

**SISTEMA PARA LA ENSEÑANZA Y  
TRADUCCIÓN DE LA LENGUA DE SEÑAS  
MEXICANA CON INTELIGENCIA  
ARTIFICIAL<sup>219</sup>**

**SYSTEM FOR TEACHING AND  
TRANSLATE MEXICAN SIGN LANGUAGE  
WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

Rafael Rojas-Hernández<sup>220</sup>

Valentín Trujillo-Mora<sup>221</sup>

Asdrúbal López-Chau<sup>222</sup>

Elvira Ivone González-Jaimes<sup>223</sup>

Carlos Omar González-Morán<sup>224</sup>

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad –REDIEES.<sup>225</sup>

---

<sup>219</sup> Derivado del proyecto de investigación: Sistema para la Enseñanza de la Lengua de Señas Mexicana con Inteligencia Artificial

<sup>220</sup> Dr. Rafael Rojas Hernández, Profesor de Tiempo Completo, Ingeniería en Computación, Universidad Autónoma del Estado de México, correo electrónico: rrojashc@uaemex.mx.

<sup>221</sup> Dr. Valentín Trujillo Mora, Profesor de Tiempo Completo, Ingeniería en Computación, Universidad Autónoma del Estado de México, correo electrónico: vtrujillom@uaemex.mx.

<sup>222</sup> Dr. Asdrúbal López Chau, Profesor de Tiempo Completo, Ingeniería en Computación, Universidad Autónoma del Estado de México, correo electrónico: alchau@uaemex.mx.

<sup>223</sup> Dra. Elvira Ivone González Jaimes, Profesor de Tiempo Completo, Ingeniería en Computación, Universidad Autónoma del Estado de México, correo electrónico: eigonzalezj@uaemex.mx.

<sup>224</sup> Dr. Carlos Omar González Morán, Profesor de Tiempo Completo, Ingeniería en Computación, Universidad Autónoma del Estado de México, correo electrónico: cogonzalezm@uaemex.mx.

<sup>225</sup> Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. [www.rediees.org](http://www.rediees.org)

## 21.SISTEMA PARA LA ENSEÑANZA Y TRADUCCIÓN DE LA LENGUA DE SEÑAS MEXICANA CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL<sup>226</sup>

Rafael Rojas-Hernández<sup>227</sup>, Valentín Trujillo-Mora<sup>228</sup>, Asdrúbal López-Chau<sup>229</sup>, Elvira Ivone González-Jaimes<sup>230</sup>, Carlos Omar González-Morán<sup>231</sup>

### RESUMEN

En el presente trabajo se muestran los resultados preliminares del desarrollo de un sistema de cómputo para aprender/enseñar y traducir la Lengua de Señas Mexicana (LSM) con la finalidad de lograr la inclusión entre personas comunes y personas con discapacidades auditivas. El sistema desarrollado consiste del uso de un equipo de cómputo ordinario, portátil o de escritorio, donde pueda ser implementado y utilizado para analizar la información proveniente de una cámara digital, procesarla e identificar la seña que una persona está expresando en la LSM. El sistema debe adquirir la imagen para posteriormente en analizar las imágenes obtenidas y determinar, con ayuda de la inteligencia artificial, el tipo de señas que se están realizando para indicar de manera textual su significado. Con esto se pretende que se puede disminuir la brecha en la desigualdad de las personas con discapacidad auditiva con el resto de la sociedad y viceversa al poder ser implementado en instituciones Públicas o Privadas donde sea necesario que personas con discapacidad auditiva deban presentarse para realizar algún trámite y sea posible lograr comunicarse sin la necesidad de algún interprete. Con el alfabeto y los dígitos del alfabeto español, los resultados obtenidos llegaron a alcanzar un 92% de efectividad, comprobando la efectividad del sistema.

---

<sup>226</sup> Derivado del proyecto de investigación: Sistema para la Enseñanza y Traducción de la Lengua de Señas Mexicana con Inteligencia Artificial

<sup>227</sup> Dr. Rafael Rojas Hernández, Profesor de Tiempo Completo, Ingeniería en Computación, Universidad Autónoma del Estado de México, correo electrónico: rrojashe@uaemex.mx.

<sup>228</sup> Dr. Valentín Trujillo Mora, Profesor de Tiempo Completo, Ingeniería en Computación, Universidad Autónoma del Estado de México, correo electrónico: vtrujillom@uaemex.mx.

<sup>229</sup> Dr. Asdrúbal López Chau, , Profesor de Tiempo Completo, Ingeniería en Computación, Universidad Autónoma del Estado de México, correo electrónico: alchau@uaemex.mx.

<sup>230</sup> Dra. Elvira Ivone González Jaimes, , Profesor de Tiempo Completo, Ingeniería en Computación, Universidad Autónoma del Estado de México, correo electrónico: eigonzalezj@uaemex.mx.

<sup>231</sup> Dr. Carlos Omar González Morán, , Profesor de Tiempo Completo, Ingeniería en Computación, Universidad Autónoma del Estado de México, correo electrónico: cogonzalezm@uaemex.mx.

## ABSTRACT

In this paper shows the preliminary results of the development of a computer system to learn/teach and translate the Mexican Sign Language (LSM) in order to achieve inclusion between ordinary people and people with hearing disabilities. The developed system consists of the use of ordinary computer equipment, portable or desktop, where it can be implemented and used to analyze the information coming from a digital camera, process it and identify the signal that a person is expressing in the LSM. The system must acquire the image to subsequently analyze the images obtained and determine, with the help of artificial intelligence, the type of signals that are being made to indicate their meaning textually. With this it is intended that the gap in the inequality of people with hearing disabilities can be reduced with the rest of society and vice versa by being able to be implemented in Public or Private institutions where it is necessary for people with hearing disabilities to present themselves to carry out some procedure. and it is possible to communicate without the need for an interpreter. With the alphabet and the digits of the Spanish alphabet, the results obtained reached 92% effectiveness, verifying the effectiveness of the system.

**PALABRAS CLAVE:** Lengua de Señas Mexicana, Discapacidad Auditiva, Inclusión, Inteligencia Artificial.

**Keywords:** Mexican Sign Language, Hearing Impairment, Inclusion, Artificial Intelligence.

## INTRODUCCIÓN

Para que un individuo puede desarrollarse de manera adecuada dentro de la sociedad, es necesario y fundamental comunicarse con sus similares, si por algún motivo esto no puede lograrse de manera correcta la persona puede ser excluida y su desempeño cotidiano se ve afectado.

Si consideramos que a través de las expresiones orales es la manera de comunicación mayormente utilizada; las personas que tengan problemas de habla, por cualquier motivo, tienden a tener obstáculos para expresarse de manera adecuada con personas comunes o con aquellas que tienen su misma discapacidad. En la mayoría de las ocasiones, dicha discapacidad no tiene una característica física para identificarla, lo que hace que sea complicado o casi imposible identificar a este tipo de personas.

Para una persona sorda es necesario aprender una manera de comunicarse y la más adecuada es a través del uso de sus manos, brazos y expresiones, es decir, el lenguaje de señas.

Existen en la actualidad distintos tipos de discapacidad presente en las personas como motriz, visual, auditiva, mental y de lenguaje, por citar algunas. Sin embargo, el problema auditivo tiene también repercusiones en el habla de las personas, siendo ello un mayor impedimento para la comunicación. Limitando a las personas en las actividades cotidianas, tanto laborales, esparcimiento o sociales.

Con base en la definición de discapacidad descrita por [Pad] que corresponde a personas con “restricción o falta (debido a una deficiencia) de la capacidad para realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para un ser humano”; se tiene el caso particular de la discapacidad auditiva definida por [Carr] como “la pérdida o anormalidad de la función anatómica y/o fisiológica del sistema auditivo, y tiene su consecuencia inmediata en una discapacidad para oír, lo que implica déficit en el acceso al lenguaje oral”.

Para el caso de México, el gobierno de México señala que la discapacidad auditiva se puede entender como la falta, disminución o pérdida de la capacidad para oír en algún lugar del aparato auditivo y no se aprecia porque carece de características físicas evidentes. En este sentido, es necesario considerar que las personas con discapacidad auditiva pueden valerse por sí mismas o con mayor libertad que individuos u otros tipos de discapacidades.

Es posible considerar que una persona con discapacidad auditiva puede llevar una vida en principio confortable dentro la sociedad, sin embargo, el problema surge en el momento que es necesario comunicarse con personas que desconocen su estado o en muchas actividades de la vida cotidiana.

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020, en México existen 6,179,890 personas con algún tipo discapacidad, de los cuales un 22% presentan personas que no pueden oír y un 15% a personas con problemas para comunicarse debido a limitaciones del habla [INEGI].

En grandes ciudades existen instituciones u organismos que ayudan y apoyan a las personas con discapacidad auditiva, o aquellas que lo deseen, para que comunicarse a través de señas. Para ello, crean cursos o material de enseñanza de la Lengua de Señas Mexicano (LSM); esto, debido a que dependiendo del país o región se cuentan con modismos que, en muchas ocasiones, difieren. Un ejemplo de ello es el Diccionario de Lengua de Señas Mexicana [Ser][IDEPI]. Sin embargo, la mayoría de la población no tiene el interés de aprender debido a factores como distancias o tiempo.

Teniendo dentro de la población un número limitado de personas que puedan fungir como traductores, que puedan apoyar a las instituciones públicas y privadas para lograr una mayor inclusión de las personas sordas; ya que la mayoría de ellas aprendió la lengua de señas por la discapacidad de algún familiar.

De acuerdo con el Diario Oficial de la Federación, en el año 2018, se llegó a un acuerdo con el que el Instituto Federal de Telecomunicaciones aprueba y emite “lineamientos genera de accesibilidad al servicio de televisión radiodifundida”. Con lo que se establece “las señales de los concesionarios de uso comercial que transmitan televisión radiodifundida y que cubran 50% o más del territorio nacional deberán contar con lenguaje de señas mexicano o subtítulo oculto en idioma nacional...”, lo que ofrece un gran apoyo para personas sordas [DOF].

No obstante, a los apoyos proporcionados, existen aspectos donde no se han realizado las leyes o acuerdos para una inclusión adecuada. Ya que se necesita del personal capacitado que pueda servir de intérprete, lo que implica una brecha importante.

En los últimos años y con la pandemia de SARS-COV2, el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC's), se volvió una herramienta primordial para la

enseñanza, no importando el nivel educativo o el área de interés. Empezando a surgir una gran cantidad de escuelas, institutos, empresas y gobierno que ofrece cursos, clases, diplomados, capacitación, a través de plataforma para cambiar a un modelo de educación virtual, en línea o híbrido. Lo que las personas empiezan a probar y tomar como una manera viable de adquirir conocimientos sin importar el lugar donde se encuentre.

Algunas ventajas de este modelo de educación que podemos enunciar son: poder tomarlo desde casa, oficina o trabajo, los cursos quedan grabados para su posterior visualización, avanzar a nuestro propio ritmo, no estar sujeto a horarios específicos, no es necesario estar en la misma ciudad o incluso país. Pero también existen desventajas como: necesidad de conexión a Internet, equipo de cómputo o dispositivo de comunicación con características específicas (modelos recientes), posibilidad de grupos muy grandes, nula interacción con el instructor o docente, solución a dudas no de manera inmediata, el costo en algunos casos.

Otro aspecto que se debe considerar son las diferentes redes sociales que se encuentran disponibles, debido a que se han convertido en un medio para informar, orientar, e incluso comunicar a personas, grupos o instituciones de manera más sencilla. Es por ello que han comenzado a ser plataformas muy utilizadas para ofrecer tutoriales de corto tiempo para labores comunes que no involucren conocimientos previos del tema a tratar.

Como ejemplo se tiene en el Informe sobre las tendencias digitales, redes sociales y mobile [Rep] que indica que las redes sociales son utilizadas por 4,620 millones de personas en el mundo, con incrementos anuales de un 10%, dentro de las cuales sobresalen por el número de usuarios: Facebook como la más utilizada con 2,800 millones, en segundo lugar, YouTube con 2,560 millones, seguidos de Instagram 1,400 millones y TikTok con 820 millones. Un caso particular surge con TikTok que es la que ha tenido el mayor incremento de usuarios desde el 2020.

Dentro de los contenidos que son mostrados en las redes sociales tenemos que Facebook puede crear grupos de usuarios, presentar videos, noticias en información, YouTube comparte videos, Instagram, fotografías y videos, y TikTok videos de máximo 3 minutos. Si consideramos que un tutorial puede presentarse como un video, todas las redes sociales mencionadas podrían cumplir con la idea de mostrar un tutorial. Para nuestro caso, la enseñanza de la LSM puede ser enseñada a través de videos muy cortos, ya que las

posiciones y movimientos de la mano para representar una letra o palabra no requiere de mucho tiempo. Con esta idea, muchos usuarios se han dado a la tarea de compartir videos mostrando el vocabulario disponible en la LSM, para que las personas puedan aprender por su cuenta sin necesidad de un docente.

Lo anterior resulta ser extremadamente conveniente para las personas, ya que en poco tiempo puede aprender y repasar las veces que quiera; además, de poder buscar temas similares presentados por otros usuarios, logrando de esta manera una basta base de conocimientos.

Todo lo anterior se puede considerar que resuelve el problema de aprendizaje de las personas, sin embargo, sin nos ponemos a pensar que no existe una retroalimentación o en sentido estricto una calificación del conocimiento adquirido, podemos caer errores desde lo básico. Por ejemplo, al momento de tratar de expresar una palabra en lengua de señas, utilizar uno u otro dedo puede implicar un significado totalmente diferente a lo que se quiere exponer.

Utilizar las herramientas tecnológicas, que avanzan a pasos agigantados en la actualidad, para desarrollar un sistema de apoyo para personas con alguna discapacidad es cada vez más común; ya que con el uso los equipos de cómputo cada vez tienen mayor interacción con las personas y su vida diaria.

Aunque existen desarrollos para reconocer o clasificar la lengua de señas, tanto a nivel mundial [He][Bragg][Li][Roch][Bet], como para el LSM [Cer][Man][Dias][Gonz], no se han adoptado de manera correcta, ya que quedan como desarrollo y no sistemas o prototipos.

Los desarrollos mencionados anteriormente, hacen uso de la visión artificial para la identificación de las posiciones de las manos y los dedos a partir de imágenes y con el uso de métodos de clasificación en videos o fotografías, considerando la imagen de las manos como un todo, lo que implica realizar un preprocesamiento para limpiar y adecuar dicha imagen para la obtención de los descriptores, que a su vez sirven para la clasificación; lo que implica un gran poder de cómputo o un entorno controlado del entorno. Además, la interpretación o traducción se limita a mostrar mediante texto el resultado obtenido.

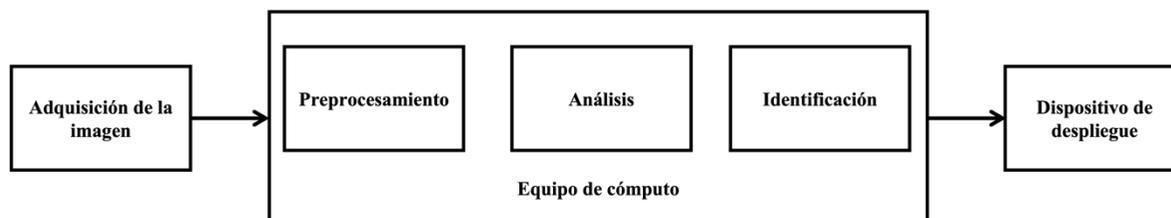
Con los avances en visión artificial y el desarrollo de herramientas por parte de investigadores internacionales, que proporcionan sus desarrollos de manera gratuita, se pretende hacer uso de librerías de programación que ya realizan la detección de las articulaciones de cuerpo, brazos, manos y dedos, para detectar las posiciones o coordenadas

de los puntos de interés. Con ello, es posible proponer el desarrollo de un sistema con equipos dedicados de bajo costo, uso sencillo y fácil transportación o manipulación, que es la idea principal a resolver por el sistema desarrollado.

## MATERIAL Y MÉTODOS

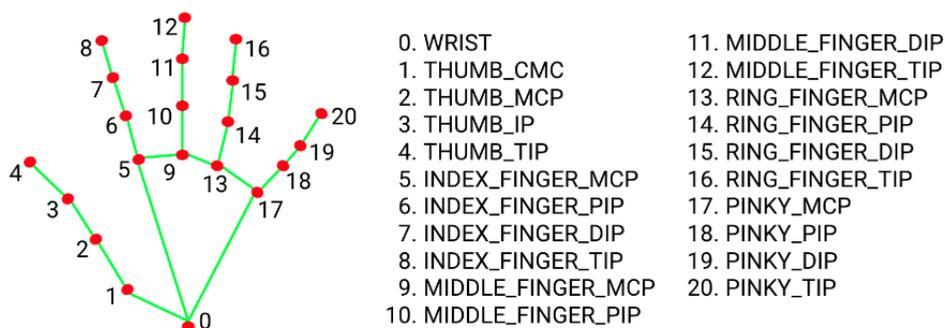
Para el desarrollo del Sistema para la Enseñanza y traducción de la Lengua de Señas Mexicana con Inteligencia artificial, partimos de la idea de utilizar herramientas tecnológicas de fácil acceso, para nuestro caso es necesario un sistema de adquisición de imágenes digitales como primer elemento, posteriormente la imagen es ingresada a un sistema de cómputo que se encarga de preprocesar y analizar la imagen, para posteriormente identificar e indicar de manera textual la seña que representa a través de un dispositivo de despliegue de imágenes digitales, pudiendo comprobar de esta manera si lo está realizando de manera correcta o no. En la Figura 1 puede observarse el modelo a bloques de los procesos anteriormente expresado.

*Figura 1. Modelo a bloques de los procesos del sistema*



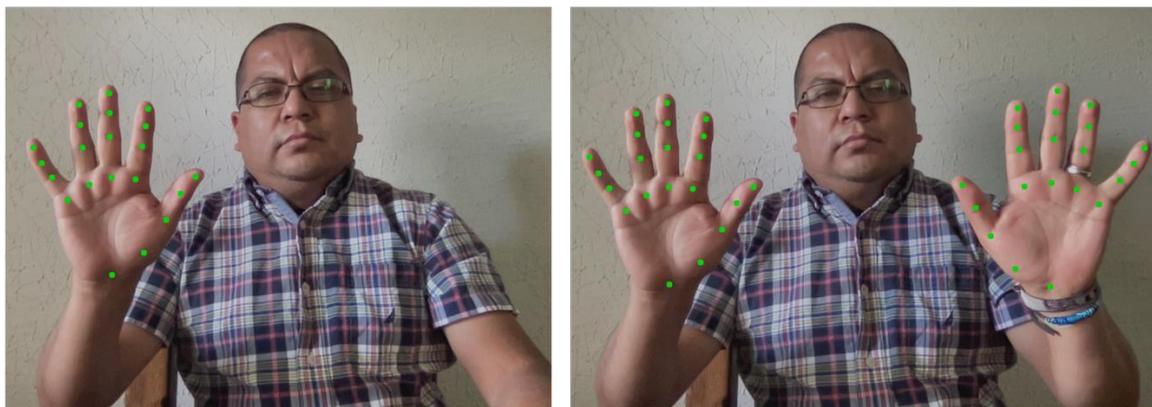
Para adquirir la imagen se hace a través de una cámara digital, ya sea interna o externa al equipo de cómputo. Para la parte del preprocesamiento y análisis de la imagen se hace uso de una herramienta de visión artificial, la librería OpenCV [Opencv] y MediaPipe [Media]. Con ello se logra identificar una o dos manos, las palmas y los dedos, con ello se obtienen 21 puntos clave o articulaciones de la mano como puede verse en la Figura 2.

**Figura 2. Puntos clave identificados [Media].**



Los resultados de los procesos de adquisición, preprocesamiento y análisis, identificación de puntos clave de la mano, pueden observarse en la Figura 3.

**Figura 3. Identificación de puntos clave**



Una vez detectados los 21 puntos de interés de cada mano, es necesario detectar el rostro de la persona y a su vez el punto que representa la nariz, ver Figura 4.

**Figura 4. Detección de la nariz**



Para obtener las distancias entre este punto y cada uno de los puntos de interés de las manos a través de las fórmulas siguientes:

$$d_{iR} = \sqrt{(x_{iR} - x_n)^2 + (y_{iR} - y_n)^2 + (z_{iR} - z_n)^2}$$

$$d_{iL} = \sqrt{(x_{iL} - x_n)^2 + (y_{iL} - y_n)^2 + (z_{iL} - z_n)^2}$$

Donde:  $d_{iR}$  y  $d_{iL}$  representan la distancia del centro de los ojos  $i$ -ésimo punto de interés de la mano derecha e izquierda respectivamente, y  $(x_{iR}, y_{iR}, z_{iR})$ ,  $(x_{iL}, y_{iL}, z_{iL})$ ,  $(x_n, y_n, z_n)$  representan las coordenadas en el espacio tridimensional del  $i$ -ésimo punto de interés de la mano derecha e izquierda y la nariz un ejemplo de la distancia puede verse en la

**Figura 5. Distancia entre un punto de interés y la nariz**



Una vez identificadas las distancias, 42 para las dos manos, si sólo se detecta una mano, los otros 21 valores se consideran 0, están serán utilizadas como referencia para realizar el proceso de identificación de la señal.

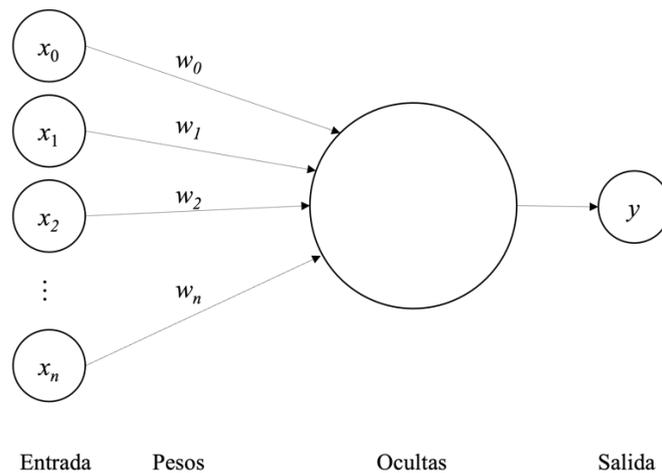
Para la identificación es necesario recurrir a la Inteligencia Artificial a través del desarrollo de una Red Neuronal Artificial (RNA), la cual se encargará de clasificar la representación de una señal de entrada (distancias) con un conjunto de opciones (señales del LSM) para identificar a cuál corresponde.

Una RNA puede representarse con una capa de entrada, una capa de salida y múltiples capas de interconexión entre neuronas de capas adyacentes. Para indicar la entrada a una neurona la representamos a través de un vector  $X$  de valores reales que producen una salida  $y$  a través de una función  $F$  que se expresa como:

$$F(X, W) = y$$

Donde  $W$  es un vector de pesos que representa la fuerza de interconexión entre las neuronas de capas adyacentes. Encontrar estos pesos es la tarea de los diversos modelos de RNA's, que es un proceso realizado por las capas ocultas de la red. Una representación de una red neuronal se puede observar en la Figura 6.

**Figura 6. Representación de una RNA**



Para nuestro caso hacemos uso de una RNA de tipo Backpropagation con una capa de entrada, 5 capas ocultas y una capa de salida. Para la etapa de la capa entrada se proporcionan las 42 distancias obtenidas y para la capa de salida se tiene un conjunto 36 salidas posibles salidas que corresponden a las letras del abecedario español (a-z) y los diez dígitos (0-9).

Dado que para el funcionamiento de una RNA es necesario en principio entrenar a la red con un conjunto de datos de entrenamiento, hemos usado un conjunto de 20 imágenes para representar a cada letra del abecedario y los 10 dígitos, teniendo un total de 360 elementos para entrenar a la red. Una vez obtenidos los resultados de clasificación, los pesos son almacenados para su uso en entradas desconocidas para la RNA.

## RESULTADOS

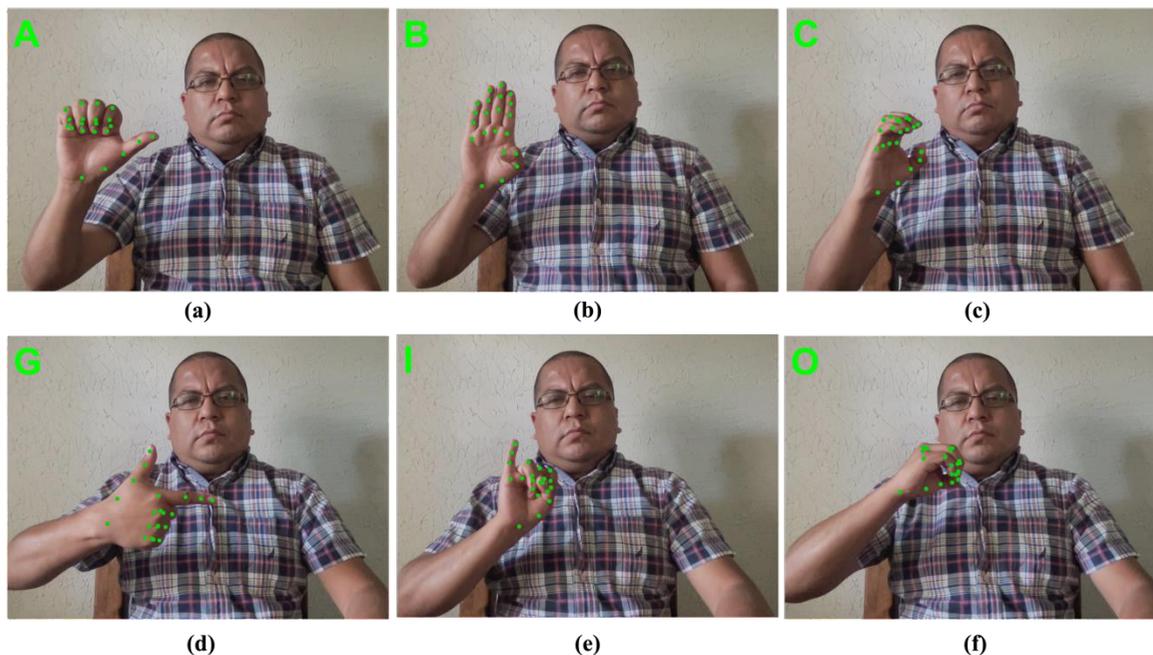
Ya que se ha entrenado y obtenido los pesos ideales a la RNA, es necesario presentarle elementos desconocidos para que los clasifique. Para nuestro sistema el proceso se realiza al ingresar nuevas imágenes de personas realizando la una seña.

Cabe mencionar que para obtener mejores resultados se debe considerar que para la adquisición de las imágenes, éstas sean capturadas considerando que la persona se vea arriba de la cintura, ya que es el área donde deben representarse cada una de las señas. Para las condiciones de luz ambiental, es necesario se cuente con una iluminación normal hacia la persona, no es necesario tener una fuente de luz artificial, ya que el sistema compensa el brillo de la imagen adquirida. Además, es necesario considerar el tiempo de captura de la imagen, es decir, la velocidad con la que se hace la seña, las cual por el momento de tener un intervalo de tiempo para su clasificación de por lo menos 1 segundo.

Con las consideraciones anteriores se comenzó a realizar las pruebas del sistema para verificar si las respuestas obtenidas eran las correctas. Mostrando en pantalla la respuesta del sistema y el usuario indicando si era en realidad la seña realizada.

En la Figura 7 se puede observar algunos ejemplos del funcionamiento del sistema para identificar las letras que corresponden a las señas expresadas.

**Figura 7. Ejemplos del funcionamiento donde se indica la seña identificada por el sistema. (a) letra A, (b) letra B, (c) letra C, (d) letra G, (e) letra I y (f) letra O**



De un total de 200 pruebas realizadas se tuvo como resultado que los aciertos de la clasificación para el LSM fueron de alrededor de un 92%, lo cual podemos considerar es adecuado para comprobar que el sistema tiene un buen funcionamiento.

Pudimos observar que los errores por lo regular se encontraban entre señas donde la posición de los dedos resulta ser similar, como en el caso de las letras S y T, y también U, V y W.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El propósito de desarrollar un sistema para la enseñanza y traducción del LSM se cumplió, el proceso de identificar una seña realizada por una persona e identificada por el sistema resulta ser una idea adecuada para que pueda observar si es correcta o no la posición de sus manos y dedos que está utilizando y de esta manera identificar sus posibles fallas y aciertos para no cometer errores al momento de querer comunicarse.

También podemos observar que los resultados obtenidos son adecuados hasta el momento, considerando que la idea principal de utilizar distancias entre puntos y no imágenes completas, como lo hacen algunos autores, resulta se dé utilidad. Sin embargo, podemos considerar para trabajo a futuro lograr que el conjunto de entrenamiento para la RNA contenga mayores elementos, ya que con ello se pueden lograr mejores resultados de clasificación.

Finalmente, podemos considerar que un sistema de este tipo puede ser una herramienta adecuada para lograr la inclusión a la sociedad de personas con discapacidades auditivas y del habla; considerando que dicho sistema puede ser utilizado por instituciones públicas y privadas en áreas donde es necesario la realización de trámites de manera presencial. Además, de poderse utilizar como un tutor virtual para la práctica de la Lengua de Señas Mexicana. De igual manera, para trabajo a futuro el sistema puede adecuarse para que la Inteligencia Artificial sea entrenada para una lengua de señas de otros países.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[Pad] A. Padilla-Muñoz, Discapacidad: contexto, concepto y modelos, *International Law: Revista Colombiana de Derecho Internaciones*, núm. 16, enero-junio 2010.

[Carr] J. Carrascosa García, La discapacidad auditiva. Principales modelos y ayudas técnicas para la intervención, *Revista internacional de apoyo a la inclusión, logopedia, sociedad y multiculturalidad*, vol. 1, núm. 2, abril 2015.

[INEGI] Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Censo de Población y Vivienda 2020. México, 2021.

[Ser] M. E. Serafín de Fleischmann, R. González Pérez, *Manos con voz*, Diccionario de lengua de señas mexicana, Libre Acceso A. C., Primera Edición, 2011.

[INDEPI] INDEPEDI, “Diccionario de Lengua de Señas Mexicana, Ciudad de México”, Gobierno de la Ciudad de México, 2017.

[DOF] Diario Oficial de la Federación, ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones aprueba y emite los Lineamientos Generales de Accesibilidad al Servicio de Televisión Radiodifundida, 17 de septiembre de 2018.

[He] S. He, Research of a Sign Language Translation System Based on Deep Learning, *International Conference on Artificial Intelligence and Advanced Manufacturing (AIAM)*, Dublin, Ireland, October 17-19, 2019.

[Bragg] D. Bragg, et al, Sign Language Recognition, Generation, and Translation: An Interdisciplinary Perspective, *International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, Pittsburgh, PA, USA, October 28-30, 2019.

[Li] W. Li, H. Pu, R. Wang, Sign Language Recognition Based on Computer Vision, *IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Computer Applications (ICAICA)*, Dalian, China, June 28-30, 2021.

[Roch] F. Ronchetti, Reconocimiento de gestos dinámicos y su aplicación al lenguaje de señas, Tesis Doctoral, Universidad Nacional de la Plata, Argentina, Diciembre, 2016.

[Bet] D. Betancur Betancur, M. Vélez Gómez, A. Peña Palacio, Traducción automática del lenguaje dactilógico de sordos y sordomudos mediante sistemas adaptativos, *Revista Ingeniería Biomédica*, Vol.7, No.13, Jan./June 2013.

[Cer] J. Cervantes, et al, Clasificación del lenguaje de señas mexicano con SVM generando datos artificiales, Revista Vínculos, Vol. 10, No. 1, Enero-Junio 2013.

[Man] E. Mancilla Morales, et al, Traducción del lenguaje de señas usando visión por computadora, Research in Computing Science, Vol. 148, No. 8, 2019.

[Dias] G. A. Días Balderas, Traductor del lenguaje de señas mexicano a texto, Tesis de Maestría, CINVESTAV-IPN, México, Diciembre 2016.

[Gonz] M. González-Peralta, C. Godínez-Flores, M. Olivares-Escorza, Traductor bidireccional de lengua de señas Mexicano a Español, Revista de Tecnologías de la Información, Vol. 5, No. 16, Septiembre 2018.

[Rep] El Informe sobre las tendencias digitales, redes sociales y mobile, <https://bit.ly/3R6p72M>.

[Opencv] OpenCV, library. <https://bit.ly/3yyjWSe>

[Media] MediaPipe, library. <https://bit.ly/3bJBstv>