

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



**APLICACIÓN MÓVIL BASADO EN EL RECONOCIMIENTO DE
IMÁGENES PARA APOYAR EL APRENDIZAJE DEL LENGUAJE DE
SEÑAS DE GESTOS ESTÁTICOS EN EL PERÚ**

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

AUTOR

MARCOS JOEL VASQUEZ SOTO

ASESOR

MARLON EUGENIO RIVAZ VILCHEZ

<https://orcid.org/0000-0003-2979-0731>

Chiclayo, 2021

**APLICACIÓN MÓVIL BASADO EN EL
RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES PARA APOYAR EL
APRENDIZAJE DEL LENGUAJE DE SEÑAS DE GESTOS
ESTÁTICOS EN EL PERÚ**

PRESENTADA POR
MARCOS JOEL VASQUEZ SOTO

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

Jury Yesenia Aquino Trujillo
PRESIDENTE

William Alfredo Noblecilla Vincés
SECRETARIO

Marlon Eugenio Vílchez Rivas
VOCAL

Dedicatoria

A Dios quién supo guiarme por el buen camino, y por permitirme lograr este objetivo.

A Juan Vásquez, mi abuelo, que desde el cielo siempre está guiando mis pasos.

A mi familia, por brindarme su apoyo incondicional, por los consejos y motivación constante durante toda mi educación y en especial para culminar mi carrera profesional.

A Manchas, Luna, Rubius y Fernanda mis fieles acompañantes durante toda mi investigación.

A Ingrid Murillo por siempre brindarme su apoyo moral para llevar adelante mi trabajo de investigación.

.

Agradecimientos

Al Ing. Héctor Zelada y el Ing. Marlon Vílchez, mis asesores, agradezco por su tiempo, apoyo y paciencia; así como también haberme compartido sus conocimientos que facilitaron durante todo el desarrollo de la investigación.

A la Asociación de Sordos de Lambayeque por brindarme las facilidades para que fuera posible la realización de esta investigación.

A la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo y en especial a la Facultad de Ingeniería que me dieron la oportunidad de formar parte de ella. ¡Gracias!

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción.....	8
Revisión de literatura.....	10
Materiales y métodos	13
Resultados y discusión	18
Conclusiones	38
Recomendaciones	38
Referencias.....	39
Anexos	41

Resumen

La investigación se realizó con el fin de apoyar en el aprendizaje del lenguaje de señas que es el medio de comunicación más usado por las personas con discapacidad auditiva. Para ello se utilizó la Metodología General de Machine Learning, donde mediante el aprendizaje de máquinas, se creó un modelo predictivo que permite reconocer los gestos estáticos del lenguaje de señas peruano que comprende el abecedario. Este modelo fue integrado haciendo uso de la Metodología XP en una aplicación interactiva que permite el aprendizaje de dichos gestos. Así, el resultado obtenido permite a las personas una manera más sencilla de aprender dicho lenguaje desde la comodidad de la casa generando así una mayor inclusión para las personas con esta discapacidad.

Palabras clave: Discapacidad auditiva, lenguaje de señas, machine learning, reconocimiento de gestos.

Abstract

The research was conducted to support the learning of sign language, which is the most widely used means of communication for people with hearing disabilities. To this end, the General Methodology of Machine Learning was used, where through the learning of machines, a predictive model was created that allows to recognize the static gestures of the Peruvian sign language that comprises the alphabet. This model was integrated using the XP methodology in an interactive application that allows the learning of such gestures. Thus, the result obtained allows people a simpler way to learn such language from the comfort of the home, thus generating greater inclusion for people with this disability.

Keywords: Hearing impairment, sign language, machine learning, gesture recognition.

Introducción

La discapacidad auditiva es la disminución en la capacidad para percibir sonidos que puede ser de tres tipos: parcial, total o unilateral. Este problema impide a las personas comunicarse con otros individuos y por lo tanto afecta en su relación con el entorno dificultando su inclusión en los distintos aspectos: educativo, social y laboral [1].

La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que al 2018 existe 466 millones de personas aproximadamente que padecen pérdida de audición en el mundo, y se estima que para el año 2050, serán 900 millones las personas que sufran de esta discapacidad [1]. En Latinoamérica y el Caribe, se estima que la cantidad de personas con discapacidad auditiva constituye el 9% de la población con discapacidad auditiva en el mundo [2].

En el Perú, de acuerdo con datos del Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad (CONADIS), al 31 de mayo del 2019, existen 1575402 personas con discapacidad de las cuales, 23103 personas tienen discapacidad auditiva [3].

Las personas pueden presentar discapacidad auditiva debido a diversas causas, las cuales se pueden generar en el nacimiento y en cualquier etapa de la vida de la persona. Las primeras de estas, llamadas causas congénitas, se adquieren debido a herencia genética o por complicaciones durante el embarazo y nacimiento. Por otra parte, el segundo grupo de causas, llamadas causas adquiridas, son aquellas que se pueden dar en cualquier momento de la vida y son a consecuencia de diversos factores como enfermedades, exposiciones a ruido, envejecimiento, entre otros [1].

La discapacidad auditiva genera una serie de limitaciones y consecuencias funcionales, sociales y económicas. Como consecuencia funcional, tenemos la limitación de comunicación con los demás lo cual impide el desarrollo de las actividades diarias. En cuanto a lo social, al no poder comunicarse ni siquiera con las personas cercanas, genera un estado de soledad y frustración. En cuanto a consecuencias económicas, las personas con discapacidad auditiva difícilmente pueden seguir estudios y por ello no tienen acceso a un empleo, además de que los empleadores no optan por elegir a personas con discapacidades [1].

El principal problema de las personas con discapacidad auditiva es la comunicación y la necesidad de esta. Para ello, se utiliza el lenguaje de señas como método de comunicación, sin embargo, para que esto sea efectivo las personas del entorno también necesitan conocer este lenguaje.

Existen organizaciones destinadas a la ayuda de las personas con discapacidad auditiva como la Asociación de sordos de Lambayeque. En esta organización se enseña el lenguaje de señas a las personas con discapacidad auditiva y a los familiares. Así también, personas que no están relacionadas directamente con la discapacidad auditiva acuden a la organización para conocer y aprender este lenguaje. Sin embargo, hay personas con discapacidad auditiva que viven lejos y no cuentan con recursos o los familiares no disponen de tiempo para permanecer en contacto por lo que no pueden aprender el lenguaje de señas e impide la comunicación. Es por ello, que se requiere de una herramienta que permita el aprendizaje del lenguaje de señas de forma sencilla e interactiva, la cual pueda ser utilizada por todo público, desde las personas con discapacidad auditiva y familiares hasta las personas ajenas a esta discapacidad que quieran aprender la base de este lenguaje para poder establecer comunicación y de esa forma generar la inclusión y mejorar la calidad de vida.

Para dar solución a este problema se han realizados varias investigaciones. Entre las más resaltantes tenemos: Aplicaciones de traducción lenguaje de señas a voz y texto [4], aplicación de traducción de voz y texto a lenguaje de seña [5], guantes traductores [6], entre otros.

Así, después de lo narrado anteriormente, se genera la siguiente formulación del problema: ¿De qué manera se podría apoyar el aprendizaje del lenguaje de señas de gestos estáticos en el Perú? Para lo cual se plantea el desarrollo de una aplicación móvil que permita apoyar en el aprendizaje del lenguaje de señas de forma interactiva mediante el reconocimiento de gestos estáticos por cámara de un celular, que pueda ser usado desde cualquier parte y por cualquier persona que quiere tener una base para la comunicación mediante este lenguaje.

Para lo propuesto, se espera lograr el siguiente objetivo general: Desarrollar una aplicación móvil basado en el reconocimiento de imágenes para apoyar el aprendizaje del lenguaje de señas de gestos estáticos en el Perú. Para ello, se deberá cumplir con una serie de objetivos específicos los cuales en su conjunto constituirán el logro del objetivo general. Estos objetivos específicos son: Determinar las características asociadas a las imágenes de gestos estáticos del lenguaje de señas peruanos, crear el modelo computacional para reconocer los gestos estáticos del lenguaje de señas peruano, validar la precisión del modelo de reconocimiento de gestos estáticos del lenguaje de señas peruano y crear la aplicación móvil para el reconocimiento de gestos estáticos del lenguaje de señas peruano.

El logro de los objetivos y la investigación como tal es justificable desde la perspectiva científica, financiera, social y tecnológica. Como justificación científica, la investigación sirve de base para otros futuros enfocados en la asistencia tecnológica para personas con discapacidad auditiva. En cuanto a lo financiero, la realización del proyecto es justificable ya que no se necesita de recursos costosos y se cuenta con la capacidad necesaria para su desarrollo. Continuando con la justificación social, tiene gran relevancia pues sirve de apoyo en el aprendizaje del lenguaje de señas para las personas con discapacidad auditiva y aquellos que desean aprender, pero por diversos factores no pueden hacerlo como ya se ha mencionado anteriormente, permitiendo crear un puente para la comunicación y así aumentar la inclusión y participación. Por último, el proyecto es justificable tecnológicamente ya que en la actualidad la tecnología tiene un enfoque comercial, sin embargo, se debe de cambiar y orientar esto, fomentando la investigación y desarrollo de tecnología asistida pues permite mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidades y apoyar en su integración dentro de la sociedad. La tecnología debe estar orientada a resolver verdaderas necesidades y no a crearlas.

Revisión de literatura

En la revisión de la literatura se consideró los antecedentes y las bases teóricas que se relacionan directamente con la investigación.

Antecedentes

Como antecedentes internacionales se tuvo en cuenta los siguientes:

Guzmán [6], en su investigación desarrollada, narra la problemática sobre la discapacidad auditiva y las limitaciones de esto en el ámbito educación, salud, laboral y social debido a la falta de preparación de las personas en cuanto a la comunicación y de la necesidad de herramientas que permitan la inclusión, logrando desarrollar una solución a través de la creación de un guante que permite traducir el lenguaje de señas a voz artificial y la conexión con dispositivos móviles para las personas con discapacidad. En sus conclusiones, el autor detalló que la solución desarrollada tiene un 90% de efectividad en la traducción del gesto y que en conjunto con la aplicación hacen más simple su utilización, sin embargo, se manifiesta que los movimientos bruscos pueden dañar las conexiones de los sensores y el uso de otras fuentes de energía podría provocar daños a la tarjeta., por lo que se debe usar con mucho cuidado. Así, se tomó en consideración esta tesis pues es una propuesta interesante al apoyo de las personas con discapacidad auditiva, que como bien se manifiesta se presentan algunos detalles que se tomaron en cuenta para el desarrollo de la propuesta de la investigación presente.

MIVOS [4], es un sistema de traducción del lenguaje de señas a voz y texto desarrollado por un grupo de jóvenes chilenos, como apoyo en la comunicación con personas que presentan discapacidad auditiva y utilizan el lenguaje de señas para comunicarse. La aplicación funciona mediante la captación de los gestos con una cámara que mediante algoritmos de inteligencia artificial es procesada para brindar la traducción en la pantalla del dispositivo que se está utilizando. Este proyecto es considerado pues presenta una forma más sencilla de apoyar mediante un ordenador o un celular que son dispositivos accesibles y está orientado al apoyo de las personas con discapacidad auditiva, algo más cercano con lo que se quiere lograr con esta investigación.

Sign'n [5], es una aplicación móvil de traducción de voz y texto a lenguaje de señas desarrollado por un grupo de jóvenes mexicanos. El funcionamiento de la aplicación es lo inverso al antecedente mostrado anteriormente ya que aquí se traduce lo que la persona habla al celular y esta muestra dicho contenido en lenguaje de señas de modo que la persona con discapacidad auditiva al mirar al celular pueda entender lo que se le está diciendo. Esta investigación, al igual que la anterior es considerada pues muestra propuesta más accesibles y factibles orientados a tecnologías actuales como dispositivos móviles y ordenadores por lo cual es un buen punto de referencia de donde partir.

Con respecto a los antecedentes nacionales se consideraron el siguiente:

Visión D [7], es un dispositivo desarrollado por Leoncio Huamán el cuál es un visor de traducción de voz a texto que inicialmente fue enfocado para apoyar la comunicación con niños sordos y que tras el éxito de pruebas se cambió el enfoque destinado a cada persona que presente discapacidad auditiva. El visor funciona captando lo que la persona está hablando y lo procesa a texto en tiempo real mostrándolo en la pequeña pantalla que a su vez también es enviado como mensaje a celular. Este proyecto presenta dificultades en cuanto al costo de desarrollo de

cada visor y se sigue trabajando en la mejora de este. Se tomó en cuenta esta investigación pues es un gran avance con una propuesta innovadora en la tecnología asistiva para la discapacidad auditiva.

En el tema local, se tomó como antecedentes la siguiente tesis:

Fernández y Sandoval [8], en su investigación, narra la problemática en torno a la dificultad de la comunicación de las personas sordas con su entorno sin la necesidad de que estas conozcan el lenguaje de señas, desarrollando y logrando la construcción de un prototipo de guante electrónico como una herramienta de comunicación para personas con discapacidad auditiva. Finalmente, los autores concluyeron que el prototipo alcanzado es preciso y amigable con el usuario permitiéndole una comunicación efectiva con su entorno, pero, como punto a mejorar, se indica que el prototipo debe estar cerca al computador con el cuál se realiza la conexión y si se pasa de la distancia máxima, dejará de funcionar. Esta investigación es considerada ya que presenta un intento local por desarrollar tecnología asistiva y nos muestra un punto de referencia a lo que se afronta la investigación actual.

Bases Teóricas

Discapacidad auditiva

La discapacidad auditiva es el déficit para percibir sonidos, que puede ser de distintos tipos y grados. Puede presentarse de nacimiento o ser adquirida en el trayecto de la vida y dependiendo de esto va a presentar distintos impactos y limitaciones.

La definición sobre sordo brindada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) expresa que es aquella persona cuya dificultad de captar sonidos le impide también aprender su lengua de origen, limitando su desarrollo en educación y participación [1].

Sistemas de comunicación de las personas con discapacidad auditiva

Debido a que las personas con discapacidad auditiva tienen dificultades en aprender su lengua de origen para la comunicación, emplean otros métodos agrupados de la siguiente manera:

-Sistemas Orales: Estos métodos de comunicación son utilizados por personas del tipo hipoacusias, es decir que aún pueden distinguir ciertos sonidos [9].

-Sistemas complementarios de comunicación oral: Estos métodos permiten la comunicación y a su vez son un apoyo para el acceso al lenguaje oral [9].

-Lenguaje de señas: El lenguaje de señas es el método de comunicación empleado por personas sordas al no poder usar su lengua de origen y que se basa principalmente en el movimiento de las manos, aunque también se utilizan otras expresiones mediante ojos, rostro y boca. El lenguaje de señas pueda variar según el lugar y contexto como cualquier otro lenguaje.

La estructura de todo lenguaje de señas está formada por seis elementos, los cuales son: configuración, localización, movimiento, orientación, dirección y expresión facial. Estos elementos permiten a las personas sordas comunicarse adecuadamente [1].

Lenguaje de señas peruano

El Perú es un país pluricultural en donde se hablan diversas lenguas según la zona geográfica. Muy aparte de las lenguas orales, Perú no es libre de personas con discapacidad auditiva, y es por ello que también se utiliza el lenguaje de señas adaptado al país y oficializada por la Ley N° 29535 que otorga el reconocimiento oficial de la Lengua de señas peruanas (LSP) [11].

Existen diferentes mitos sobre la LSP y sobre las diferentes lenguas de señas en general. Una de las creencias más perjudiciales para la comunidad sorda es que, frecuentemente, se piensa que estas no son lenguas, sino meras mímicas asistemáticas. Ello, pues, constituye una idea falsa que solo perpetúa la discriminación lingüística. Estas, así como cualquier idioma oral, poseen un sistema complejo en tanto cuentan con un léxico propio y una gramática organizada. Asimismo, presentan variaciones geográficas, sociales, situacionales y adquisicionales.

Dactilología o alfabeto gestual

La dactilología o alfabeto gestual son las letras del lenguaje natural del país expresadas mediante las manos para la comunicación de personas sordas que saben escribir y leer. Este sistema permite simbolizar las letras por medio de configuraciones.



Fig. 1. Alfabeto gestual peruano [12].

Machine Learning

Machine learning o aprendizaje de máquinas está dentro de la inteligencia artificial cuya finalidad es que las máquinas aprendan por sí solas mediante el reconocimiento de patrones.

Existen tres formas para entrenar modelos de machine learning. Estos son:

- Aprendizaje por refuerzo: El aprendizaje se da mediante un prueba y error hasta conseguir la mejor manera de completar una tarea dada [13].
- Aprendizaje supervisado: El aprendizaje de mediante datos etiquetados [13].
- Aprendizaje no supervisado: El aprendizaje se da mediante patrones comunes que identifican un dato igual a otro y agruparlos [13].

Visión computacional

Visión del computador es un asunto dentro a machine learning que tiene que ver con teorías y métodos en el procesamiento y reconocimiento de imágenes. Trata de imitar la capacidad de la visión humana. Contiene 3 etapas:

-Procesamiento de nivel bajo: En este apartado se extraen propiedades simples como textura, color, etc [14].

-Procesamiento de nivel intermedio: En este apartado se realiza la agrupación de los elementos de bajo nivel con el objetivo de obtener contornos y regiones [14].

-Procesamiento de alto nivel: En este apartado se realiza la interpretación utilizando modelos del dominio del problema [14].

Materiales y métodos

Tipo de investigación

La investigación desarrollada es de tipo aplicada. Este tipo de investigación analiza un problema inmerso en la sociedad y utiliza la teoría para generar soluciones prácticas que permitan mitigar dicho problema a través de un producto [15].

Así, el problema identificado es la barrera de aprendizaje del lenguaje de señas peruano donde se aplicó la teoría para generar una aplicación de apoyo.

Métodos de investigación

Los métodos de investigación empleados son los siguientes:

TABLA I
MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Método	Descripción
Argumentación	Al inicio de la Investigación como fundamento del problema
Implementación	Estrategia para el planteamiento de la propuesta de solución al problema
Testeo	Detectar errores del software desarrollado

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

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

TABLA II
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas	Instrumentos	Elementos de la población	Propósito
Revisión de imágenes	de Buscadores web	Web	Extraer las imágenes de los gestos estáticos del lenguaje de señas peruano.
Procesamiento de imágenes	de Librerías Python	de Imágenes de gestos estáticos del lenguaje de señas peruano	Extraer las características de la imagen para su posterior utilización.

Metodología de desarrollo

A continuación, se mencionan las actividades que se realizarán en cada una de las iteraciones de las metodologías a seguir, en este caso se han desarrollado dos: Metodología General de Machine Learning (usada para el algoritmo) y la Metodología XP (desarrollo del sistema).

Metodología General de Machine Learning

Iteración #1: Definir el objetivo

En esta iteración se desarrollarán las siguientes actividades:
Definición de requerimientos.

Iteración #2: Recolección de la data

En esta iteración se desarrollarán las siguientes actividades:
Recolección de las imágenes de los gestos estáticos del lenguaje de señas peruano para su utilización en el modelo.

Iteración #3: Preparar la data

En esta iteración se desarrollarán las siguientes actividades:
Procesamiento de las imágenes de los gestos estáticos del lenguaje de señas peruano.
Separar la data para uso en entrenamiento y en validación.

Iteración #4: Elección del algoritmo

En esta iteración se desarrollarán las siguientes actividades:
Elección del modelo más adecuado para la solución.

Iteración #5: Entrenar el modelo

En esta iteración se desarrollarán las siguientes actividades:
Ejecución del modelo con la data de entrenamiento.

Iteración #6: Validación del modelo

En esta iteración se desarrollarán las siguientes actividades:
Validar la precisión del modelo entrenado con la data de validación.

Iteración #7: Predicción

En esta iteración se desarrollarán las siguientes actividades:
Ejecución del modelo en tiempo real.
Implementación de la aplicación móvil con el modelo entrenado para el reconocimiento de gestos estáticos del lenguaje de señas peruano.

Metodología XP

Iteración #1: Fase de Exploración

En esta iteración se desarrollarán las siguientes actividades:
Recopilación de la información.
Diagnóstico de la situación actual.
Gestión de riesgos.

Iteración #2: Fase de Planificación de Proyecto

En esta iteración se desarrollarán las siguientes actividades:
Realización de historia de usuarios.
Establecer prioridades de los requerimientos.
Definición de iteraciones
Asignación de pareja.

Iteración #3: Fase de Diseño

En esta iteración se desarrollarán las siguientes actividades:
Diseño de la arquitectura del sistema.
Diseño de la base de datos.
Diseño de las interfaces.

Iteración #4: Fase de Codificación

En esta iteración se desarrollarán las siguientes actividades:
Definición y desarrollo de tareas de iteraciones.

Iteración #5: Fase de Prueba

En esta iteración se desarrollarán las siguientes actividades:
Desarrollo de pruebas de caja negra.
Desarrollo de pruebas de caja blanca

Matriz de Consistencia

<u>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</u>		<u>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN</u>			
¿De qué manera se podría apoyar el aprendizaje del lenguaje de señas de gestos estáticos en el Perú?		<u>TIPO DE INVESTIGACIÓN</u> Experimental		<u>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</u> Preexperimental, con posprueba, porque su grado de control es mínimo.	
<u>OBJETIVO GENERAL</u>		<u>MÉTODO</u>		<u>DESCRIPCIÓN</u>	
Desarrollar una aplicación móvil basado en el reconocimiento de imágenes para apoyar el aprendizaje del lenguaje de señas de gestos estáticos en el Perú.		Argumentación		Argumentos sobre la utilidad del proyecto desarrollado.	
		Implementación		Se pondrá en ejecución el desarrollo de la propuesta.	
		Validez		Se pondrá en ejecución para evaluar la solución.	
		Testeo		Identificar errores.	
				<u>TÉCNICAS</u>	<u>INSTRUMENTOS</u>
		Revisión de imágenes	Buscadores web	web	Extraer las imágenes de los gestos estáticos del lenguaje de señas peruano.
		Procesamiento de imágenes	Librerías de Python	Imágenes de gestos estáticos del lenguaje de señas peruano	Extraer las características de la imagen para su posterior utilización.
<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>DESCRIPCIÓN DEL LOGRO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>INDICADORES</u>			
Determinar las características asociadas a las imágenes de gestos estáticos del lenguaje de señas peruanos.	Determinar las características de las imágenes de los gestos estáticos del lenguaje de señas peruano que se usarán en el modelo.	-Características de las imágenes de los gestos estáticos del lenguaje de señas peruano.			

Crear el modelo computacional para reconocer los gestos estáticos del lenguaje de señas peruano.	Se realiza con el fin de obtener el modelo computacional para el reconocimiento de los gestos estáticos del lenguaje de señas.	-Modelo computacional de reconocimiento de gestos estáticos del lenguaje de señas peruano.
Validar la precisión del modelo de reconocimiento de gestos estáticos del lenguaje de señas peruano.	Se realiza con la finalidad de validar la precisión del reconocimiento de gestos estáticos del lenguaje de señas.	-Porcentaje de error del reconocimiento de gestos estáticos del lenguaje de señas peruano.
Crear la aplicación móvil para el reconocimiento de gestos estáticos del lenguaje de señas peruano.	Se realiza con el fin de verificar que el proyecto se ejecute d manera eficaz y eficiente.	-Aplicación de reconocimiento de gestos estáticos del lenguaje de señas peruano.

Resultados y discusión

Para el desarrollo del proyecto de investigación se han utilizado dos metodologías. La primera de estas es el Proceso General de Machine Learning y la segunda la metodología XP.

Para el Proceso General de Machine Learning se obtuvieron los siguientes resultados de acuerdo a sus iteraciones:

Iteración #1: Definir Objetivo

El algoritmo es desarrollado con la finalidad de alcanzar los siguientes objetivos:

- Predecir los gestos estáticos del lenguaje de señas peruano
- Alcanzar una precisión del 80% o más.

Iteración #2: Recolección de la data

En esta fase se realizó la técnica de revisión de imágenes en la web para adquirir la suficiente data para un buen desempeño del algoritmo.

Como resultado de esta búsqueda se menciona lo siguiente:

Se obtuvo un paquete de alrededor de 100 imágenes para las letras: A, B, C, D, E, H, L, O, R, S, V, W, X, Y.

No se encontraron imágenes para las letras: F, G, I, K, M, N, P, Q, T, U

Para solucionar la falta de data se recurrió al proceso de generarla mediante la realización y captura de gestos por parte del investigador y personas a las que acudió.

Como resultado de este proceso se obtuvo alrededor de 500 imágenes por cada letra.

Iteración #3: Preparar la data

En esta fase se desarrolló la preparación de la data realizando las siguientes actividades:

Se hizo la limpieza de la data eliminando imágenes de baja calidad o con presencia de ruido que podrían estropear el entrenamiento.

Los paquetes de imágenes de cada letra (24), fueron agrupados de a 3 de modo que se obtuvieron 8 paquetes los cuáles son: ABC, DEF, GHI, KLM, NOP, QRS, TUV, UXY. Esto se hizo con la finalidad de realizar el entrenamiento en grupos y obtener un modelo por cada uno, obtener un mejor resultado, aunque haya pocas imágenes.

Cada uno de los 8 paquetes contiene a los 3 paquetes de letras correspondientes agrupados en entrenamiento y validación.

El paquete de entrenamiento contiene el 70% del total de cada paquete de letras.

El paquete de validación contiene el 30% restante del total de cada paquete de letras.

Iteración #4: Elección del algoritmo

Dentro de la elección del algoritmo o modelo, en Machine learning existen varios los cuales se utilizan de acuerdo con el objetivo que se persiga. En la siguiente tabla se muestran los principales modelos de machine learning con los datos que manejan y ejemplo de aplicación:

TABLA III
TIPOS DE ALGORITMOS[16]

Modelo	Data de procesamiento	Ejemplo de aplicación
Regresión logística	Valores numéricos	Predicción de precios
Redes neuronales convolucionales.	Imágenes	Reconocimiento de objetos
Redes neuronales recurrentes	Sonido	Reconocimiento de voz
K-means	Texto	Segmentación de clientes
Árboles de decisión	Texto	Motores de recomendación
Clasificación Bayesiana	Texto	Clasificación de emails (spam)
Procesamiento del Lenguaje Natural	Texto	Chatbots, traductores

Para el cumplimiento de los objetivos de este proyecto se ha optado por el modelo de redes neuronales convolucionales (CNN), debido a que su principal aplicación y donde tiene más relevancia es el tratamiento y clasificación de imágenes. Este tipo de redes son una evolución de las redes neuronales tradicionales, las cuáles presenta mejoras en cuanto a velocidad y precisión.

Las redes neuronales convolucionales tratan de imitar la forma en que el cerebro procesa las imágenes para luego dar una respuesta. Estas redes tienen el poder de reconocer cosas específicas en imágenes o en video que en realidad es una secuencia de imágenes.

Cabe mencionar, que las predicciones que se hacen con esta red no son exactas, sino que toma el resultado con mayor porcentaje de probabilidad y ofrece la respuesta, sin embargo, este resultado no siempre va a hacer el correcto y va a depender de muchos factores.

Otro detalle de esta red es que necesita de una gran cantidad de imágenes para tener unos resultados óptimos, pues a más cantidad de imágenes se logran extraer más características y detalles que va a permitir a la red tener mejores resultados al realizar las predicciones.

En general las redes neuronales convolucionales siguen un modelo secuencial el cuál se compone de las siguientes capas:

- Entrada
- Capa de convolución
- Capa Max Pooling
- Capa flatten
- Softmax

Así, finalmente la estructura del algoritmo y los parámetros definidos para este proyecto se puede visualizar en la siguiente figura:

```

Model: "sequential"
-----
Layer (type)                Output Shape                Param #
-----
conv2d (Conv2D)             (None, 150, 150, 64)       832
conv2d_1 (Conv2D)           (None, 150, 150, 64)       16448
max_pooling2d (MaxPooling2D) (None, 75, 75, 64)         0
conv2d_2 (Conv2D)           (None, 75, 75, 64)         16448
conv2d_3 (Conv2D)           (None, 75, 75, 64)         16448
max_pooling2d_1 (MaxPooling2 (None, 37, 37, 64)         0
conv2d_4 (Conv2D)           (None, 37, 37, 64)         16448
conv2d_5 (Conv2D)           (None, 37, 37, 64)         16448
max_pooling2d_2 (MaxPooling2 (None, 18, 18, 64)         0
conv2d_6 (Conv2D)           (None, 18, 18, 64)         16448
conv2d_7 (Conv2D)           (None, 18, 18, 64)         16448
max_pooling2d_3 (MaxPooling2 (None, 9, 9, 64)          0
conv2d_8 (Conv2D)           (None, 9, 9, 64)           16448
flatten (Flatten)           (None, 5184)                0
dense (Dense)                (None, 64)                  331840
dense_1 (Dense)              (None, 4)                   260
-----
Total params: 464,516

```

Fig. 2. Estructura del modelo secuencial definido.

Iteración #5: Entrenar el algoritmo

En este apartado se ha realizado la ejecución del algoritmo el cual se realizaron los siguientes pasos.

-Lectura del paquete de imágenes que contiene los paquetes de letras.

-Procesamiento de las imágenes el cuál consta de:

Rescalar las imágenes a valores entre 0 y 1.

Invertir las imágenes horizontalmente para que pueda reconocer los gestos tanto con la mano derecha y también la izquierda.

-Ejecutar el algoritmo definido en la anterior fase

-Luego de poner en ejecución el entrenamiento se obtuvo los siguientes resultados:

```

Epoch 1/15
50/50 [=====] - 869s 17s/step - loss: 1.5854 - accuracy: 0.2475 - val_loss: 1.4032 - val_accuracy: 0.1859
Epoch 2/15
50/50 [=====] - 270s 5s/step - loss: 1.2715 - accuracy: 0.3674 - val_loss: 0.9719 - val_accuracy: 0.6109
Epoch 3/15
50/50 [=====] - 84s 2s/step - loss: 1.1164 - accuracy: 0.4835 - val_loss: 0.8749 - val_accuracy: 0.5906
Epoch 4/15
50/50 [=====] - 37s 730ms/step - loss: 0.9171 - accuracy: 0.5907 - val_loss: 0.8347 - val_accuracy: 0.6203
Epoch 5/15
50/50 [=====] - 27s 536ms/step - loss: 0.8080 - accuracy: 0.6352 - val_loss: 0.5653 - val_accuracy: 0.7500
Epoch 6/15
50/50 [=====] - 24s 475ms/step - loss: 0.7078 - accuracy: 0.6885 - val_loss: 0.4338 - val_accuracy: 0.8422
Epoch 7/15
50/50 [=====] - 23s 454ms/step - loss: 0.5789 - accuracy: 0.7519 - val_loss: 0.4552 - val_accuracy: 0.8266
Epoch 8/15
50/50 [=====] - 22s 444ms/step - loss: 0.6288 - accuracy: 0.7551 - val_loss: 0.6222 - val_accuracy: 0.6906
Epoch 9/15
50/50 [=====] - 22s 440ms/step - loss: 0.6266 - accuracy: 0.7506 - val_loss: 0.4356 - val_accuracy: 0.7984
Epoch 10/15
50/50 [=====] - 23s 455ms/step - loss: 0.4650 - accuracy: 0.8006 - val_loss: 0.2615 - val_accuracy: 0.9078
Epoch 11/15
50/50 [=====] - 22s 443ms/step - loss: 0.3973 - accuracy: 0.8306 - val_loss: 0.2241 - val_accuracy: 0.9219
Epoch 12/15
50/50 [=====] - 24s 471ms/step - loss: 0.3786 - accuracy: 0.8458 - val_loss: 0.2302 - val_accuracy: 0.9109
Epoch 13/15
50/50 [=====] - 22s 442ms/step - loss: 0.3218 - accuracy: 0.8674 - val_loss: 0.1483 - val_accuracy: 0.9578
Epoch 14/15
50/50 [=====] - 22s 437ms/step - loss: 0.3032 - accuracy: 0.8871 - val_loss: 0.2217 - val_accuracy: 0.9062
Epoch 15/15
50/50 [=====] - 22s 446ms/step - loss: 0.3099 - accuracy: 0.8890 - val_loss: 0.1292 - val_accuracy: 0.9625

```

Fig. 3. Resultados del entrenamiento.

Para una mejor visualización e interpretación se ha realizado la siguiente gráfica a partir de los datos obtenidos:

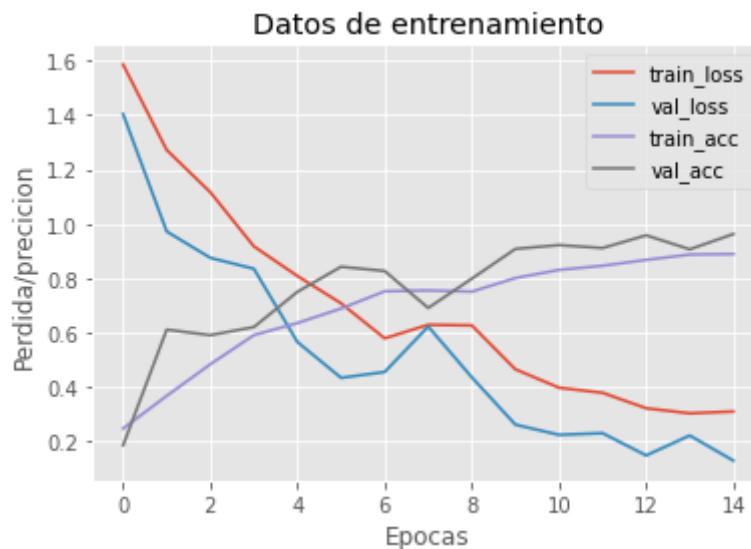


Fig. 4. Gráfico estadístico de los resultados obtenidos en el entrenamiento.

Como se puede observar el comportamiento del entrenamiento es óptimo. Los valores de pérdida tanto en entrenamiento como en validación han ido disminuyendo con un resultado similar y sin tener saltos bruscos en los resultados lo cual indica que es un buen entrenamiento. Por otra parte, en los valores de precisión se observa que tanto en entrenamiento y validación han ido subiendo conjuntamente sin estar muy alejados el uno del otro y sin tener saltos bruscos en los resultados, alcanzado al final de la ejecución una precisión del 89% en entrenamiento y 96% en validación, lo cual es buen resultado para el cumplimiento de los objetivos.

-El proceso anterior se ejecutó para cada obtener los modelos de los diversos paquetes de imágenes agrupados.

Iteración #6: Validación del modelo

Para la validación de cada modelo se utilizaron paquetes de datos de 200 imágenes mezcladas entre las diversas categorías por cada modelo.

El resultado obtenido se resume en la siguiente matriz de confusión:

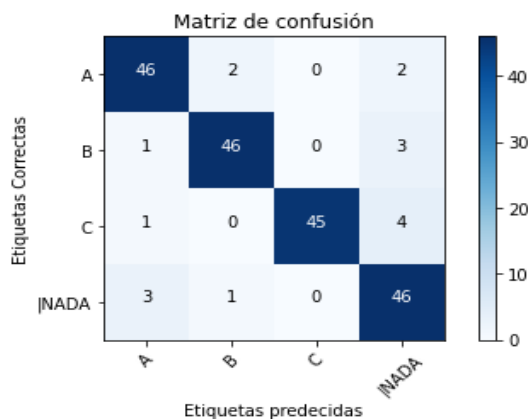


Fig. 5. Matriz de confusión de los resultados obtenidos.

De la matriz obtenida se interpreta:

-De las 50 imágenes de letra A enviadas, el algoritmo acertó 46. Las otras 4 sufrieron confusión, donde 2 imágenes fueron confundidas con la letra B y las otras 2 con la letra C. El porcentaje de precisión y error es de 92%. y 8% respectivamente.

-De las 50 imágenes de letra B enviadas, el algoritmo acertó 46. Las otras 4 fueron confundidas, donde 1 imagen fue definida como letra A y las otras 3 como la salida Nada. El porcentaje de precisión y error es de 92%. y 8% respectivamente.

-De las 50 imágenes de letra C enviadas, el algoritmo acertó 45. Las otras 5 sufrieron confusión, donde 1 imagen fue confundida con la letra A y las otras 3 con la salida Nada. El porcentaje de precisión y error es de 90%. y 10% respectivamente.

-De las 50 imágenes de imágenes que no contienen señas, el algoritmo acertó 46. Las otras 4 sufrieron confusión, donde 3 imágenes fueron predecidas como letra A y la restante como la letra B. El porcentaje de precisión y error es de 92%. y 8% respectivamente.

En general los resultados obtenidos son buenos ya que el algoritmo acierta en la mayoría de las ocasiones y obtiene un porcentaje de precisión arriba del 90%.

Iteración #7: Predicción

Luego del entramiento y validación, se puso en marcha la ejecución del modelo en video. Para ello se utilizó la herramienta opencv la cual permitió utilizar la cámara del dispositivo y capturar cada frame del video de modo que se puedan enviar al modelo y obtener una respuesta.

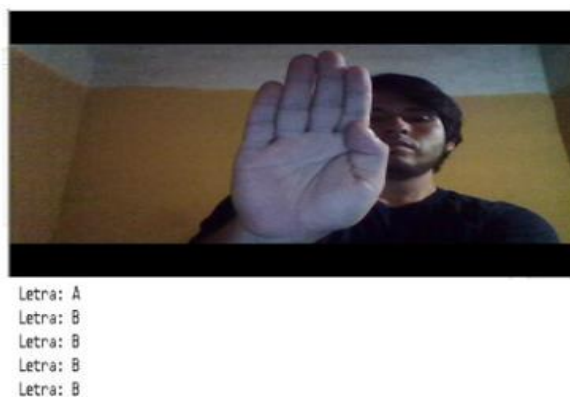


Fig. 6. Imagen de ejecución del modelo en tiempo real.

Como se puede observar en la imagen el modelo tiene un comportamiento adecuado, que puede ser variable dependiendo de diversos factores como luminosidad, calidad de imagen, movimiento, entre otros.

En cuanto a la Metodología XP se obtuvieron los siguientes resultados en sus diversas fases:

Iteración #1: Fase de exploración

-Recopilación de la información:

En esta etapa se realizó el estudio de cómo se maneja el proceso de aprendizaje en la Organización de sordos de Lambayeque. Para ello se realizó una serie de visitas al entorno de reuniones donde se determinó como se desarrolla el proceso de enseñanza de lenguaje de señas peruano. Así, mediante el diálogo con los intérpretes que participan en la organización se manifestaron las necesidades y barreras de aprendizaje.

-Diagnóstico de la situación actual:

Con el primer paso de la recopilación de la información acerca de cómo se maneja el proceso de aprendizaje de lenguaje de señas, se manifestó por parte de los intérpretes que las personas con discapacidad auditiva tenían la barrera de asistir a la organización y de la misma forma los familiares por diversos temas como trabajo, distancia y tiempo. De la misma manera que personas ajenas a la discapacidad auditiva asistían a la organización para aprender este lenguaje, pero no lo hacían con frecuencia por temas de tiempo. De esa manera se planteó la necesidad de una herramienta de apoyo en el aprendizaje de lenguaje de señas, inicialmente en los gestos estáticos que permitan a cualquier persona aprender desde la comodidad de su casa y de una forma interactiva.

-Gestión de riesgos

Se realizó la identificación de riesgos, que surgió a través del análisis del desarrollador acerca de la situación que se presenta para poder afrontarlos apropiadamente.

La siguiente tabla contiene los riesgos identificados para el desarrollo del proyecto, así como los efectos o consecuencias de estos.

TABLA IV
RIESGOS

ID	Descripción	Categoría	Consecuencias
R1	Interfaz mal adecuada para el usuario	Técnico	Desinterés del usuario para la utilización de la aplicación
R2	Equipamiento computacional inadecuado	Técnico	Desarrollo del software paralizado e inconcluso
R3	Falta de data	Técnico	El proyecto se cancelará
R4	Nuevos requerimientos drásticos fuera de plazo	Proyecto	Retraso del desarrollo del proyecto
R5	Lento aprendizaje de los lenguajes de programación a emplear	Técnico	Retraso del proyecto

Ya identificado los riesgos, se realizó el análisis y medición de estos. Esta medición implica dos dimensiones: la probabilidad de que el riesgo ocurra y el impacto respectivo. La probabilidad está expresada en términos de frecuencia. Así tenemos:

TABLA V
PROBABILIDAD DE RIESGOS

Categoría	Valor	Descripción
Bajo	1	Riesgo con probabilidad baja de 1% a 33% de ocurrencia
Medio	2	Riesgo con probabilidad baja de 33.1% a 67% de ocurrencia
Alto	3	Riesgo con probabilidad baja de 67.1% a 100% de ocurrencia

El impacto para la evaluación de los riesgos se planteó de la siguiente manera:

TABLA VI
IMPACTO DE RIESGOS

Categoría	Valor	Descripción
Menor	1	Riesgo cuyo impacto causaría un daño menor que no afectan los objetivos del proyecto y que pueden ser corregidos sin mayor problema en corto tiempo
Moderado	2	Riesgo cuyo impacto causaría un daño importante en el logro de los objetivos del Proyecto. Además, se requeriría una cantidad de tiempo importante de corrección.
Mayor	3	Riesgo cuyo impacto influye directamente en el cumplimiento del Proyecto, que genera un retraso o que le proyecto no se concluya.

Posteriormente se determinó la prioridad de los riesgos, de acuerdo a la relación de su probabilidad e impacto. Así tenemos la siguiente fórmula:

Nivel de riesgo = Probabilidad * Impacto

Así se obtiene la siguiente matriz:

		Probabilidad					
	3						Riesgo Alto
	2						Riesgo Moderado
	1						Riesgo Bajo
		1	2	3			
		Impacto					

Finalmente obtenemos:

TABLA VII
NIVEL DE RIESGOS

Id	Descripción de riesgo	Descripción de impacto	Probabilidad	Impacto	Nivel
R1	Interfaz mal adecuada para el usuario	Desinterés del usuario para la utilización de la aplicación	1	2	2
R2	Equipamiento computacional inadecuado	Desarrollo del software paralizado e inconcluso	2	3	6
R3	Falta de data	El proyecto se retrasará	1	3	3
R4	Nuevos requerimientos drásticos fuera de plazo	Retaso del desarrollo del proyecto	1	2	2
R5	Lento aprendizaje de los lenguajes de programación a emplear	Retraso del proyecto	2	2	4

Iteración #2: Fase de planificación

-Historia de usuarios

En este apartado se establecen los requisitos de los usuarios en cuanto al producto final. Así tenemos los siguientes requisitos:

- Acceso a la aplicación
- Registro de usuario
- Realizar el avance del aprendizaje de los gestos estáticos
- Realizar examen
- Consultar puntaje

A partir de estos requisitos se ha realizado las hojas de usuarios correspondientes:

TABLA VIII
HISTORIA DE USUARIO 1

Historia de usuario	
Número: 1	Usuario: Personas que quieren aprender el lenguaje de señas.
Nombre de historia: Acceso a la aplicación	
Desarrollador responsable: Marcos Joel Vásquez Soto	
Descripción: La aplicación permitirá el acceso al sistema de los usuarios previo registro.	
Observaciones: No habrá privilegios de ningún tipo.	

TABLA IX
HISTORIA DE USUARIO 2

Historia de usuario	
Número: 2	Usuario: Personas que quieren aprender el lenguaje de señas.
Nombre de historia: Registro de usuario	
Desarrollador responsable: Marcos Joel Vásquez Soto	
Descripción: Es el apartado donde los usuarios podrán registrarse para poder acceder al sistema.	
Observaciones: El registro es de manera sencilla para evitar complicaciones de los usuarios.	

TABLA X
HISTORIA DE USUARIO 3

Historia de usuario	
Número: 3	Usuario: Personas que quieren aprender el lenguaje de señas.
Nombre de historia: Realizar el aprendizaje del lenguaje de señas	
Desarrollador responsable: Marcos Joel Vásquez Soto	
Descripción: Es el apartado de la aplicación donde la persona sigue un proceso de aprendizaje del lenguaje de señas de gestos estáticos para poder rendir un examen.	
Observaciones: No presenta observaciones.	

TABLA XI
HISTORIA DE USUARIO 4

Historia de usuario	
Número: 4	Usuario: Personas que quieren aprender el lenguaje de señas.
Nombre de historia: Realizar examen	
Desarrollador responsable: Marcos Joel Vásquez Soto	

Descripción:

Es el apartado donde el usuario después de completar el proceso de aprendizaje está apto para ser evaluado y medir su desempeño.

Observaciones:

El examen es generado de manera aleatorio y no tendrá límite de intentos.

TABLA XII
HISTORIA DE USUARIO 5

Historia de usuario	
Número: 5	Usuario: Personas que quieren aprender el lenguaje de señas.
Nombre de historia: Consultar puntaje	
Desarrollador responsable: Marcos Joel Vásquez Soto	
Descripción: En este apartado el usuario podrá consultar su historial de calificaciones de todos los intentos realizados.	

Una vez definido los requerimientos, el siguiente paso es establecer las prioridades de esto y para ellos se ha establecido las siguientes:

TABLA XIII
CRITERIOS PRIORIDADES

Prioridad	Criterio
1	Indispensable
2	Necesario
3	Conveniente

De esta forma se pasa a realizar el reléase planning para cada uno de los requerimientos de usuario:

TABLA XIV
PRIORIDAD POR REQUERIMIENTO

ID	Descripción	Prioridad
HU1	Acceso al sistema	1
HU2	Registro de usuarios	1
HU3	Realizar Aprendizaje	1
HU4	Realizar Examen	1
HU5	Consultar puntuación	1

Basándonos en las historias de usuario y prioridad se ha establecido el siguiente plan de entrega:

TABLA XV
PLAN DE ENTREGA

Historia	Prioridad	Fecha Inicio	Fecha Fin
Acceso al sistema	1	10/06/2020	13/06/2020
Registro de usuarios	1	14/06/2020	17/06/2020
Realizar Aprendizaje	1	18/06/2020	27/06/2020

Realizar Examen	1	28/06/2020	2/07/2020
Consultar puntuación	1	03/07/2020	05/07/2020

-Iteraciones

La lista de requerimientos ha sido distribuida en 3 iteraciones las cuales son:

Iteración 1:

Esta iteración ha sido designada a todo lo que comprende inicio de sesión y registro de usuarios.

TABLA XVI
ITERACIÓN 1

Historia de Usuario	
Número	Nombre
1	Acceso al sistema
2	Registro de usuarios

Iteración 2:

Esta iteración comprende el cumplimiento de la funcionalidad del proceso de aprendizaje.

TABLA XVII
ITERACIÓN 2

Historia de Usuario	
Número	Nombre
3	Realizar el aprendizaje del lenguaje de señas

Iteración 3:

Esta iteración comprende el desarrollo de los requerimientos de realización de examen y consulta de resultados.

TABLA XVIII
ITERACIÓN 3

Historia de Usuario	
Número	Nombre
4	Realizar examen
5	Consultar Puntuación

Iteración #3: Fase de diseño

-Arquitectura del sistema

Se ha optado por una arquitectura cliente servidor, el cual estará alojado internamente y guardará la información de los usuarios que incluye datos de registro, aprendizaje y evaluación.

El gestor de base de datos es SQLite 3, el cuál es una versión ligera para dispositivos móviles.



Fig. 7. Arquitectura del sistema.

-Diseño de base de datos

La base de datos cuenta con la siguiente estructura:

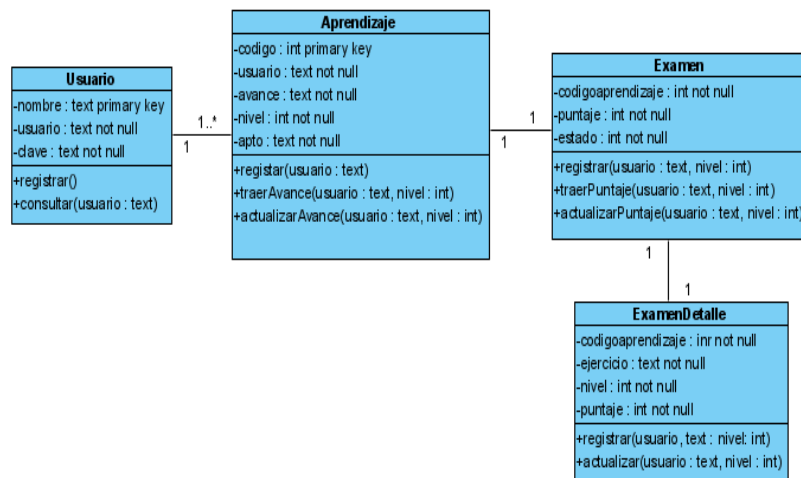


Fig. 8. Diagrama de clases.

-Diseño de interfaces

Se presentan las interfaces principales de la aplicación:

Inicio de sesión

La interfaz de inicio de sesión tiene un encabezado rojo con el título "Login". Debajo hay dos campos de entrada con iconos: un correo electrónico para "Email" y un candado para "Password". En la parte inferior hay dos botones rectangulares de color rojo: "Iniciar" y "Registrarse".

Fig. 9. Interfaz inicio de sesión.

Registro de usuarios

Fig. 10. Interfaz registro.

Pantalla principal



Fig. 11. Interfaz pantalla principal.

Menú de opciones



Fig. 12. Interfaz de lista de opciones.

Interfaz de aprendizaje



Fig. 13. Interfaz de aprendizaje.

Examen

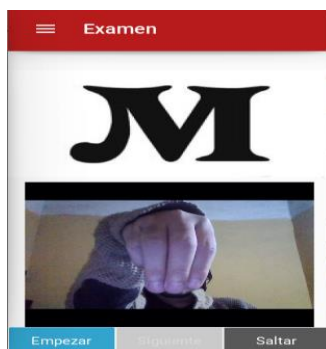


Fig. 14. Interfaz de examen.

Resultados

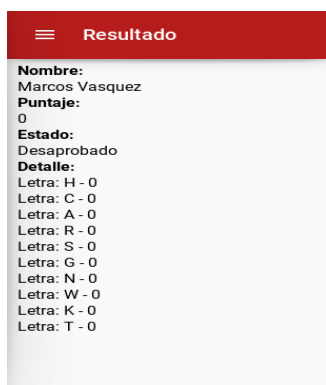


Fig. 15. Interfaz de resultados

Iteración #4: Fase de codificación

En esta fase se lleva a cabo el cumplimiento de los requisitos manifestados en las historias de usuario.

Las iteraciones se han dividido en: funcionalidad de acceso a la aplicación y registro, funcionalidad de aprendizaje y funcionalidad de examen y resultados.

-Iteración 1:

A continuación, se presentan lista de tareas de la iteración 1:

TABLA XIX
ACTIVIDADES DE ITERACIÓN 1

Número de tarea	Número de Historia	Nombre de tarea
1	1	Diseño de la interfaz de inicio de sesión
2	1	Validación de datos de acceso
3	2	Diseño de interfaz de registro de usuario
4	2	Validación de datos registro
5	2	Guardar información en la base de datos

-Iteración 2:

Para la iteración 2 se definieron:

TABLA XX
ACTIVIDADES DE ITERACIÓN 11

Número de tarea	Número de Historia	Nombre de tarea
1	3	Diseño de interfaces de aprendizaje del lenguaje de señas
2	3	Integración de algoritmo predictivo
3	3	Validar progreso de aprendizaje
4	3	Guardar información de aprendizaje
5	3	Habilitar letras practicadas
6	3	Habilitar examen

-Iteración 3:

La lista de tareas para la iteración 3 son:

TABLA XXI
ACTIVIDADES DE ITERACIÓN 3

Número de tarea	Número de Historia	Nombre de tarea
1	4	Diseño de interfaces de examen
2	4	Validar acceso a examen
3	4	Guardar información de puntuación
4	5	Diseñar la interfaz de resultados/puntuación
5	5	Consultar información de puntuación

Iteración #5: Fase de pruebas

Para verificar y validar que el sistema funciones correctamente se ha realizado una serie de pruebas las cuales están divididas en: Pruebas de caja blanca Y pruebas de caja negra. En total se realizaron 5 pruebas para caja blanca y 5 para caja negra. A continuación, se mostrará una prueba de cada tipo empleado:

-Prueba caja blanca:

Prueba de caja blanca N°1: Registrar usuario

TABLA XXII
CASO DE PRUEBA CAJA BLANCA 1

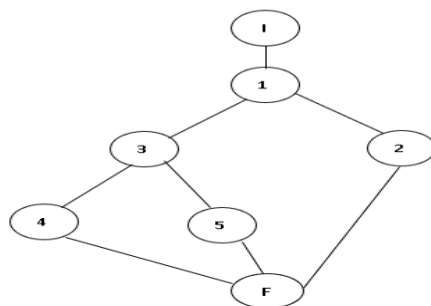
Caso de Prueba	
Tipo de prueba:	Unitaria (caja blanca) método registrar usuario
Objetivo:	Guardar un nuevo usuario en la base de datos
Caso N°1	
Descripción:	Método que registra a un usuario en la base de datos si este no existe.
Entradas:	Datos de usuario <ul style="list-style-type: none"> • Nombre • Usuario (Único) • Contraseña
Salida esperada:	Usuario registrado

Código

```
def add_user(self):
    con = sqlite3.connect('../database.db')
    cur = con.cursor()
    al = (self.email.text, self.password.text, self.nombre.text)
    try:
        cur.execute(""" INSERT INTO usuario (user,password, nombre, letra, apto) VALUES (?, ?, ?, ?, ?) """,
                    (self.email.text, self.password.text, self.nombre.text, "a", "N")
                    )
        con.commit()
        con.close()
        self.root.navigate_to("login")
    except Exception as e:
        self.Popup = MessagePopup()
        message = self.Popup.ids.message
        self.Popup.open()
        self.Popup.title = "Error al registrar"
        if '' in al:
            message.text = 'Uno o más campos están vacíos'
        else:
            message.text = 'El usuario ya existe'
        con.close()
```

Identificación de camino

```
def add_user(self):
    con = sqlite3.connect('../database.db')
    cur = con.cursor()
    al = (self.email.text, self.password.text, self.nombre.text)
    try:
        1 cur.execute(""" INSERT INTO usuario (user,password, nombre, letra, apto) VALUES (?, ?, ?, ?, ?) """,
                    (self.email.text, self.password.text, self.nombre.text, "a", "N")
                    )
        con.commit()
        2 con.close()
        self.root.navigate_to("login")
    except Exception as e:
        self.Popup = MessagePopup()
        message = self.Popup.ids.message
        self.Popup.open()
        self.Popup.title = "Error al registrar"
        3 if '' in al:
            message.text = 'Uno o más campos están vacíos' 4
        else:
            message.text = 'El usuario ya existe' 5
        con.close()
```



Evaluación

V(G)=3

Camino	Entrada	Salida
1, 2, F	Nombre= Marcos Usuario= MarcosNoHay Contraseña= 123	Usuario registrado, pantalla de inicio de sesión.
1, 3, 4, F	Nombre= "" Usuario= ""	Usuario no registrado, mensaje de error

	Contraseña= 123	
1, 3, 5, F	Nombre= Marcos Usuario= MarcosYaExiste Contraseña= 123	Usuario no registrado, mensaje de error

-Prueba caja blanca:

Prueba de caja Negra N°1: Realizar Aprendizaje



Fig.23. Interfaz de aprendizaje.

TABLA XXIII
CASO DE PRUEBA CAJA NEGRA I

Realizar Aprendizaje		CPCN01
Escenario: Prueba para evaluar el funcionamiento del proceso de aprendizaje.		Fecha: 01/07/2020
Responsable: Desarrollador Marcos Vásquez		
Precondiciones	<ul style="list-style-type: none"> • El usuario ha iniciado sesión 	
Datos de entrada	<ul style="list-style-type: none"> • Letra del progreso de aprendizaje 	
Descripción de pasos	<ul style="list-style-type: none"> • Abrir la interfaz de aprendizaje • Ejecutar el botón iniciar para empezar el reconocimiento de la letra • Ejecutar el botón siguiente luego de que este haya sido habilitado por hacer el gesto correctamente 	
Resultado esperado	<ul style="list-style-type: none"> • Al realizar el gesto correctamente se espera que se muestre una de check, la captura de video termine y que se habilite el botón de siguiente para pasar a la siguiente interfaz. 	
Resultado obtenido	<ul style="list-style-type: none"> • Imagen con check que indica el gesto correcto • Captura de video detenida • Botón siguiente habilitado 	

En cuanto a resultados de los objetivos se obtuvo lo siguiente:

-Determinar las características asociadas a las imágenes de gestos estáticos del lenguaje de señas peruano.

Para determinar las características las imágenes de gestos estáticos del lenguaje de señas peruano se recurrió a la revisión del libro desarrollado por la Dirección General de Educación Básica Especial (DIGEBE), donde en el capítulo 4 [12], nos muestra las distintas características de las configuraciones de cada uno de los gestos estáticos que se necesitaron.

Posteriormente, luego de la recolección y limpieza de la data que se detallan en el ítem 4.1.1.2. y 4.1.1.3. Iteración #2 y #3 respectivamente Capítulo IV. Resultados, así como la revisión de la teoría, se determinó que estas imágenes deben presentar las configuraciones en su totalidad (mano completa), ya que si solo se muestra una parte podría causar confusión en el resultado final, puesto que el algoritmo, en el proceso de entrenamiento, intentará buscar patrones de lo que se le ha ingresado para luego generar un modelo predictivo de modo que reconozca cuando se le presente el gesto de la mano completo y tener una buena precisión. Además de ello estas imágenes deben tener una buena calidad con poca presencia de ruido para poder captar más información. Por último, se requirió que los gestos en las imágenes presente distintos entornos, es decir, que no solo se muestre el gesto con un fondo blanco, por el contrario, que se presente el gesto en situaciones normales con presencia de información de fondo (caras, cuerpo, ambientes, etc.).

Así finalmente las características asociadas a las imágenes de gestos estáticos del lenguaje de señas peruanos son:

- Formas o configuraciones de cada uno de los gestos estáticos completos.
- Las imágenes deben tener una buena calidad con poca presencia de ruido.
- Los gestos en las imágenes deben presentarse en entornos reales.

Cabe mencionar que luego de obtener las imágenes con estas características, se hizo el procesamiento respectivo redimensionándolas y convirtiéndolas a su valor numérico en píxeles.

-Crear el modelo computacional para reconocer los gestos estáticos del lenguaje de señas peruano

Este objetivo fue desarrollado en la fase de elección del algoritmo en el ítem 4.1.1.4. Iteración #4 del Capítulo IV. Resultados. Como resultado, en la fase de elección se determinó el algoritmo adecuado para la necesidad presentada dentro del Machine Learning y se determinó la estructura del mismo.

Así, el algoritmo final se puede observar en la figura 10.2.

-Validar la precisión del modelo de reconocimiento de gestos estáticos del lenguaje de señas peruano

El objetivo presentado fue desarrollado tanto en la fase de entrenamiento como en la fase de validación detallados en los ítems 4.1.1.5. y 4.1.1.6. Iteración #4 y #5 respectivamente Capítulo IV. Resultados. En la fase de entrenamiento, el resultado obtenido en validación en promedio es mayor al 90% y en la fase de validación alcanzó un promedio arriba del 80% de precisión.

Como resultado final, el modelo tiene un comportamiento aceptable, con un buen porcentaje de precisión, el cual irá aumentando a medida que se logren recolectar más imágenes, ya que es un punto clave en el resultado final.

Además de ello, se realizó una encuesta de validación del sistema que incluye la validación de la precisión con la participación de un intérprete de la asociación de sordos de Lambayeque donde se tuvo una aceptación positiva. Dicha encuesta se puede encontrar en el Anexo N° 01.

-Crear la aplicación móvil para el reconocimiento de gestos estáticos del lenguaje de señas peruano

Este objetivo se cumplió al desarrollar tanto la Metodología General de Machine Learning como la Metodología XP, detallados en los ítems 4.1.1. y 4.1.2. Capítulo IV. Resultados. Así, cumpliendo con cada una de las fases de la primera metodología se obtuvo el modelo predictivo que posteriormente fue integrado conjunto con otras funcionalidades en la segunda metodología.

Como consecuencia, el producto final de este desarrollo es la aplicación móvil de apoyo al aprendizaje mediante el reconocimiento de gestos estáticos del lenguaje de señas peruano.

Luego de estos resultados, se hizo un análisis de los mismos por cada uno de los objetivos específicos de la aplicación de apoyo al aprendizaje del lenguaje de señas de gestos estáticos desarrollado.

Para el primero objetivo el cuál es determinar las características asociadas a las imágenes de gestos estáticos del lenguaje de señas peruanos, se desarrolló con el fin de definir qué características son fundamentales para el éxito del modelo computacional, ya que las imágenes son la entrada sobre el cuál el algoritmo en su proceso de entrenamiento va a detectar patrones de acuerdo a la información que contengan dichas imágenes. De esta manera se determinó que las características asociadas a las imágenes son la configuración de los gestos bien realizados y completos, la calidad de las imágenes y el entorno donde se muestran. Estas características son variables dependiendo de lo que se quiera detectar. Según Google Developers [17], la posición del objeto, el fondo detrás de este, la luz ambiente, entre otros, son determinantes para el éxito de la clasificación, ya que lo que hace el modelo computacional es intentar reconocer algo que se asemeje a lo que ya ha visto anteriormente mediante el entrenamiento. Por ejemplo, en un clasificador de animales, la característica de completitud podría no ser tan necesaria, ingresando imágenes donde aparezcan ciertas partes del cuerpo del animal y que el algoritmo aprenda a detectar esto, y en otros casos, como en un clasificador de radiografías, se requiere que las imágenes no tengan un fondo más allá de la radiografía pues se estropearía. Así, se concluye que estas características son variables de acuerdo a la situación o tipo de objeto que se quiera clasificar.

En el segundo objetivo, crear el modelo computacional para reconocer los gestos estáticos del lenguaje de señas peruano, se desarrolló con la finalidad de tener la estructura sobre la cual se desarrollará el entrenamiento para obtener el modelo predictivo. Esta estructura obtenida, contiene una serie de capas, entre las más importantes las de convolución, las cuáles captan la información de las imágenes que ingresan a la red y que luego de una serie de pruebas se constituyeron de 3 capas, con 64 filtros en cada una de ellas, constituyendo la estructura más adecuada debido a que obtiene un buen porcentaje de precisión y un peso ligero de 5mb por cada modelo computacional. Cabe mencionar que existen arquitecturas [18], las cuáles son modelos con cierta estructura definida, y que en el proceso de entrenamiento se utilizó una de ellas, la VGG16, la cual para el contexto de la investigación no fue conveniente pues el proceso de entrenamiento tardó mucho y el modelo obtenido tuvo un peso de arriba de los 200 mb por lo cual fue descartado. Cabe recalcar que estas arquitecturas pueden ser utilizadas de forma

sencilla y ya contiene en ellas información de una gran cantidad de objetos reconocibles, sin embargo, para esta situación no fue lo más adecuado.

Continuando con el tercer objetivo el cuál es validar la precisión del modelo de reconocimiento de gestos estáticos del lenguaje de señas peruano, fue desarrollado para comprobar que la predicción sea la adecuada. Para ello, la validación se dio en dos etapas. La primera se dio mediante el entrenamiento como parte de este mismo, obtenido un porcentaje promedio mayor a 90% el cuál es muy positivo. La otra parte de la validación se realizó con el modelo ya creado y un paquete imágenes no etiquetadas y el resultado promedio obtenido es mayor al 80%, el cual sigue siendo aceptable. Posteriormente se realizó la prueba en tiempo real obteniendo una buena precisión en condiciones de luz favorables, y un poco más de tiempo en el reconocimiento en condiciones de luz más baja. Así, el cumplimiento de este objetivo se ha desarrollado con éxito y cabe recalcar que la precisión de la predicción irá mejorando al adquirir más imágenes para el entrenamiento que es el punto determinante en el resultado final y el proceso de actualización es muy sencillo a diferencia de otros proyectos mencionados ya que solo se necesita incorporar las nuevas imágenes, ejecutar el algoritmo, y reemplazar el modelo viejo por el nuevo lo que hace más sencillo la actualización de la mejora y que esta sea progresiva.

Finalmente, el último objetivo, crear la aplicación móvil para el reconocimiento de gestos estáticos del lenguaje de señas peruano fue desarrollado con el fin de integrar el algoritmo predictivo y aplicarlo en un sistema móvil que permita el apoyo del aprendizaje de lenguaje de señas peruano de gestos estáticos. Para ello se realizaron una serie de fases de la Metodología XP obteniendo como resultado una aplicación interactiva que detecta los gestos en tiempo real y permite conocer y aprender la base de este lenguaje el cuál es necesario para una mayor inclusión de personas con discapacidad auditiva. Los resultados obtenidos son favorables y a diferencia de otros resultados como narran Guzmán[6] y Fernández y Sandoval [8], en cuanto al desarrollo de un guante electrónico, este presenta muchas desventajas en cuanto a costo, fragilidad, sobrecalentamiento, entre otros, por lo que limita dicha solución y en cambio, la solución desarrollada en esta investigación tiene un mayor alcance pues no se necesita de hardware extra más allá del smartphone, que según el Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones (OSIPTEL), en Perú el 73,4% posee uno. Por otra parte, MIVOS [4] tiene un buen fin y desempeño sin embargo se enfoca a lo inverso de esta investigación ya que traduce el texto y voz a lenguaje de señas lo cual, si bien es una buena solución, amarra a la persona a que siempre depende del teléfono, y en esta investigación se pretende que el teléfono sea un medio de aprendizaje y que luego de cumplir su objetivo la persona pueda emplear el lenguaje de señas por su propia cuenta.

Conclusiones

Se logró determinar las características asociadas a las imágenes de gestos estáticos del lenguaje de señas peruanos, luego de la revisión teórica correspondientes, las cuales son: La forma del gesto completo, calidad de la imagen y entorno variados. Estas características fueron de mucha importancia ya que se usaron en el entrenamiento del algoritmo y determinó la precisión del mismo.

Se estructuró un modelo computacional para reconocer los gestos estáticos del lenguaje de señas peruano formado principalmente por 5 filtros de convulsión los cuáles son los que extraen las características más profundas de las imágenes, logrando así obtener un modelo que permitió realizar un entrenamiento rápido y obteniendo un modelo con bajo peso de 5mb aproximadamente.

Se validó la precisión del modelo con nuevas imágenes no presentes en el entrenamiento, acertando en la mayoría de casos, obteniendo una precisión aproximada de arriba del 80% siendo un buen resultado. Además, se concluyó que la precisión irá mejorando a medida que se recolecten más imágenes para el entrenamiento, ya que la cantidad es uno de los factores determinantes en esto.

Se implementó la aplicación móvil para el reconocimiento de gestos estáticos del lenguaje de señas peruano que incluye el algoritmo predictivo en conjunto con funcionalidades interactivas que brindan al usuario una manera más amigable y práctica de aprender el lenguaje de señas.

Recomendaciones

Realizar el proceso de aprendizaje en la aplicación en condiciones de luz favorables que permita tener una mejor precisión en el reconocimiento de los gestos y preferible con una resolución de cámara mayor a 5mpx para la calidad de imagen.

Ampliar el número de gestos que se pueden aprender en la aplicación, que permitan tener un mayor alcance en el apoyo del aprendizaje de señas peruanos.

Adicionar a un aplicativo web la funcionalidad desarrollada para tener una mayor versatilidad y alcance. Además, desarrollar la aplicación en el sistema operativo IOS.

Utilizar las redes neuronales convolucionales y otros algoritmos presentes para desarrollar tecnología de asistencia que permita a las personas tener una mejor calidad de vida.

Referencias

- [1] Organización Mundial de la Salud, “Sordera y pérdida de la audición”. Organización Mundial de la Salud. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/es/> (Acceso: 20 de junio de 2019).
- [2] OPS, “Muchos países carecen de la capacidad para prevenir y tratar la pérdida de audición”. OPS. https://www.paho.org/uru/index.php?option=com_content&view=article&id=812:muchos-paises-carecen-capacidad-prevenir-tratar-perdida-audicion&Itemid=451 (Acceso: 20 de junio de 2019).
- [3] RNPCD. “Inscripciones en el Registro Nacional de la Persona con Discapacidad (Mayo 2019)”. Observatorio Nacional de la Discapacidad. <http://www.conadisperu.gob.pe/observatorio/estadisticas/inscripciones-en-el-registro-nacional-de-la-persona-con-discapacidad-mayo-2019/> (acceso: 20 de octubre de 2019).
- [4] DW. “MIVOS, traductor para sordomudos”. Economía Creativa. <https://www.dw.com/es/mivos-traductor-para-sordomudos/av-42523294> (Acceso: 16 de setiembre de 2020).
- [5] EXPANSIÓN, “Jóvenes mexicanos crean una app para traducir texto y voz a lengua de señas”. EXPANSIÓN. <https://expansion.mx/tecnologia/2018/02/13/jovenes-mexicanos-crean-una-app-para-traducir-texto-y-voz-a-lengua-de-senas> (Acceso: 20 de octubre de 2019).
- [6] D.J. Guzmán Arellano, “Guante Electrónico para Traducir de Lenguaje de Señas a Caracteres con Voz Artificial y Conexión Inalámbrica a Dispositivos Móviles para Personas con Discapacidad Auditiva y de Lenguaje en la Universidad Técnica de Ambato”, Trabajo fin de grado, Dpto. de informática, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2017. [En línea]. Disponible en: http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25193/1/Tesis_t1222ec.pdf
- [7] S. Pichihua. “Peruano premiado por el MIT diseña dispositivo inclusivo que transcribe la voz en texto”. Andina. <https://andina.pe/agencia/noticia-peruano-premiado-por-mit-disena-dispositivo-inclusivo-transcribe-voz-texto-781701.aspx> (Acceso: 4 de octubre de 2020).
- [8] K.J. Fernández Suarez, “Diseño y construcción de un prototipo de sistema electrónico para conversión de lenguaje de señas a mensajes de voz para la comunicación de personas sordomudas, en la ciudad de Chiclayo.”, Trabajo fin de grado, Dpto. de ingeniería electrónica, Universidad Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú, 2017. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/1158/BC-TES-5933.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [9] SID, “Sistemas y recursos de apoyo a la comunicación y al lenguaje de los alumnos sordos” https://sid.usal.es/idocs/f8/art11923/sistemas_y_recursos_de_apoyo.pdf (Acceso: 20 de octubre de 2019)
- [10] LSE, “¿Cómo se representan los signos?” <http://anacano.es/lse/como-serepresentan-los-signos/> (Acceso: 20 de octubre de 2019).

- [11] CONADIS, “Ley que otorga reconocimiento oficial a la lengua de señas peruana” <http://www.conadisperu.gob.pe/web/documentos/NORMAS/Ley%2029535.pdf> (Acceso: 20 de octubre de 2019).
- [12] Perú. Ministerio de Educación. Dirección General de Servicios Educativos Especializados. Dirección de Educación Básica Especial, Lengua de señas peruana. Segunda edición. Lima: Finishing S.A.C, 2015
- [13] APD, “¿Cuáles son los tipos de algoritmos del machine learning?”. Apd. <https://www.apd.es/algoritmos-del-machine-learning/> (Acceso: 20 de octubre de 2019)
- [14] A, Loyo, “Visión computacional”. SG. <https://sg.com.mx/revista/55/visi-n-computacional> (Acceso: 20 de octubre de 2019)
- [15] J. Lozada, "Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria", CIENCIAMÉRICA, vol. 3, pp. 34-39, diciembre 2014.
- [16] J, Barrios, “Inteligencia Artificial y Machine Learning para todos”. Health Big Data. <https://www.juanbarrios.com/inteligencia-artificial-y-machine-learning-para-todos/> (Acceso: 20 de octubre de 2020)
- [17] Google Developers, “Práctica de AA: Clasificación de imágenes”. Google Developers. <https://developers.google.com/machine-learning/practica/image-classification?hl=es> (Acceso: 20 de octubre de 2020)
- [18] J. Xu, “Guía para arquitecturas de redes profundas”. DLI. <https://www.deeplearningitalia.com/guia-para-arquitecturas-de-redes-profundas/> (Acceso: 20 de octubre de 2020)

Anexos

ANEXO N° 01. ENCUESTA DE VALIDACIÓN DEL SISTEMA

Encuesta de validación del sistema de apoyo al aprendizaje del lenguaje de señas peruano

Datos del encuestado

Nombre y apellidos: Arnol Mancilla Barreto

Ocupación: Intérprete de la asociación de sordos de Lambayeque

1. ¿Considera que los gestos de la aplicación son los correctos?
Si No
2. ¿Considera que la forma en que se desarrolla el aprendizaje es la adecuada?
Si No
3. ¿Considera que la aplicación es sencilla de usar?
Si No
4. ¿Considera que la precisión de la detección de gestos cumple correctamente?
Si No
5. ¿Considera que la aplicación apoya al aprendizaje del lenguaje de señas?
Si No



Firma del encuestado