



Noviembre de 2022

# Propuesta para Trabajo de Grado

CIS2210CP03



Cristian Javier Da Cámara Sousa

Kenneth David Leonel Triana

Juan Pablo Ortiz Rubio

Camilo Andrés Sandoval Guayambuco

## PROPUESTA PARA PROYECTO DE GRADO

### TÍTULO

Aprendizaje automático de lengua de señas colombiana

### OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema que sea capaz de identificar y traducir la lengua de señas colombiana mediante el procesamiento de imágenes.

### DIRECTOR

**Andrea Del Pilar Rueda Olarte**

Correo Javeriana

[rueda-andrea@javeriana.edu.co](mailto:rueda-andrea@javeriana.edu.co)

Empresa donde trabaja y cargo

Pontificia Universidad Javeriana; Profesor Departamento de Sistemas

## Tabla de contenido

<b>1. VISIÓN GLOBAL.....</b>	<b>2</b>
1.1. ANTECEDENTES, PROBLEMA Y SOLUCIÓN PROPUESTA .....	2
1.1.1. Descripción de la problemática u oportunidad .....	2
1.1.2. Formulación del problema.....	3
1.1.3. Propuesta de solución.....	3
1.1.4. Justificación de la solución.....	3
1.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....	4
1.2.1. Objetivo general.....	4
1.2.2. Objetivos Específicos.....	4
1.3. ENTREGABLES, ESTÁNDARES UTILIZADOS Y JUSTIFICACIÓN .....	5
<b>2. ANÁLISIS DE IMPACTO .....</b>	<b>7</b>
<b>3. PROCESO .....</b>	<b>8</b>
3.1. FASE METODOLÓGICA 1 (CAPTURA DE DATOS) .....	8
3.1.1. Método.....	8
3.1.2. Actividades .....	8
3.1.3. Resultados obtenidos.....	8
3.2. FASE METODOLÓGICA 2 (DESARROLLO) .....	9
3.2.1. Método.....	9
3.2.2. Actividades .....	9
3.3. FASE METODOLÓGICA 3 (VALIDACIÓN).....	11
3.3.1. Método.....	11
3.3.2. Actividades .....	12
3.3.3. Resultados esperados.....	12
<b>4. ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO .....</b>	<b>13</b>
4.1. COMPROMISO DE APOYO DE LA INSTITUCIÓN .....	13
4.2. DERECHOS PATRIMONIALES. ....	13
<b>5. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
5.1. FUNDAMENTOS Y CONCEPTOS RELEVANTES PARA EL PROYECTO. ....	14
5.2. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN .....	16
5.2.1. Alternativas de solución e impacto .....	16
5.2.2. Comparación de alternativas.....	17
<b>6. REFERENCIAS .....</b>	<b>19</b>

## 1. Visión global

### 1.1. Antecedentes, problema y solución propuesta

#### 1.1.1. Descripción de la problemática u oportunidad

Hoy en día la población sorda del país representa el 1% de la población general de Colombia según el último censo realizado en el año 2019, esto equivale a un total de 550.000 personas con discapacidad auditiva, la cual se ha visto sesgada en las actividades laborales y educativas debido a un bajo acceso a ellos, según la entidad INSOR [1]. Las personas sordas que han sido contratadas por empresas tienen en su mayoría un nivel de formación educativa técnica como tendencia máxima, trayendo consigo a que no tengan un trabajo estable o, si llegan a obtenerlo, sus ingresos son bajos, procediendo a la falta de garantía de los derechos que poseen como colombianos [2].

Parte de las falencias que padece la comunidad sorda es la falta de inclusión social por parte del Estado y la falta de información o capacitación en los empleados estatales, para poder instruir de manera adecuada los procesos legales, administrativos, educativos o judiciales de la comunidad sorda. Por lo anterior, el Estado se comprometió a través de la Ley 1396 de 2009 que tiene como rigor lo siguiente:

**“Asegurar el derecho de educación de las personas con discapacidad mediante la realización de ajustes razonables, en función de las necesidades individuales, la facilitación del aprendizaje de la lengua de señas y la promoción de la identidad lingüística de las personas sordas” [2].**

Teniendo en cuenta esto, haciendo que mejore la integración de las personas sordas en la participación ciudadana de la nación y que cumplan con los propósitos que tiene la entidad INSOR para proveer a dicha población mejor calidad en su desarrollo como persona al recibir los procesos formativos básicos, debido a que, según la entidad, solo el 11 % de los niños sordos desarrollan sus competencias básicas en instituciones educativas.

Por último, los servicios o medios que se acoplan en el diario vivir de la comunidad sorda para poder acceder a información o comunicación son mediante herramientas tales como correo electrónico, mensajería instantánea como chats o por páginas Web (Censo INSOR, 2011), sin embargo, no existen herramientas suficientes que se acoplen a las condiciones lingüísticas de la comunidad, siendo un factor esencial ya que, se sienten excluidos en situaciones como es la atención de salud, en la búsqueda de trabajo, incluso en la participación en entornos educativos [3].

### **1.1.2. Formulación del problema**

Dada las carencias de los sistemas y las herramientas robustas para suplir las necesidades de la población con discapacidad auditiva en Colombia [1], lo que conlleva dificultades para que esta población pueda tener una calidad de vida igual a cualquier ciudadano colombiano, tanto a nivel laboral y educativo como en su cotidianidad.

Por este motivo, es importante poder desarrollar una herramienta efectiva y de fácil uso capaz de dar solución a estas falencias a nivel nacional para la población con discapacidad auditiva como lo podría llegar a ser un interpretador de estas señas. Sin embargo, al realizarse una búsqueda exhaustiva en nuestro campo de experiencia en la programación, más que todo enfocada en la inteligencia artificial para la interpretación de lengua de señas colombiana, se pudo observar que solo ha habido una pequeña cantidad de proyectos e investigaciones en el campo nacional. Aunque estas presentan buena documentación, son proyectos que en su parte práctica llegan a estar incompletos en su realización, al ser complejos, difícilmente reutilizables e incluso no se pueden complementar. Esto hace que sean proyectos piloto y de muestras simples de una investigación, más no cercanos a una solución real.

Por ende, es necesario que se realice un proyecto con buena estructuración, documentación, que sea de fácil entendimiento y uso para que pueda ser complementado y reutilizado fácilmente por agentes externos, para llegar a estar más cerca de dar una herramienta robusta y funcional a la población con discapacidad auditiva colombiana.

### **1.1.3. Propuesta de solución**

En nuestra propuesta de grupo se desea realizar un sistema que facilite el reconocimiento de la lengua de señas colombiana (LSC) a partir del procesamiento de imágenes y el aprendizaje de máquina. Teniendo en cuenta herramientas que faciliten el uso como lo puede ser una interfaz para agregar nuevo léxico al sistema. Las señas que se hayan aprendido se van a visualizar de manera interactiva para el usuario a través de una interfaz, donde el usuario podrá ejecutar la seña y se mostrará el significado de esta mediante el uso de la cámara del dispositivo.

### **1.1.4. Justificación de la solución**

La solución planteada permite sentar las bases a un problema social a nivel nacional, donde el uso de aprendizaje de máquina y el procesamiento de imágenes tomaran un papel

importante en el trabajo de grado, ya que se requiere de una gran cantidad de datos como lo son las palabras de la lengua de señas y la gramática de estas en contextos cotidianos. Además, el modelo será un modelo automatizado que se pueda reentrenar con nuevas palabras y, a su vez, en un futuro pueda ser utilizado por personas y/u organizaciones que estén interesadas en continuar con la ampliación del proyecto enfocado en otras categorías. También, al diseñar esta solución, seríamos uno de los pocos proyectos a nivel nacional que pueda brindar un acercamiento a una solución real a esta problemática, beneficiando así a la población con discapacidad auditiva.

## **1.2. Descripción general del proyecto**

El presente proyecto tiene como objetivo brindarle a la comunidad con discapacidad auditiva y a las diferentes partes que quieran continuar con el sistema que se pretende realizar, una implementación capaz de dar interpretación de las señas presentes en la Lengua de señas colombiana (LSC), sin embargo, es necesario complementar la base de datos del léxico de esta lengua por lo cual, a estos actores se les da la posibilidad de ayudar a aumentar la extensibilidad de las señas, de forma intuitiva llegando a tener la innovación de nuevos proyectos en los que se desarrolle o se de a lugar la fomentación de la inclusión social de la población sorda en nuestra sociedad.

El proyecto fundamentalmente necesita de volúmenes de datos, en este caso de imágenes, videos para la previa obtención de información como son las diferentes señas de la Lengua de señas colombiana (LSC) que nos permita entrenar los datos no estructurados mediante la utilización de las técnicas de *aprendizaje de máquina* como lo pueden ser los modelos de entrenamiento, principalmente las redes neuronales. De este modo, nuestro sistema podrá clasificar y mostrar de manera clara el significado de la seña realizada y que con el tiempo se pueda ofrecer un sistema eficiente y aplicable en diversos aspectos sociales y estatales donde se logre reducir esa brecha de la comunicación entre las personas con discapacidad auditiva y las que no.

### **1.2.1. Objetivo general**

Desarrollar un sistema que sea capaz de identificar y traducir la lengua de señas colombiana mediante el procesamiento de imágenes.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Lograr generar como mínimo un dataset de cinco señas estáticas con un total de 200 imágenes por cada seña.
- Generar como mínimo dos modelos de interpretación de señas, con diferentes técnicas y estructuras para poder ser comparadas.
- Alcanzar una precisión de más del 80% para cada uno de los sets de datos de cada seña en el sistema.
- Construir una interfaz intuitiva para el usuario en donde se puedan ingresar nuevas señas al sistema.
- Validar mediante una interfaz, las señas ingresadas en el sistema con diferentes entornos y personas.

### 1.3. Entregables, estándares utilizados y justificación

Entregable	Estándares asociados	Justificación
Memoria del trabajo de grado	IEEE	Es el documento final de trabajo donde se tiene la información esencial de la tesis desarrollada por el grupo de trabajo
Plan de proyecto	IEEE 16326-2009 [4]	Documento de control para administrar el proyecto, en él se encuentran normas, políticas, tareas, procedimientos, horarios y recursos necesarios para completar el proyecto
Especificación de requisitos	IEEE 830 [5]	Documento el cual contiene los requerimientos y comportamientos asociados al sistema
Especificación del diseño	IEEE 1016-2009 [6]	Documento el cual contendrá todo lo necesario para lograr planear y comprender el desarrollar el sistema
Propuesta del diseño	IEEE 1016-2009 [6]	Documento que contiene la solución propuesta asociada al diseño
Prototipo del sistema	IEEE 730 [7]	Se entrega el código fuente del sistema junto con el documento de control de calidad el cual contiene la descripción y resultados de las pruebas realizadas al prototipo
Plan de pruebas	<a href="#">ISO / IEC / IEEE 29119-3</a> [8]	Documento del plan de pruebas, donde contendrá el detalle de las pruebas

		ejercidas del Sistema.
Manual de usuario	ISO/IEC/IEEE - 26512-2011 ISO [9]	Se entregará un manual en donde se le explique a los usuarios las funcionalidades del Sistema.



## 2. Análisis de impacto

El impacto esperado en un corto plazo sería un reconocimiento del sistema por parte de los diferentes usuarios que utilicen dicho sistema, ya sea para que las personas que no conozcan este lenguaje logren comprender ciertas señas estáticas del lenguaje de señas colombiano para que se familiaricen con este lenguaje y también para aquellas personas sordas que están en su proceso de aprendizaje de la lengua, pueden utilizar el sistema de manera educativa.

A mediano plazo se espera que el sistema ya tenga muchas más señas de las que se le introdujeron al modelo en un principio por consiguiente señas dinámicas y nuevas señas estáticas para se continúe con el aprendizaje de la lengua por parte de varias personas a nivel nacional, debido a que el sistema es open source puede que estas nuevas señas hayan sido añadidas por personas/organizaciones interesadas en el sistema para contribuir con la comunidad. Además, se espera que este sistema sea lanzado al mercado para que empiece a haber una interacción entre personas no sordas y sordas, adicionalmente se espera que varias instituciones utilicen este sistema de manera educativa.

A largo plazo, se desea que instituciones como el INSOR (Instituto Nacional Para Sordos) contribuyan al sistema como patrocinadores dándole así mayor visibilidad al sistema, generando un impacto bastante amplio ya que estaríamos logrando la integración entre las personas y la comunidad sorda, disminuyendo la brecha de comunicación entre ellos.

### 3. Proceso

Para el desarrollo del sistema, se utilizará la metodología scrumban, en la que se va a definir ciertas tareas por cada fase metodológica. A continuación, se describen dichas fases junto con sus respectivas actividades.

#### 3.1. Fase metodológica 1 (Captura de datos)

En esta fase nos enfocaremos en la captura de datos, donde vamos a seleccionar nuestras primeras señas para ser incorporadas en el sistema, fotografiar estas señas para ser ingresadas posteriormente al repositorio del sistema.

##### 3.1.1. Método

Se planea, como método para esta fase, la captura de datos y tenerla ya en el dataset, en donde un día planearemos y contactaremos con un intérprete para la toma de decisión de cuáles señas serán seleccionadas y para tomar las fotos ese mismo día para luego decidir que la base de datos está correcta y en caso contrario volver a tomar más fotografías hasta tener una buena base de datos.

##### 3.1.2. Actividades

Ya como fueron mencionadas anteriormente, las actividades a realizar durante esta fase son:

- Realizar entrevistas con expertos en lenguaje de señas colombiano para que nos puedan enseñar a realizar dichas señas.
- Seleccionar las señas estáticas para agregarlas al sistema.
- Fotografiar en diferentes escenarios las señas seleccionadas.
- Agregar las fotos de las señas al repositorio de datos para luego ser utilizado en el sistema.

##### 3.1.3. Resultados obtenidos

- Se realizó la entrevista con el profesor Jaime Collazos Aldana del departamento psicología de la Pontificia Universidad Javeriana quien trabajó con el INSOR hace algunos años, nos dio aspectos clave para el momento de fotografiar las señas, dichos aspectos fueron:
  - La ropa debe ser oscura en el momento de la fotografía para que logre resaltar la seña.
  - Las señas realizadas deben estar dentro de un marco delimitado, esto ya en lo que a programación se refiere.

- Puede haber cambios en el significado de la seña si lo hace un diestro o un zurdo aun cuando significa lo mismo.
- Es complejo definir las señas más utilizadas.
- El INSOR y Cultura Sorda son fuentes de información en cuanto a lo que la lengua de señas compete, por lo que de ahí se buscan las señas a realizar.
- Se seleccionaron diecinueve señas estáticas, las cuales son: alcalde, cama, casa, instituto, sábado, bien, mal, rezar, lámpara, balón, amor, teléfono, celular, hospital, botella, enero, febrero, octubre y noviembre.
- Asimismo, el profesor Jaime Collazos nos recomendó una interprete certificada por el INSOR de nombre Ruth Collazos quien fue la persona que nos ayudó a la captura de las señas seleccionadas y nos enseñó la forma correcta de realizar las señas para nosotros seguir capturando más señas por nuestra cuenta.
- Las fotografías tomadas fueron agregadas al repositorio dependiendo la seña correspondiente, esto con el fin de que las señas estuvieran etiquetadas para una mejor interpretación de las mismas en fases siguientes.

### 3.2. Fase metodológica 2 (Desarrollo)

En esta fase nos enfocaremos en la construcción del modelo, donde vamos a procesar todas las señas capturadas en el sistema y vamos a realizar todos los filtros y ajustes necesarios para posteriormente realizar pruebas a fin de llegar a un resultado de modelo final para incorporar en el sistema.

#### 3.2.1. Método

Se planea, como método para esta fase, encontrar el mejor modelo para ser aplicado en la interpretación de lengua de señas colombiano en nuestro sistema, en donde primero aplicaremos y probaremos filtros y ajustes en las imágenes para encontrar los parámetros ideales para ingresar en el entrenamiento del modelo, en este proceso se buscará aumentar el *dataset* con técnicas como *"Data-Augmentation"*, para generalizar los datos. Posterior a esto se experimentará en la construcción de la red neuronal con tipos de redes diferentes, cambiando las capas para que se ajusten de mejor manera a los datos, igualmente en este proceso se experimentarán con técnicas como *Transfer-Learning* y *Fine-Tuning* para intentar buscar mejoras en la precisión del modelo. Asimismo, se realizarán aspectos relacionados con la interfaz de usuario.

#### 3.2.2. Actividades

Ya como fueron mencionadas anteriormente, las actividades a realizar durante esta fase son:

**Actividades Back-end.**

- Realizar procesos de aumento de datos para generalizar los datos y aumentar la cantidad de estos.
- Construir la estructura de la red neuronal
- Medir el desempeño de cada modelo con el método de ajuste fino para determinar cuál modelo tuvo la mejor precisión y a su vez utilizarlo en el sistema
- Traducir de manera precisa la seña realizada
- Almacenar las nuevas señas introducidas en el sistema
- Configurar el contenedor el cual va a tener todo el sistema
- Conectar el *back-end* con la interfaz de usuario

### Resultados obtenidos

- A cada fotografía se le hacen siete transformaciones en cuanto a invertir, rotar y hacer zoom a cada foto almacenada en el repositorio para tener más cantidad de datos en mismos escenarios.
- Se construye la red neuronal para que pueda aprender de las fotos de las señas almacenadas en el repositorio, inicialmente se hace prueba la precisión de la misma con las fotos sin aumento de datos y se obtuvo una precisión del 80% con 300 datos de entrada, en consecuencia a eso se hizo varias modificaciones en cuanto a las diferentes transformaciones, épocas utilizadas, normalizaciones, funciones de pérdida, etc. Así hasta obtener una precisión final de 93.2% (Para ver las transformaciones realizadas en cada iteración ver sección de *Resultados*).

### Actividades del contenedor.

- Crear `docker-compose.yml` para tener el listado de instrucciones para empaquetar la aplicación correctamente de los servicios que componen el sistema.

### Resultados obtenidos.

- Se construyó el archivo *Dockerfile* de la imagen que contendrá los componentes de *front-end* y *back-end* con sus respectivas librerías y dependencias.
- Se utiliza el comando para ensamblar y compilar la imagen "*docker-compose up*" generando el contenedor.

### Actividades Front-End.

- Implementar pantallas de inicio de sesión y registro.
- Implementar pantalla de traducción de señas.
- Implementar pantalla de captura de señas.
- Implementar pantalla de entrenamiento.
- Implementar pantalla de estadísticas.

- Conectar la interfaz de usuario con el modelo del *back-end* mediante sockets y peticiones HTTP.

#### Resultados obtenidos.

- Se implementan las funcionalidades del usuario contribuidor dado que estos son los únicos que tienen funcionalidades de desarrollador como lo es el inicio de sesión, captura de señas y entrenamiento y esto es, como se ha venido mencionando a lo largo del proyecto, solo aquellas personas que estén interesadas en continuar con el desarrollo del proyecto podrán realizar estas funciones.
- La conexión con el modelo del *back-end* se realizó mediante dos métodos:
  - Sockets, se utiliza para que cada tres segundos el *front-end* envíe lo que capta en la pantalla de traducción, es decir, la seña que el usuario está realizando en cámara se le envía al *back-end* y posteriormente el *back-end* recibe dicha seña representada en una coordenada, la cual es procesada para que finalmente el *back-end* retorne al *front-end* el resultado de la traducción de la seña realizada.
  - HTTP, se utiliza para realizar demás funcionalidades de comunicación y envío de datos, en el caso de la pantalla de captura de nueva seña cuando el usuario haya guardado la nueva seña, el *front-end* le enviará la información asociada a esta seña al *back-end* para que este la guarde en el repositorio de señas, en lo que compete a la pantalla de entrenamiento, cuando el usuario digita las épocas con las que quiere que el modelo sea entrenado este campo se le es enviado al *back-end* para que este entrene el modelo de acuerdo a las épocas recibidas y a su vez establecer el tiempo restante de entrenamiento para ser mostrado en la interfaz.

### 3.3. Fase metodológica 3 (Validación)

En esta fase nos enfocaremos en la validación del modelo, donde vamos a validar que estamos cumpliendo con el objetivo del trabajo de grado y en caso de no estar cumpliéndolo validar porque no se está cumpliendo y realizar ajustes en el sistema para lograr cumplir con estos objetivos.

#### 3.3.1. Método

Se planea validar el sistema mediante diferentes formas como lo son las pruebas funcionales al sistema y a su vez, una retroalimentación por parte tanto de expertos en el lenguaje de señas como personas del común.

### 3.3.2. Actividades

Las actividades para esta fase metodológica son:

- Realizar pruebas unitarias al sistema tanto en el *front-end* como en el *back-end*.
- Hacer envío del formulario de retroalimentación para obtener sugerencias y/o recomendaciones acerca del sistema.

### 3.3.3. Resultados esperados

- Un documento asociado a las diferentes pruebas que se realizaron al sistema, desde el funcionamiento en la parte de la interfaz donde el usuario interactúa hasta las pruebas en la lógica del sistema junto con sus respectivas características y detalles asociados a cada prueba.
- A partir del formulario se obtuvieron 38 respuestas que fueron tomados en cuenta para rectificar que el proyecto sea lo idóneo según lo propuesto, a partir de esas respuestas el 70% considera que el sistema es visualmente atractivo, además, se constata que el aplicativo es intuitivo, aunque se debe mejorar aspectos de usabilidad. A su vez, el 84,2% considera que el sistema es beneficioso para la comunidad sorda y a su vez el 15,8% considera que tal vez lo puede ser, teniendo en cuenta esto último nos percatamos que el sistema cumple una de las metas principales y es poder beneficiar a la población sorda del país, sin embargo, se preguntó si se percibió algún error en la demostración del sistema, y un 15.8% respondió que sí, y por el otro lado un 84.2% no percibió ningún error, en base a esto, se recibieron comentarios sobre los diferentes errores que se encontraron, estos se toman a consideración para mejorar el aplicativo, como lo puede ser proveer mayor información en cuanto a la descripción de aspectos técnicos, como lo es la definición de una época y porque se utiliza, que significa la precisión de un modelo, entre otros conceptos. También los encuestados se percataron de errores en cuanto a los ciertos aspectos visuales del sistema, esto respecto a lograr una interfaz más llamativa para el usuario ya sea cambiando la paleta de colores utilizada.

## 4. Aspectos generales del proyecto

### 4.1. Compromiso de apoyo de la Institución

Por parte de la Pontificia Universidad Javeriana no necesitaremos recursos físicos para la realización del proyecto de grado, la asesoría por parte de nuestra directora de grado es lo que vamos a necesitar para desarrollar de manera adecuada el proyecto, dado que ella es la que tiene el conocimiento y experiencia en cuanto a lo que vamos a trabajar como lo es la inteligencia artificial y sus ramas asociadas. Adicionalmente, necesitaremos una máquina virtual para realizar el despliegue del sistema.

### 4.2. Derechos patrimoniales.

Nuestro producto software tendrá un licenciamiento de tipo: Software libre, específicamente la licencia BSD modificada (De 3 cláusulas), la cual permite el uso del código fuente en software no libre, además que su redistribución estará permitida siempre y cuando se conserven los derechos de autor anteriores, esta lista de condiciones y tener descargo de responsabilidad en la documentación y/u otros materiales suministrados con la distribución y finalmente, ni el nombre de los titulares de derechos de autor ni los nombres de sus colaboradores pueden usarse para apoyar o promocionar productos derivados de este software sin permiso específico previo y por escrito [10].

## 5. Marco teórico

### 5.1. Fundamentos y conceptos relevantes para el proyecto.

La lengua de señas colombiana, LSC, es el sistema que es utilizado por la población sorda del país, esta lengua se caracteriza por el uso de gestos visuales y corporales el cual permite la comunicación entre la comunidad. Sin embargo, en Colombia ha habido al menos tres lenguas de señas distintas:

- La primera de ellas es la Lengua de Señas de la Isla Providencia, donde según los referidos autores se trata de una lengua emergente, por lo que un gran porcentaje de las personas sordas que hablan esta lengua están en la isla caribeña, pero los diversos estudios que se han hecho sobre la lengua no indican filiación con otra lengua de señas conocida y tampoco hay evidencias de que esta lengua se use todavía.
- La existencia de un segundo sistema fue uno referido por Fanny Bolívar, una misionera protestante que hacia el año 2006, la cual se encontraba laborando con indígenas de la etnia *Cuiba* en los llanos colombianos y dado que había un número inusualmente alto de nacimientos de niños sordos entre los *Cuibas*, había llevado a que se desarrollará una lengua de señas propia, sin embargo, esta seña no tenía vinculación con la LSC y no se conoce referencias posteriores acerca de esta lengua.
- La tercera lengua de señas es la LSC, esta es ampliamente usada por un número impreciso pero creciente de personas sordas colombianas, en todo el territorio del país.

Adicionalmente, existe una institución pública que traza a nivel nacional las políticas para la educación de las personas sordas, dicha institución es el Instituto Nacional para Sordos (INSOR), el cual lleva desde la década de 1970 coordinando una gran cantidad de programas pedagógicos y de investigación relacionadas con los sordos colombianos [11].

En la lengua de señas tanto la gesticulación de la cara como los gestos corporales juegan un papel importante para que las señas tomen significado, no para todas las señas se usa la gesticulación de la cara, solo si se quiere remarcar la seña mediante una expresión facial. Existen dos tipos de señas:

- Las señas estáticas son aquellas que se realizan y no involucran algún movimiento extra, ejemplo de estas son: el abecedario, meses del año, alcalde, balón, etc.





*Ilustración 1 Abecedario LSC*

- Las señas dinámicas son aquellas que involucran movimiento para que tomen significado, este tipo de señas son las que más abundan en la lengua, ejemplo de estas son: invitar, jugar, llevar, etc.



*Ilustración 2 Jugar LSC*

Para efectos del proyecto nos guiaremos por el lenguaje manual colombiano, que son las señas donde se predominan las manos enfocándonos como primera instancia en las señas manuales estáticas es decir que no requieren movimiento para su interpretación, es clave para su respectiva captura de imágenes y realización del trabajo.

Un aspecto fundamental del sistema es que utiliza el aprendizaje de máquina, dado que permite que las máquinas aprendan sin ser expresamente programadas para ello y es indispensable para hacer capaces de identificar patrones entre los datos para hacer predicciones. [12] Dado que el sistema requiere de una gran cantidad de datos, es decir de señas, se utilizan técnicas como lo es el *aumento de datos*, que permite aumentar tanto en tamaño como en diversidad el conjunto de datos, es decir, posiciones, formas, colores y tamaños adicionales generados a partir de esta técnica. [13] Por lo que, con ayuda del aprendizaje de máquina se pueden identificar patrones para cada seña y mediante una red neuronal la cual es un método de la inteligencia artificial que enseña a las computadoras a procesar datos de una manera que está inspirada en la forma en que lo hace el cerebro humano por lo que el sistema es capaz de aprender de sus errores y mejorar continuamente la predicción y clasificación de las señas [14], cabe aclarar que en un principio el modelo solo aprenderá algunas

señas estáticas, pero en un futuro esta red neuronal puede reentrenarse y aprender tanto las demás señas estáticas como las señas dinámicas, sin embargo para que este aprendizaje se haga de manera más precisa se hará uso de un algoritmo de ajuste fino, el cual ayuda a mejorar la precisión de una red neuronal haciendo que el proceso de integración y procesamiento de datos sea más eficiente en términos de recursos y de tiempo [15].

## 5.2. Análisis de alternativas de solución

### 5.2.1. Alternativas de solución e impacto

- **MIVOS**, es un software desarrollado por un grupo de jóvenes chilenos que traduce en tiempo real el lenguaje de señas generado por una persona sorda a un audio de voz, a través de la cámara de un celular o de un ordenador. Del mismo modo, el sistema escucha la respuesta por voz de una persona y la traduce al lenguaje de señas. El software reconoce los movimientos de las manos y verbaliza las letras del abecedario. Del mismo modo, el sistema escucha la respuesta por voz de una persona que habla y la traduce en lengua de señas [16].
- **Voz & Señas**, es una aplicación de traducción de lengua de señas mexicana (LSM) favorece la comunicación entre una persona sorda y una persona ordinaria, dentro de sus usos sirve como interprete. Es una herramienta auxiliar para las buenas prácticas en los procesos de alfabetización, redacción de textos y comprensión lectora [17].
- **Showleap**, es un proyecto español que consiste en un traductor de lengua de señas en tiempo real y se trata de una herramienta que convierte la lengua de señas a lenguaje verbal mediante brazaletes que siguen los movimientos del usuario, sin embargo, este funciona solo con pocos símbolos, por lo que ahora usan un sistema de cámaras que detecta el movimiento y un software traduce el texto a voz, cabe aclarar que esta versión está en prueba [18].
- A nivel nacional, la Universidad Católica de Colombia realizó la implementación de un algoritmo, para la clasificación automática de lenguaje de señas colombiano en video usando aprendizaje profundo para la identificación de cinco palabras del lenguaje de señas colombiano, a su vez se realizaron varias muestras para su captura y análisis de ella para obtener una precisión exitosa de la palabra señalada [19].
- Reconocimiento y clasificación del lenguaje de señas usando Kinect e inteligencia artificial, en este proyecto se utiliza un sensor Kinect para la toma de datos del lenguaje de señas, el objetivo de este proyecto consiste en dar la capacidad de entender las señas realizadas por alguien con discapacidad auditiva mediante un programa que utiliza esta tecnología y la implementación de inteligencia artificial [20].

- Guante electrónico para la interpretación y traducción del lenguaje de señas en personas con discapacidad auditiva mediante tecnología como lo es el uso de Arduino e interfaz de visualización por medio de una aplicación en Android. Dicho proyecto consiste en realizar movimientos manuales con el guante electrónico y que el sistema pueda interpretar y traducir el lenguaje de señas donde dicha seña se podía visualizar mediante una interfaz en Android [21].

### 5.2.2. Comparación de alternativas

En base a los trabajos expuestos previamente, se presenta la siguiente tabla comparativa que resume las alternativas que solucionan el mismo problema propuesto

Comparativa de alternativas				
Alternativa	Tecnología similar	Palabras estáticas (Sin contar el abecedario)	Abierto a futuros colaboradores	Interfaz de usuario
Mivos	Si	No	No	Si
Voz & Señas	No	No	No	Si
Showleap	No	Si	No	No
Aprendizaje profundo U. Católica	Si	Si	No	No
Kinect	No	No	No	No
Guante eléctrico	No	Si	No	Si

*Tabla 1 Comparativa de alternativas*

De acuerdo con la tabla 1, estos son algunos de los muchos ejemplos que existen en el mundo acerca de traductores de lengua de señas, evidentemente existen muchísimos más, sin embargo, consideramos que estos ejemplos fueron los más remarcables en cuanto al reconocimiento y traducción del lenguaje de señas. Teniendo en cuenta estos ejemplos podemos observar que la mayoría de estos proyectos toman como ejemplo el abecedario y a partir de ahí construyen la palabra letra por letra, cosa que no tiene mucho sentido ya que normalmente las personas sordas no hablan deletreando las palabras, adicionalmente, solo se tiene como muestra una cantidad no tan amplia de palabras para su clasificación, otro aspecto es a lo que refiere a la interfaz del usuario, dado que muchos de estos proyectos solo se hacen con fines académicos, es decir, solo reconocimiento y clasificación de las señas y no con el fin de pensar en un beneficio de la comunidad sorda en un futuro y en la manera

de cómo lo verían las personas sordas para poder comunicarse. Por eso consideramos que nuestro proyecto tiene una gran ventaja respecto a los demás, en cuanto a la interfaz, se tiene una interfaz amigable al usuario para que este realice la seña y el sistema le diga que seña es, y otro aspecto es que, si bien en un principio tiene un número considerable de señas estáticas registradas en el sistema, este puede quedar abierto para futuros colaboradores y así, seguir ampliando el contenido en lo que a señas se refiere.

## 6. Referencias

- [1] Equipo de Trabajo INSOR, “BOLETÍN OBSERVATORIO SOCIAL POBLACIÓN SORDA COLOMBIANA Contribuyendo a la construcción de una sociedad incluyente y participativa para la población sorda colombiana,” Bogotá, D.C., Jun. 2011.
- [2] W. Leal Pérez, “P.L.303-2021C (POBLACIÓN SORDA),” Accessed: Nov. 08, 2022. [Online]. Available: <https://www.camara.gov.co/sites/default/files/2021-09/P.L.303-2021C%20%28POBLACI%C3%93N%20SORDA%29.docx>
- [3] Insor, “BOLETÍN OBSERVATORIO SOCIAL POBLACIÓN SORDA COLOMBIANA,” 2011, Accessed: Nov. 08, 2022. [Online]. Available: [https://www.insor.gov.co/home/wp-content/uploads/filebase/publicaciones/boletin\\_observatorio02.pdf](https://www.insor.gov.co/home/wp-content/uploads/filebase/publicaciones/boletin_observatorio02.pdf)
- [4] “ISO/IEC/IEEE 16326:2009 Systems and software engineering — Life cycle processes — Project management,” 2009. <https://www.iso.org/standard/41977.html> (accessed Nov. 08, 2022).
- [5] “Especificación de Requisitos según el estándar de IEEE 830,” 2008. <https://www.fdi.ucm.es/profesor/gmendez/docs/is0809/ieee830.pdf> (accessed Nov. 08, 2022).
- [6] “IEEE Standard for Information Technology--Systems Design--Software Design Descriptions,” 2009, Accessed: Nov. 08, 2022. [Online]. Available: <https://standards.ieee.org/ieee/1016/4502/>
- [7] “IEEE Standard for Software Quality Assurance Processes,” 2014. <https://standards.ieee.org/ieee/730/5284/> (accessed Nov. 08, 2022).
- [8] “ISO/IEC/IEEE 29119-3:2013 Software and systems engineering — Software testing — Part 3: Test documentation,” 2013, Accessed: Nov. 08, 2022. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/56737.html>
- [9] “ISO/IEC/IEEE Systems and software engineering – Requirements for acquirers and suppliers of user documentation,” 2011.
- [10] “Licencia BSD,” *Licencia BSD*. [https://es.wikipedia.org/wiki/Licencia\\_BSD#:~:text=La%20licencia%20BSD%20es%20la,OpenSSL%20o%20la%20MIT%20License](https://es.wikipedia.org/wiki/Licencia_BSD#:~:text=La%20licencia%20BSD%20es%20la,OpenSSL%20o%20la%20MIT%20License). (accessed May 18, 2022).
- [11] A. Oviedo, “Colombia, atlas sordo,” *Cultura Sorda*, 2015. <https://cultura-sorda.org/colombia-atlas-sordo/> (accessed Oct. 31, 2022).
- [12] T. Alameda, “‘Machine learning’: ¿qué es y cómo funciona?,” *BBVA*, Nov. 08, 2019. <https://www.bbva.com/es/machine-learning-que-es-y-como-funciona/> (accessed Oct. 31, 2022).
- [13] “Generación de datos artificiales (Data Augmentation).” <https://franspg.dev/2020/01/27/generacion-de-datos-artificiales-data-augmentation/> (accessed Oct. 31, 2022).

- [14] Amazon, “¿Qué es una red neuronal?,” AWS. <https://aws.amazon.com/es/what-is/neural-network/> (accessed Oct. 31, 2022).
- [15] N. Joshi, “How to fine-tune your artificial intelligence algorithms,” Jan. 14, 2020. <https://www.allerin.com/blog/how-to-fine-tune-your-artificial-intelligence-algorithms> (accessed Oct. 31, 2022).
- [16] DW, “MIVOS, traductor para sordomudos,” *Economia Creativa*, Apr. 05, 2020. <https://www.dw.com/es/mivos-traductor-para-sordomudos/av-42523294> (accessed Oct. 31, 2022).
- [17] “Voz y Señas, traductor LSM,” *Voz y Señas*, 2018. <https://www.vozysenas.com/> (accessed Oct. 31, 2022).
- [18] F. Mejía, “Conoce Showleap, el traductor de lengua de señas en tiempo real,” Apr. 02, 2019. <https://www.enter.co/chips-bits/apps-software/conoce-showleap-el-traductor-de-lengua-de-senas-en-tiempo-real/> (accessed Oct. 31, 2022).
- [19] L. F. Moreno López and Y. P. Muñoz Reina, “Implementación de un algoritmo para la clasificación automática de lenguaje de señas colombiano en video usando aprendizaje profundo,” 2020, [Online]. Available: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/24980>
- [20] G. A. Realpe Fresneda, “Reconocimiento del lenguaje de señas manuales con el Kinect,” 2013. Accessed: Oct. 31, 2022. [Online]. Available: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/12206/u671097.pdf?sequence=>
- [21] J. A. MERIÑO GUZMAN and D. GARIZABALO PEDROZO, “Diseño de un guante electrónico para la interpretación y traducción del lenguaje de señas en personas con discapacidad auditiva mediante tecnología arduino e interfaz de visualización por medio de una aplicacion en android.” Accessed: Oct. 31, 2022. [Online]. Available: <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/3302>