

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**



**Sistema tutor inteligente basado en deep learning para apoyar el aprendizaje de lengua de señas peruana en la I.E.P Harvest**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

**AUTOR**

**Jean Piero Delgado Santa Cruz**

**ASESOR**

**Juan Antonio Torres Benavides**

<https://orcid.org/0000-0002-0133-119X>

**Chiclayo, 2024**

**Sistema tutor inteligente basado en deep learning para apoyar el  
aprendizaje de lengua de señas peruana en la I.E.P Harvest**

PRESENTADA POR  
**Jean Piero Delgado Santa Cruz**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

APROBADA POR

Luis Augusto Zuñe Bispo  
PRESIDENTE

Karla Cecilia Reyes Burgos  
SECRETARIO

Juan Antonio Torres Benavides  
VOCAL

## **Dedicatoria**

Es A Dios, nuestro padre todopoderoso, por ser mi guía constante y fuente de fortaleza a lo largo de esta travesía académica.

A mis queridos padres y hermanos, por mantener su confianza y apoyo incondicional en todo.

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi educador y asesor de tesis Mgtr. Juan Antonio Torres Benavides, por su inestimable orientación, valiosos consejos y apoyo constante a lo largo de todo el proceso de mi trabajo de investigación.

## Artículo 100%

### INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

5%

2

[tesis.usat.edu.pe](https://tesis.usat.edu.pe)

Fuente de Internet

3%

3

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%

4

[www.defensoria.gob.pe](http://www.defensoria.gob.pe)

Fuente de Internet

1%

5

[view.genial.ly](https://view.genial.ly)

Fuente de Internet

1%

6

[www.slideshare.net](https://www.slideshare.net)

Fuente de Internet

1%

7

Submitted to Corporación Universitaria  
Minuto de Dios, UNIMINUTO

Trabajo del estudiante

<1%

8

[polodelconocimiento.com](https://polodelconocimiento.com)

Fuente de Internet

<1%

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>6</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>7</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>8</b>
<b>Revisión de literatura.....</b>	<b>10</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>10</b>
<b>Bases teórico-científicas .....</b>	<b>14</b>
<b>Materiales y métodos .....</b>	<b>19</b>
<b>Tipo y nivel de investigación .....</b>	<b>19</b>
<b>Diseño de investigación .....</b>	<b>19</b>
<b>Métodos de investigación.....</b>	<b>20</b>
<b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....</b>	<b>20</b>
<b>Procedimientos .....</b>	<b>20</b>
<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>23</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>29</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>31</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>35</b>

## Resumen

La evidente falta de profesores e intérpretes en lengua de señas peruana, a la que en adelante nos referiremos como 'LSP', y el auge de los sistemas tutores inteligentes, motivaron el desarrollo de la presente investigación. En aras de contribuir a la inclusión de la población con diversidad auditiva y del lenguaje, que llamaremos DA y DL, se implementó un sistema tutor inteligente basado en técnicas de Deep Learning que permita aprender la LSP básica. La metodología utilizada para desarrollar el producto de software fue Scrum, por lo que se modificaron las fases para asegurar el éxito del proyecto. Además, la solución se construyó con técnicas de modelado 3D y visión computacional, usando el lenguaje Python y framework Flask. Se caracterizaron efectivamente los patrones gestuales de la LSP y se construyó un algoritmo inteligente con una precisión del 97%. Los usuarios mostraron una sólida aceptación tecnológica y el proyecto ha demostrado tener impactos positivos en los ámbitos económico, social, tecnológico y ambiental, así como en la formación de cadenas productivas. En comparación con proyectos similares, este se distingue por su adaptación específica a la LSP, énfasis en Deep Learning y la capacidad de prueba en tiempo real, lo que mejora la calidad del aprendizaje y la comunicación de las personas con DA y DL. Este proyecto tecnológico tiene gran potencial para generar impactos positivos en ese porcentaje de peruanos y en la promoción de la comunicación inclusiva, abriendo oportunidades para el desarrollo y aplicación a mayor escala en el futuro.

**Palabras clave:** Lengua de Señas, Sistema Inteligente, Deep learning,

## Abstract

The evident lack of teachers and interpreters in Peruvian Sign Language, which from now on we will refer to as 'LSP', and the rise of intelligent tutor systems, motivated the development of this research. In order to contribute to the inclusion of the population with hearing and language diversity, which we will call DA and DL, an intelligent tutor system was implemented based on Deep Learning techniques that allows learning the basic LSP. The methodology used to develop the software product was Scrum, so the phases were modified to ensure the success of the project. In addition, the solution was built with 3D modeling and computer vision techniques, using the Python language and Flask framework. The gestural patterns of the LSP were effectively characterized and an intelligent algorithm was built with an accuracy of 97%. Users showed solid technological acceptance and the project has proven to have positive impacts in the economic, social, technological and environmental fields, as well as in the formation of productive chains. Compared to similar projects, this one is distinguished by its specific adaptation to LSP, emphasis on Deep Learning, and real-time testing capability, which improves the quality of learning and communication for people with LD and DL. This technological project has great potential to generate positive impacts on that percentage of Peruvians and in the promotion of inclusive communication, opening opportunities for development and application on a larger scale in the future.

**Keywords:** Sign language, Intelligent system, Deep learning

## Introducción

La Inteligencia Artificial (IA) ha revolucionado diversos sectores [1], siendo el Aprendizaje Profundo una rama clave para ese logro, emulando el procesamiento de información humano [2]. Su capacidad para aprender automáticamente y mejorar la experiencia [3], lo han convertido en una tecnología disruptiva en áreas como diagnóstico médico y atención sanitaria [1], sistemas de energía [4], Internet de las cosas [5], entre otras.

El Deep Learning generó 16 900 millones de dólares en 2022, impulsado por mejoras en potencia informática, reducción de precios en hardware y mayor uso de tecnologías en la nube [6]. Este avance ha impulsado la creación de aplicaciones específicas, como los sistemas tutores inteligentes, que han demostrado ser cruciales en educación e inclusión social [7] [8], adaptándose a las necesidades de cada usuario [9] y mejorando su calidad de vida [10].

Estos sistemas son esencialmente relevantes para personas con diversidad auditiva (DA) y del lenguaje (DL) [12]. La falta de comunicadores auditivos que dominen el lenguaje de señas (LS) ha creado barreras, afectando al 15% de la población global con diversidad funcional. Se estima que para 2050, 2 500 millones tendrán pérdida auditiva, requiriendo rehabilitación [15].

En Perú, 232 176 personas tienen DA, con solo el 4% registrando la Lengua de Señas Peruana (LSP) como su lengua materna [17]. La carencia de profesores e intérpretes calificados en LSP ha generado barreras en servicios educativos y de salud. Aunque existen leyes y regulaciones, el 76% de las Instituciones Educativas (I.E.) públicas y el 83% de las privadas carecen de personal capacitado para atender a estudiantes con DA y DL [18].

La I.E.P. Harvest ilustra estos desafíos, siendo el más preocupante la falta de docentes pedagógicos, lo que dificulta la cobertura de todos los estudiantes. Por otro lado, las capacitaciones gubernamentales no son regulares, en comparación con otras áreas educativas, así también, se encuentra la variedad en las capacidades de aprendizaje de los alumnos, lo que implica un ritmo más lento de enseñanza, asimismo, el material didáctico utilizado con regularidad en la institución es insuficiente, lo que lleva a la utilización de material de internet impreso, el cual tiende a perderse y quedar obsoleto con el tiempo. Todo ello dificulta la realización de prácticas de LSP por parte de las personas interesadas en aprender.

En este contexto, caracterizado por persistentes barreras de comunicación y una escasez de recursos especializados en LS, es necesario plantear la interrogante: ¿En qué medida podríamos apoyar el aprendizaje del vocabulario de la Lengua de Señas Peruana?

Dada la importancia de esta cuestión, la presente investigación tiene como objetivo general implementar un sistema tutor inteligente basado en técnicas de Deep Learning que permita aprender la lengua de señas peruana básica. Para alcanzar de manera efectiva el objetivo general, se han definido los siguientes objetivos específicos: caracterizar los patrones de los rasgos gestuales de la LSP en base a imágenes y videos, construir un algoritmo inteligente que permita reconocer y procesar la LSP y, por último, validar el nivel de aceptación tecnológica por parte del usuario usando el modelo TAM.

Del mismo modo, las razones fundamentales que respaldan la importancia y relevancia de la investigación se presentan desde varias perspectivas. Desde el punto de vista social, es trascendente porque beneficiaría a 232 176 personas con DA y DL existentes en el Perú; asimismo permitiría la comunicación de ellos con cualquier persona de la sociedad y viceversa. Además, tiene implicancias prácticas porque ayudaría a reducir la restricción que existe en el proceso de comunicación mediante el uso de una solución tecnológica. Desde el punto de vista científico, la investigación servirá como antecedente para futuras investigaciones enfocadas en la mejora de temas relacionados a la asistencia para el aprendizaje de la LS, la cual permitirá explorar otras realidades. En lo que respecta al ámbito tecnológico, la relevancia de la investigación radica en que propone una solución aplicable a la problemática mediante un sistema tutor web basado en redes neuronales (redes neuronales tanto convolucionales, como recurrentes), lenguajes de programación (Python), el cual ayudará no solo a personas con esta discapacidad, sino también a personas no discapacitadas que tengan voluntad y ganas de aprender la LSP.

## Revisión de literatura

### *Antecedentes*

#### *Antecedentes internacionales*

Papatsimouli et al [9] en su trabajo se propuso abordar la problemática sobre la falta de comunicación entre personas sordas y oyentes, centrándose en la enseñanza de la lengua de señas americana (ASL) y la lengua de señas griega (GSL), mediante una aplicación móvil un temario agrupado en orden alfabético. El objetivo principal fue desarrollar una aplicación móvil para aprender la lengua de señas ASL y GSL, que tiene un entorno interactivo, además de mostrar la equivalencia de un signo en ASL a GSL y viceversa. La metodología se basó en la creación de un conjunto de datos de gestos de ASL y GSL para la generación de carteles agrupados correspondientes a los signos, donde realizaron diseño interactivo y participativo de la aplicación la diferencia de un diccionario tradicional de lengua de signos tomando un enfoque único de desarrollo. La solución presentada se traduce en un modelo altamente eficaz para el aprendizaje de gestos de la ASL y GSL. Este trabajo se tomó en cuenta por que me oriento a visualizar la solución de forma interactiva en el desarrollo del proyecto.

C. L. Prada [22] en su investigación se planteó el desafío de abordar la problemática relacionada con la falta de atención y recursos para promover el aprendizaje del Lenguaje de Señas Colombiano (LSC) tanto entre la comunidad sorda como entre aquellos interesados en aprenderlo. Su enfoque principal se centró en el desarrollo de un prototipo de aplicación móvil e-learning como herramienta para apoyar la enseñanza del lenguaje de señas colombiano. Sus objetivos incluyeron la creación de un aplicativo móvil y la implementación de estrategias didácticas y contenidos temáticos que formaron parte de la aplicación. La metodología se basó en la utilización de la metodología ágil Crystal Clear por su fácil manejo y adaptabilidad, el desarrollo de la aplicación se realizó en la plataforma de programación Android Studio y paquetería de desarrollo SDK. La solución presentada se traduce en un prototipo de aplicativo móvil altamente eficaz para el aprendizaje del lenguaje de señas, lo que podría contribuir significativamente a mejorar la comunicación y la calidad de vida de las personas

sordas. Este trabajo se tomó en cuenta como antecedente relevante porque permitió ampliar el enfoque para poder desarrollar este proyecto en base a nuevas plataformas y tecnologías, con un énfasis en un software didáctico e interactivo.

Das et al [23] en su trabajo la problemática se centra en abordar la falta de comunicación efectiva de las personas sordas y mudas, particularmente en la interpretación de la American Sign Language (ASL), centrándose en el desarrollo de un sistema que permita reconocer los gestos de los signos con la ayuda de dispositivos de imágenes y convertirlos a texto. Sus objetivos incluyeron la creación de un sistema de reconocimiento de gestos y la implementación de Redes neuronales convolucionales (CNN) para su uso. La metodología se basó en la utilización de aprendizaje simplificado de imágenes para el entreno de la red neuronal la cual realiza el reconocimiento de imágenes de la LS para luego convertirlas a texto. La solución presentada se traduce en un sistema altamente eficaz para el reconocimiento de gestos, lo que podría contribuir significativamente a mejorar la comunicación y la calidad de vida de las personas sordas y mudas. Este trabajo se tomó en cuenta como antecedente porque me oriento a visualizar la viabilidad de solución que se tomó para el desarrollo de esta investigación.

### ***Antecedentes nacionales***

K. A. Roca [24] en su trabajo la problemática se centra en la deficiente educación y comunicación que sufren las personas con discapacidad auditiva (DA) y el alto costo que genera el contratar un traductor de lengua de señas (LS) en el Perú, centrándose en el desarrollo de un aplicativo móvil que permita la interpretación de la lengua de señas para los discapacitados auditivos y del habla. Su objetivo central fue la diseñar y desarrollar un aplicativo móvil de interpretación de la LS para personas con DA. Para lograr ese objetivo, se diseñó e implementó un algoritmo basado en el aprendizaje de maquina (Machine Learning). La metodología empleada se basó en la metodología XP, que promueve el desarrollo ágil de aplicaciones, lo que garantizo una rápida adaptación a las necesidades cambiantes de los usuarios. La solución que se presentaron se materializo en un aplicativo móvil para la interpretación del lenguaje de señas, la cual tuvo un nivel de precisión de entre un 68% a un 82% a la hora de detectar las señas realizadas.

Esta aplicativo permitió la mejora de la comunicación y a la reducción de tiempo necesario para comprender a una persona con discapacidad auditiva. Este trabajo se tomó en cuenta como antecedente relevante, ya que demuestra la utilidad de una aplicación que apoya el aprendizaje como tecnología asistida y que promueve la inclusión.

Castillo R. et al [25] en su trabajo se propuso abordar la problemática sobre de la dificultad de las personas sordomudas para comunicar ideas a otras personas a través del habla, centrándose en el desarrollo de una aplicación móvil multiplataforma para mejorar el aprendizaje del lenguaje de señas. Sus objetivos incluyeron ayudar al aprendizaje de la LS y la divulgación de derechos en beneficio de las personas con deficiencia. La metodología se basó en la utilización de la metodología Mobile-D y para el desarrollo del software Mobile-Learning. La solución presentada se traduce en una aplicación móvil que incrementó el interés por la LS y se incrementó el promedio de conocimientos de gestos básicos de la LS en las personas. Este trabajo se tomó en cuenta como antecedente relevante, ya que permito analizar y ampliar la gama de temas fundamentales y básicos para la creación de este proyecto.

A. Jimenez et al [26] en su trabajo se propuso abordar la problemática de la falta de herramientas tecnológicas efectivas para la comunicación de personas con discapacidad auditiva, particularmente en el contexto del CEBE Don José de San Martín en el Cusco, donde la LSP es esencial para la comunicación. El objetivo central fue desarrollar un prototipo de traductor de lengua de señas peruanas básicas estáticas utilizando machine learning, con el propósito de abordar la problemática de comunicación. Para lograr este objetivo se realizó el entrenamiento de un modelo basado en machine learning. La metodología empleada fue la del paradigma de realizar prototipados la cual permitió un rápido desarrollo del prototipo de traductor. La solución que presentaron se materializo en un prototipo de aplicativo que ayudaba a traducir las señas básicas, con una precisión de detección del 82.3% del modelo entrenado. Este trabajo se considera un antecedente relevante, ya que demuestra la importancia de las tecnologías inteligentes, como el machine learning, en el apoyo al aprendizaje, y sienta un

importante precedente para la presente investigación que busca desarrollar una herramienta de apoyo para el aprendizaje del lenguaje de señas.

### *Antecedentes locales*

Montenegro et al [27] en su trabajo se propuso abordar la problemática sobre la falta de instituciones o de personas capacitadas para la enseñanza del LS y la dificultad que tienen las personas con deficiencias para poder relacionarse con su entorno, centrándose en el desarrollo de un sistema web que permitiera la detección de la LS. Sus objetivos incluyeron el desarrollo de un sistema web y la implementación de machine learning para su uso. La metodología se basó en la utilización de la metodología de machine learning y para el desarrollo la plataforma Conda con la distribución en Python. La solución presentada se traduce en un sistema que pudo disminuir el tiempo de interpretación palabras basadas en gestos de la lengua de señas y así reducir un poco la barrera de comunicación existente entre personas con deficiencia y un oyente. Este trabajo se tomó en cuenta como antecedente relevante, ya que permito analizar y ampliar la gama de temas fundamentales y básicos para la creación de este proyecto.

A. Farroñan [28] en su trabajo propuso abordar la problemática sobre la deficiencia en la comunicación de las personas con problemas de audición y el costo de contratar un intérprete para facilitar la comunicación con personas oyentes. Donde su objetivo central fue la de desarrollar una aplicación móvil para la práctica de la lengua de señas por medio de cartillas y preguntas relacionadas. La metodología que utilizo para el desarrollo del proyecto fue la del Proceso Unificado Rational (RUP), la cual sirvió para la construcción y documentos de su proyecto. La solución que presentaron se materializo en una aplicación móvil que ayudo al aprendizaje de la lengua de señas. Este trabajo se tomó en cuenta como antecedente, ya que permitió ampliar el enfoque con la problemática tratada y la búsqueda de nuevas soluciones.

M. Vasquez [29] en su trabajo propuso abordar la problemática sobre la falta de herramientas que permitieran la inclusión de personas con discapacidad auditiva en el ámbito social. Su objetivo central fue la de desarrollar una aplicación móvil basado en el reconocimiento de imágenes para apoyar el aprendizaje del lenguaje

de señas. La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto fue Extreme Programming la cual se utilizó para el desarrollo del proyecto y la Metodología General de Machine Learning para el desarrollo del algoritmo. La solución que presentaron se materializó en una aplicación móvil portátil de fácil uso y como una tecnología asistida para el aprendizaje. Este trabajo se tomó en cuenta como antecedente, ya que permitió tomar otras perspectivas de solución para el desarrollo de este proyecto, así como la mejora e implementación de nuevas funcionalidades.

### ***Bases teórico-científicas***

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

La IA según Marvin Lee Minsky que fue uno de los pioneros del tema, indica que la IA es una ciencia cuyo enfoque es la de construir máquinas que ejecuten operaciones comparables a las que realizan los humanos usando la inteligencia [28]. La inteligencia artificial abarca diferentes áreas de estudio, por ello se dividieron en subcampos como Machine Learning, Deep Learning [30].

#### ***Machine Learning (ML)***

Machine Learning es un subcampo de la IA que se centra en desarrollar algoritmos y modelos que permiten a las máquinas aprender y mejorar a partir de datos y experiencias previas. Estos algoritmos utilizan técnicas estadísticas, como máquinas de vectores de soporte (SVM), regresión logística, árboles de decisión y k-vecinos más cercanos (K-NN), para permitir que las máquinas realicen tareas específicas, como la clasificación y predicción de datos estructurados [25]. Estas técnicas son fundamentales para capacitar a las máquinas y mejorar su rendimiento en diversas aplicaciones, desde el filtrado de spam de correos electrónicos hasta la predicción de ventas futuras en el comercio electrónico.

#### ***Deep Learning (DL)***

El término Deep Learning o aprendizaje profundo significa entrenar una Red Neuronal. Las redes neuronales son algoritmos que se asemejan estructuralmente al cerebro humano y están diseñados para reconocer

patrones [30]. La red neuronal profunda es una subcategoría del Machine Learning que se basa en redes neuronales artificiales, que puede resolver tareas complejas, como detección y reconocimiento, regresión de cantidades. Con este enfoque, es posible crear modelos de redes neuronales que tengan múltiples niveles. Las redes neuronales se han aplicado con éxito en diversos dominios como la visión por computadora, el reconocimiento del lenguaje, el modelado del lenguaje natural, etc.

### ***Recurrent Neural Networks (RNN)***

Las RNN son una de las técnicas más importantes en DL, especialmente en el procesamiento de secuencias de datos, como el procesamiento del lenguaje natural y la predicción de series temporales. Son ideales para tareas que involucran datos secuenciales, ya que su estructura permite que la información fluya a través de ellas en ciclos. Esto las hace adecuadas para el modelado de datos secuenciales [23].

### ***Convolutional Neural Networks (CNN)***

Las Redes Neuronales Convolucionales (CNN) son también una de las técnicas más importantes en Deep Learning, y se destacan en el procesamiento de imágenes y la visión por computadora. Estas redes están diseñadas específicamente para la detección de patrones en objetos visuales. Utilizan capas de convolución para reconocer características visuales en diferentes niveles de abstracción [30].

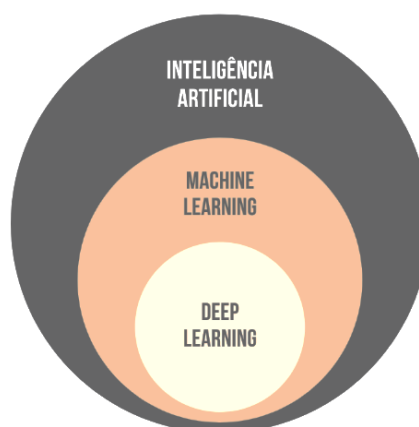


Fig. 1. Subdisciplinas de la IA [25]

Teniendo en cuenta lo anterior la elección utilizar DL en lugar de ML se basa en la complejidad de los datos secuenciales y visuales en la Lengua de Señas Peruana (LSP), donde DL, con su capacidad para aprender automáticamente características y patrones a partir de datos brutos, es esencial para la interpretación y enseñanza efectiva de la LSP a través del Sistema Tutor Inteligente. Además, se ha seleccionado CNN en lugar de RNN debido a que los gestos y movimientos en la LSP se asemejan más a datos visuales que a secuencias puras de lenguaje, y las CNN son especialmente efectivas en la detección de patrones visuales en imágenes en movimiento, lo que es crucial para el éxito de este proyecto.

### ***Modelo 3D***

El modelo en 3D es un mundo conceptual que utiliza técnicas de modelado para la creación de representaciones digitales en 3 dimensiones. Un modelo 3D puede "verse" de 2 maneras diversas. La primera forma sería desde el punto de vista de un criterio técnico, donde para describir un objeto en tres dimensiones se tiene que realizar un conjunto de fórmulas matemáticas las cuales dan como salida un modelado 3D, la cual puede basarse en variedades de representaciones digitales. Y la segunda forma sería desde un criterio visual, la cual su representación esquemática visible sería por medio de un grupo de objetos, recursos y características que una vez analizadas, pasarían a convertirse en una animación o imagen 3D. Las propiedades del modelado 3D, al final resultara en una animación o imagen 3D, la cuales están compuestas por figuras geométricas, tonalidades, figuras, siluetas, iluminación, reflejo, translucidez, desenfoque por movimiento, ambiente, etcétera [31].

Teniendo en cuenta lo anterior el modelado 3D es importante en mi proyecto, siendo esencial para el modelado de objetos 3D que ayudaran a mi proyecto a representar de manera más eficaz la enseñanza a los usuarios.



Fig. 2. Modelado 3D de una mano

### ***Visión Computacional***

La visión computacional puede entenderse como un área científica interdisciplinar. Utiliza medios técnicos y conocimientos para imitar mejor la visión humana. Para los humanos, la percepción del mundo exterior es una actividad natural para extraer información a través de los sentidos [32]. El análisis de esta información se basa en la inteligencia y en la experiencia previa. Sin embargo, las computadoras no tienen estas habilidades naturales y se basan en los principios que enseñamos. Este aprendizaje informático se explora a través de la investigación en el campo de la visión artificial. Ha logrado grandes avances en los últimos años, principalmente debido al aprendizaje profundo. La visión artificial es un área íntimamente ligada a la inteligencia humana y puede presentarse como un objeto de descubrimiento. Esta área ha logrado grandes avances a través del aprendizaje profundo, especialmente la red neuronal.

Teniendo en cuenta lo mencionado visión computacional es esencial para mi proyecto, ya que permitirá el reconocimiento de gestos en la Lengua de Señas Peruana (LSP), mejorando la interpretación y enseñanza de la LSP. Además, posibilitará el desarrollo de una interfaz de usuario intuitiva, la mejora del aprendizaje automático a través del Deep Learning, y la personalización del aprendizaje de acuerdo con las necesidades individuales de los estudiantes, contribuyendo así a la eficacia de mi Sistema Tutor Inteligente.

### ***Lenguaje de Señas Peruanas***

La LS es un lenguaje natural y necesario para las personas con discapacidad auditiva y del habla. Aunque dependiendo del país existen variantes en el tipo de señas. Según la ley N.º 29535 aprobada el 14 de agosto del 2017 mediante el DS N.º 006-2017-MIMP, la cual otorga el reconocimiento oficial al lenguaje de señas peruanas (LSP), la cual tiene como finalidad regular la lengua de señas peruana en el territorio nacional [20].

### ***Dactilología***

El término Dactilología es la representación de la lengua natural de señas peruanas, mediante el uso de las manos representado de forma manual cada una de las letras que componen el alfabeto, números, etc. [33].

Teniendo en cuenta lo anterior la LSP es crucial en mi proyecto, siendo esencial para la comunicación de personas con discapacidad auditiva. Además, la Dactilología, que representa letras y números manualmente, desempeña un papel fundamental en el aprendizaje de la LSP a través de mi Sistema Tutor Inteligente, beneficiando a los estudiantes.

### ***Sistema tutor inteligente***

Un Sistema Tutor Inteligente (STI) es un sistema educativo que opera de manera similar a un profesor particular, brindando apoyo personalizado a los estudiantes [3]. En el contexto de mi proyecto, se enfoca en el aprendizaje de la Lengua de Señas Peruana (LSP). Un aspecto clave de un STI es su capacidad para adaptarse a las necesidades cognitivas individuales de los estudiantes, lo que implica la libertad de responder de manera personalizada a sus requisitos de aprendizaje.

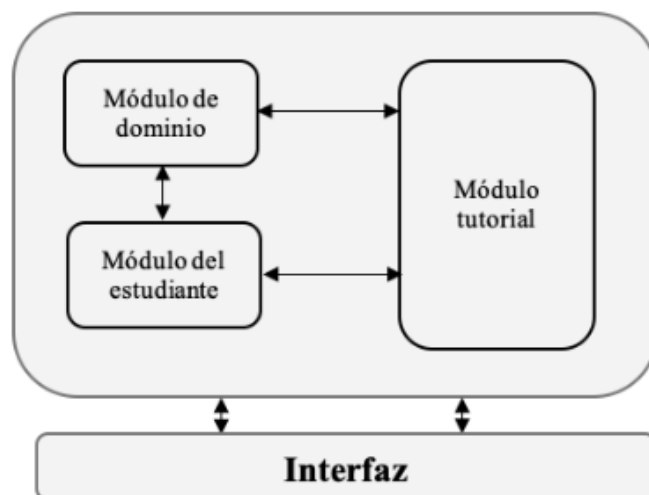


Fig. 3. Diagrama de Sistema Tutor

## Materiales y métodos

### *Tipo y nivel de investigación*

#### *Tipo de investigación*

Según lo planteado en el manual de Frascati [34], el tipo de investigación a emplear es la aplicada, puesto que los resultados resolverán un problema en un contexto específico, con el propósito de mejorar la enseñanza de la lengua de señas en un contexto específico.

#### *Nivel de investigación*

Cuantitativa preexperimental

### *Diseño de investigación*

La investigación actual adoptó el diseño de contrastación conocido como preprueba/posprueba con un solo grupo, siguiendo las pautas establecidas por Hernández 36. A continuación, se presenta un diagrama que ilustra este diseño:

$$O_1 \rightarrow X \rightarrow O_2$$

Donde:

$O_1$  = Medición diagnóstica de la situación actual a través de encuestas y entrevistas para identificar las dificultades en la enseñanza de la Lengua de Señas Peruana (LSP) y las necesidades de los estudiantes.

$X$  = Sistema para el aprendizaje de lengua de señas

$O_2$  = Medición del impacto y efectividad de la propuesta en la mejora de la enseñanza de la LSP. Dado el tiempo limitado para medir el impacto directo en los estudiantes, se procedió a validar y evaluar la aceptación del sistema.

### *Métodos de investigación*

Los métodos de investigación empleados serán los siguientes:

TABLA I  
MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Método	Descripción
Analítico	Se aplico en la fase inicial del proyecto, consistió en el análisis de las necesidades y desafíos de la comunidad con diversidad auditiva mediante entrevistas y recopilación de videos en entornos relevantes de la Lengua de Señas Peruana (LSP).
Deductivo	Se utilizo durante la etapa de planificación y diseño del Sistema Tutor Inteligente, implicó un proceso lógico de planificación en el desarrollo de software para definir los pasos necesarios y abordar los problemas identificados.
Implementación	Se aplico en la fase de desarrollo y construcción del Sistema Tutor Inteligente, permitió la materialización de la propuesta de solución diseñada en la etapa deductiva en un entorno de desarrollo de software.

### *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

A continuación, en la siguiente tabla se muestra las técnicas e instrumentos que fueron útiles para la recolección de datos.

TABLA II  
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas	Instrumentos	Elementos de la población	Propósito
<b>Observación</b>	<b>Fichas</b>	<b>Informes de investigación</b>	<b>Recolección de información para conocer la problemática.</b>
<b>Entrevista</b>	<b>Guía de entrevista (ver anexo N° 03)</b>	<b>Docente</b>	<b>Recolección de información sobre la problemática mediante las respuestas a la entrevista realizada</b>

### *Procedimientos*

### ***Metodología de desarrollo***

En el desarrollo del producto tecnológico se ha adoptado una metodología que combina elementos de Scrum y CRISP-DM para aprovechar lo mejor de ambas metodologías. Esta decisión se basa en las características únicas del proyecto y las necesidades específicas que se abordaron. La metodología SCRUM desempeñó un papel crucial aprovechando su enfoque dinámico, mientras que CRISP-DM, aunque no fue seguida en su totalidad, se logró adaptar actividades específicas relevantes para la construcción del algoritmo, las cuales se integraron con éxito. Esto permitió mantener un proceso de documentación completo y al mismo tiempo sacar el máximo beneficio de la estructura ágil de SCRUM para la gestión del proyecto en conjunto.

#### **1. Fase #1: Inicio**

En esta fase, se definió la visión de implementar un Sistema Inteligente para la enseñanza de la Lengua de Señas Peruana en la I.E.P. Harvest. Se identificaron los roles clave del equipo SCRUM para llevar a cabo esta implementación, incluyendo el Product Owner y el SCRUM Master.

Las actividades desarrolladas en esta fase son las siguientes:

- ✓ Definición de la Visión del Proyecto en base a la información y objetivos.
- ✓ Identificación de roles y formación del equipo SCRUM.
- ✓ Desarrollo de épicas que servirán como guía en el proceso de implementación.

#### **2. Fase #2: Planeamiento y Estimación**

Durante esta fase, se crearon y estimaron historias de usuario relacionadas con la enseñanza de la Lengua de Señas Peruana. Esto incluyó la planificación de módulos específicos, como menús, detalles de letras y números, evaluaciones formativas y sumativas, y módulos de gestos.

Las actividades desarrolladas en esta fase son las siguientes:

- ✓ Identificación Creación y estimación de historias de usuario.
- ✓ Estimación de tareas.
- ✓ Creación del Sprint Backlog.

### **3. Fase #3: Diseño e Implementación**

En esta fase, se desarrollaron los entregables concretos para el Sistema Inteligente, incluyendo la creación de una base de datos, la implementación de un algoritmo inteligente y módulos específicos para la enseñanza de la Lengua de Señas Peruana. Para ello, se tomaron en cuenta ciertas etapas de la metodología CRISP-DM y se incorporaron de manera efectiva en la metodología SCRUM. Además, las reuniones diarias de SCRUM ayudaron a mantener el proyecto en curso.

Las actividades desarrolladas en esta fase son las siguientes:

- ✓ Creación de entregables.
- ✓ Preparación y generación de datos (CRISP-DM)
- ✓ Modelado y construcción de la red neuronal (CRISP-DM)
- ✓ Evaluación del modelo (CRISP-DM)
- ✓ Realización de reuniones diarias de SCRUM (Daily SCRUM).

### **4. Fase #4: Revisión y Retrospectiva**

En esta fase, se llevaron a cabo pruebas y validaciones para garantizar que el Sistema Inteligente funcionara correctamente en la enseñanza de la Lengua de Señas Peruana. Se realizó una retrospectiva para identificar áreas de mejora, tanto en el producto como en el proceso.

Las actividades desarrolladas en esta fase son las siguientes:

- ✓ Validación de los resultados.
- ✓ Retrospección de los Sprint's.

### **5. Fase #5: Lanzamiento**

En esta fase, se procedió al lanzamiento del producto final, una solución de enseñanza de la Lengua de Señas Peruana, que se implementó con éxito. El contexto de esta etapa es crucial para comprender la culminación de un proyecto que involucró múltiples etapas de desarrollo y pruebas.

Las actividades desarrolladas en esta fase son las siguientes:

- ✓ Entrega del producto final.
- ✓ Retrospectiva final del proyecto.

## **Resultados y discusión**

### ***Caracterizar los patrones de los rasgos gestuales de la LSP en base a imágenes y videos.***

Se logró la caracterización de los patrones gestuales de la Lengua de Señas Peruana (LSP) mediante la creación de un conjunto de datos de alta calidad que representó con precisión los gestos y signos característicos. El proceso de prueba y validación arrojó resultados notables, con una impresionante precisión del 98.71% en la primera prueba de imagen y un sólido 97.77% en la segunda prueba. Estos logros respaldaron de manera contundente la calidad y la exactitud del conjunto de datos, sentando así una sólida base para futuros avances y desarrollos en este campo de estudio.

### ***Construir un algoritmo inteligente que permita reconocer y procesar la LSP.***

Se logró con éxito la construcción de un algoritmo basado en una Red Neuronal Convolutiva (CNN) destinado al reconocimiento y procesamiento de la LSP. Durante el proceso de entrenamiento, el modelo alcanzó una destacada precisión del 97.21%, lo que demostró su capacidad para aprender y adaptarse a los patrones de los datos de entrenamiento. En la fase de validación, el modelo mantuvo un alto rendimiento con una precisión del 90%. Además, se realizaron evaluaciones adicionales, como la creación de una matriz de confusión y una curva ROC, que proporcionaron información detallada sobre el rendimiento del modelo en la clasificación de gestos de LSP. Estos resultados respaldaron la solidez del modelo y su potencial como una herramienta valiosa en la enseñanza y comunicación de la LSP.

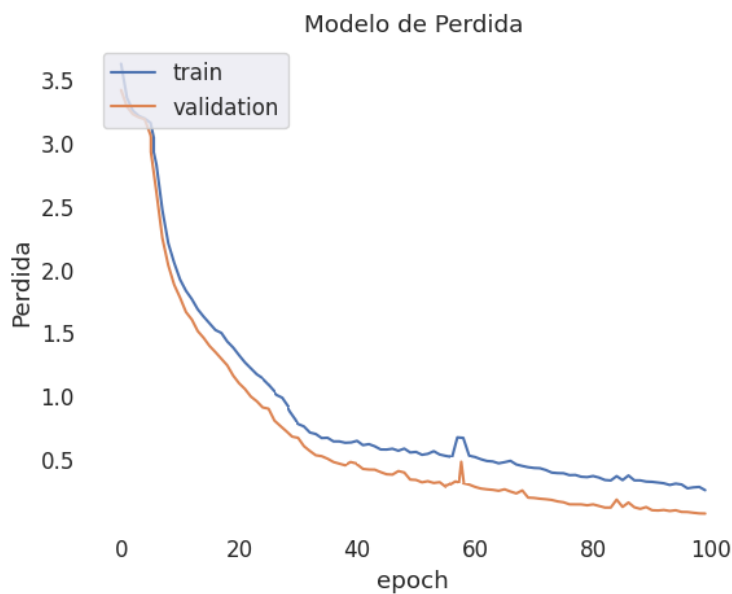


Fig. 3. Graficas estadístico de perdida de datos del modelo

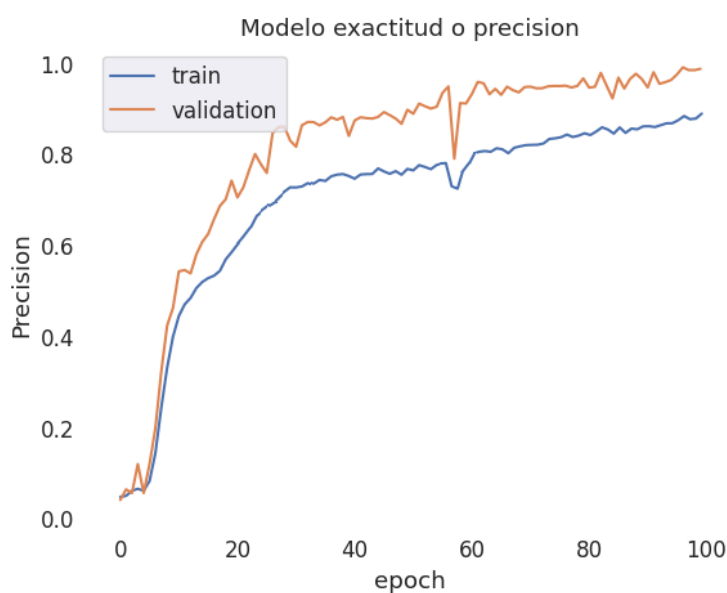


Fig. 4. Graficas estadístico de exactitud o precisión del modelo

### ***Validar el nivel de aceptación tecnológica por parte del usuario usando el modelo TA***

Se realizó una evaluación del nivel de aceptación tecnológica por parte de los usuarios finales de un sistema tutor implementado, utilizando el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM). Los resultados se presentan en la Tabla I, donde se recopilan las percepciones de utilidad y facilidad percibidas de uso de los usuarios.

TABLA III  
MODELO TAM

Usuario	Utilidad Percibida					Facilidad Percibida de Uso				
	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
<b>TA (+)</b>	3	7	6	6	5	8	5	6	5	6
<b>A</b>	5	1	2	2	2	0	3	1	3	2
<b>N</b>	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
<b>D</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TD (-)</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En cuanto a la utilidad percibida, el 67% de los usuarios están completamente de acuerdo, el 30% están de acuerdo, y el 3% consideran que es aceptable, sin que ningún usuario muestre desacuerdo.

En lo que respecta a la facilidad percibida de uso, el 76% de los usuarios están totalmente de acuerdo, el 22% están de acuerdo, y el 2% considera que es aceptable.

Estos resultados indican una alta aceptación por parte de los usuarios finales en cuanto a la utilidad y facilidad de uso del sistema tutor implementado para el aprendizaje de la lengua de señas.

***Objetivo General: Implementar un sistema tutor inteligente basado en técnicas la lengua de señas peruana básica***

Previo al desarrollo del proyecto se realizó una encuesta para contextualizar la problemática existente en la I.E.P. “Harvest” referente a los desafíos del aprendizaje y la enseñanza de la lengua de señas, pudiendo resaltar las principales dificultades con las cuales contaba el método tradicional de enseñanza. Tomando cuenta dos fases, pre y post implementación del sistema, fue necesario evaluar si el software cumplía su propósito. De esta manera se llevaron a cabo dos evaluaciones.

Por un lado, se llevó a cabo un cuestionario de evaluación (Anexo N° 04) que fue administrado a un grupo de expertos en la enseñanza de LSP, posterior a sus interacciones con el sistema tutor inteligente.

TABLA XXXI  
CUESTIONARIO EXPERTOS de la lengua de señas (lsp)

<b>EXPERTOS</b>	<b>PREGUNTAS</b>					
<b>DE LSP</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	5	4	5	4	4	22
<b>2</b>	5	5	5	4	5	24
<b>3</b>	4	5	5	5	4	23
<b>4</b>	5	4	5	4	5	23
<b>5</b>	4	5	5	5	5	24

TABLA XXXII  
CUESTIONARIO EXPERTOS

<b>Expertos</b>	<b>Promedio</b>
<b>1</b>	4.4
<b>2</b>	4.8
<b>3</b>	4.6
<b>4</b>	4.6
<b>5</b>	4.8
<b>Promedio</b>	<b>4.64</b>
<b>Máximo posible</b>	<b>5</b>
<b>Resultado</b>	4.64
<b>Porcentaje</b>	93%

Este resultado del 93% refleja una alta validación por parte de los expertos en LSP respecto a la utilidad y eficacia del sistema propuesto.

Por otro lado, para afianzar el logro del cumplimiento del mismo, se elaboró una lista de cotejo para evaluar la implementación y confiabilidad del producto de software bajo el juicio de expertos en el área de Tecnología de la Información (TI). Los resultados de la evaluación se presentan a continuación:

**TABLA XXXIII**  
**CUESTIONARIO EXPERTOS**

E X P E R T O S	<b>PREGUNTAS</b>														
	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>	<b>P8</b>	<b>P9</b>	<b>P10</b>	<b>P11</b>	<b>P12</b>	<b>P13</b>	<b>P14</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	70
<b>2</b>	4	4	5	4	4	5	5	4	5	4	4	5	5	5	63
<b>3</b>	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	69

**ESTADISTICOS**

<b>V a r i a n z a</b>	0.222	0.333	0	0.333	0.333	0	0	0.333	0	0.333	0.333	0	0	0	14.333333
--	-------	-------	---	-------	-------	---	---	-------	---	-------	-------	---	---	---	-----------

Posterior a la evaluación por parte de expertos, se verificó la confiabilidad de dicha evaluación, mediante el cálculo del coeficiente alfa de Cronbach, obteniendo un valor de  $\alpha=0.91$ , indicando este resultado un nivel satisfactorio. Por lo tanto, se validó la aplicabilidad del juicio de expertos utilizado.

**TABLA XXXV**  
**CUESTIONARIO EXPERTOS EN TI**

<b>Expertos</b>	<b>Promedio</b>
<b>1</b>	5
<b>2</b>	4.5
<b>3</b>	4.93
<b>Promedio</b>	4.81
<b>Máximo posible</b>	<b>5</b>

<b>Resultado</b>	4.81
<b>Porcentaje</b>	96%

Los resultados de esta aceptación tecnológica fueron notablemente altos, con un 93% de validación por expertos en la enseñanza de LSP y un 96% por expertos en TI, quienes confirmaron la utilidad y confiabilidad del sistema. Estos resultados evidencian que el sistema no solo abordó los desafíos existentes en el método tradicional de enseñanza, sino que también estableció una herramienta eficaz y accesible para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la LSP.

En esta investigación, se desarrolló un Sistema Tutor Inteligente (STI) basado en Deep Learning con el propósito de mejorar el aprendizaje de la Lengua de Señas Peruana. Esta investigación ha aportado contribuciones significativas al campo de la enseñanza de la LSP en el contexto de la I.E.P. Harvest. Se ha centrado en la creación de un Sistema Tutor Inteligente basado en Deep Learning para mejorar el aprendizaje de la LSP. Esto es especialmente importante ya que, aunque existen investigaciones previas que abordan la enseñanza de lenguas de señas utilizando soluciones tecnológicas, nuestro enfoque se diferencia en varios aspectos clave.

En comparación con investigaciones previas, como las de Papatsimouli et al. [16] y C. L. Prada [17], que utilizan aplicaciones móviles interactivas para enseñar lenguas de señas, nuestro proyecto se distingue por su adaptación específica a la LSP y al contexto educativo en Perú. Esta adaptación es esencial para satisfacer las necesidades de un grupo específico de estudiantes y profesores, lo que tiene un impacto directo en su educación y comunicación.

Un elemento fundamental de nuestra investigación es la utilización de Deep Learning. Mientras que algunas investigaciones anteriores se centran en el reconocimiento de gestos y el aprendizaje automático, nuestro enfoque en Deep Learning representa una ventaja significativa en términos de adaptabilidad y efectividad. Esto se diferencia de los enfoques estadísticos y de aprendizaje automático utilizados en antecedentes relevantes.

Comparando con trabajos como los de K. A. Roca y A. Jimenez, la utilización de Deep Learning en nuestro proyecto nos permite ofrecer una solución más adaptable y efectiva

para el aprendizaje de la LSP. Mientras que estos trabajos se centran en la interpretación y el aprendizaje de lenguas de señas, nuestro énfasis en Deep Learning representa una diferencia clave en la tecnología subyacente.

Nuestra investigación destaca la interactividad y la capacidad de prueba en tiempo real en el sistema desarrollado. Este enfoque único en proporcionar una experiencia de aprendizaje práctica distingue nuestro proyecto. El uso de modelos 3D y la capacidad de prueba en tiempo real podrían aumentar la eficacia y precisión del aprendizaje de la LSP, contribuyendo así a una comunicación más efectiva y, en última instancia, a una mejor calidad de vida para las personas sordas en la I.E.P. Harvest y más allá.

A diferencia de los antecedentes mencionados, este proyecto se distingue por su énfasis en la interactividad y la experiencia de prueba en tiempo real, lo que puede mejorar significativamente el aprendizaje de la LSP y la comunicación efectiva de las personas sordas en el entorno educativo de la I.E.P. Harvest.

En resumen, aunque compartimos similitudes con investigaciones previas en cuanto al uso de tecnología para el aprendizaje de lenguas de señas, nuestro proyecto se distingue por su enfoque en la LSP, su adaptación a un entorno educativo específico, su énfasis en Deep Learning y tecnologías interactivas, y su capacidad de prueba en tiempo real. Estas características hacen que este proyecto sea valioso para la comunidad sorda de la I.E.P. Harvest y podrían tener un impacto positivo en la calidad del aprendizaje y la comunicación.

## **Conclusiones**

1. Con base en el análisis exhaustivo de imágenes y videos, se logró con éxito la caracterización de los patrones de rasgos gestuales asociados a la Lengua de Señas Peruana (LSP). La identificación y almacenamiento de características específicas proporcionaron una comprensión más profunda de la diversidad y complejidad de los gestos utilizados en la LSP, a su vez, se evidenció que estos patrones presentan características compartidas que permitieron su agrupación natural en señas de letras, números y gestos. Este agrupamiento proporcionó una visión más estructurada y comprensible de la riqueza gestual en la LSP. De este modo, los

resultados obtenidos revelaron patrones gestuales distintivos que son fundamentales para la enseñanza efectiva de la LSP.

2. Se logró con éxito la construcción de un algoritmo inteligente altamente preciso, con una notable precisión del 97%, que demuestra su eficacia en el reconocimiento y procesamiento de la Lengua de Señas Peruana (LSP). Este logro se erige como un hito significativo, ya que establece los cimientos esenciales para la implementación del sistema tutor inteligente. Este algoritmo permite un aprendizaje más accesible y efectivo de la LSP, respaldado por su alta tasa de precisión en la interpretación de los gestos y movimientos característicos de esta lengua.
3. Los resultados obtenidos revelan una sólida aceptación tecnológica por parte de los usuarios, según el modelo TAM, respaldando la eficacia del sistema tutor inteligente en la enseñanza de la Lengua de Señas Peruana (LSP) y la promoción de la inclusión de la comunidad con Diversidad Auditiva. La percepción de utilidad se distribuye de la siguiente manera: un 67% de los usuarios están completamente de acuerdo, un 30% están de acuerdo, y un 3% consideran que es aceptable. En cuanto a la facilidad de uso, el sistema cuenta con un 76% de usuarios que están totalmente de acuerdo, un 22% de acuerdo y un 2% que considera que es aceptable. Estos datos cuantitativos respaldan el potencial del sistema para marcar una diferencia significativa en la enseñanza de la LSP y la inclusión de la comunidad con Diversidad Auditiva.
4. Cada uno de los objetivos específicos planteados en esta investigación se logró con éxito, y el cumplimiento del objetivo general quedó ampliamente respaldado por el juicio favorable de los expertos. Los resultados reflejaron un nivel de aceptación tecnológica notable, con un 93% de aprobación de los expertos en enseñanza de LSP y un 96% de los especialistas en TI, quienes destacaron la utilidad y confiabilidad del sistema desarrollado. Este respaldo confirmó que la propuesta no solo resolvió los desafíos del método tradicional de enseñanza, sino que también se convirtió en una herramienta práctica y efectiva para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la lengua de señas peruana. Además, este proyecto estableció una base sólida para la creación de un sistema tutor inteligente capaz de generar un impacto positivo en la vida de las personas sordas en Perú, fomentando una comunicación más inclusiva y mostrando un gran potencial para futuras mejoras y ampliaciones.

## Recomendaciones

1. Se recomienda que en futuras investigaciones se exploren y evalúen tecnologías avanzadas con el propósito de desarrollar nuevos modelos que permitan reducir el tiempo de reacción y mejorar la precisión en la detección de la lengua de señas.
2. Se recomienda que en futuras investigaciones trabajar con nuevos métodos de selección de imágenes para poder optimizar la cantidad de recursos en utilizados en la fase de entrenamiento de los modelos inteligentes.
3. Se recomienda para futuras investigaciones tomar en cuenta la inteligencia artificial para el desarrollo de nuevas plataformas para apoyar el aprendizaje de las distintas formas de comunicación existentes, como lo es el Braille, Comunicación por ojo, Comunicación por tablas, etc.

## Referencias

- [1] Fundación Merck Salud, Inteligencia Artificial en el campo de la salud, Madrid: Canal Editorial S.L., 2021.
- [2] International Business Machines Corporation (IBM), «www.ibm.com,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/es-es/topics/deep-learning>. [Último acceso: 20 10 2023].
- [3] M. H. Rodríguez Chávez, «Sistemas de tutoría inteligente y su aplicación en la educación superior,» *Revista Iberoamericana de investigación y desarrollo*, vol. 11, n° 22, 2021.
- [4] Q. Wang, Y. Wang, K. Zhang, Y. Liu y W. Qiang, «Artificial Intelligent Power Forecasting for Wind Farm Based on Multi-Source Data Fusion,» *Processes*, 2023.
- [5] E. B. Brahim, K. Loizos, K. Akis, C. Christos, S. Stavros y D. Tasos, «Implementing Deep Learning Techniques in 5G IoT Networks for 3D Indoor Positioning: DELTA (DeEp Learning-Based Co-operatiVe Architecture),» *Sensors*, 2020.
- [6] GlobeNewswire, Inc., «Deep Learning Market to Reach \$406 Billion, Globally, by 2032 at 37.8% CAGR: Allied Market Research: The global deep learning market is experiencing growth due to an increase in data availability and advancements in the

- hardware, and increasing investment,» *NASDAQ OMX's News Release Distribution Channel*, 23 Septiembre 2023.
- [7] R. L. Carvalho, R. G. Cabral y Y. R. Ferrer, «Sistemas tutores inteligentes como recurso didático no ensino da matemática,» *Holos*, vol. 35, n° 6, 2019.
- [8] R. A. Martínez-Rodríguez, O. Álvarez-Xochihua, E. O. Martínez-Lucero, M. E. Bareño-Domínguez y J. A. González-Fraga, «Asesoría personalizada basada en estilo de aprendizaje y nivel de autoestima: proporcionada por un sistema de tutoría inteligente,» *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Información*, 2021.
- [9] M. Papatsimouli, K. Filippou Kollias, L. Lazaridis y G. Fragulis, «Speak with signs: Active learning platform for Greek Sign Language, English Sign Language, and their translation,» University of Western Macedonia, Koila, 2020.
- [10] F. Alba Centeno, «Deep Learning,» Universidad de Sevilla, Sevilla, 2019.
- [11] L. D. Younger, «Accessing Deeper Learning Strategies to Support More Equitable Instructional Practices: How Can Deeper Learning Motivate Marginalized Secondary Students for Higher Performance?,» *English Leadership Quarterly*, vol. 43, n° 1, pp. 8-10, 2020.
- [12] G. V. Morales Acosta, R. A. Sanhueza y A. Ayala, «Sensibilidad Intercultural: Diversidad auditiva y comunicación,» *Revista Pasajes*, vol. 4, pp. 40-49, 2021.
- [13] S. M. Angeles Hernández, «Diseño de videos educativos sobre Lengua de Señas para ayudar a la comunicación entre las personas con discapacidad auditiva y la comunidad en general,» 2021.
- [14] A. Cortés Suarez, «Evolución de la comunidad Sorda y su educación y propuestas para la difusión de la lengua de signos,» Universidad Pompeu Fabra, Barcelona, 2018.
- [15] Organización Mundial de la Salud, 2021. [En línea]. Available: <https://www.who.int/>. [Último acceso: 20 Agosto 2022].
- [16] Organización Mundial de la Salud, 27 Febrero 2023. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>.
- [17] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Perú: perfil sociodemográfico. Informe Nacional,» Lima, 2017.

- [18] Defensoría del Pueblo, «Defensoría del Pueblo: debe facilitarse el aprendizaje de la lengua de señas peruana y promover la identidad lingüística y cultural de las personas sordas,» 2020.
- [19] L. d. P. Quevedo Sánchez, «Influencia de la lengua de señas para la comprensión de información en estudiantes con discapacidad auditiva,» *Ciencia Latina*, vol. 5, n° 4, 2021.
- [20] Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad, «Ley que otorga reconocimiento oficial a la lengua de señas peruana,» Lima, 2010.
- [21] N. M. OrtizFarfán, «Diseño y construcción de prototipo de software para reconocer lenguaje de señas de personas con discapacidad auditiva,» Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2020.
- [22] C. L. Prada Beltrán, «Implementación de un prototipo de Aplicación Móvil en Plataforma Android para el,» Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, 2020.
- [23] P. Das, T. Ahmed y A. Md.Firoj, «Static Hand Gesture Recognition for American Sign Language using Deep Convolutional Neural Network,» University of Engineering & Technology, Bangladesh, 2020.
- [24] K. A. Lopez Roca, «Aplicación móvil de interpretación del lenguaje de señas peruanas para discapacitados auditivos en la Asociación de Sordos de la Región Lima,» Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2018.
- [25] R. A. Castillo Portales, D. Nuñera y S. E. Cieza Mostacero, «Aplicación Móvil Multiplataforma Basado en Redes Neuronales para Mejorar el Aprendizaje del,» Universidad César Vallejo, Trujillo, 2022.
- [26] A. Jimenez Moreano y B. A. Quecho Ccachainca, «Prototipo de traductor de Lengua de Señas peruana básicas usando Machine Learning,» Universidad Andina del Cusco, Cusco, 2020.
- [27] C. A. Montenegro Cachay y D. R. Villa Rodríguez, «Sistema inteligente de reconocimiento de lenguaje de señas peruano para mejorar la comunicación entre las personas sordomudas de la Institución Educativa Bautista para sordos Harvest en Chiclayo.,» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Chiclayo, 2020.
- [28] A. B. Farroñan Carranza, «Aplicación móvil para la práctica de la lengua de señas peruana en los aspectos de alfabeto, números y relaciones familiares y personales

- del vocabulario básico en la asociación de sordos de Lambayeque en el año 2020,» Chiclayo, Perú, 2021.
- [29] M. J. Vasquez Soto, «Aplicación móvil basado en el reconocimiento de imágenes para apoyar el aprendizaje del lenguaje de señas de gestos estáticos en el Perú,» Chiclayo, Perú, 2021.
- [30] B. D. S. Berman, A. L. Buczak, J. S. Chavis y C. L. Corbett, «A Survey of Deep Learning Methods for Cyber Security,» *Revista Information*, 2019.
- [31] L. Alegsa, «Definición de Modelo en 3D,» Santa Fé, 2023.
- [32] D. Forsyth y J. Ponce, *Computer Vision: A Modern Approach*, Londres: Pearson; 2nd edición, 2017.
- [33] Ministerio de Educación, «Censo Educativo 2019,» Lima, 2019.
- [34] OECD, *Manual de Frascati 2015. Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental*, Paris: OECD Publishing, 2018.
- [35] C. Fajardo de Andara, «Marvin Lee Minsky: pionero en la investigación de la inteligencia artificial (1927-2016),» Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre, Lara, 2021.
- [36] Ministerio de Educación, *Lengua de señas peruana: guía para el aprendizaje de la lengua de señas peruana, vocabulario básico*, Lima, 2015.
- [37] I. B. M. Corporation, «¿Qué es la inteligencia artificial (IA)?,» Nueva York, 2020.
- [38] R. Hernández-Sampieri y C. Mendoza, *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*, México: Mc Graw Hill Education, 2019.

## Anexos

**ANEXO N° 01. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO  
ACREDITABLE DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS**



**CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO ACREDITABLE**

Chiclayo, 7 de setiembre del 2023

El Director encargado de la I.E.P. Bautista para Sordos HARVEST, por medio de la presente.

Hace constar:

Que **Jean Piero Delgado Santa Cruz**, estudiante de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo de la escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación, identificado con DNI 73476727, ha desarrollado la tesis titulada «**Sistema tutor *inteligente* basado en Deep learning para apoyar el aprendizaje de lengua de señas peruanas**» en la I.E.P. Harvest.

Asimismo, se informa que el producto entregado por el estudiante mencionado ha sido aprobado, habiendo sido entregado de manera satisfactoria y cumpliendo con todos los requerimientos solicitados.

Esta constancia se emite a solicitud del estudiante para los fines que estime convenientes.

Atentamente,

  
Firma y Sello:  
Ica Esther Cecilia Cordero  
C.P.N.: 1676469234

## ANEXO N° 02. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### ENTREVISTA EN LA INSTITUCIÓN

#### **¿Cuál es la forma actual de enseñanza?**

Actualmente la enseñanza tiene etapas de los temas que se enseña, primero enseñamos las letras, también conocido como el abecedario para que tengan una base de la dactilología y deletreo, mientras van avanzando a medida de lo que les enseñamos, seguimos con el tema de los números y gestos.

#### **¿Existen niveles de capacitaciones(principiantes, medio o avanzado)?**

Nosotros capacitamos a todos los interesados en un mismo grupo y lo hacemos desde el tema más básico. No hay grupos que inicien con capacitaciones más avanzadas, siempre se inicia desde 0, ya que no todos tienen conocimientos previos.

#### **¿Cuáles son los materiales pedagógicos que utilizan?**

Por lo general usamos el material que nos asigna la institución, también en ocasiones buscamos en internet material complementario y las traemos impresas para enseñar en clases. Aunque es muy laborioso en muchas ocasiones, ya que con el tiempo al ser materiales físicos y frágiles, con el tiempo tienden a romperse, mancharse y al final termina siendo desechado por que ya no se puede usar.

#### **¿Qué problemas se presentan a la hora de realizar las capacitaciones?**

La velocidad de aprendizaje de los alumnos no todas son iguales, por ende hay que tomar mayor tiempo con algunos y eso hace que el avanzar determinados temas en una sesión no sean concretados.

También hay que llegan alumnos que vivieron en otras comunidades o ciudades, donde la enseñanza que les dieron es distinta a la damos, ya que aun en algunas partes del país la homogeneidad de las de señas aun no es aplicada.

Y a veces por motivos n, algunos alumnos llegan tarde o faltan y se tiene que volver a explicar y eso requiere de tiempo que podría ser empleado en avanzar más temas.

**ANEXO N° 03. CUESTIONARIO TAM PARA USUARIOS FINALES DEL SISTEMA  
TUTOR INTELIGENTE**

Instrumento para medir la intención de uso de un Sistema Tutor Inteligente para el  
Aprendizaje de la Lengua de Señas Peruana, según el modelo de aceptación tecnológica  
(TAM)

**Objetivo del cuestionario:** Recoger opiniones de los usuarios finales para evaluar la usabilidad del Sistema Tutor Inteligente basado en Deep Learning y su impacto en el aprendizaje a través del modelo de aceptación tecnológica (TAM).

**Instrucciones:** Marque con una "X" la opción que mejor refleje su opinión.

TABLA IV  
PESOS DE LAS RESPUESTAS DEL CUESTIONARIO TAM

TD (-)	D	N	A	TA (+)
En total desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo ni desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

TABLA V  
PREGUNTAS DEL CUESTIONARIO TAM

<b>UTILIDAD PERCIBIDA</b>	<b>TD (-)</b>	<b>D</b>	<b>N</b>	<b>A</b>	<b>TA (+)</b>
El sistema mejora la efectividad de tu aprendizaje de Lengua de Señas					
Sientes que el sistema facilita la comunicación en Lengua de Señas					
El sistema te ayuda a comprender mejor la gramática y vocabulario de la Lengua de Señas					
Creas que el sistema hace que aprender Lengua de Señas sea más interesante y atractivo					
Permite el sistema una práctica más efectiva de las señas de Lengua de Señas Peruana					
<b>FACILIDAD PERCIBIDA DE USO</b>					
Encuentras fácil acceder y usar el Sistema Tutor Inteligente					
Las interfaces y la navegación del sistema son fáciles de entender					
Consideras que interactuar con el sistema es claro y comprensible					
El sistema se adapta de manera flexible a tus necesidades					
Creas que podrías aprender rápidamente a utilizar este sistema					