

**UNIVERSIDAD MARIANO GÁLVEZ DE GUATEMALA FACULTAD DE  
INGENIERÍA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:**

**DESARROLLO DE SISTEMA INTELIGENTE PARA APRENDER LENGUAJE DE  
SEÑAS.**



**CÉSAR ARMANDO ESCOBAR CHAMALÉ**

**5990-19-2043**

**GUATEMALA, AGOSTO 2024**

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: MARCO CONCEPTUAL Descripción del Problema .....	2
Planteamiento del problema .....	2
Formulación del problema .....	2
Preguntas de Investigación .....	3
Justificación .....	3
Objetivos de la investigación .....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos .....	4
Justificación del estudio .....	5
Alcance .....	6
Limitaciones.....	6
2.1 Antecedentes del estudio .....	7
CAPITULO 2 – MARCO TEÓRICO.....	15
2.2 Bases Teóricas.....	16
2.3 Bases conceptuales .....	20
Justificación del Proyecto .....	22
2.4.1 Hipótesis General.....	23
2.4.2 Hipótesis Específicas .....	23
Metodología .....	24
2.5 Variables .....	24
2.5.1 Definición conceptual de la variable .....	24
CAPITULO 3 – MARCO METODOLÓGICO.....	25
3.1 Tipo de investigación .....	25
3.2 Descripción del ámbito de la investigación .....	25
3.3 Población y Muestra .....	25
3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	25
3.5 Validez y confiabilidad del instrumento .....	25
3.7 Descripción de los participantes .....	26
3.8 Resultados de la encuesta y análisis de la información .....	27
3.9 Análisis de Factibilidad.....	31
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN O SOLUCIÓN .....	31

Descripción del Proyecto .....	31
Modelado del Negocio.....	32
Metodología de Desarrollo de Software .....	32
Características del Sistema .....	32
Artefactos del Proyecto .....	33
CAPÍTULO 5 – DISEÑO DE LA APLICACIÓN O SOLUCIÓN .....	33
Arquitectura del Sistema: .....	33
Capa de Presentación (Frontend): .....	33
Capa de Aplicación (Backend): .....	33
Capa de Inteligencia Artificial: .....	33
Capa de Persistencia (Base de Datos): .....	34
Diagrama de Casos de Uso.....	34
Diagrama de Actividades: .....	34
Diagrama de Secuencias: .....	35
Diagrama de Clases: .....	35
Diagrama de Estados: .....	37
Diagrama Entidad/Relación (ER): .....	38
Diagramas de Infraestructura: .....	39
6.1 Desarrollo de la Aplicación.....	39
Tecnologías clave: .....	40
6.2 Implementación de la Solución .....	40
Componentes implementados:.....	40
6.3 Desafíos.....	40
6.4 Conclusión.....	40

## **INTRODUCCIÓN**

La comunicación es un aspecto fundamental de la vida cotidiana, y para las personas con discapacidad auditiva, el lenguaje de señas es una herramienta crucial para comunicarse efectivamente. Sin embargo, el aprendizaje y la enseñanza del lenguaje de señas pueden presentar desafíos significativos, especialmente en contextos educativos donde los recursos y el apoyo pueden ser limitados. En este trabajo, se propone desarrollar un Sistema de Aprendizaje de IA-SL enfocado en el abecedario, utilizando tecnologías de inteligencia artificial para mejorar el proceso y facilitar la comunicación para las personas con discapacidad auditiva. Este sistema se diseñará con el objetivo de ser accesible, efectivo y fácil de usar, con el fin de mejorar la inclusión y la calidad de vida de las personas con discapacidad auditiva.

## **CAPÍTULO I: MARCO CONCEPTUAL**

### **Descripción del Problema**

El problema principal de esta investigación es la limitada accesibilidad a recursos educativos efectivos y herramientas para el aprendizaje del lenguaje de señas, específicamente en lo que respecta al abecedario. Esta situación representa un desafío significativo para la inclusión social y la comunicación de las personas con discapacidad auditiva. La ausencia de métodos objetivos para evaluar la precisión de los gestos en el lenguaje de señas limita la capacidad de las personas sordas para aprender y utilizar el lenguaje de manera efectiva, lo que, a su vez, impacta negativamente en su integración en la sociedad.

### **Planteamiento del problema**

El problema se centra en la necesidad de desarrollar un Sistema de Aprendizaje de Inteligencia Artificial (IA-SL) efectivo para el abecedario en el lenguaje de señas. Este sistema busca facilitar el aprendizaje del lenguaje de señas y permitir una evaluación precisa de los usuarios, con el objetivo de mejorar la accesibilidad para personas con discapacidad auditiva. La falta de herramientas para el aprendizaje del lenguaje de señas, la necesidad de una evaluación objetiva de los gestos en dicho lenguaje, y la importancia de la accesibilidad y la inclusión en la sociedad son aspectos clave que motivan esta investigación.

### **Formulación del problema**

La falta de herramientas efectivas para el aprendizaje y la evaluación del lenguaje de señas plantea un desafío significativo para la inclusión de personas con discapacidad auditiva. En particular, existe una necesidad urgente de desarrollar un sistema que permita el aprendizaje interactivo y la evaluación precisa del abecedario en lenguaje de señas, utilizando tecnología de

inteligencia artificial. Este problema se manifiesta en la limitada accesibilidad a recursos educativos adecuados y en la carencia de métodos objetivos para evaluar la precisión de los gestos en el lenguaje de señas, lo cual afecta negativamente la comunicación y la integración social de las personas sordas.

### **Preguntas de Investigación**

¿Cómo se puede desarrollar un sistema basado en inteligencia artificial que facilite el aprendizaje del abecedario en lenguaje de señas?

¿Qué algoritmos y tecnologías de inteligencia artificial son más adecuados para el reconocimiento y evaluación de gestos estáticos en lenguaje de señas?

¿Cómo puede una interfaz de usuario accesible e intuitiva mejorar la experiencia de aprendizaje de las personas con discapacidad auditiva?

¿Cuál es el impacto del uso de un sistema de aprendizaje de lenguaje de señas basado en IA en la accesibilidad y la inclusión de personas sordas?

### **Justificación**

Este estudio es de vital importancia porque aborda la necesidad de mejorar la accesibilidad y la inclusión social de las personas con discapacidad auditiva. La creación de un Sistema de Aprendizaje de Lenguaje de Señas (IA-SL) enfocado en el abecedario y en la evaluación de gestos estáticos no solo contribuirá al avance tecnológico en la inteligencia artificial aplicada al reconocimiento de gestos, sino que también tendrá un impacto significativo en la vida de las personas sordas. Este sistema permitirá un aprendizaje más efectivo y una evaluación precisa de

los gestos, lo cual es fundamental para su integración en la sociedad y para la reducción de barreras comunicativas.

## **Objetivos de la investigación**

### **Objetivo General**

Desarrollar un Sistema de Aprendizaje de Lenguaje de Señas (IA-SL) para el abecedario y la evaluación de gestos estáticos, que mejore la accesibilidad y la inclusión de personas con discapacidad auditiva.

### **Objetivos Específicos**

Diseñar e implementar algoritmos de inteligencia artificial para el reconocimiento y la traducción del lenguaje de señas del abecedario.

Desarrollar una interfaz de usuario intuitiva y accesible para el sistema IA-SL, que facilite el aprendizaje interactivo del lenguaje de señas.

Evaluar la precisión y la efectividad del sistema IA-SL en la enseñanza del abecedario en lenguaje de señas y en la evaluación de gestos estáticos.

## **Justificación del estudio**

La importancia de este trabajo radica en la necesidad de mejorar la accesibilidad y la inclusión de personas con discapacidad auditiva en la sociedad. El desarrollo de un Sistema de Aprendizaje de Lenguaje de Señas (IA-SL) para el abecedario y la evaluación de gestos estáticos tiene un impacto potencial significativo en varios niveles:

**Relevancia social:** El lenguaje de señas es vital para la comunicación e integración de personas con discapacidad auditiva. Al mejorar el acceso a una educación de calidad y al aprendizaje, se promueve la inclusión social y se reducen las barreras de comunicación.

**Avance tecnológico:** El desarrollo de tecnologías de inteligencia artificial aplicadas al lenguaje de señas representa un avance importante en el campo de la accesibilidad y la asistencia tecnológica. Esto puede abrir nuevas oportunidades para la innovación en la tecnología de accesibilidad y en la interacción persona-computadora.

**Contribución científica:** Este trabajo contribuirá al avance de la investigación en inteligencia artificial aplicada al reconocimiento de gestos y al procesamiento del lenguaje de señas. Además, proporcionará nuevas perspectivas sobre la enseñanza y evaluación en entornos educativos y sociales.

**Impacto en la comunidad país:** Al mejorar la accesibilidad para personas con discapacidad auditiva, este trabajo puede tener un impacto positivo en su calidad de vida y en su participación en la sociedad. También fomentará la conciencia sobre la importancia de la inclusión y la diversidad.



## **Alcance**

El alcance de esta investigación abarca el desarrollo de un prototipo de Sistema de Aprendizaje de Lenguaje de Señas (IA-SL) enfocado en el abecedario y en la evaluación de gestos estáticos. Este sistema será diseñado para ser utilizado tanto por personas con discapacidad auditiva como por educadores y profesionales en el campo de la educación especial. Se espera que el sistema cuente con una interfaz de usuario accesible y que los algoritmos desarrollados sean capaces de reconocer y evaluar con precisión los gestos del abecedario en lenguaje de señas.

## **Limitaciones**

Entre las posibles limitaciones del estudio se encuentran:

**Acceso a Datos:** La disponibilidad de un conjunto de datos amplio y diverso para entrenar los algoritmos de inteligencia artificial puede ser limitada.

**Generalización del Sistema:** El sistema inicialmente se enfocará en el abecedario y gestos estáticos, lo que podría limitar su aplicabilidad a otros aspectos más complejos del lenguaje de señas.

**Recursos Técnicos:** La implementación efectiva del sistema requerirá recursos técnicos avanzados, como hardware especializado y capacidades de procesamiento que podrían no estar fácilmente disponibles.

**Evaluación de Usabilidad:** Evaluar la usabilidad del sistema en un entorno real con usuarios finales puede ser desafiante debido a la necesidad de obtener una muestra representativa de personas con discapacidad auditiva.

## **2.1 Antecedentes del estudio**

A continuación, se presentan estudios relacionados con el tema IA-SL: Desarrollo de un Sistema Inteligente para Aprendizaje y Evaluación del Abecedario en Lenguaje de Señas. Estos estudios tienen el propósito de explorar, profundizar y sustentar la presente investigación, detallando los antecedentes.

### **2.1.1**

**Inclusión:** La integración en la sociedad ha sido cada vez más evidente en los últimos años, y esto también se refleja en la inclusión de la comunidad no auditiva que nos rodea. Por lo tanto, es crucial destacar el significado de la integración, utilizando otras palabras para expresar su importancia y alcance en este contexto.

#### **Historia:**

Según (Jacobo, 2021) El Lenguaje de Señas (LS) tiene una larga historia que se remonta a siglos atrás, con evidencia de su uso por comunidades sordas en diversas culturas. A lo largo del tiempo, el LS ha evolucionado y se ha formalizado en distintas regiones. En el siglo XVIII, el abad Charles-Michel de l'Épée fundó la primera escuela para sordos en París, lo que contribuyó significativamente a la difusión y reconocimiento del LS como un lenguaje completo y legítimo.

El abad de l'Épée fue motivado inicialmente por un sentido de caridad al atender a dos niñas sordas en desamparo. Sin embargo, otra interpretación sugiere que su acción refleja un

profundo cuidado y responsabilidad hacia el otro, una ética de la hospitalidad en el sentido que Levinas le da a la ética, protegiendo la singularidad del otro. De l'Épée reconoció la forma única de comunicación de estas niñas y aprendió su código de señas, lo que lo llevó a ser reconocido como el "padre de los sordos".

En una escuela promovió el uso de la lengua de señas como base para la educación de niños sordos, para que aprendieran a leer y escribir para defender sus derechos cuando era crucial conocer las leyes emergentes de la República. Su labor no solo facilitó la integración de las personas sordas en la sociedad, sino que también sentó las bases para el desarrollo y la formalización del LS en Europa y, eventualmente, en otras partes del mundo.

### **2.1.2**

#### **Lenguaje de señas**

La lengua de señas es el modo de comunicación natural para aquellas personas con discapacidad auditiva. Se basa en gestos y movimientos, principalmente de las manos y los brazos, facilitando la comunicación entre individuos y con otros.

Las personas con discapacidad auditiva tienen la capacidad innata de adquirir un lenguaje. Sin embargo, su limitación auditiva les impide aprender el idioma oral predominante en su entorno.

Según (Edwin Chiguano, s.f.) El lenguaje de señas, dactilológico o lengua de signos es una forma de expresar caracteres, palabras o frases usando signos usando las manos para comunicarse sin necesidad de signos vocales. Existen varios tipos de lenguaje de signos, varían dependiendo del país, estado, provincia e incluso ciudad, por lo que no existe un lenguaje de señas universal. Países como: Venezuela, México, España, Estados Unidos, Argentina, Perú, Ecuador y otros tienen su propio lenguaje de señas.

Según (univision, 2018) La lengua de señas ha sido un medio de comunicación fundamental para las personas con discapacidad auditiva a lo largo de la historia, aunque su comprensión y valoración por parte de la sociedad en general ha sido variable. Aunque existen registros de su uso desde civilizaciones antiguas, en el siglo XIX se formalizaron sus reglas, convirtiéndolo en un sistema más accesible y estructurado. Aunque cada país tiene su propia variante, la lengua de señas comparte ciertos gestos comunes, lo que la hace más universal que muchos idiomas hablados. Su riqueza en gestos y expresiones la convierte en un arte de la comunicación no lingüística, que no solo es utilizada por la comunidad sorda, sino también estudiada por muchos para promover la inclusión y facilitar la comunicación con personas con discapacidad auditiva. Aunque puede parecer compleja para aquellos no familiarizados con ella, los no oyentes la adquieren de manera natural, guiados por profesionales desde temprana edad. A pesar de los avances tecnológicos que ofrecen alternativas de comunicación, la lengua de señas sigue siendo la forma principal de interacción para muchas personas sordas, destacando su importancia en la vida cotidiana y su relevancia en la promoción de la inclusión y la igualdad de oportunidades.

Según (Martínez, 2018) la Organización Panamericana de la Salud, el 1% de la población mundial, es decir, 70 millones de personas, tiene alguna deficiencia o discapacidad auditiva. Esto subraya la importancia de aprender a comunicarnos en lenguaje de señas, ya que es probable que interactuemos con personas sordas en nuestra vida cotidiana.

La lengua de señas no es universal; existen aproximadamente 300 lenguas de señas diferentes en el mundo, según la Federación Mundial de Sordos. Cada país tiene su propio sistema de señas, con variaciones regionales y modismos. A pesar de esto, muchos signos son intuitivos y lógicos.

Además, la lengua de señas posee una estructura gramatical propia. A diferencia del lenguaje oral, donde el orden común es sujeto, predicado y adverbio, en la lengua de señas primero se coloca el adverbio, luego el sujeto y, finalmente, el verbo si es necesario. Por ejemplo, la oración "la taza está en la mesa" se expresaría en señas como "mesa taza".

Este conocimiento puede facilitar la inclusión y mejorar la comunicación con personas sordas, contribuyendo a una sociedad más accesible y comprensiva.

#### 2.1.4

### **Discapacidad auditiva**

Según (Educación, 2008) La discapacidad auditiva se define como la pérdida o anormalidad de la función anatómica y/o fisiológica del sistema auditivo, y tiene su consecuencia inmediata en una discapacidad para oír, lo que implica un déficit en el acceso al lenguaje oral. Partiendo de que la audición es la vía principal a través de la cual se desarrolla el lenguaje y el habla, debemos tener

presente que cualquier trastorno en la percepción auditiva del niño y la niña, a edades tempranas, va a afectar a su desarrollo lingüístico y comunicativo, a sus procesos cognitivos y, consecuentemente, a su posterior integración escolar, social y laboral.

### **Discapacidad auditiva y del habla**

Según (starkey, 2024) La pérdida auditiva conductiva suele producirse por obstrucciones en el oído externo o medio, causadas por líquido, tumores, cerumen o malformaciones del oído. Estas obstrucciones impiden que el sonido llegue al oído interno. A menudo, este tipo de pérdida auditiva puede tratarse mediante cirugía o con medicamentos.

#### 2.1.5

### **¿Cómo nacieron las lenguas de signos?**

Según (GARCÍA, 2020) Aunque no existen referencias documentales de lenguas de signos anteriores al siglo XVII, hay evidencias de métodos educativos para personas sordas a lo largo de la historia. En 1620, Juan de Pablo Bonet publicó "Reducción de las letras y arte para enseñar a hablar a los mudos", considerado el primer tratado moderno de Fonética y Logopedia. Este trabajo incluyó un alfabeto que influiría en Charles-Michel de l'Épée para desarrollar el alfabeto manual español, utilizado hasta hoy.

En 1817, se fundó la primera escuela para personas sordas, marcando el inicio de la creación de más centros educativos especializados. Actualmente, según la Federación Mundial de Sordos, hay 72 millones de personas sordas en el mundo, más del 80% de las cuales viven en países en desarrollo y utilizan más de 300 lenguas de signos diferentes. Este lenguaje es un idioma completo, con variaciones en cada región lingüística.

En España, la Lengua de Signos Española (LSE) tiene más de 100,000 usuarios. Su origen se remonta al siglo XVI, cuando el monje benedictino Pedro Ponce de León comenzó a enseñar a niños sordos a comunicarse sin usar la voz. Este enfoque permitió que los niños sordos también pudieran expresarse mediante gestos.

Hoy en día, la LSE facilita la comunicación de las personas sordas con sus familiares y amigos y se utiliza en diversos ámbitos, incluidos el político y el musical. Un ejemplo notable es la artista española Rozalén, quien realiza sus actuaciones acompañadas de Beatriz Romero, una intérprete de lengua de signos.

El Día Mundial de las Lenguas de Señas, celebrado mañana, promueve el uso de este lenguaje tanto en la sociedad como entre los líderes nacionales e internacionales, destacando su importancia para la inclusión y la accesibilidad.

2.1.6

### **Origen del lenguaje de señas.**

Según (Social, 2024) La Lengua de Signos tiene sus orígenes en los monasterios del siglo XVI, donde los monjes, obligados a guardar silencio, comenzaron a usar signos manuales para comunicarse. Este método fue iniciado por el monje Don Pedro Ponce de León, quien lo aplicó para educar a niños sordos. Los monjes descubrieron que podían expresar sus pensamientos mediante gestos.

En el siglo XVII, otro monje, Don Manuel Ramírez de Carrión, utilizó la pedagogía como medio de comunicación con los niños sordos, preparándolos para integrarse en la sociedad. Esta práctica representó una evolución continua en las formas de comunicación.

El siglo XVIII fue notable por la publicación del primer Tratado de Fonética y Logopedia, un hito en la educación de personas sordas. Posteriormente, la escuela española publicó un diccionario que incluía 1500 signos de la Lengua de Signos Española (LSE).

Durante el siglo XIX, en España surgieron los primeros colegios para sordomudos y ciegos. El siglo XX marcó una reivindicación de la LSE como un instrumento esencial de comunicación para las personas sordas.

La Lengua de Signos es crucial para la comunicación de las personas con discapacidad auditiva o dificultades en el lenguaje. No solo las personas sordas, sino también aquellos que conviven con ellas, deben conocer y manejar esta lengua de gestos. La LSE no solo facilita la inclusión y la integración social, sino que también asegura que todos tengan acceso a un medio de comunicación efectivo.

### **SignAll**

según (Stemper, s.f.) SignAll es un sistema que utiliza tecnologías de IA para interpretar y traducir gestos de LS a lenguaje escrito y hablado en tiempo real. Esta aplicación busca mejorar la comunicación entre personas sordas y oyentes, así como facilitar la interacción en entornos donde el LS no es ampliamente conocido.

### **MotionSavvy**

MotionSavvy es una plataforma que emplea IA para interpretar gestos de LS y convertirlos en lenguaje oral a través de un avatar virtual. Esta solución ofrece una forma innovadora de



comunicación para personas sordas, permitiéndoles interactuar con personas que no conocen el LS.

"Gesture and Sign Language in Human-Computer Interaction and Embodied Communication" de A. Camurri y G. Volpe, que proporciona una perspectiva amplia sobre la interacción entre gestos, lenguaje de señas y tecnologías de IA en entornos de comunicación humana-computadora.

### Kitsord

Según (soy502, 2014) Kitsord es una aplicación gratuita diseñada por cuatro estudiantes universitarios con el fin de romper la barrera de comunicación entre personas sordas y personas oyentes. Esta cuenta con diferentes niveles que se desbloquean después de pasar una prueba de aprendizaje.

Cada tema se explica con videos o imágenes, y podrás practicar las palabras en las que te hayas equivocado.

## CAPITULO 2 – MARCO TEÓRICO

El desarrollo de un Sistema de Aprendizaje de Lenguaje de Señas basado en Inteligencia Artificial (IA-SL) se fundamenta en diversas tecnologías emergentes que permiten avanzar en la enseñanza inclusiva para personas con discapacidad auditiva. En el contexto latinoamericano, y particularmente en Guatemala, la educación para personas con discapacidad enfrenta múltiples barreras. La falta de maestros capacitados en lenguaje de señas, la escasez de recursos accesibles y la limitada inclusión en los sistemas educativos convencionales siguen siendo problemas acuciantes. De acuerdo con un estudio de la **UNESCO** (2022), menos del 5% de las personas con discapacidad auditiva en América Latina completan su educación formal, destacando la urgente necesidad de herramientas educativas accesibles.

El (Mundial, 2021) (2020) también subraya esta disparidad, reportando que los niños con discapacidades en América Latina tienen menores tasas de matriculación y finalización escolar en comparación con sus pares sin discapacidad. En Guatemala, las estadísticas del **Ministerio de Educación de Guatemala (MINEDUC, 2021)** evidencian un esfuerzo limitado en infraestructura y personal especializado para la inclusión educativa de personas con discapacidad auditiva.

Frente a esta realidad, surge la necesidad de utilizar herramientas tecnológicas que promuevan un aprendizaje accesible y equitativo. El sistema IA-SL, desarrollado en este estudio, pretende reducir estas barreras mediante la integración de tecnologías como **Python, TensorFlow, OpenCV, y MediaPipe Hands**.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1**

#### **Inteligencia artificial**

Según (Cloud, 2024) La inteligencia artificial (IA) es un campo científico relacionado con la creación de computadoras y máquinas que pueden razonar, aprender y actuar de una manera que requeriría inteligencia humana, o que involucre el análisis de datos más de lo que los humanos pueden manejar.

La IA es un campo amplio que abarca muchas disciplinas diferentes, incluidas la informática, el análisis de datos y las estadísticas, la ingeniería de hardware y software, la lingüística, la neurociencia, así como la filosofía y la psicología.

A nivel operativo para el uso empresarial, la IA se constituye como un conjunto de tecnologías que se basan principalmente en el aprendizaje automático (machine learning) y el aprendizaje profundo (deep learning). Estas tecnologías se utilizan para el análisis de datos, la generación de predicciones y previsiones, la categorización de objetos, el procesamiento de lenguaje natural, las recomendaciones, la recuperación inteligente de datos, entre muchas otras aplicaciones.

### **2.2.2**

#### **Python**

Según (AWS, 2023) Python es un lenguaje de programación popular en aplicaciones web, desarrollo de software, ciencia de datos y aprendizaje automático. Es eficiente, fácil de aprender, multiplataforma y gratuito. Se integra bien con diversos sistemas y acelera el desarrollo. En ciencia de datos, Python se utiliza para extraer conocimientos valiosos y enseñar a las computadoras a aprender automáticamente de los datos, realizando predicciones precisas.

### **2.2.3**

#### **Redes Neuronales Artificiales**

Según (Olabe) Las Redes Neuronales Artificiales, ANN (Artificial Neural Networks)) están inspiradas en las redes neuronales biológicas del cerebro humano. Están compuestas por elementos que imitan el funcionamiento básico de las neuronas biológicas. Estos elementos se organizan de una manera similar a la estructura del cerebro humano.

Además de su semejanza con el cerebro, las ANN poseen varias características inherentes a este. Por ejemplo, las ANN pueden aprender de la experiencia, generalizar a partir de ejemplos previos para aplicarlos a situaciones nuevas, y abstraer las características esenciales de un conjunto de datos.

Aprender: Las ANN adquieren conocimientos a través del estudio, la práctica o la experiencia. Pueden modificar su comportamiento en respuesta al entorno. Se les proporciona un conjunto de entradas y se ajustan automáticamente para producir salidas coherentes.

Generalizar: Las ANN tienen la capacidad de extender o ampliar el conocimiento. Gracias a su estructura y naturaleza, estas redes pueden proporcionar respuestas correctas a entradas con pequeñas variaciones, tolerando ruido o distorsiones.

Abstraer: Las ANN pueden aislar mentalmente o considerar por separado las cualidades de un objeto. Algunas redes neuronales artificiales son capaces de extraer la esencia de un conjunto de entradas que, en principio, no parecen tener aspectos comunes evidentes.

2.2.5

### **OpenCV**

Según (Rodríguez, 2021) OpenCV, una biblioteca de código abierto ampliamente utilizada desde principios de los 2000, se ha convertido en un pilar fundamental para el desarrollo de la visión artificial y el aprendizaje automático. Esta herramienta ofrece más de 2500 algoritmos especializados en analizar imágenes y procesar datos visuales, lo que la hace indispensable en campos como seguridad, marketing, fotografía e incluso robótica y realidad aumentada. La capacidad para identificar objetos, rostros y escenarios y realizar acciones como el reconocimiento facial, la clasificación de acciones humanas en videos y la extracción de modelos 3D la sitúa como una herramienta versátil y potente en la tecnología actual. Su papel en la detección de objetos y rostros, junto con su aplicación en el seguimiento de movimientos o la eliminación de ojos rojos en fotografías, subraya su importancia en la creación de sistemas inteligentes y en la exploración de nuevas fronteras tecnológicas.

### 2.2.6

#### **TensorFlow**

Según (Alonso, 2022) TensorFlow, una librería de código abierto para Machine Learning (ML), desata un papel esencial en el desarrollo de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático. Originada en Google, TensorFlow se erige como una herramienta versátil, permitiendo la construcción y entrenamiento de redes neuronales para identificar patrones y razonamientos humanos. Compatible con diversas plataformas, incluyendo GPUs, CPUs y TPUs, su versatilidad la hace ideal para una amplia gama de aplicaciones.

Nacida del proyecto Google Brain, TensorFlow evolucionó de DistBelief, un sistema de aprendizaje automático, con la intención de simplificar y mejorar su predecesor. Posteriormente, Google liberó TensorFlow como código abierto, permitiendo que desarrolladores de todo el mundo lo utilicen y adapten según sus necesidades. Este movimiento refleja la visión de Google de compartir tecnología avanzada para fomentar la innovación y el progreso en el campo de la inteligencia artificial.

En cuanto a su utilidad, TensorFlow es una plataforma que simplifica la creación e implementación de modelos de aprendizaje automático. Al ofrecer APIs intuitivas, facilita el proceso de entrenamiento de modelos y permite la automatización de diversos procesos, allanando el camino hacia una mayor eficiencia y capacidad de análisis en una variedad de industrias y aplicaciones.

### 2.2.6

#### **Mediapipe Hands**

Según (SOLANO, 2021) MediaPipe Hands es una solución notable que emplea Machine Learning para detectar y localizar manos en imágenes o videos, proporcionando 21 puntos de referencia tridimensionales que incluyen la ubicación de cada dedo y la palma de la mano. Este sistema consta de varios modelos que trabajan en conjunto para lograr esta tarea. Primero, un modelo detecta la palma de la mano en toda la imagen, devolviendo un cuadro delimitador alrededor de la mano detectada. Luego, otro modelo llamado "hand landmark model" localiza los 21 puntos de referencia en la región de la mano identificada previamente. Este enfoque permite una detección precisa y detallada de las manos en diversas aplicaciones, destacando el potencial de MediaPipe en el campo de la visión por computadora y el reconocimiento de objetos.

## **2.3 Bases conceptuales**

### **Inteligencia Artificial (IA)**

Rama de la informática que crea sistemas capaces de realizar tareas que suelen requerir inteligencia humana, como el reconocimiento de patrones, la toma de decisiones y el aprendizaje a partir de datos.

### **Lenguaje de Señas**

Sistema de comunicación utilizado principalmente por personas con discapacidad auditiva, que se basa en gestos manuales, movimientos corporales, expresiones faciales y posturas para transmitir significados.

## **Algoritmo**

Conjunto de reglas o instrucciones bien definidas, ordenadas y finitas que permiten llevar a cabo una actividad mediante pasos sucesivos que no generen dudas a quien debe realizar dicha actividad.

## **Redes Neuronales Artificiales (ANN)**

Modelo computacional inspirado en la estructura del cerebro humano, compuesto por unidades interconectadas llamadas neuronas artificiales, que pueden aprender y generalizar a partir de datos de entrenamiento.

## **OpenCV**

Biblioteca de código abierto especializada en procesamiento de imágenes y visión por computadora, que proporciona herramientas y algoritmos para la detección y análisis de objetos en imágenes y videos.

## **TensorFlow**

Biblioteca de código abierto desarrollada por Google para el aprendizaje automático y la inteligencia artificial, que permite la construcción y entrenamiento de modelos de redes neuronales.

## **MediaPipe Hands**

Herramienta de Google MediaPipe que utiliza técnicas de aprendizaje automático para la detección y rastreo preciso de las manos y dedos en imágenes y videos, proporcionando puntos de referencia tridimensionales.



## **Justificación del Proyecto**

La creación de un sistema como IA-SL está justificada por la necesidad urgente de abordar las desigualdades en la educación de personas con discapacidad auditiva. Un estudio de la (Universidad de Costa Rica (UCR, 2021) muestra que las herramientas tecnológicas adaptadas para el aprendizaje de lenguajes de señas aumentan en un 45% la comprensión y retención del conocimiento en comparación con métodos tradicionales. Además, la **Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020)** estima que más de 466 millones de personas en el mundo sufren de pérdida auditiva, lo que subraya la importancia de desarrollar soluciones inclusivas para este grupo poblacional.

En Guatemala, este tipo de tecnología puede ser particularmente útil, dado el déficit de recursos y personal capacitado en el sistema educativo. Los sistemas de IA como el IA-SL no solo ofrecen una solución escalable y accesible, sino que también pueden ser implementados en contextos educativos limitados, ofreciendo una oportunidad para que más estudiantes con discapacidad auditiva accedan a una educación de calidad.

### **Sistema de Aprendizaje de Lenguaje de Señas (IA-SL)**

Plataforma tecnológica que utiliza algoritmos de inteligencia artificial para facilitar el aprendizaje y la evaluación del lenguaje de señas, enfocándose en el reconocimiento y traducción de gestos estáticos y dinámicos.

### **Evaluación de Gestos Estáticos**

Proceso de analizar y determinar la corrección y precisión de los gestos manuales que no implican movimiento, utilizados en la comunicación mediante lenguaje de señas.

## **Accesibilidad**

Característica de los entornos, productos y servicios que permite que todas las personas, incluidas aquellas con discapacidades, puedan utilizarlos de manera efectiva y segura.

## **Inclusión**

Proceso y resultado de integrar a todas las personas en la sociedad, asegurando que tengan oportunidades equitativas para participar y contribuir, independientemente de sus capacidades o características personales.

### **2.4 Hipótesis**

La hipótesis general de este estudio es que el uso de un Sistema de Aprendizaje de Lenguaje de Señas basado en IA mejorará significativamente el proceso de aprendizaje y evaluación de los estudiantes en comparación con los métodos tradicionales. Esta hipótesis se sustenta en estudios previos, como el de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, 2023), que encontró que los sistemas educativos asistidos por IA aumentan en un 60% el éxito en la adquisición de nuevas habilidades entre personas con discapacidades.

#### **2.4.1 Hipótesis General**

La implementación del Sistema de Aprendizaje de Lenguaje de Señas (IA-SL) mejorará significativamente la eficacia del aprendizaje del lenguaje de señas del abecedario entre los usuarios.

#### **2.4.2 Hipótesis Específicas**

El uso de técnicas avanzadas de inteligencia artificial y reconocimiento de patrones en el IA-SL aumentará la precisión en la evaluación de gestos estáticos del lenguaje de señas.

La mejora en la eficacia del aprendizaje del lenguaje de señas y la precisión en la evaluación de gestos estáticos a través del IA-SL contribuirá a una mayor accesibilidad e inclusión de personas con discapacidad auditiva en diversos aspectos de la sociedad.

## **Metodología**

El estudio incluirá la participación de 40 personas divididas en dos grupos: un grupo de control, que utilizará métodos de enseñanza tradicionales, y un grupo experimental, que utilizará el sistema IA-SL. La selección de los participantes será no probabilística, pero representativa de la población objetivo, incluyendo a individuos de diferentes edades, géneros y niveles educativos. Estos participantes serán reclutados en colaboración con instituciones educativas y asociaciones de personas con discapacidad auditiva en Guatemala. Los resultados de ambas metodologías serán comparados para evaluar la efectividad del sistema IA-SL.

## **2.5 Variables**

### **2.5.1 Definición conceptual de la variable**

**Variable independiente:** Implementación del Sistema de Aprendizaje de Lenguaje de Señas (IA-SL).

**Variable dependiente:** Eficacia del aprendizaje del lenguaje de señas y precisión en la evaluación de gestos estáticos.

### **2.5.2 Definición Operacional de la variable**

**Variable independiente:** Nivel de interacción y precisión del IA-SL en la interpretación y evaluación de gestos del lenguaje de señas.

**Variable dependiente:** Mejora en la habilidad de los usuarios para comprender y reproducir gestos del abecedario en lenguaje de señas.

## **CAPITULO 3 – MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Tipo de investigación**

La investigación será de tipo aplicada y experimental, enfocada en el desarrollo y evaluación de un sistema tecnológico específico.

### **3.2 Descripción del ámbito de la investigación**

El estudio se llevará a cabo en entornos urbanos con acceso a tecnología adecuada, incluyendo instituciones educativas y centros comunitarios que atienden a personas con discapacidad auditiva.

### **3.3 Población y Muestra**

La población incluirá a personas interesados en aprender el lenguaje de señas. La muestra será seleccionada de manera no probabilística, buscando representatividad en términos de edad, género y nivel educativo.

### **3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

Se utilizarán cuestionarios, entrevistas y registros de interacción con el sistema IA-SL para recopilar datos sobre la eficacia del aprendizaje y la satisfacción del usuario.

### **3.5 Validez y confiabilidad del instrumento**

La confiabilidad se evaluará mediante la consistencia de los resultados obtenidos en diferentes sesiones de uso del sistema IA-SL

### **3.6 Plan de recolección y procesamiento de datos**

Realizarán análisis cualitativos de la experiencia del usuario y la satisfacción con el sistema IA-SL a través de entrevistas y cuestionarios post-sesión. Los resultados se presentarán de manera clara y concisa, utilizando tablas, gráficos y estadísticas relevantes.

### **3.7 Descripción de los participantes**

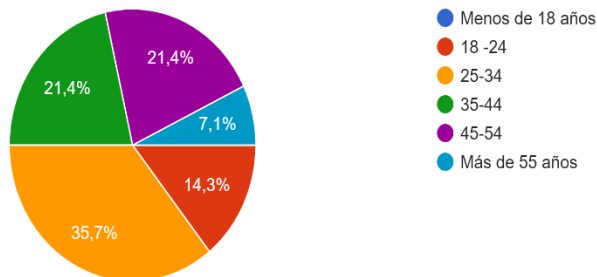
Se realizó una encuesta con un grupo de 20 personas interesadas en aprender el lenguaje de señas. Los participantes variaron en edad, género y nivel educativo. La muestra incluyó individuos con diferentes niveles de conocimiento del lenguaje de señas: algunos no tenían ningún conocimiento previo, otros tenían un conocimiento básico. La encuesta se enfocó en explorar su interés y opiniones acerca del lenguaje de señas.

Los resultados de la encuesta arrojaron datos valiosos sobre la percepción y motivación de los participantes en relación con el aprendizaje del lenguaje de señas, destacando la importancia de la inclusión y la accesibilidad en la comunicación.

### 3.8 Resultados de la encuesta y análisis de la información

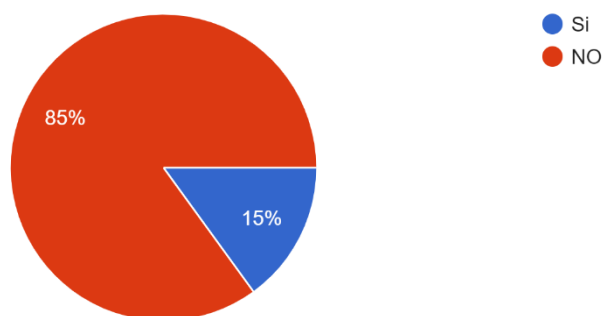
La encuesta revela una percepción general positiva sobre la importancia y el impacto de los sistemas de aprendizaje de lenguaje de señas en línea. Existe una clara preferencia por recursos interactivos y un fuerte apoyo a la inclusión de estos sistemas en el currículo escolar para fomentar la inclusión social. Los participantes ven las tutorías en línea, los foros de discusión y los recursos adicionales como elementos clave para mejorar la eficacia de estos sistemas. A pesar de algunas barreras tecnológicas, la opinión predominante es que estos sistemas son cruciales para la inclusión y el aprendizaje efectivo del lenguaje de señas.

¿Qué edad tienes? Menos de 18 años 18-24 años 25-34 años 35-44 años 45-54 años Más de 55 años  
14 respuestas



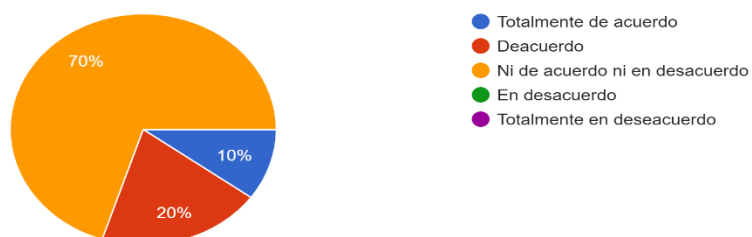
¿Has utilizado alguna vez un sistema de aprendizaje de lenguaje de señas en línea?

20 respuestas



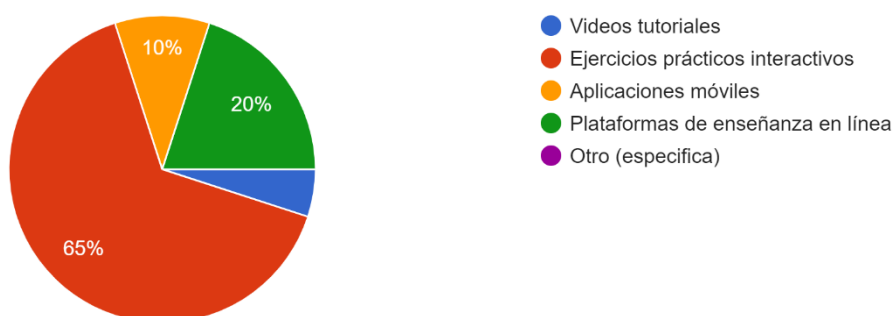
Por favor, indica en qué medida estás de acuerdo con la siguiente afirmación: "El sistema de aprendizaje de lenguaje de señas que has utilizado es fácil de usar"

20 respuestas



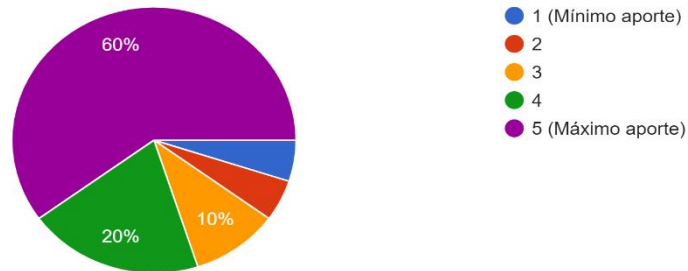
¿Qué tipo de recursos de aprendizaje de lenguaje de señas prefieres utilizar?

20 respuestas



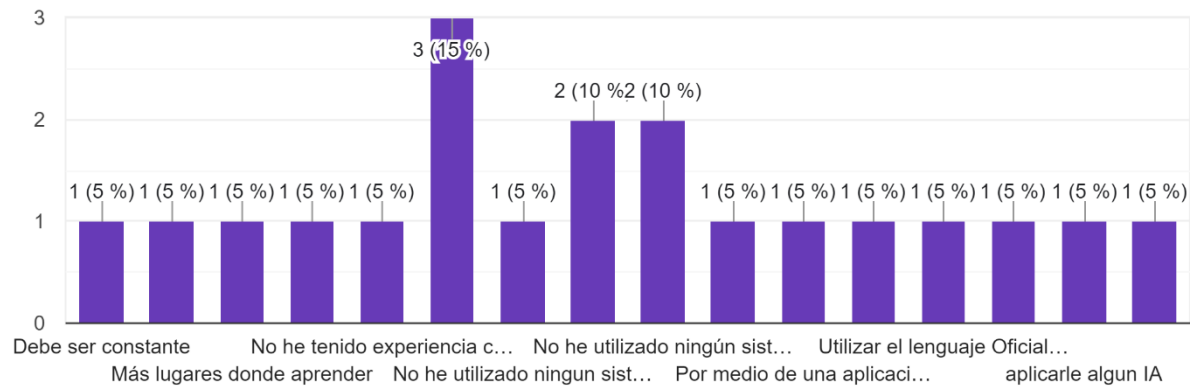
¿En qué medida crees que los sistemas de aprendizaje de lenguaje de señas contribuyen a la inclusión social de las personas con discapacidad auditiva?

20 respuestas



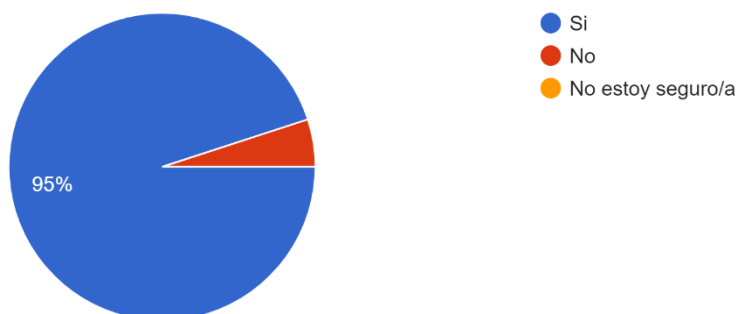
¿Qué sugerencias tienes para mejorar el sistema de aprendizaje de lenguaje de señas que has utilizado o no he utilizado ningún sistema ?

20 respuestas



¿Consideras que el aprendizaje de lenguaje de señas debería ser incluido como parte del currículo escolar para promover la inclusión de personas con discapacidad auditiva?

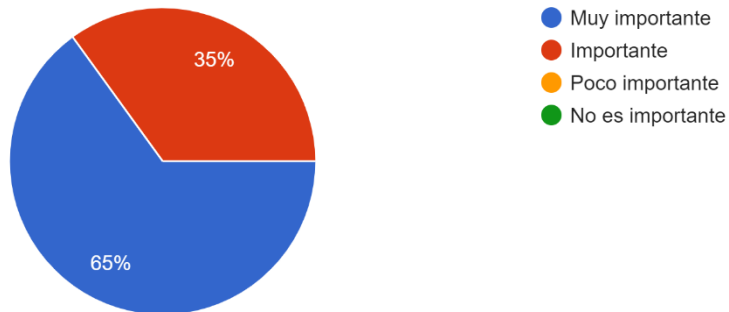
20 respuestas





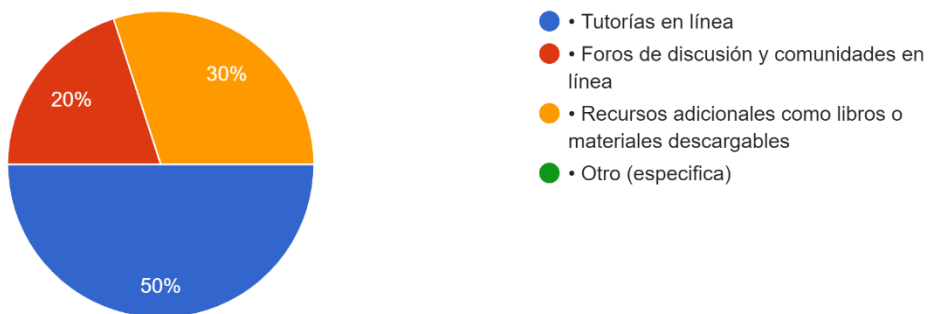
¿Qué tan importante crees que es la interacción con personas sordas o con discapacidad auditiva para mejorar el aprendizaje del lenguaje de señas?

20 respuestas



¿Qué tipo de apoyo adicional consideras que sería útil para mejorar el aprendizaje del lenguaje de señas a través de sistemas en línea?

20 respuestas



¿Has experimentado alguna barrera o dificultad en el acceso a sistemas de aprendizaje de lenguaje de señas en línea debido a limitaciones tecnológicas o de conectividad?

20 respuestas





## **Modelado del Negocio**

**Licencia Educativa:** Instituciones educativas.

**Colaboraciones:** Con ONGs y fundaciones para accesibilidad.

## **Metodología de Desarrollo de Software**

Se utilizará la metodología Scrum, debido a su enfoque ágil y adaptable, permitiendo entregas rápidas y mejoras constantes basadas en la retroalimentación de usuarios.

### **Fases del Proyecto**

Planificación: Definir requisitos y tecnologías.

Diseño: Arquitectura del sistema e interfaz de usuario.

Desarrollo: Algoritmos de IA e interfaz accesible.

Pruebas: Validación de accesibilidad y precisión de los gestos.

Despliegue: Implementación en entorno real.

Mantenimiento: Mejoras y actualizaciones.

## **Características del Sistema**

Reconocimiento de gestos en tiempo real.

Evaluación de precisión con retroalimentación inmediata.

Interfaz accesible y fácil de usar.

Seguimiento del progreso del usuario.

## **Artefactos del Proyecto**

Documentación de requisitos.

Prototipos y diseño de interfaz.

Código fuente de IA y Frontend.

Plan de pruebas y evaluación.

Manual de usuario y mantenimiento.

## **CAPÍTULO 5 – DISEÑO DE LA APLICACIÓN O SOLUCIÓN**

### **Arquitectura del Sistema:**

#### **Capa de Presentación (Frontend):**

Interfaz de usuario basada en web donde los estudiantes practican el lenguaje de señas, los maestros suben documentos informativos y los administradores gestionan usuarios.

Tecnologías: HTML5, CSS3, JavaScript, Bootstrap.

#### **Capa de Aplicación (Backend):**

Servidor que maneja la lógica del sistema, incluyendo autenticación, gestión de usuarios, prácticas de señas, y subida de documentos.

Tecnologías: Node.js (Express), Python (para IA).

#### **Capa de Inteligencia Artificial:**

Algoritmos de reconocimiento de gestos y análisis de precisión en tiempo real.

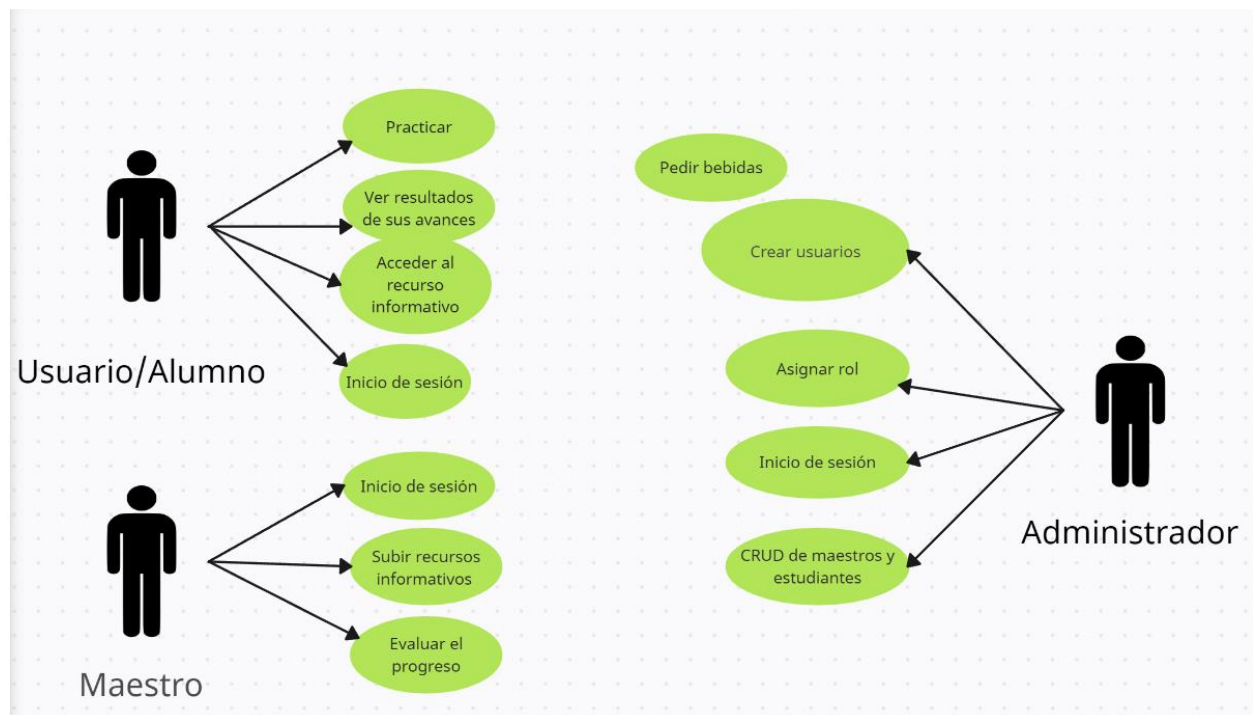
Tecnologías: OpenCV, TensorFlow, MediaPipe.

## Capa de Persistencia (Base de Datos):

Almacena la información de usuarios, roles, documentos, progresos y datos del entrenamiento de IA.

Base de Datos: MySQL o SQL Server.

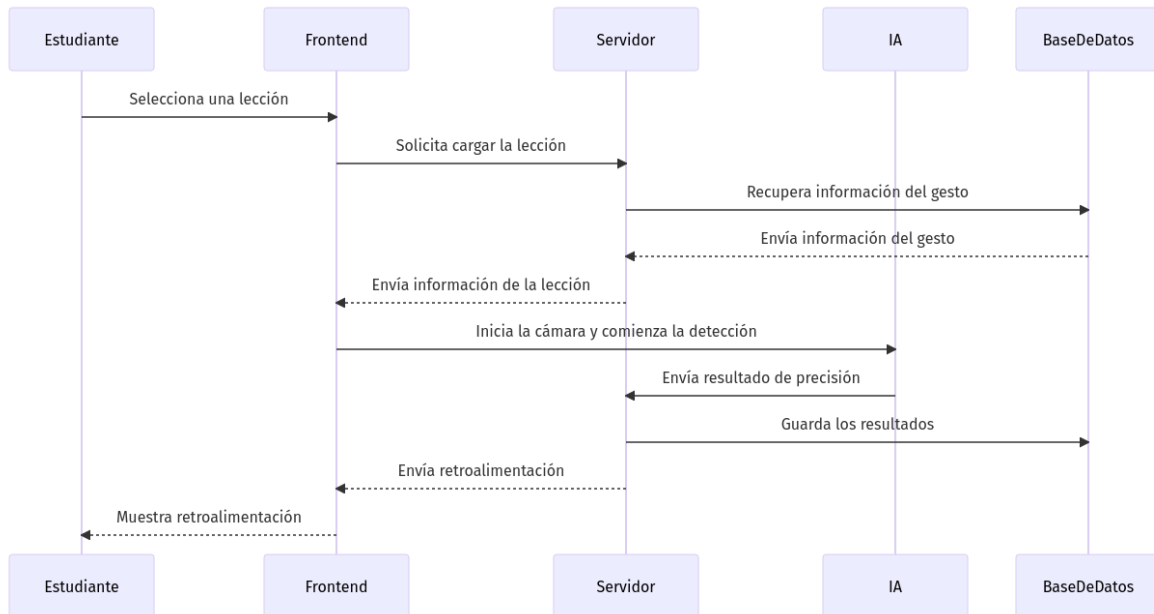
## Diagrama de Casos de Uso



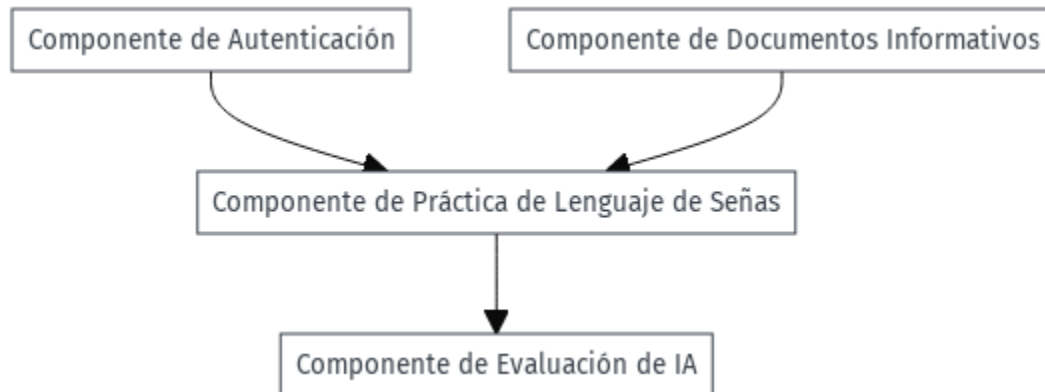
## Diagrama de Actividades:



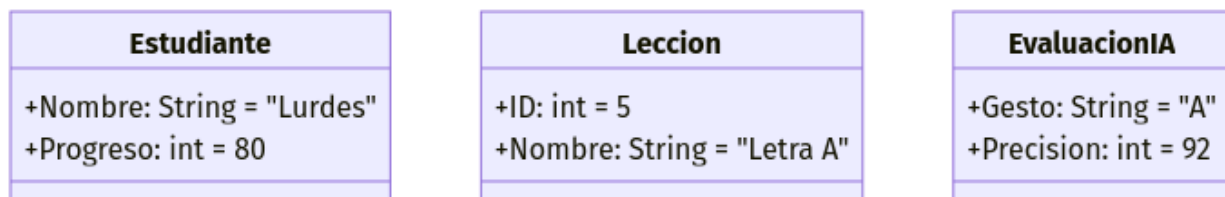
## Diagrama de Secuencias:



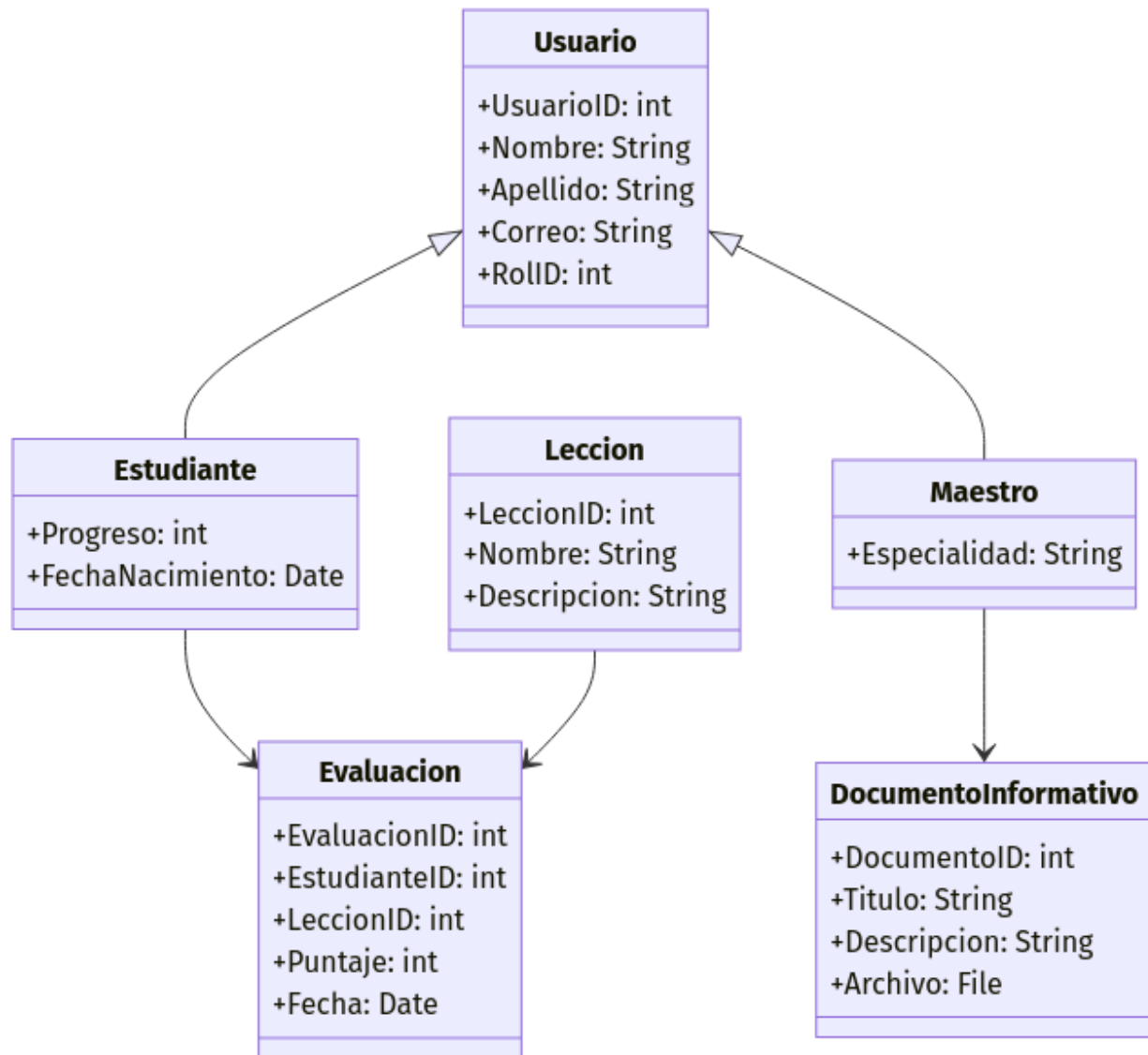
## Diagrama de Componentes:



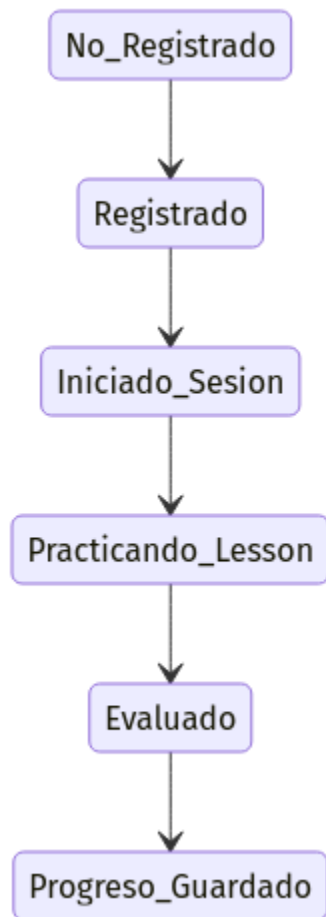
## Diagrama de Objetos:



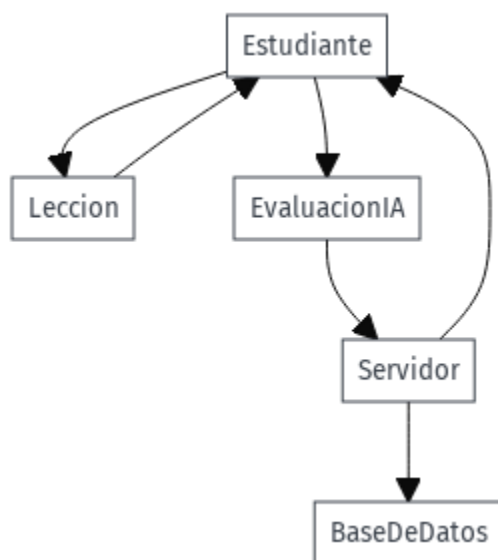
## Diagrama de Clases:



**Diagrama de Estados:**

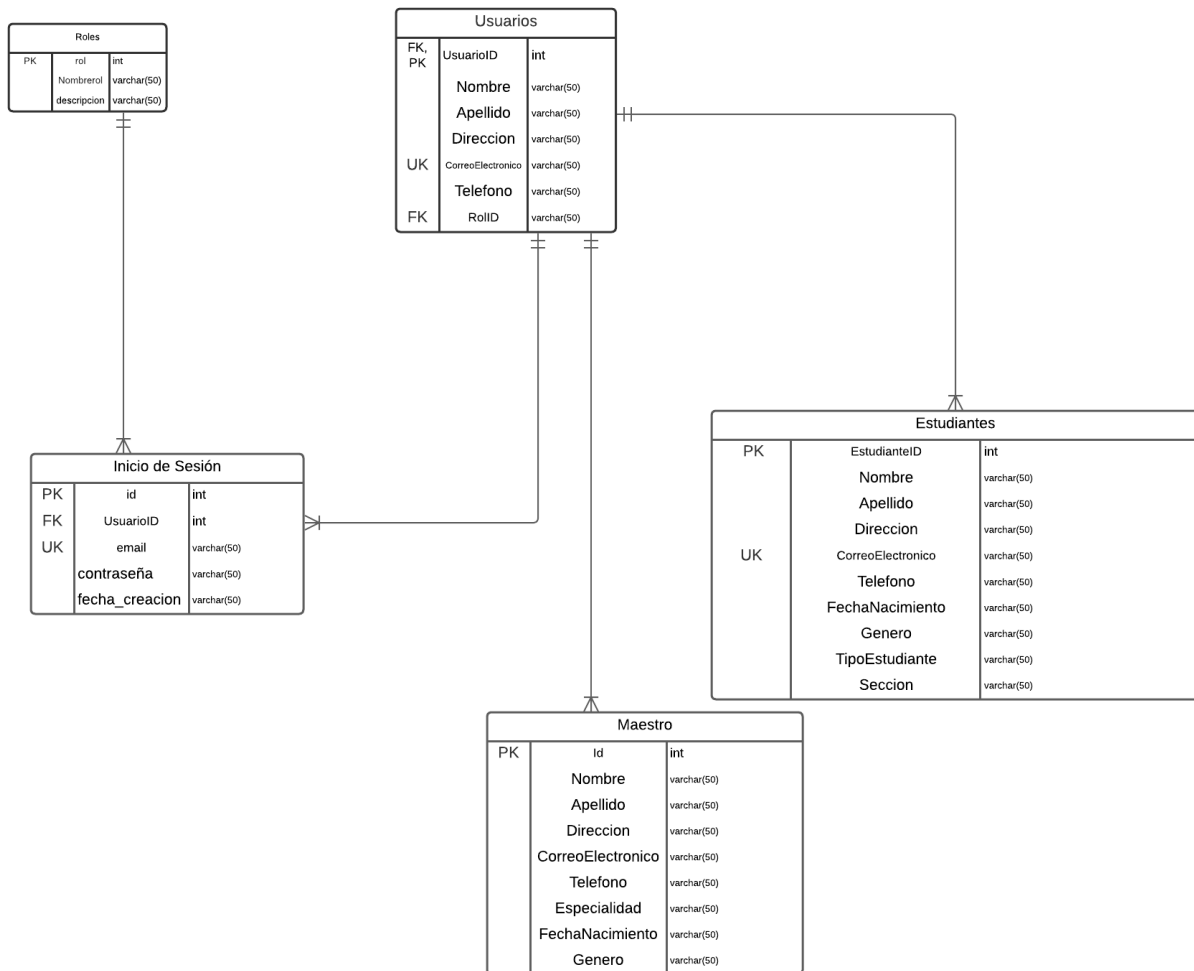


**Diagrama de Colaboración:**

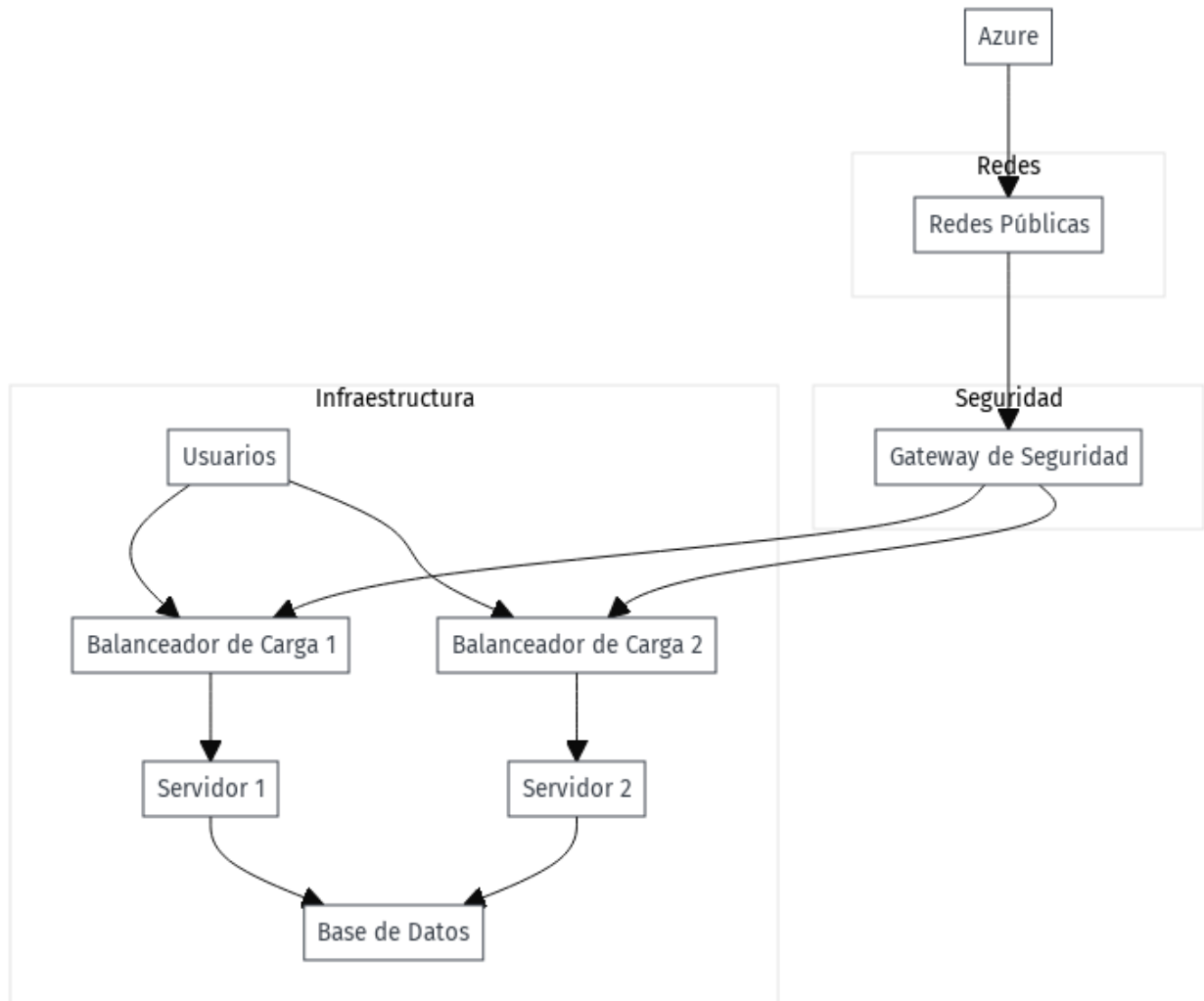




### Diagrama Entidad/Relación (ER):



## Diagramas de Infraestructura:



## □ CAPÍTULO 6 – DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN O SOLUCIÓN

### 6.1 Desarrollo de la Aplicación

La aplicación fue desarrollada utilizando metodologías ágiles, permitiendo iteraciones rápidas y entregas incrementales. Se emplearon JavaScript y Python con frameworks como Node.js (backend) y Flask (IA) para integrar el reconocimiento de gestos, mientras que la base de datos relacional se implementó en SQL Server/MySQL.

**Tecnologías clave:**

Frontend: HTML5, CSS3, JavaScript (Vue.js).

Backend: Node.js, Express, Flask (reconocimiento de IA con OpenCV y TensorFlow).

Base de datos: SQL Server.

Autenticación: OAuth 2.0 y JWT.

**6.2 Implementación de la Solución**

El despliegue del sistema se realizó en un entorno de pruebas utilizando Docker. Se implementaron medidas de seguridad como encriptación de datos y conexiones SSL para proteger la información sensible.

**Componentes implementados:**

Servidor de IA: Procesa gestos con TensorFlow.

Sistema de usuarios: Roles, autenticación y permisos.

Base de datos: Gestión de estudiantes, maestros y documentos.

**6.3 Desafíos**

Se optimizó el reconocimiento de señas mediante técnicas de normalización de imágenes. Además, se mejoró el rendimiento del servidor de IA con microservicios para manejar múltiples usuarios simultáneamente.

**6.4 Conclusión**

El sistema implementado permite a los estudiantes practicar el lenguaje de señas y a los maestros subir material educativo, logrando una plataforma funcional y escalable para el aprendizaje inclusivo.

## Referencias

- Alonso, J. L. (15 de 06 de 2022). *Incentro*. Obtenido de Incentro: <https://www.incentro.com/es-ES/blog/que-es-tensorflow>
- AWS. (2023). AWS. Obtenido de AWS: <https://aws.amazon.com/es/what-is/python/>
- Cloud, G. (2024). *Google Cloud*. Obtenido de Google Cloud.
- Educación, C. d. (2008). *Discapacidad Auditiva*. España: Servicio de Información sobre Discapacidad – INICO.
- Edwin Chiguano, N. M. (s.f.). *Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, EPN*. Obtenido de [https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4924/1/PAPER\\_CHIGUANO\\_MORENO.pdf](https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4924/1/PAPER_CHIGUANO_MORENO.pdf)
- GARCÍA, C. (22 de 09 de 2020). *larazon*. Obtenido de larazon: <https://www.larazon.es/cultura/20200922/nmb5cr26d5f57bg32odn7tuv4.html>
- Jacobo, B. E. (Enero-Diciembre de 2021). *Revista Educação Especial*. Obtenido de Revista Educação Especial: <https://www.redalyc.org/journal/3131/313165836069/313165836069.pdf>
- Martínez, B. (20 de 02 de 2018). *prensalibre.com*. Obtenido de prensalibre.com: <https://www.prensalibre.com/vida/salud-y-familia/aprendamos-un-poco-del-lenguaje-de-seas/>
- Mundial, B. (1 de 12 de 2021). *worldbank*. Obtenido de Aleman, Garcia Mora María Schwartz Steven Freire Nicolas: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099015112012126833/p17538305622600c00bf3f09659df1f2f79>
- Olabe, X. B. (s.f.). Obtenido de [https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/40137/mod\\_resource/content/1/redes\\_neuro/contenidos/pdf/libro-del-curso.pdf](https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/40137/mod_resource/content/1/redes_neuro/contenidos/pdf/libro-del-curso.pdf)
- Oviedo, A. (2007). *cultura-sorda.org*. Obtenido de <https://cultura-sorda.org/thomas-hopkins-gallaudet/>
- Parra, S. (15 de 11 de 2023). *yorokobu.es*. Obtenido de <https://www.yorokobu.es/laura-bridgman/>
- Rodríguez, H. (28 de 04 de 2021). *crehana*. Obtenido de crehana: <https://www.crehana.com/blog/transformacion-digital/que-es-opencv/>
- Social, C. O. (2024). *Centro Optico Social Logo*. Obtenido de <https://centroopticosocial.es/historia-lengua-de-signos/#:~:text=La%20Lengua%20de%20Signos%20la,de%20la%20Lengua%20de%20Signos.>

SOLANO, G. (27 de 05 de 2021). *MES*. Obtenido de MES: <https://omes-va.com/mediapipe-hands-python/>

soy502. (24 de 02 de 2014). *soy502*. Obtenido de soy502: <https://www.soy502.com/articulo/aprenda-lenguaje-de-senas-con-una-aplicacion-creada-por-guatemaltecos>

starkey. (2024). *starkey*. Obtenido de starkey: <https://www.starkey.com/hearing-loss/types-and-causes>

Stemper, J. (s.f.). *indiegogo*. Obtenido de indiegogo: [https://www.indiegogo.com/projects/motionsavvy-uni-1st-sign-language-to-voice-system?gclid=Cj0KCQjwhtWvBhD9ARIsAOP0GojnqJg5l5NplsRGzNbexDPVRewq\\_cSk37n\\_w-zYj6dcw9yPL3Gv2ksaAuvQEALw\\_wcB&utm\\_source=gog&gad\\_source=1&utm\\_medium=cpc#/](https://www.indiegogo.com/projects/motionsavvy-uni-1st-sign-language-to-voice-system?gclid=Cj0KCQjwhtWvBhD9ARIsAOP0GojnqJg5l5NplsRGzNbexDPVRewq_cSk37n_w-zYj6dcw9yPL3Gv2ksaAuvQEALw_wcB&utm_source=gog&gad_source=1&utm_medium=cpc#/)

univision. (02 de 04 de 2018). *univision*. Obtenido de univision: <https://www.univision.com/explora/como-funciona-la-lengua-de-senas>