

# VISIÓN ARTIFICIAL APLICADA PARA EL RECONOCIMIENTO DEL LENGUAJE DE SEÑAS

## COMPUTER VISION APPLIED FOR RECOGNITION SIGN LANGUAGE

Luis Sivisapa Aguilera<sup>1</sup>, Henry Paz Arias<sup>2</sup>

1 Universidad Nacional de Loja, Ecuador, lgsivisapaa@unl.edu.ec

2 Universidad Nacional de Loja, Ecuador, hpaz@unl.edu.ec

### RESUMEN

*En el presente artículo, se realiza el estudio de la Visión Artificial, con el objetivo de realizar el reconocimiento del lenguaje de señas en un nivel básico y en tiempo real, dicho proyecto está encaminado a resolver ciertos problemas que se presentan en la enseñanza aprendizaje de los docentes así como de los alumnos, el problema más evidente en este contexto es la gran cantidad de tiempo que se demora el docente en indicar y corregir las posiciones de las manos a cada uno de los estudiantes, la implementación del sistema se lo realizó con el empleo de la metodología RAD junto a sus cuatro fases, la planificación de requerimientos, el diseño de usuario, la construcción rápida y la fase de transición, a más de ello se hizo uso de la librería OpenCV y el IDE de desarrollo QT Creator, para realizar el seguimiento de la mano del usuario se realizó un algoritmo que permite el seguimiento de un objeto a través del color, para la clasificación de las señas realizadas por el usuario se combinaron de forma secuencial dos de los algoritmos que con mayor frecuencia son empleados en la construcción de estos sistemas, el algoritmo SVM y el KNN, con el objetivo de reducir el porcentaje de error durante las predicciones, finalmente este proyecto estará implementado e implantado en la asociación de sordos de Loja "Virgen del Cisne", ya que esta institución ha brindado las facilidades para el desarrollo del mismo.*

**Palabras Clave:** Visión Artificial, SVM, KNN, OpenCV, Lenguaje de Señas Ecuatoriano.

### ABSTRACT

*In this paper, the study of machine vision is realized, with the aim of making the recognition of sign language at a basic level in real time, this project is aimed at solving certain problems encountered in the teaching learning teachers and students, the most obvious problem in this context is the large amount of time that teachers indicate delay and correct hand positions to each of the students, the implementation of the system was made with the use of RAD methodology with its four phases, requirements planning, user design, construction and rapid transition, more than it made use of the OpenCV library and IDE development QT Creator, to track the user's hand an algorithm to track an object through color, for the classification of the signs carried by the user were combined sequentially two algorithms is performed most often are used in the construction of these systems, the SVM and KNN algorithm, in order to reduce the error rate for predictions, finally this project will be implemented and deployed in the association of deaf Loja "Virgen del Cisne" and that this institution has provided the facilities for development.*

**KeyWords:** Artificial Vision, SVM, KNN, OpenCV, Ecuadorian Sign Language.

## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el tema de la discapacidad es tratado en todos los gobiernos con su afán por afrontar hasta donde sea posible dicho problema, especialmente en los accesos a diversas áreas como educación, salud, transporte, etc. [1], por lo cual el uso de las herramientas tecnológicas provee de varias alternativas para su tratamiento. El empleo de la inteligencia artificial con sus variadas técnicas como, visión por ordenador, reconocimiento del lenguaje, aprendizaje automático, etc., han permitido la implementación de muchos sistemas, que son utilizados por personas cuyas capacidades no se encuentran dentro de lo “normal” [2].

En la asociación de sordos de Loja “Virgen del Cisne”, se capacita a personas con la discapacidad del oído, mediante la enseñanza del lenguaje de señas, enseñanza en la que existen problemas que afronta el tutor y los estudiantes, ya que el docente indica las posiciones de las manos y la corrección de la ejecución se la realiza a cada uno de los estudiantes, proceso que conlleva tiempo elevado y enseñanza lenta.

Es por ello que el presente proyecto se enfoca en el desarrollo de un sistema para el aprendizaje del lenguaje de señas en un nivel básico, con el uso de la visión artificial en tiempo real, para mejorar la enseñanza aprendizaje de las personas que conforman la asociación. Para su construcción se combinó los algoritmos SVM (Support Vector Machine) [3] y kNN (kNearest Neighbors) [4], con el propósito de reducir el porcentaje de error, de la misma manera se hizo uso del API de OpenCV para la construcción del reconocedor de la mano, todo esto implementado bajo el IDE de desarrollo QtCreator.

La estructura del artículo inicia con un resumen que detalla los aspectos más importantes del mismo, seguido de ello se presenta una introducción cuyo propósito es el de dar una visión general del contenido del problema y su posible solución, a continuación se indican los materiales y métodos que se emplearon para el desarrollo del sistema así como los resultados obtenidos luego de su ejecución, luego de ello se presenta trabajos relacionados con el tema tratado para finalizar con las conclusiones, trabajos futuros y el agradecimiento respectivo a quienes hicieron posible el desarrollo del proyecto.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del proyecto se hizo necesario el empleo de materiales y métodos que garanticen la correcta implementación para el desarrollo del sistema desde las fases iniciales hasta sus fases posteriores, a continuación se realiza la descripción de los materiales y métodos empleados.

### 2.1. Materiales

Los materiales que se emplearon para la elaboración del sistema, son indicados en la Tabla 1, cada uno de ellos con su respectiva definición, para la comprensión de usuarios que son ajenos a este desarrollo.

**Tabla I: Materiales empleados para el desarrollo del sistema.**

Materiales	Descripción
OpenCV	Librería de visión artificial que permitió en base a las funciones que trae consigo, la implementación de los algoritmos para la clasificación de la mano así como para el algoritmo de predicción de la seña.
QtCreator	Entorno de Desarrollo Integrado que permite la fácil integración de la librería de visión artificial con el lenguaje de programación.
C++	Lenguaje de programación empleado el desarrollo de la aplicación para el reconocimiento del lenguaje de señas.
Cámara	Es el dispositivo empleado para la captura de imágenes.

## 2.2. Métodos

- **Científico**

El empleo de este método sirvió para formular el presente proyecto, se siguió las diferentes etapas que conlleva el mismo, la observación nos permitió tener una idea principal del campo problemático que conlleva la enseñanza del lenguaje de señas, la formulación de hipótesis ayudó en la formación del tema propuesto para esta investigación, a través de la experimentación, se pudo seleccionar la librería de visión artificial, se realizaron pruebas a los clasificadores, de forma individual y en conjunto, de la misma manera se pudo seleccionar una metodología, para finalmente en base a ella realizar las conclusiones referentes a la creación de la aplicación.

- **Estudio de Casos**

A través del estudio de casos se llevó a cabo la revisión literaria sobre las aplicaciones que hacen uso de la visión artificial, a partir de ello se revisaron casos de éxito como casos de fracaso en aplicaciones no industriales e industriales, como resultado de ello se obtuvo el análisis de los requerimientos tanto de hardware como software para la eficiente ejecución de un sistema con visión artificial.

## 2.3. Metodología de Desarrollo

Para el desarrollo del software se ha optado por emplear la metodología de desarrollo ágil RAD, ya que tanto los elementos como fases que constituyen esta metodología, la hacen ideal para la ejecución del mismo, principalmente permitiendo reducir el tiempo de desarrollo al reutilizar código que ha sido creado por la librería de desarrollo, de la misma manera esta metodología permite una mayor flexibilidad al momento de realizar cambios en cada una de las fases que implementan la misma ya que se tiene una mayor interacción de los desarrolladores con los usuarios finales del sistema.

A continuación se describen las actividades realizadas en cada una de las fases de la metodología RAD:

- **Fase de planificación de Requisitos**

En esta fase se trabajó con el subcoordinador de la asociación de sordos de Loja “Virgen del Cisne” para analizar y acordar las necesidades para el desarrollo eficiente del sistema, con el fin de llevar a cabo estos procesos se emplearon técnicas de recolección de datos como la entrevista, la encuesta y la observación directa.

- **Fase de diseño del Usuario:**

Dados los requerimientos, se realizaron los prototipos iniciales de pantallas que integran el sistema, estos prototipos fueron presentados a los usuarios, los mismos que sugirieron realizar algunos cambios y modificaciones, este proceso se repitió durante varias ocasiones con los que finalmente se obtuvo prototipos claros y sencillos.

- **Fase de construcción rápida**

En base a la información obtenida en las fases anteriores y en la revisión literaria se procedió a codificar la aplicación, teniendo en cuenta las configuraciones de los entornos de desarrollo, los estándares de codificación, etc. Finalmente se realizaron pruebas las mismas que fueron de tres tipos: Pruebas unitarias, Pruebas de cobertura y Pruebas en varios entornos.

- **Fase de Transición**

Esta fase de la metodología fue la encargada de poner en marcha el sistema en la asociación de sordos de Loja, así como de brindar las correspondientes pruebas y capacitación a las personas que van a hacer uso del sistema.

## 3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

A continuación se describe el desarrollo de cada una de las fases de la metodología RAD, que fueron empleados para la implementación del sistema:

### 3.1 Planificación de requisitos

En esta fase se procedió a realizar un análisis de los procesos que se realizan para la enseñanza del lenguaje de señas en la asociación y así obtener los requerimientos, conceptos y objetos que permitirán el desarrollo de la aplicación, para el logro de esta fase se aplicaron algunas técnicas de recolección de información, especialmente la observación directa, y algunas otras como la entrevista y la encuesta, el resultado es una lista de requerimientos, a partir de ellos se procedió a verificar su consistencia y redundancia dando como resultado los Requisitos Funcionales y No Funcionales que se describen en las Tabla I y

Tabla II:

#### 3.1.1 *Requerimientos Funcionales:*

El sistema permitirá:

**Tabla II: Requerimientos funcionales.**

Ref.	Descripción	Categoría	Técnica de Recolección
RF001	Seleccionar un umbral adecuado para el seguimiento de un color.	Evidente	Entrevista
RF002	Reconocer la mano del usuario.	Evidente	Observación
RF003	Realizar un seguimiento de la mano del usuario.	Oculto	Entrevista
RF004	Obtención de imágenes de la mano del usuario para la clasificación.	Oculto	Observación
RF005	Reconocer cada uno de los signos del alfabeto de señas.	Evidente	Entrevista
RF006	Reconocer cada uno de los signos de los números.	Evidente	Entrevista
RF007	Formación de palabras en base a los signos representados en el lenguaje de señas.	Evidente	Observación

### 3.1.2 *Requerimientos No Funcionales:*

El sistema deberá:

**Tabla III: Requerimientos no funcionales.**

Ref.	Descripción	Categoría	Técnica de Recolección
RN001	No ser demasiado complejo en su utilización.	Evidente	Encuesta
RN002	Tener una interfaz de usuario amigable.	Evidente	Entrevista
RN003	Proporcionar ayuda en la pantalla que se encuentre.	evidente	Entrevista
RN004	Brindar tiempos de respuesta aceptables.	oculto	Entrevista

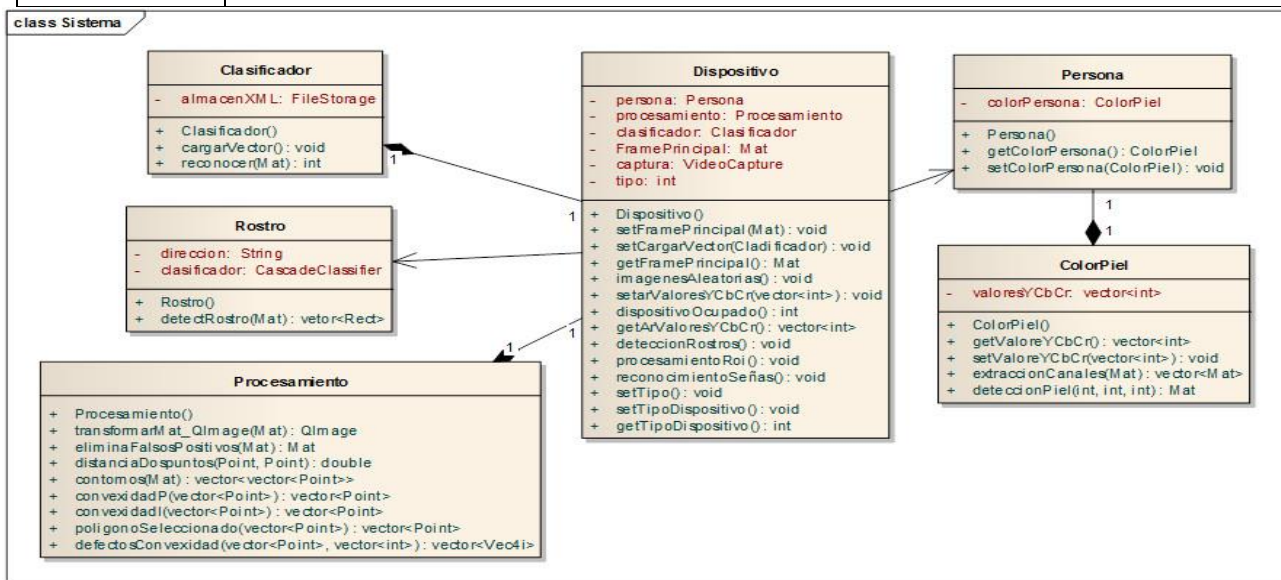
### 3.2 **Diseño del usuario.**

Con el uso de los requerimientos se pudo extraer cada una de las entidades a desarrollar, obteniendo así las clases y sus respectivos métodos y atributos, además se refinaron dichas clases y sus relaciones, quedando el modelo de dominio como se indica en la Fig. 1. Dicha figura contiene un conjunto de clases en la cual intervienen dos de las clases más importantes, Dispositivo que es la entidad que permitirá la captura y el procesamiento del video en tiempo real y Persona que es el usuario que hará uso de dicho

dispositivo. La Tabla IV, muestra el conjunto de entidades implementadas, todas ellas con su correspondiente definición que nos permite tener una mejor comprensión de la forma en que cada una de ellas opera.

**Tabla IIIV: Entidades seleccionadas para la implementación del sistema.**

Entidad	Descripción
Persona	Entidad que va a hacer uso del sistema para el aprendizaje y detección del lenguaje de señas.
Rostro	Entidad que permite la detección del rostro de una persona para su posterior eliminación, de manera que se evite un procesamiento innecesario.
Color Piel	Clase que contiene los valores que representan el color de piel de una persona específica.
Clasificador	Entidad que permite la predicción de cada uno de los signos realizados.
Procesamiento	Clase que contiene los procesos básicos para realizar la segmentación de la imagen inicial, para conseguir únicamente la extracción de la mano.
Dispositivo	Entidad que permite la captura de imágenes en tiempo real.



**Fig. 1: Modelo del dominio.**

### 3.2.1 Modelo de datos

No se empleó una base de datos, se hizo uso de un archivo de almacenamiento XML que permite guardar cada una de las muestras con la que se compara las imágenes extraídas del video en tiempo real.

### 3.2.2 Flujos de ventanas principales del sistema

Ya con la lista de requerimientos se procedió a realizar los prototipos rápidos de pantalla iniciales, estos fueron presentados a los usuarios con el objetivo de obtener sugerencias de manera que se obtenga un prototipado claro y sencillo.

Para el desarrollo de las interfaces del sistema para el reconocimiento de señales en tiempo real se hizo necesario el empleo de cuatro hilos de ejecución (cuatro subprocesos del sistema) de forma paralela los dos primeros se ejecutan cada 20 milisegundos, el tercero se ejecuta cada medio segundo y el último cada vez que el usuario requiera de la selección del color de piel.

- El primer hilo se lo empleó para la captura de video en tiempo real, y la detección del rostro para su posterior eliminación.
- La ejecución del segundo hilo, es la encargada de la captura de los valores que representan el color de piel del usuario.

- Una vez que el dispositivo se encuentra únicamente siguiendo el color de piel del usuario, se pone en ejecución el tercer hilo, el cual permite la extracción de características que representan la mano.
- Finalmente el cuarto hilo se ejecuta cada medio segundo y es el que permite clasificar la seña de la mano luego de realizado todo este procesamiento.

### 3.3 Construcción Rápida

En esta fase de la metodología se realiza la implementación de los algoritmos para el reconocimiento de la mano así como para la clasificación de las señas, a continuación se describe los procedimientos que se emplearon para el desarrollo:

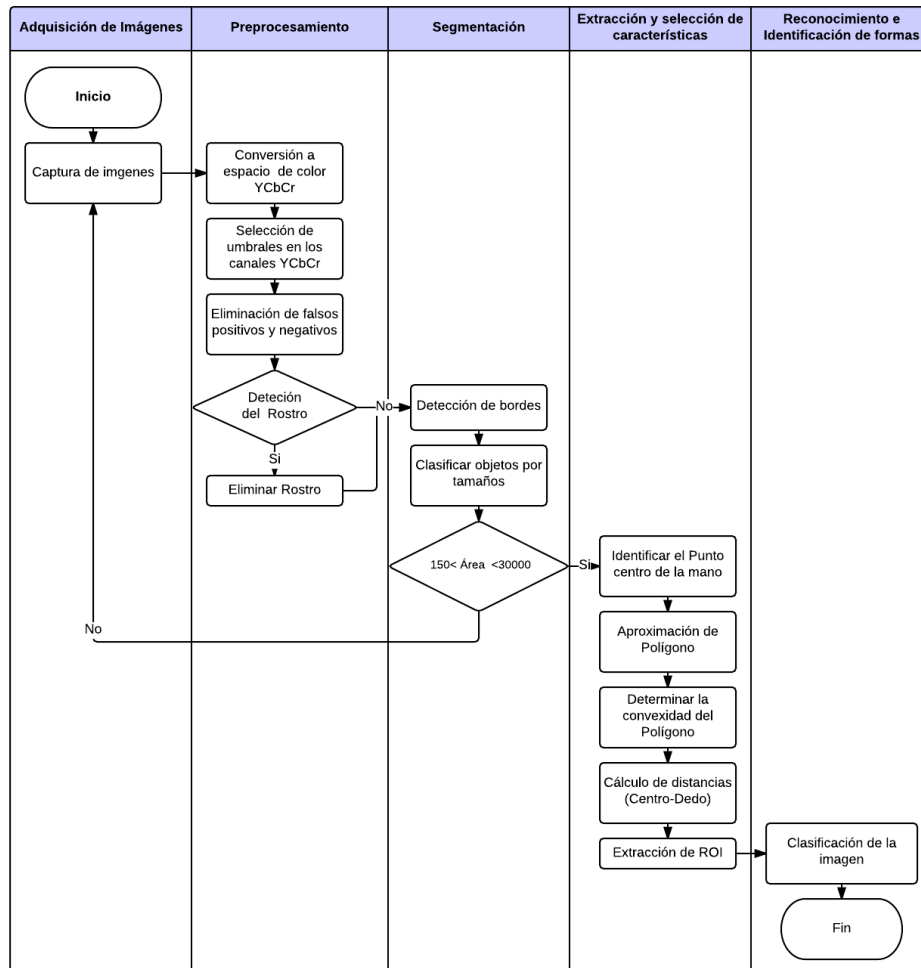


Fig. 2. Algoritmo para reconocer la mano.

#### 3.3.1 Construcción del Reconocedor de la mano

Los algoritmos que se analizaron para la detección de la mano, hacen indispensable el uso de dispositivos sumamente costosos como (Kinect) [5,6], o lugares completamente controlados que mantengan un fondo de color uniforme, y donde no aparezca ningún otro objeto que no sea las manos de la persona que manipula el sistema [7,8]. Es por ello que se optó por la construcción de un algoritmo propio, en la Figura 2, se muestra el funcionamiento del algoritmo para el reconocedor de la mano. Para la implementación de dicho algoritmo, se emplearon las funciones del api de OpenCV, ya que frente a otras librerías ofrece algunas ventajas como, gran cantidad de sistemas que se han realizado en base a la misma dos de los principales y a partir de los cuales se deriva un sin número son: el reconocimiento de placas [9] y el reconocimiento de rostros [10], extensa documentación y gran cantidad de funciones para la implementación de algoritmos propios.

#### 3.3.2 Construcción del Reconocedor del Alfabeto de señas.

Para la construcción del reconocedor del alfabeto de señas se entrenó los clasificadores SVM (Máquina de Soporte Vectorial) y el KNN (Kvecino más cercano), ya que el entrenamiento Cascadas

Haar, requiere de una gran cantidad de tiempo [11], muestras [12] y un equipo de cómputo con características potentes en cuanto a procesador y memoria.

El conjunto de muestras empleado para el entrenamiento de los clasificadores SVM y KNN fue de 15, 30 y 50 muestras por signo, a continuación se presentan las pruebas realizadas con un conjunto de 50 imágenes:

**Tabla V: Porcentaje de predicción clasificador SVM.**

Muestras	Imágenes	Reconocidas	Porcentaje
15	Números	44	88%
	Letras	42	84%
30	Números	46	92%
	Letras	45	90%
50	Números	44	88%
	Letras	40	80%

**Tabla VI: Porcentaje De Predicción Clasificador KNN.**

Muestras	Imágenes	Reconocidas	Porcentaje
15	Números	45	90%
	Letras	42	84%
30	Números	46	92%
	Letras	46	92%
50	Números	40	80%
	Letras	41	82%

En la primera fila de las

**Tabla V: Porcentaje de predicción clasificador SVM.**

Tabla V y Tabla VI, se muestra el empleo de 15 muestras por signo, a través de las cuales se obtuvo un porcentaje promedio de 86 % y 87 % de aciertos en la clasificación de números y letras, razón por la cual se duplicó el número con el objetivo de mejorar la clasificación, el nuevo porcentaje promedio obtenido fue de 91 % y 92 % de aciertos, se empleó una tercera muestra con un número mayor al total de muestras anteriores, esta vez el clasificador tuvo un sobre entrenamiento ya que el porcentaje obtenido es menor al esperado a más de ello, los archivos generados para la clasificación aumentaron proporcionalmente el tamaño, ya que el peso depende del número de muestras, por esta razón se decidió emplear un conjunto de 30 muestras por signo para la clasificación del alfabeto del Lenguaje de señas.

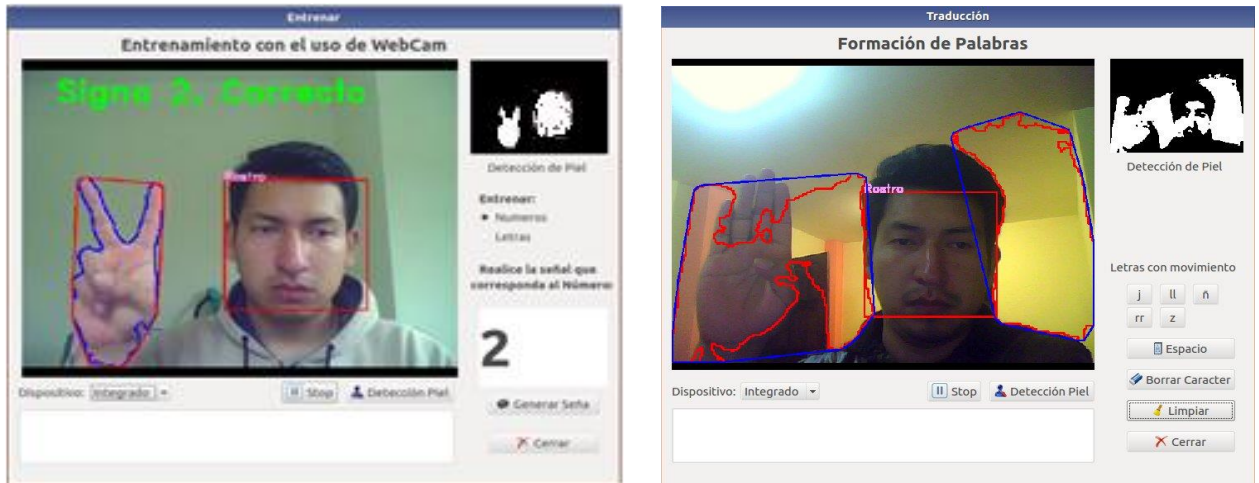
#### 4. RESULTADOS

Las pruebas de este nuevo clasificador que resultó de la combinación de los dos clasificadores (KNN y SVM), se las realizó con un conjunto de 150 imágenes las cuales contienen números y letras, de las cuales 145 imágenes fueron reconocidas obteniendo un porcentaje de error de 3.33 %, la combinación de los clasificadores mejora notablemente el porcentaje de predicción.

De igual manera para verificar el comportamiento de todo el sistema se realizaron pruebas en diferentes entornos y condiciones:

- **Iluminación**

Con la iluminación adecuada el sistema puede segmentar la imagen de captura, y seguir únicamente el color asignado, por ende los resultados que emite durante la clasificación son aceptables **Fig. 3: Prueba con (a) Iluminación Adecuada.** Fig. 3 (a), mientras que con una iluminación inadecuada o la existencia de colores con demasiada intensidad el sistema no puede segmentar la imagen por el color, seleccionando para la fase de clasificación objetos que se encuentran próximos al umbral elegido, de esta manera el sistema emite resultados erróneos o simplemente no presenta resultados, ya que la no existen coincidencias de la imagen obtenida con los clasificadores Fig. 3 (b).



(a)

(b)

Fig. 3: Prueba con (a) Iluminación Adecuada., (b) Iluminación Inadecuada.

- **Toma Nocturna**

El algoritmo de reconocimiento de señas se ve afectado cuando existe poca luminosidad o las fuentes de iluminación son escasas, la selección de cada uno de los valores que componen el color de piel del usuario se hace dificultosa, ya que no existen colores definidos en el entorno capturado, por ende el reconocedor no podrá seguir un objeto específico como se muestra en la Fig. 4, y la predicción no se realiza, en caso de suceder lo contrario las letras o números que emite el sistema luego del reconocimiento correspondiente no corresponden a las señas realizadas por el usuario, que se encuentra manipulando el sistema.

:



Fig. 4: Prueba nocturna.

- **Distancia entre el usuario y la cámara**

La distancia adecuada para el reconocimiento del lenguaje de las señas, se encuentra en un rango de 60 a 100 cm, si este valor se ve afectado con exceso de las distancias establecidas, el reconocimiento de las señas no se realiza adecuadamente ya que el número de píxeles no supera el rango de la condición para la extracción de la ROI, si se limita el valor de la distancia el sistema tenderá a hacerse un tanto lento debido a la cantidad de píxeles que deberá procesar para encontrar características que representen la mano del usuario, en la Fig. 5, se indica la ejecución de esta prueba.





**Fig. 5: Prueba con distancia mayor a 1m.**

## 5. TRABAJOS RELACIONADOS

Con el uso de la Visión Artificial se han implementado un gran número de herramientas que han permitido solventar ciertos problemas, en la industria desde el control de calidad hasta aplicaciones no industriales como el control de tráfico, reconocimiento del alfabeto de señas, etc., de las referencias revisadas los sistemas más relevantes y que han servido como base para otras aplicaciones son:

- **Sistema de Reconocimiento de Placas Vehiculares (ANPR)**

Este proyecto tiene como propósito la detección y la extracción de las placas vehiculares para el registro de vehículos, este tipo de sistema se encuentra implantado en diferentes países de América, Asia, Europa y África, [13], ya que ha sido desarrollado con soporte para diferentes lenguajes y caracteres alfanuméricos.

Para este procedimiento también se emplea el reconocimiento óptico de caracteres (OCR), a través del cual se realiza la transformación de las imágenes segmentadas a caracteres de texto o ASCII [14], a través de estos tipos de sistemas se han implementado muchos otros como:

- **Control de Accesos**

Usando la matrícula a modo de “llave” o “mando” para acceder a un estacionamiento [15].

- **Inventariado de vehículos**

Además de la captura de la imagen de la matrícula se podría adquirir imágenes adicionales de todo el vehículo, para determinar el estado del mismo en el instante de ingreso a un determinado aparcamiento [15].

- **Aplicaciones de control de calidad**

Son muchas las empresas que han optado por ésta tecnología, ya que reduce el tiempo y costo de los procesos que normalmente realizaría una persona encargada, en la inspección, monitorización y selección de un producto defectuoso. Actualmente se aplica la robótica con la visión artificial dando resultados inigualables, permitiendo así la automatización de empresas y procesos tales como [16]:

- Envasado de productos [17].
- Medición automática [18].
- Guiado de Robots (Automoción) [19,20].

## 6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Al finalizar con el desarrollo del sistema para la enseñanza aprendizaje del abecedario del lenguaje de señas se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- El empleo de una metodología de desarrollo ágil facilita la construcción de sistemas de visión artificial ya que permite una mayor interacción con los usuarios y flexibilidad de cambios durante todo el ciclo de desarrollo.
- La combinación de algoritmos KNN y SVM para el reconocimiento de las señas, permite la reducción del porcentaje de error durante la clasificación.
- Los cambios de iluminación se deben controlar sobre todo para la construcción de aplicaciones no industriales, ya que de ello depende el éxito o fracaso de los resultados que emita el sistema.
- OpenCV cuenta con una extensa documentación así como la fácil integración en varios lenguajes de programación, a más de ello es una herramienta de software libre, lo que permitió reducir el costo de la aplicación sin perder la calidad ni la robustez.
- El desarrollo del presente sistema facilitó la enseñanza, evitando que el docente revise cada una de las señas realizadas a cada uno de los estudiantes, ya que el docente únicamente explica cómo se debe ejecutar el sistema y sus diversas funcionalidades, evidenciándose mayor interés en los estudiantes jóvenes al estar más relacionados con el uso de las tecnologías.

La ejecución del proyecto abre nuevas líneas de investigación relacionadas con mejoras en el sistema o nuevas aplicaciones en base al mismo:

- Implementar un traductor del Lenguaje de Señas que comprenda la clasificación de palabras enteras, mediante el empleo de una sola seña, o de señas que contengan movimientos complejos.
- Implementar un sistema que permita la generación de cursos personalizados, de acuerdo al nivel de conocimientos o tipo de aprendizaje de cada alumno.
- Hacer uso de la inteligencia artificial para implementar un avatar que permita entablar diálogos con los alumnos.
- Migrar la aplicación para la traducción del Lenguaje de Señas a dispositivos móviles.

## 7. AGRADECIMIENTOS

Quisiera hacer extensiva mi gratitud a mis directores del Trabajo de Titulación, Ing. Pablo Fernando Ordóñez Mg. Sc. y al Ing. Henry Patricio Paz Arias Mg. Sc., por su dedicada orientación, seguimiento y supervisión continua y a la Asociación de Sordos de Loja “Virgen del Cisne”, que permitió que se pueda llevar a cabo este proyecto, a través de la dotación completa de información referente al aprendizaje del lenguaje de señas.

## 8. REFERENCIAS

- [1] Mate E. A., Vásquez A. J., *Inc Netlibrary Panamerican Health Organization*, “Discapacidad: lo que todos debemos saber”, Panamerican health org, 2006, pp 1012.
- [2] *La Jornada*, “Crean científicos del Cinvestav lentes con inteligencia artificial para invidentes”, mayo 2014, <http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2014/05/16/creancientificosdelcinvestavlentesconinteligenciaartificialparainvidentes4412.html>.
- [3] Burges Christopher, "A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition", <http://research.microsoft.com/pubs/67119/svmtutorial.pdf>, enero 2015.
- [4] Garcia Vicente, Eric Debreuve and Michael Barlaud, "Fast K Nearest Neighbor Search using GPU" <http://nichol.as/papers/Garcia/Fast%20k%20nearest%20neighbor%20search%20using.pdf>, Université de NiceSophia Antipolis, enero 2015.
- [5] Valencia Redrován D. P. y González Delgado L. E., “Diseño e implementación de un prototipo de robot asistente para personas con discapacidad motriz y adultos mayores, basado en inteligencia artificial”, julio 2014.
- [6] Heng D. and TszHand T., “Hand gesture recognition usin Kinect.”, Boston University, December 15, 2011.
- [7] Shashank S. and Kumar A., “Hand gesture recognition using Microsoft Kinect.”, Dept. of Computer Science and Engineerin, April 15, 2012.
- [8] Vaughn M. S. and Connan J., “RealTime gesture recognition using Eigenvectors.”, Dept. of Computer Science, University of the Wester Cape.
- [9] Manresa C., Varona J., Mas Ramon and Perales F., “RealTime hand tracking and gesture recognition for human computer interaction.”, Universidad de les Illes Balears, 06Jan2000.
- [10] R. F. Prates, G. Camara Chávez, William Schwartz and D. Menotti, "Brazilian License Plate Detection Using Histogram of Oriented Gradients and Sliding Windows", <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1401/1401.1990.pdf>, Department Computing, University Federal od Ouro Preto, enero 2015.
- [11] Prathamesh Timse, Pranav Aggarwal, Prakhar Sinha and Neel Vora, "Face Recognition Based Door Lock System Using Opencv and C# with Remote Access and Security Features", [http://www.ijera.com/papers/Vol4\\_issue4/Version%206/K044065257.pdf](http://www.ijera.com/papers/Vol4_issue4/Version%206/K044065257.pdf), Department od Electronics and Telecommunication Engineering.

- [12] Juan Carlos Ortega Pérez, “Multi clasificación discriminativa por partes mediante códigos Correctores de Errores.”, Universidad de Barcelona, Septiembre de 2013.
- [13] Dragolici A., “Detección, localización e identificación biométrica de caras en imágenes: métodos y evaluación en el marco NISTMBGG.”, Universidad de Madrid, Ingeniería de Telecomunicación.
- [14] Kineo Ingeniería informática y electrónica, “Técnicas de Gestión del Tráfico.” España, [https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/199309/Reconocimiento\\_Automatizado\\_Numero\\_Placa\\_TGT.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/199309/Reconocimiento_Automatizado_Numero_Placa_TGT.pdf).
- [15] Pérez I., “Desarrollo de un sistema de seguridad para parqueaderos basado en tecnología RFID”, Dept. Electrónica, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito julio 2013, [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/15102/1/52976\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/15102/1/52976_1.pdf).
- [16] Kineo, “Reconocimiento Automático del Número de Placa”. [https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/199309/ANPR\\_FlujoLibre\\_KINEOTGT.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/199309/ANPR_FlujoLibre_KINEOTGT.pdf)
- [17] JasVisio, “Aplicaciones de la Visión Artificial.”, Ingeniería Informática y Electrónica, <http://www.jasvisio.com/visionartificialaplicadaindustriaalimentacion.html>.
- [18] Guarnes M. A., Gellon H. y Petrino Ricardo, “Inspección automática de impresiones sobre envases cilíndricos empleando visión artificial.”, Dept. De Física, Universidad Nacional de San Luis, [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/22986/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/22986/Documento_completo.pdf?sequence=1).
- [19] Forero J., “Medición automatizada de piezas torneadas usando visión artificial.”, Universidad INCCA de Colombia, marzo de 2013, <http://oaji.net/articles/5971403541310.pdf>.
- [16] Suárez Martín M., “Sistema de guiado de robots por visión artificial para el marcado de motores.”, Universidad Técnica de Valencia, 2012, [http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/40177/Tesina\\_Master\\_Manuel.pdf?sequence=1](http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/40177/Tesina_Master_Manuel.pdf?sequence=1).
- [20] García Pérez L., “Navegación autónoma de robots en agricultura: un modelo de agentes.”, Dept. Arquitectura de Computadores y Automática, Universidad Complutense de Madrid, 2005, <http://eprints.ucm.es/5277/1/T27198.pdf>.