Single Shot MultiBox Detector’, *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9905 LNCS (2015), 21–37
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-46448-0_2>
- Lucca, Rafael, ‘Las Redes Sociales Con Más Usuarios: 2020 - DXmedia’, 2020
<<https://dxmedia.net/redes-sociales-usuarios-2020/#:~:text=Las redes sociales con más usuarios en el mundo en,usuarios más que en 2019>> [accessed 14 December 2020]
- MediaPipe, ‘Hands - Mediapipe’
<<https://google.github.io/mediapipe/solutions/hands.html>> [accessed 26 May 2021]

- , ‘MediaPipe — Opensource.Google’ <<https://opensource.google/projects/mediapipe>> [accessed 26 May 2021]
- , ‘Solutions - Mediapipe’ <<https://google.github.io/mediapipe/solutions/solutions>> [accessed 26 May 2021]
- ORACLE, ‘¿Qué Es El Aprendizaje Automático? | Oracle Colombia’ <<https://www.oracle.com/co/data-science/machine-learning/what-is-machine-learning/>> [accessed 26 May 2021]
- Pichón Pacheco, Leydi Patricia, Shirley Paola Romero Martínez, Esmeide Leal Narváez, Nallig Leal, and Carlos Henriquez Miranda, ‘Aplicación Integrada a La Tecnología Kinect Para El Reconocimiento e Interpretación de La Lengua de Señas Colombianas’, *Escenarios*, 14.2 (2016), 7 <<https://doi.org/10.15665/esc.v14i2.928>>
- PYME ESPAÑOLA Begoña Gómez Nieto, La, and Begoña Cristina Benito Vielba, *PRESENTE DE LA COMUNICACIÓN ORGANIZACIONAL EN*, 2014 <www.razonypalabra.org.mx> [accessed 3 January 2021]
- Ramírez, Paulina, Rocío Del Pilar Velásquez, Elizabeth Quiñones, Patricia R De, and Reyes Bogotá, *SALUD AUDITIVA Y COMUNICATIVA MÓDULO DE CAPACITACIÓN Documento Elaborado Por*, 2009 <www.insor.gov.co> [accessed 26 May 2021]
- raona, ‘¿App Nativa, Web o Híbrida? - Raona’, 2017 <<https://www.raona.com/aplicacion-nativa-web-hibrida/>> [accessed 26 May 2021]
- ‘Resolución: N° 05274 Del 21 de Marzo de 2017 - Ministerio de Educación Nacional de Colombia’ <https://www.mineduacion.gov.co/1759/w3-article-360342.html?_noredirect=1> [accessed 14 October 2021]
- Servicios Web y SOA Índice*, 2012
- Setiawardhana, Rizky Yuniar Hakkun, and Achmad Baharuddin, ‘Sign Language Learning Based on Android for Deaf and Speech Impaired People’, in *Proceedings - 2015 International Electronics Symposium: Emerging Technology in Electronic and Information, IES 2015* (Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2016), pp. 114–17 <<https://doi.org/10.1109/ELECSYM.2015.7380825>>
- Techopedia, ‘What Is a Mobile Application? - Definition from Techopedia’ <<https://www.techopedia.com/definition/2953/mobile-application-mobile-app>> [accessed 26 May 2021]
- Vichyaloetsiri, Teranai, and Pongpisit Wuttidittachotti, ‘Web Service Framework to Translate Text into Sign Language’, in *IEEE CITS 2017 - 2017 International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems* (Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2017), pp. 180–84 <<https://doi.org/10.1109/CITS.2017.8035336>>
- Victor Divi, ‘¿Qué Es El Lenguaje de Programación Dart? | InLab FIB’ <<https://inlab.fib.upc.edu/es/blog/que-es-el-lenguaje-de-programacion-dart>> [accessed 26 May 2021]

11. ANEXOS

11.1 Repositorio GitHub:

Servicio web: <https://github.com/GeralPinzon/APIGESTURE>

Aplicación móvil: <https://github.com/Ygsanabria8/gestureapp>

Resultados: <https://github.com/GeralPinzon/Resultados-GestureApp>