

Análisis de aplicación web con visión artificial para el aprendizaje de la Lengua de Señas Mexicana. Analysis of a web application with computer vision for learning Mexican Sing Language

C. Hurtado-Sánchez ^{a, *}, R. Rosales ^a, J. R. Cárdenas-Valdez ^a, A. Calvillo-Téllez ^b

^a TECNM/IT de Tijuana, Blvd. Industrial s/n, Cd. Industrial, Tijuana 22435, Baja California, México

^b Instituto Politécnico Nacional CITEDI, Tijuana 22430, Baja California, México.

Resumen

Este artículo presenta el análisis y prototipo de una aplicación web basada en visión artificial orientada al aprendizaje de la Lengua de Señas Mexicana (LSM). El objetivo principal es ofrecer una herramienta interactiva y accesible que permita a usuarios, con o sin discapacidad auditiva, aprender LSM de manera autónoma a través del reconocimiento automático de señas mediante algoritmos de procesamiento de imágenes y aprendizaje automático. La propuesta permite la captura y evaluación en tiempo real de gestos manuales mediante el modelo de estimación de poses MediaPipe Hands, brindando retroalimentación inmediata sobre su precisión. Se describe una investigación sobre LSM y visión artificial, la arquitectura del sistema, el modelo de reconocimiento de señas implementado, y se discuten los resultados parciales obtenidos en pruebas preliminares con usuarios. Los hallazgos sugieren que la integración de visión por computadora en entornos educativos puede mejorar significativamente la accesibilidad y eficacia del aprendizaje de lenguas de señas, contribuyendo así a la inclusión social y a la reducción de barreras comunicativas.

Palabras Clave: Visión artificial, Desarrollo de aplicaciones web, Lengua de Señas Mexicana, aprendizaje automático.

Abstract

This article presents the analysis and prototype of a computer vision-based web application for learning Mexican Sign Language (MSL). The main objective is to offer an interactive and accessible tool that allows users, with or without hearing impairments, to learn MSL autonomously through automatic sign recognition using image processing and machine learning algorithms. The proposal allows for the real-time capture and evaluation of hand gestures using the MediaPipe Hands pose estimation mode, providing immediate feedback on their accuracy. Research on MSL and computer vision, the system architecture, and the implemented sign recognition model are described, and partial results obtained in preliminary user tests are discussed. The findings suggest that integrating computer vision into educational environments can significantly improve the accessibility and effectiveness of sign language learning, thus contributing to social inclusion and reducing communication barriers.

Keywords: Artificial vision, Web applications development, Mexican Sign Language, machine learning.

1. Introducción

La comunicación es una necesidad fundamental del ser humano; mediante ella, las personas participan activamente en la vida social, educativa, laboral y cultural. No obstante, para quienes viven con discapacidad auditiva, este derecho se ve frecuentemente restringido debido a la falta de accesibilidad en los medios tradicionales de comunicación. En México, se estima que hay aproximadamente 2.3 millones de personas con

discapacidad auditiva, de las cuales muchas enfrentan barreras que dificultan su plena integración social, educativa y laboral (Gobierno de México, 2021)

La Lengua de Señas Mexicana (LSM) constituye el principal medio de comunicación dentro de la comunidad sorda del país. Reconocida oficialmente como lengua nacional desde el año 2003, la LSM posee una estructura lingüística propia, con reglas gramaticales, sintácticas y léxicas específicas (CONADIS, 2016)

*Autor para la correspondencia: carlos.hurtado@tectijuana.edu.mx

Correo electrónico carlos.hurtado@tectijuana.edu.mx (Carlos Hurtado-Sánchez), ricardorosales82@gmail.com (Ricardo Rosales Cisneros), jose.cardenas@tectijuana.edu.mx (José Ricardo Cárdenas-Valdez), acalvillo@ipn.mx (Andrés Calvillo-Téllez).

Historial del manuscrito: recibido el 15/07/2025, última versión-revisada recibida el 28/10/2025, aceptado el 03/02/2025, publicado el 25/03/2026. DOI: <https://doi.org/10.29057/icbi.v14iEspecial.15515>



Sin embargo, a pesar de su reconocimiento legal, esta lengua continúa siendo desconocida para gran parte de la población oyente, lo cual refuerza una profunda brecha de inclusión y dificulta el acceso equitativo a la información y los servicios (CONAPRED, 2011)

Esta falta de conocimiento no solo limita las oportunidades para las personas sordas, sino que también obstaculiza la construcción de una sociedad inclusiva y empática.

En el ámbito educativo, estos desafíos son particularmente visibles. Una proporción significativa de personas sordas no logra incorporarse a la educación regular debido a la falta de recursos adecuados, materiales accesibles y docentes capacitados en LSM (CODHEM, 2018)

Esta situación perpetúa un ciclo de exclusión que afecta directamente su desarrollo académico, profesional y social. Aunque han existido esfuerzos institucionales orientados a promover la educación inclusiva, todavía persisten numerosas limitaciones estructurales que dificultan su aplicación en la práctica.

Ante este panorama, las nuevas tecnologías, especialmente la inteligencia artificial (IA) y la visión artificial, ofrecen herramientas con gran potencial para transformar el aprendizaje y la inclusión. Este trabajo propone el diseño y desarrollo de una aplicación web interactiva que utilice visión artificial para facilitar el aprendizaje de la LSM, enfocándose particularmente en la dactilología, es decir, el alfabeto manual que permite representar letras con las manos (IBM, 2021).

La solución tecnológica se construye con herramientas accesibles como HTML, CSS y JavaScript para la parte web, y MediaPipe como motor para el reconocimiento en tiempo real de las manos, permitiendo detectar con precisión los gestos del usuario. El objetivo es ofrecer un entorno de aprendizaje amigable, dinámico y accesible desde cualquier dispositivo con conexión a internet.

En el contexto mexicano, diversos estudios recientes han impulsado la creación de conjuntos de datos específicos para la Lengua de Señas Mexicana (LSM), como el MX-ITESO-100, que ha permitido entrenar modelos adaptados a la morfología y variabilidad propias de la comunidad sorda del país (Martínez-Sánchez et al., 2023; Mejía-Pérez et al., 2022). Estas iniciativas, junto con el uso de tecnologías accesibles y de código abierto, han favorecido el desarrollo de prototipos educativos y aplicaciones interactivas que utilizan la cámara del usuario para reconocer letras o palabras en LSM desde un navegador (Rojas & García, 2024). No obstante, aún persisten desafíos relacionados con la escasez de datos, la variabilidad entre signantes y la complejidad de los gestos no manuales, lo que continúa impulsando la investigación hacia modelos más robustos e inclusivos (Tan, 2024; Subburaj, 2022).

Este proyecto, en suma, se alinea con los principios de inclusión y equidad, reconociendo la LSM como parte del patrimonio lingüístico y cultural de México. Asimismo, busca promover el respeto por los derechos lingüísticos de la comunidad sorda, fomentar la educación inclusiva y aprovechar el poder de la tecnología para eliminar barreras de comunicación en la sociedad.

2. Marco Teórico y Conceptual

Para comprender la relevancia y el enfoque de este proyecto, es necesario contextualizarlo dentro de un marco

teórico que abarque aspectos sociales, lingüísticos y tecnológicos.

A nivel técnico, se revisan los fundamentos de la visión artificial como herramienta de apoyo en procesos de reconocimiento gestual y aprendizaje interactivo. Además, se examinan experiencias previas y aplicaciones similares, lo que permite identificar oportunidades de mejora e innovación. Este marco proporciona la base conceptual para sustentar el desarrollo de una aplicación educativa que promueva el aprendizaje de la LSM mediante tecnologías accesibles y avanzadas.

2.1. Personas sordas en México

En México, se estima que alrededor de 2.3 millones de personas tienen alguna discapacidad auditiva. La mayoría son personas mayores de 60 años, pero también hay un número importante de adultos entre los 30 y los 59 años, y un pequeño porcentaje son niñas y niños. La comunidad sorda en el país enfrenta retos únicos, especialmente cuando se trata de acceder a los mismos derechos y oportunidades que el resto de la población. Uno de los mayores desafíos es el acceso a la educación. Muchas personas sordas no asisten a la escuela, ya que para ellas no es un requisito obligatorio, lo que limita su desarrollo y participación plena en la sociedad. A pesar de esto, la comunidad sorda ha luchado activamente por abrir espacios de inclusión y por visibilizar sus necesidades y capacidades (Gobierno de México, 2021).

Aunque en 2003 la Lengua de Señas Mexicana (LSM) fue reconocida oficialmente como una lengua nacional, las personas sordas en México todavía enfrentan muchas barreras que dificultan su inclusión plena en la sociedad. Uno de los mayores retos para esta comunidad sigue siendo el desempleo y la discriminación, situaciones que limitan sus oportunidades de crecimiento y participación.

Si bien en los últimos años se han hecho esfuerzos por impulsar la educación para personas con discapacidad auditiva, en la práctica muchas veces siguen siendo excluidas del sistema educativo regular. Esta falta de inclusión provoca que muchas personas sordas vivan en aislamiento y sean segregadas por las propias instituciones públicas. La falta de apoyo y la capacitación adecuada para docentes, así como la infraestructura inaccesible, son obstáculos importantes (CODHEM 2018). Como resultado, muchas veces se ven obligadas a asistir a escuelas especiales donde sí se utiliza la lengua de señas, pero esto también reduce sus posibilidades de convivir con personas oyentes y de integrarse de forma más amplia a la sociedad. Todo esto afecta no solo su desarrollo académico, sino también su crecimiento personal, profesional y social.

2.2. Lengua de Señas Mexicana

La LSM, es la lengua que funge para la comunidad de sordos en México, la cual consiste en una serie de signos gestuales articulados con las manos y acompañados de expresiones faciales, mirada intencional y movimientos corporales gesticulados, dotados de una función lingüística, que forma parte del patrimonio lingüístico de dicha comunidad (Gobierno de México 2023).

Cada país tiene su propia lengua de señas, y en nuestro país la Lengua de Señas Mexicana (LSM) es utilizada por personas

sordas. Cabe señalar que debido a la diversidad lingüística que existe en el país, han surgido nuevas lenguas de señas en diversas comunidades indígenas. En este sentido destaca la Lengua de Seña Maya Yucateca (Le Guen, 2018).

Gran parte de la comunidad sorda es bilingüe; Es decir, al hablar LSM pueden aprender español como segunda lengua con mayor facilidad, del mismo modo que una persona oyente que sabe hablar español puede aprender a hablar otro idioma.

Retomando que cada comunidad lingüística tiene su propia lengua, por lo tanto, no todos los sordos hablan una misma lengua de señas. Lo que quiere decir, que cada comunidad de sordos posee su propia lengua de señas, e independientemente de pertenecer al mismo país se poseen diferentes lenguas de señas, como en el caso de México.

2.3. Dactilología de la LSM

La dactilología es la representación manual de cada una de las letras que componen el alfabeto. Cada palabra se puede representar con la articulación de mano correspondiente de cada letra que la conforma

A través de las señas se puede transmitir a la persona sorda cualquier palabra que desee comunicar. El deletreo es una parte importante del sistema de comunicación de las personas sordas. Se trata, sencillamente, de la escritura del alfabeto ejecutada en el aire en lugar de un papel.

Es importante señalar que la dactilología es solo una parte del LSM y se utiliza como complemento del lenguaje de señas en situaciones en las que es necesario pronunciar palabras o expresar letras individuales. En LSM, las señas incluyen gestos y movimientos de las manos, la cara y el cuerpo para transmitir conceptos y palabras completas (CONAPRED 2011).

2.4. Visión artificial

La visión artificial es un campo de la IA que permite que las computadoras y los sistemas obtengan información significativa de imágenes digitales, videos y otras entradas visuales, y tomen acciones o hagan recomendaciones basadas en esa información (IBM 2021).

Los sistemas de visión artificial utilizan la tecnología de inteligencia artificial (IA) para imitar las capacidades del cerebro humano que son responsables del reconocimiento y la clasificación de objetos. Estos entrenan a las computadoras para que reconozcan datos visuales ingresando grandes cantidades de información. Algunas de funciones que puede realizar la visión artificial son:

Clasificación de imágenes: Este permite a las computadoras ver una imagen y clasificar con precisión a qué clase pertenece.

Detección de objetos: Utiliza la clasificación para identificar, ordenar y organizar las imágenes

Seguimiento de objetos: Utiliza modelos de aprendizaje profundo para identificar y rastrear los elementos que pertenecen a categorías.

Segmentación: Simplifica una imagen para determinar de qué se trata, también reconoce si hay más de un objeto en una imagen

2.5. Usabilidad de la visión artificial para aprender LSM

La visión artificial tiene el potencial de ser una herramienta muy útil para el aprendizaje de la Lengua de Señas Mexicana (LSM) y la comunicación con personas sordas ya que permite la interacción con la computadora para la correcta posición de las manos al realizar una seña. La visión artificial permite detectar y ubicar objetos en específicos lo cual ayuda a identificar la correcta dactilología de la LSM.

Desarrollar una aplicación web que utilice visión artificial para interpretar y enseñar la Lengua de Señas Mexicana (LSM) representa una oportunidad valiosa con múltiples beneficios. Esta herramienta interactiva puede ser un gran apoyo educativo, ya que permite a las personas aprender la lengua de señas de manera más eficiente y práctica, lo que contribuye a la inclusión de personas sordas tanto en entornos escolares como en el ámbito laboral (CNDH, 2020; Reyes, 2019). Además, puede ser utilizada en instituciones educativas como un recurso didáctico que facilite la integración de estudiantes sordos en aulas regulares, al mismo tiempo que permite a los estudiantes oyentes aprender LSM y reconocer su valor cultural y lingüístico (Maldonado et al., 2022). Uno de los aspectos más destacados es la posibilidad de ofrecer traducción en tiempo real gracias al reconocimiento de manos, lo cual resulta especialmente útil en situaciones cotidianas donde una persona sorda necesita comunicarse con alguien que no conoce la lengua de señas (González & Ríos, 2021). En este sentido, la aplicación puede actuar como un puente que rompe las barreras de comunicación. Al tratarse de una herramienta web, su acceso no está limitado a un solo dispositivo: puede utilizarse desde una computadora, celular o tablet, lo que la convierte en una solución flexible y disponible en cualquier momento y lugar (INEGI, 2020). Finalmente, esta aplicación no solo facilita la comunicación, sino que también ayuda a promover el uso y el reconocimiento de la LSM como una lengua viva y significativa, reforzando así la identidad cultural de la comunidad sorda en México (Villalobos, 2018).

3. Metodología

Para desarrollar la aplicación web de visión artificial enfocada en enseñar la Lengua de Señas Mexicana (LSM), se optó por una metodología ágil basada en el marco de trabajo Scrum, lo cual permitió construir la plataforma de forma ordenada y flexible. Como primer paso, se realizó un análisis de los requerimientos del sistema, tomando como base información de estudios previos y referencias relacionadas con la comunidad sorda en México y sus oportunidades de acceso a la educación. A partir de esta investigación, se diseñó la estructura general del sitio y se planificó cómo sería la experiencia del usuario. Esto incluyó la creación de los primeros bosquejos de navegación, menús y la forma en que las personas interactuarían con la página. Para representar de manera visual las posibles acciones dentro del sistema, se elaboraron diagramas de casos de uso, los cuales ayudaron a comprender claramente cómo se esperaba que funcionara la aplicación.

3.1. Metodología ágil Scrum

Scrum (Schwaber et al., 2020) se seleccionó como metodología ágil por su capacidad de adaptarse a proyectos dinámicos y centrados en el usuario. La planificación del desarrollo se estructuró en sprints de dos semanas, permitiendo entregas incrementales, revisiones continuas y ajustes rápidos basados en la retroalimentación.

Las etapas principales dentro del marco de Scrum incluyeron:

Definición del Product Backlog: Se recopilaron y priorizaron historias de usuario centradas en las funcionalidades principales del sistema, tales como la captura de video, el reconocimiento de señas y la retroalimentación visual.

Diseño de la Arquitectura: Se propuso una arquitectura modular compuesta por cliente web, servidor backend, módulo de visión artificial y base de datos. Esta estructura garantiza la escalabilidad y facilidad de mantenimiento.

Desarrollo iterativo: Cada sprint abordó funcionalidades específicas que fueron integradas y validadas progresivamente.

Revisiones y retrospectivas: Al finalizar cada sprint, se realizaron sesiones de revisión y mejora continua con el equipo de desarrollo.

3.2. Arquitectura

La arquitectura propuesta para la aplicación web se estructura en cuatro componentes principales: cliente web, servidor backend, módulo de inteligencia artificial y base de datos. Esta organización modular permite una separación clara de responsabilidades, favoreciendo tanto el desarrollo escalable como el mantenimiento del sistema.

El cliente web constituye la interfaz principal de interacción con el usuario. A través del navegador, el usuario puede acceder a las funciones del sistema, activar la cámara, registrar señas en tiempo real y recibir retroalimentación inmediata.

El servidor backend actúa como intermediario entre el cliente y los demás servicios del sistema. Su función principal es recibir los datos visuales enviados por el usuario, comunicarse con el módulo de inteligencia artificial para la interpretación de las señas, y devolver el resultado al cliente.

El módulo de inteligencia artificial opera de manera independiente como un servicio de inferencia. Se encarga del procesamiento de las imágenes capturadas, aplicando modelos previamente entrenados para el reconocimiento de señas propias de la Lengua de Señas Mexicana. Estos modelos pueden estar basados en redes neuronales convolucionales (CNN), modelos secuenciales (LSTM) o soluciones híbridas con herramientas como MediaPipe.

Finalmente, la base de datos almacena la información estructurada del sistema, incluyendo registros de usuarios, historial de prácticas, resultados de reconocimiento y otros datos educativos.

Toda la arquitectura está diseñada para ejecutarse sobre contenedores, con la posibilidad de ser desplegada en servicios de nube, garantizando portabilidad, disponibilidad y escalabilidad. (Figura 1).

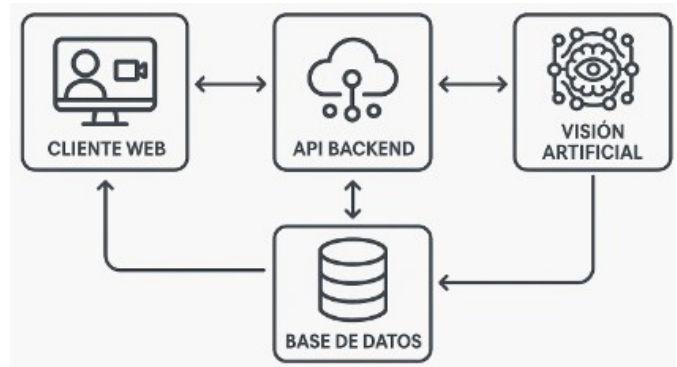


Figura 1. Arquitectura de aplicación web

Posteriormente, se seleccionaron tecnologías accesibles y eficientes para el desarrollo: se utilizó HTML, CSS y JavaScript para construir la interfaz web, mientras que la biblioteca MediaPipe fue elegida para implementar un pequeño módulo de visión artificial, debido a su capacidad para detectar y rastrear manos en tiempo real. El sistema operativo Linux Mint sirvió como entorno base para el desarrollo técnico. Una vez definida la arquitectura y la estructura tecnológica, se comenzó con la creación de diagramas de casos de uso para la implementación de las funcionalidades clave, como la navegación por las secciones del sitio (inicio, cursos, información general, práctica de señas), y se integró la cámara web con el modelo de visión artificial para permitir el reconocimiento de gestos del usuario.

3.3. Elaboración de diagrama de casos de uso

Tras completar la etapa de análisis e investigación para el desarrollo de la aplicación web, se procedió al diseño de la interfaz móvil. Como primer paso, se elaboraron diagramas de casos de uso, los cuales se fundamentaron en los hallazgos obtenidos durante la investigación, así como en las observaciones y sugerencias tanto de usuarios como de especialistas en el tema.

Estos diagramas ilustran las distintas acciones que los usuarios pueden llevar a cabo dentro de la aplicación, así como la manera en que interactúan con ella. En la Figura 2 se presenta el caso de uso correspondiente a la página de inicio, donde se incluye un menú con las principales secciones propuestas: consultar información, acceder a cursos y obtener atención personalizada.

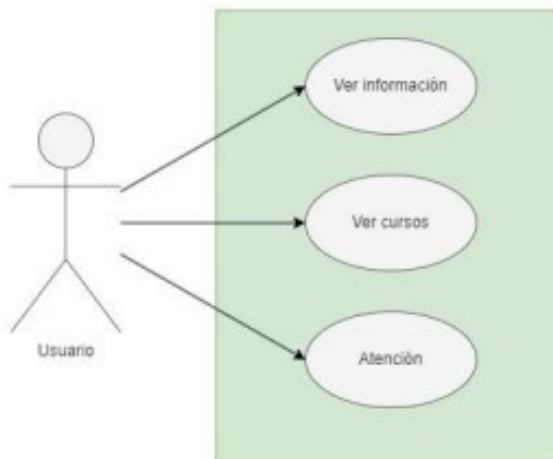


Figura 2. Inicio/ Página principal

La Figura 3 ilustra las funciones básicas disponibles para el usuario dentro del sistema. Se identifican cuatro casos de uso principales: iniciar un curso, consultar los temas disponibles, visualizar videos relacionados con el aprendizaje y salir de la aplicación. Cada una de estas acciones está directamente vinculada al usuario, quien actúa como actor principal. Este tipo de representación permite comprender, de manera visual y simplificada, las interacciones previstas entre el usuario y el sistema, facilitando así el diseño y análisis de la funcionalidad general de la plataforma.

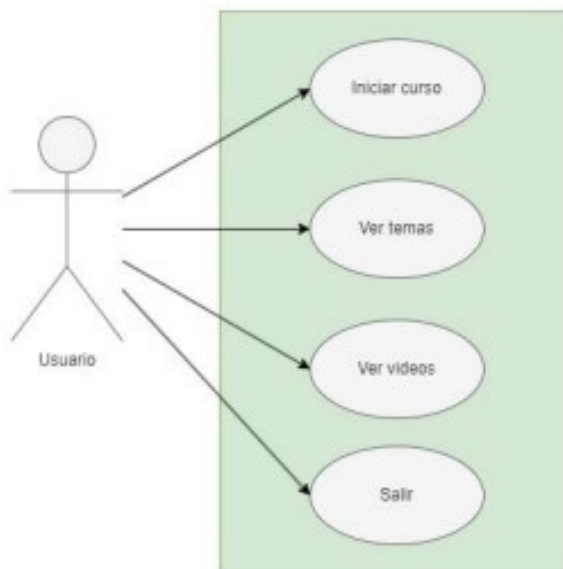


Figura 3. Iniciar cursos.

En la Figura 4 se representan las principales acciones que puede realizar el usuario dentro de la aplicación web que incorpora un sistema de visión artificial para la detección de señas. Se identifican cuatro casos de uso clave: iniciar sesión en el sistema, acceder a la funcionalidad de detección automática de LSM, practicar signos dentro de un entorno interactivo y salir de la plataforma. El usuario es el actor principal y se vincula directamente con cada una de estas funciones. Esta representación ayuda a visualizar de forma

clara y estructurada la interacción prevista entre el usuario final y los componentes funcionales del sistema.

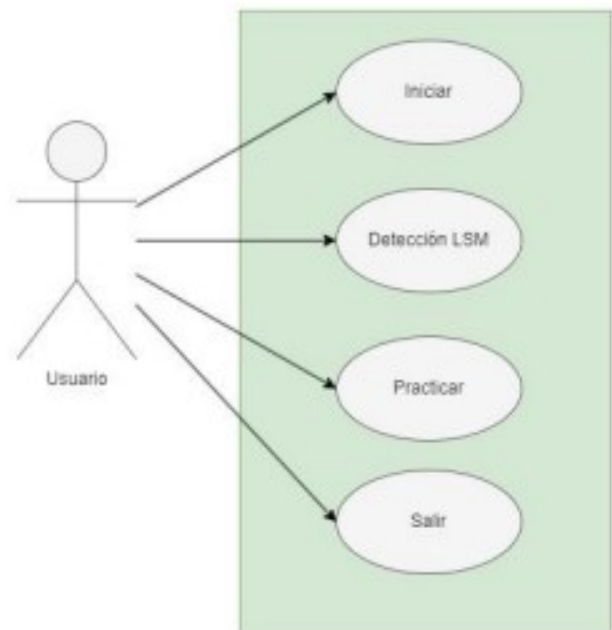


Figura 4. Iniciar detección de manos

La Figura 5 muestra un caso de uso representativo de la interacción inicial del usuario con la aplicación web desarrollada para el aprendizaje de la LSM. En este escenario, el usuario puede acceder a tres funcionalidades principales: obtener información general sobre la LSM, consultar los detalles de los cursos disponibles y conocer aspectos relacionados con el propósito y desarrollo de la plataforma. Este caso de uso corresponde a una etapa informativa, orientada a facilitar la comprensión del contenido y los objetivos del sistema antes de involucrarse con herramientas interactivas basadas en visión artificial. Su función es proporcionar un entorno accesible y contextualizado que prepare al usuario para un proceso de aprendizaje más dinámico y personalizado.

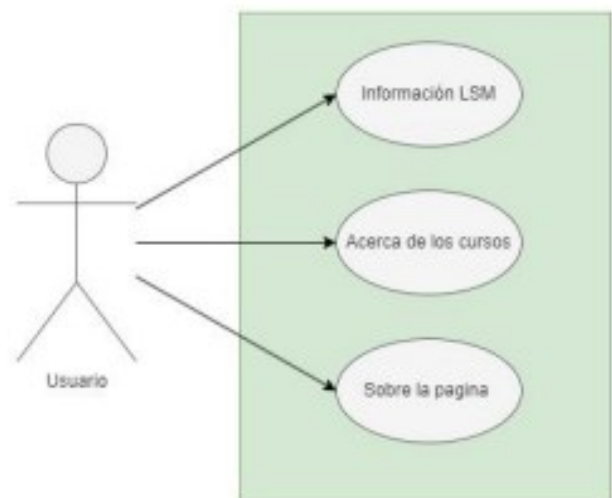


Figura 5. Información de la página.

4. Diseño de la aplicación

En base a la propuesta básica previa (Hurtado, 2023), se diseñó la aplicación web que combina una estructura accesible con tecnologías de visión artificial para facilitar el aprendizaje de la LSM. Su interfaz simple permite al usuario navegar intuitivamente por contenidos informativos y herramientas interactivas. Mediante el uso de cámara, la plataforma reconoce señas en tiempo real, brindando retroalimentación inmediata. Este enfoque busca no solo enseñar, sino también promover la inclusión, respetando las necesidades comunicativas de personas sordas y oyentes por igual.

4.1. Recolección de datos de prueba con visión artificial

Con apoyo de los alumnos y alumnas de la carrera de ingeniería en tecnologías de la información y comunicación se elaboraron algunas pruebas de reconocimiento de letras.

La Figura 6 muestra una serie de imágenes correspondientes a las letras A a la I del alfabeto dactilológico en LSM. Cada imagen presenta la postura de una mano capturada mediante un sistema de visión artificial, el cual identifica los puntos clave articulares de la mano a través de una malla de detección estructural. Los puntos rojos marcan las articulaciones de los dedos y la palma, mientras que las líneas blancas representan las conexiones óseas virtuales que permiten reconstruir la posición y orientación de la mano. Esta visualización es parte del proceso de preprocesamiento de datos utilizado para el entrenamiento del modelo de reconocimiento automático de señas, facilitando la clasificación precisa de cada gesto manual. La implementación de esta técnica permite al sistema distinguir entre diferentes configuraciones de dedos asociadas a cada letra, lo cual es fundamental para el aprendizaje automatizado y el desarrollo de interfaces educativas accesibles.

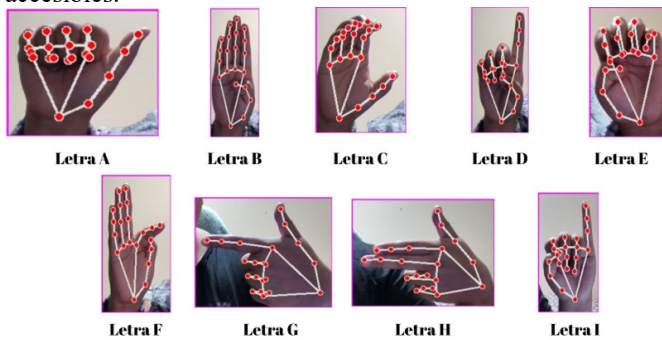


Figura 6. Recolección de datos de señas con visión artificial

4.2. Interfaz de usuario

La interfaz de usuario es un elemento fundamental en esta aplicación, ya que influye directamente en cómo las personas interactúan y aprenden dentro de la plataforma. En esta sección se presenta una propuesta de diseño pensada para ser clara, accesible y fácil de usar, con el fin de brindar una experiencia positiva tanto a personas sordas como oyentes. Su propósito es que cualquier usuario, sin importar su nivel de familiaridad con la tecnología, pueda navegar de forma sencilla por los contenidos informativos y utilizar las herramientas interactivas de reconocimiento de señas sin dificultad.

La Figura 7 presenta la interfaz gráfica de la sección “Nuestras actividades” de la aplicación web. Esta sección promueve el aprendizaje inclusivo mediante recursos audiovisuales que permiten a usuarios de todas las edades familiarizarse con señas básicas en LSM. La interfaz incluye un texto introductorio que motiva a las personas a participar activamente, además de un botón interactivo para encender la cámara, el cual permite al sistema de visión artificial detectar señas realizadas por el usuario en tiempo real.

Se destacan dos módulos principales: “Saludos” y “ABC”. Cada uno cuenta con una imagen ilustrativa, una breve descripción de la actividad y un botón para visualizar el contenido en video educativo. Estas actividades están diseñadas para reforzar el aprendizaje visual y práctico, facilitando que los usuarios reproduzcan señas mientras el sistema las reconoce y retroalimenta el proceso de enseñanza.

Nuestras actividades

¡Prepárate para aprender de LSM con Nuestros videos! Para fomentar la inclusion y el aprendizaje, he familia puedan aprender al máximo.

¡Enciende tu camara e intenta hacer una sena del ABC de la LSM, para que la IA te detecte con texto y trad



Figura 7: Pantalla de inicio

En la Figura 8 se muestra la sección “Nuestras actividades”, ahora complementada con la reproducción de un video educativo. En la parte derecha de la figura se visualiza un ejemplo del contenido multimedia vinculado a la plataforma: un video de YouTube donde se muestra la seña correspondiente a la letra “C” en LSM, realizada por una persona instructora. Este tipo de integración audiovisual refuerza el aprendizaje visual y kinestésico, facilitando la imitación y comprensión por parte del usuario. Además, fomenta la retroalimentación interactiva entre el contenido digital y las acciones del usuario, apoyando el reconocimiento de señas por parte de la inteligencia artificial.

Nuestras actividades



Figura 8: Pantalla de inicio y contenido multimedia con señas

En la Figura 9 se muestra la interfaz de la aplicación web una vez que el usuario ha activado la cámara mediante el botón “Encender cámara”. Esta funcionalidad permite al sistema captar en tiempo real la imagen del usuario con el fin de detectar, mediante técnicas de visión artificial, las señas

realizadas del alfabeto de la LSM. El propósito de esta etapa es brindar una experiencia interactiva, donde el usuario puede practicar señas frente a la cámara y recibir retroalimentación automática sobre la validez de cada seña mediante su traducción a texto.

Nuestras actividades

¡Prepárate para aprender de LSM con Nuestros videos! Para fomentar la inclusion y el aprendizaje, hemos preparado una variedad de experiencias familia puedan aprender al máximo.

¡Enciende tu camara e intenta hacer una seña del ABC de la LSM, para que la IA te detecte con texto y traduzca tu seña si es correcta.



Figura 9: Interfaz de detección de señas

5. Resultados

Tras la implementación de la plataforma web basada en visión artificial, se llevaron a cabo dos experimentos orientados a evaluar la efectividad del sistema tanto desde el punto de vista técnico como educativo. El primero de ellos se centró en el reconocimiento automático de señas manuales correspondientes a las letras A a I del alfabeto de la Lengua de Señas Mexicana (LSM). Las muestras fueron procesadas mediante el modelo de estimación de poses MediaPipe Hands, el cual permitió identificar con precisión los veintidós puntos articulares de la mano, representados gráficamente a través de nodos y conexiones. Estas estructuras sirvieron como insumo para entrenar un modelo de clasificación que alcanzó una tasa promedio de reconocimiento del 83.4 %, valor que evidencia un desempeño sólido dentro de un conjunto de datos controlado. Este experimento puede considerarse una validación técnica inicial que demuestra la factibilidad del enfoque propuesto para el reconocimiento automatizado de señas en la LSM.

El segundo experimento se orientó a la evaluación de la experiencia educativa ofrecida por la plataforma web, la cual integra módulos de aprendizaje denominados “Saludos” y “ABC”, acompañados de videos instructivos y un sistema de retroalimentación automática en tiempo real. En esta etapa participaron quince usuarios con edades comprendidas entre los diez y los cuarenta y cinco años, quienes interactuaron directamente con el sistema. Los resultados obtenidos fueron altamente favorables: el 87 % de los participantes indicó que la aplicación facilitó su proceso de aprendizaje de señas básicas, mientras que el 80 % destacó la utilidad de los videos integrados para comprender con mayor claridad los movimientos y configuraciones manuales. Además, se observó una integración eficiente entre el reconocimiento en tiempo real y la interfaz de usuario, lo que propició una experiencia fluida e intuitiva. Aunque no se reportaron mediciones cuantitativas de mejora del aprendizaje, las percepciones de los usuarios reflejan una alta aceptación del sistema y confirman su potencial como herramienta pedagógica. No obstante, el grupo de prueba, compuesto por un rango de edades amplio, pero sin distinción entre usuarios sordos y oyentes ni niveles de experiencia en LSM, limita la posibilidad de generalizar los resultados a una población más diversa.

En términos comparativos, la aportación de este trabajo radica en la aplicación de técnicas de estimación de poses a la LSM, una lengua de señas poco abordada en la literatura, así como en la integración de la tecnología de visión artificial con un entorno educativo accesible desde la web. A diferencia de otros estudios enfocados exclusivamente en el rendimiento algorítmico, la presente investigación combina métricas técnicas con la evaluación de la experiencia de usuario, lo que refuerza su relevancia práctica y su aplicabilidad en contextos reales de enseñanza. Si bien la tasa de reconocimiento del 83.4 % se encuentra por debajo de la alcanzada por investigaciones que emplean modelos híbridos o datasets más amplios —como las de Shin, Matsuoka, Hasan y Srizon (2021), quienes reportaron precisiones de hasta 99.39 % en el reconocimiento de señas alfabéticas del ASL, o la de Akdağ y Baykan (2024), con resultados superiores al 97 % en conjuntos de la Lengua de Señas Japonesa—, los resultados obtenidos en este estudio representan un avance importante en el reconocimiento de señas mexicanas con recursos computacionales ligeros y en tiempo real.

En conjunto, los hallazgos evidencian que la aplicación desarrollada es funcional tanto como sistema de reconocimiento de señas como herramienta educativa, ofreciendo una base sólida para futuras mejoras orientadas a la ampliación del alfabeto, la inclusión de frases dinámicas y la integración de modelos híbridos de aprendizaje profundo que permitan alcanzar mayores tasas de precisión. Asimismo, se plantea la necesidad de incorporar grupos más amplios y diversos de usuarios para fortalecer la validez de los resultados pedagógicos y avanzar hacia el desarrollo de una plataforma integral de aprendizaje de la LSM asistida por inteligencia artificial.

6. Conclusiones y trabajos futuros

El desarrollo de esta aplicación web con tecnología de visión artificial representa un paso importante hacia una educación más inclusiva, accesible y adaptada a las necesidades actuales de aprendizaje. A lo largo del proyecto, se pudo comprobar que es posible combinar herramientas de inteligencia artificial con una interfaz amigable para apoyar a personas interesadas en aprender la LSM, ya sea por motivos personales, educativos o profesionales.

Una de las principales fortalezas del sistema fue su capacidad para detectar con bastante precisión las señas del abecedario manual, específicamente de la letra A a la I. Gracias al uso de modelos de visión por computadora, como MediaPipe, el sistema logró identificar la posición de los dedos y la forma de la mano en tiempo real. Esto permitió que el usuario pudiera hacer una seña frente a la cámara y recibir una respuesta inmediata por parte de la inteligencia artificial, lo cual transforma la experiencia de aprendizaje en algo interactivo, dinámico y motivador.

Además, el diseño de la plataforma incluyó secciones con videos explicativos, lo que hizo que el proceso fuera mucho más visual e intuitivo. Los usuarios no solo veían cómo se realiza una seña, sino que también podían practicarla al instante, con el apoyo del sistema. Esta combinación de video, práctica y retroalimentación ayudó a que el aprendizaje fuera más efectivo, incluso para personas sin conocimientos previos en LSM.

Los resultados obtenidos en pruebas preliminares también fueron alentadores. La mayoría de los usuarios consideró que la aplicación era fácil de usar y útil para comenzar a familiarizarse con las señas. Varios de ellos destacaron que la posibilidad de aprender de manera autónoma, en casa y a su ritmo, les dio mayor confianza para seguir practicando. Esto nos muestra que herramientas como esta pueden ser un gran apoyo tanto para estudiantes como para docentes, familias, profesionales de la salud y cualquier persona interesada en aprender LSM.

Más allá de los aspectos técnicos, este proyecto demuestra que la tecnología puede ser una aliada poderosa para romper barreras de comunicación y construir puentes entre personas oyentes y personas sordas. Aunque aún hay áreas por mejorar, como ampliar el vocabulario, incluir frases completas y perfeccionar la precisión del reconocimiento, los resultados hasta ahora nos permiten ver un futuro prometedor.

En definitiva, esta aplicación no solo ofrece una forma moderna y accesible de aprender LSM, sino que también contribuye a promover la empatía, el respeto y la inclusión. Al acercar la lengua de señas a más personas a través de la tecnología, se da un paso más hacia una sociedad donde todos podamos comunicarnos y entendernos mejor, sin importar nuestras diferencias.

En cuanto a los trabajos futuros, se prevé ampliar el alcance del sistema hacia el reconocimiento de frases dinámicas y contextuales, incorporar técnicas de deep learning híbridas (CNN-LSTM o transformadores) para mejorar la precisión del modelo y crear una versión móvil multiplataforma que permita su uso en cualquier entorno educativo. Asimismo, se planea integrar módulos adaptativos de enseñanza que ajusten la dificultad según el progreso del usuario y realizar estudios con poblaciones más diversas, incluyendo personas sordas, para validar el impacto real en la enseñanza de la LSM.

Referencias

- Akdağ, A., & Baykan, N. A. (2024). *Sign language recognition from hand pose estimation and feature selection using deep learning*. **Journal of Artificial Intelligence and Data Science**, 6(2), 145–156. <https://doi.org/10.1016/j.jaid.2024.02.003>
- Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CNDH). (2020). Situación de los derechos humanos de las personas con discapacidad auditiva en México. <https://www.cndh.org.mx>
- CONADIS. (2016, 10 de agosto). Lengua de Señas Mexicana (LSM). Gobierno de México. <https://www.gob.mx/conadis/articulos/lengua-de-senas-mexicana-lsm?idiom=es>
- CONAPRED. (2011). Diccionario de lengua de señas mexicana. Consejo Nacional Para Prevenir la Discriminación. https://www.conapred.org.mx/documentos_cedoc/DiccioSenas_ManosVoz_ACCSS.pdf
- CODHEM. (2018). Discriminación y falta de información que sufren personas con discapacidad auditiva. Comisión de Derechos Humanos del Estado de México. <https://www.codhem.org.mx/discriminacion-y-falta-de-informacion-sufren-personas-con-discapacidad-auditiva/>
- Gobierno de México. (2021). Con discapacidad auditiva, 2.3 millones de personas: Instituto Nacional de Rehabilitación. Secretaría de Salud. <https://www.gob.mx/salud/prensa/530-con-discapacidad-auditiva-2-3-millones-de-personas-institut-o-nacional-de-rehabilitacion?idiom=es>
- Gobierno de México (2023). Lengua de señas mexicana. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Recuperado el 09 de octubre de 2022, sitio web: <https://mexicana.cultura.gob.mx/es/repositorio/x2abesp3qm-4>
- González, M., & Ríos, L. (2021). Aplicaciones de visión artificial para la traducción de lengua de señas en tiempo real. *Revista de Innovación Tecnológica*, 15(2), 44–55.
- Hurtado-Sánchez, C., Quezada-Cisneros, Ángeles, & Rodríguez-Aguinaga, A. (2023). Una propuesta de aplicación móvil para el aprendizaje de la lengua de señas mexicana mediante el desarrollo de un modelo de realidad aumentada. *Pădi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, 11(Especial4), 264-269. <https://doi.org/10.29057/icbi.v11iEspecial4.11427>
- IBM. (2021). ¿Qué es la visión artificial? <https://www.ibm.com/mx-es/topics/computer-vision>
- INEGI. (2020). Estadísticas a propósito del Día Internacional de las Personas con Discapacidad (3 de diciembre). <https://www.inegi.org.mx>
- Le Guen, O. (2018). El habla de la mano. La lengua de Señas Maya Yucateca y sus señales. Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI). Recuperada 2 de julio de 2025, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/438175/inpi-el_habla-de-la-mano-lengua-de-senas-maya-yucateca-movil.pdf
- Maldonado, S., Torres, L., & Peña, A. (2022). Educación inclusiva y lengua de señas mexicana: retos y oportunidades en el aula regular. *Revista de Educación Especial*, 9(1), 25–39.
- Martínez-Sánchez, V., Ramírez, J., & García, P. (2023). Exploring a Novel Mexican Sign Language Lexicon Video Dataset (MX-ITESO-100). *Multimodal Technologies and Interaction*, 7(4), 45–59.
- Mejía-Pérez, K., Torres, A., & Hernández, L. (2022). Automatic Recognition of Mexican Sign Language Using Deep Learning Models. *Procedia Computer Science*, 210, 345–352.
- Reyes, C. (2019). Barreras y oportunidades en la inclusión educativa de personas sordas en México. *Revista Latinoamericana de Educación Inclusiva*, 13(1), 78–91.
- Rojas, M., & García, D. (2024). Web-Based Application for Sign Language Learning Using AI and Hand Landmark Detection. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 40(2), 122–134.
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). *Guía Scrum*. Recuperado de Scrum.org
- Shin, J., Matsuoka, A., Hasan, M. A. M., & Srizon, A. Y. (2021). *Sign language recognition using MediaPipe hand landmarks and machine learning techniques*. **International Journal of Computer Vision and Pattern Recognition**, 5(3), 24–33. <https://doi.org/10.1007/s41064-021-00152-7>
- Subburaj, S. (2022). Survey on Sign Language Recognition in the Context of Vision-Based Learning Systems. *International Journal of Computer Vision and Signal Processing*, 12(3), 14–27.
- Tan, S. (2024). A Review of Deep Learning-Based Approaches to Sign Language Recognition. *Computers*, 13(5), 118–137.
- Villalobos, E. (2018). Lengua de Señas Mexicana: identidad, cultura y reconocimiento legal. Editorial Universitaria UNAM.