



UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO
Facultad de Ingeniería

**SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL DE GÉNEROS APLICANDO TÉCNICAS MACHINE
LEARNING EN ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES**

Trabajo de Titulación que se presenta como requisito para el título de Ingeniero en Sistemas de
Información Gerencial.

Autor: Anl. Eduardo Arturo Briones Gárate

Tutor: Ing. Marco Sotomayor Sánchez.

Samborondón, 2020



APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del estudiante Eduardo Arturo Briones Gárate, que cursa estudios en el programa de TERCER nivel: Ingeniería en Computación, dictado en la Facultad de Ingeniería, Escuela de Computación y Telecomunicaciones de la UEES, en modalidad presencial.

CERTIFICO

Que he revisado el Trabajo de Titulación denominado: “**SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL DE GÉNEROS APLICANDO TÉCNICAS MACHINE LEARNING EN ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES**”, presentado por el estudiante Eduardo Arturo Briones Gárate, como requisito previo para optar por el Grado Académico de Ingeniero en Computación CERTIFICO que el Trabajo de Titulación ha sido analizado y reúne todos los requisitos para ser presentado y sometido a los procesos de revisión estipulados por la Facultad.

Atte.

Ing. Marco Sotomayor Sánchez

Sistema de reconocimiento de personas y géneros aplicando técnicas machine learning en establecimientos comerciales.

People and gender recognition system applying machine learning techniques in commercial establishments.

Eduardo Arturo BRIONES GÁRATE¹

Resumen

El presente trabajo se enfoca en la forma de establecer un mejor control de acceso de las personas que ingresan a un centro comercial con el objetivo de identificar a los individuos existentes en una base de datos con antecedentes registrados dentro del establecimiento, utilizando las técnicas de reconocimiento facial aplicando machine learning, proponiendo un modelo funcional basado en algoritmos de entrenamiento combinado con el método comparativo por medio de una interfaz con capacidad de emitir alertas a contactos establecidos como resultado de la creación de un prototipo que permite realizar las acciones requeridas. El sistema fue desarrollado e implementado utilizando algoritmos de código abierto con librerías que contienen embebido el entrenamiento de reconocimiento facial de patrones de Davis con 360 iteraciones realizadas, mismas que ofrecen una asertividad del 99.38%. La implementación de esta herramienta permitió obtener hasta el 98% de precisión al realizar el reconocimiento facial utilizando librerías con entrenamiento ya establecido. Se establece la metodología de trabajo para el desarrollo de la solución, así como también se sustentan las librerías y componentes utilizados en este trabajo. Se presentan los diagramas de funcionalidades del sistema y se muestra la tabla de resultados finales de las iteraciones de pruebas realizadas. Finalmente, se logra concluir que para la correcta validación de la información imagen a procesar se debe utilizar la técnica de reconocimiento facial de normalización para alineación de la imagen mediante el algoritmo de aprendizaje profundo y entrenamiento de una red convolucional CNN obtenido del método de la librería DLIB.

Palabras clave:

Reconocimiento facial, machine learning, inteligencia artificial.

Abstract

This paper focuses on how to establish better access control for people entering a shopping center with the objective of identifying existing individuals in a database with records registered within the establishment, using recognition techniques facial applying machine learning, proposing a functional model based on training algorithms combined with the comparative method through an interface with the ability to issue alerts to established contacts as a result of the creation of a prototype that allows performing the required actions. The system was developed and implemented using open source algorithms with libraries that contain embedded Davis pattern facial recognition training with 360 iterations performed, which offer an assertiveness of 99.38%. The implementation of this tool allowed to obtain up to 98% accuracy when performing facial recognition using libraries with established training. The work methodology for the development of the solution is established, as well as the libraries and components used in this work. The system functionalities diagrams are presented and the table of results of the iterations of tests performed is shown. Finally, it is concluded that for the correct validation of the image information to be processed, the facial recognition technique of normalization must be used for image alignment by means of the algorithm of deep learning and training of a CNN convolutional network obtained from the library method DLIB.

Key words

Facial recognition, machine learning, artificial intelligence.

¹ Estudiante en Facultad de Sistemas, Telecomunicaciones y Electrónica, Universidad Espíritu Santo – Ecuador. E-mail gabriones@uees.edu.ec.

INTRODUCCIÓN

Debido a las exigencias de muchas empresas se deben contar con fuertes medidas de seguridad en las tecnologías de la información a fin de que los elementos tecnológicos utilizados brinden un servicio seguro y confiable, para mitigar los posibles riesgos de fraude.

A partir de la inseguridad que se genera al momento de permitir el ingreso de cualquier tipo de persona dentro de un establecimiento y peor sin llevar un registro de los datos de aquellas, surge la necesidad de establecer un control del ingreso de las personas. (Portilla, 2018).

Hoy en día se han desarrollado sistemas de videovigilancia que permiten grabar y reconocer a las personas a través del reconocimiento facial; gracias al importante avance de las nuevas tecnologías de la comunicación y la información, así como los avances tecnológicos de control y vigilancia. (Gorky & Suquinagua, 2019). Con el software los rostros se van registrando en comparación con las fotografías de los usuarios que se tiene almacenada en sus bases de datos. Estos sistemas usan los diferentes puntos claves del rasgo facial del individuo y lo compara con las fotografías para hallar similitud e identificar si ha ingresado en otras ocasiones, de este modo se puede localizar mediante el reconocimiento facial de las imágenes a posibles clientes potenciales, clientes a premiar o delincuentes y terrorista que anden sueltos.

Para Lozano (2018), "esta tipología de sistemas de videovigilancia comenzó a aparecer, tras los atentados terroristas del 11 de septiembre en Nueva York, pero sobre todo a partir del atentado del 7 de julio en Londres" (Lozano Jiménez, 2018, pág. 207). Y fue en esta última ciudad donde los sistemas de seguridad ciudadana dieron un vuelco hacia un refuerzo más potente que el que ya existía anteriormente con respecto a la lucha antiterrorista, comenzaron a instalarse sistemas de videovigilancia más modernos y más efectivos de reconocimiento facial, las ciudades se vieron convertidas en verdaderos fortines donde cualquier acto cotidiano estaría sometido a fuertes medidas de seguridad, vigilando y registrando cada paso o actividad que el ciudadano realizaba en su día a día. Existen sistemas de reconocimiento facial como el sistema aduanero 'SmartGate' que se instaló en el Aeropuerto Internacional de Sídney, para el reconocimiento de los pasajeros, este sistema toma una imagen en vivo del pasajero, y la compara con la imagen digitalizada de su pasaporte electrónico confirmando su identidad en menos de diez segundos, así de este modo como sistema de seguridad, se controla el paso de posibles

delincuentes o terroristas por los controles aduaneros.

Para Bravo, Ramírez, y Arenas (2018) aseguran que un resguardo o vigilancia deja de ser gratificante cuando se percibe que la información personal está siendo mal utilizada y se transforma en una intrusión a la privacidad; sin embargo, frente a escenarios que ponen en riesgo nuestras vidas, la necesidad de un resguardo se hace visible y puede modificar un pensamiento negativo de aceptación frente a este tipo de tecnologías. (Bravo, Ramírez, & Arenas, 2018, pág. 116)

Lozano (2018) indica que a partir de 1969 la práctica de la videovigilancia se fue extendiendo poco a poco volviéndose un modelo referencia en los sistemas de vigilancia. (Lozano Jiménez, 2018, pág. 205).

Es así como esta misma tecnología nos puede ayudar a prevenir la intrusión de personas con antecedentes delictivos dentro de tiendas o centros comerciales, a fin de alertar al personal sobre la presencia de estos individuos.

El reconocimiento facial ha sido un tema de gran interés en los últimos tiempos, debido a que en líneas de seguridad se busca siempre mantener un control absoluto de las personas que ingresan a un determinado lugar. Esto sumado a la creciente actividad delictiva en el entorno actual, está llevando a buscar nuevas formas de mantener una correcta vigilancia y control de acceso a determinados sitios.

Según lo determinado por Sánchez (2014), el Reconocimiento facial es un conjunto de algoritmos que permiten procesar imágenes o videos de tal manera que se logre identificar a las personas automáticamente mediante la utilización de cámaras digitales. (Sánchez, 2014, pág. 8).

En supermercados a nivel nacional, para monitorear a usuarios del establecimiento, la problemática surge debido a que el índice de hurto en nuestro país se está intensificando, la herramienta fortalece al departamento de seguridad, realiza capturas faciales de los usuarios que ingresan al establecimiento y valida automáticamente con las imágenes almacenadas en la base datos; es decir, si la imagen capturada tiene alguna similitud, se valida si tiene antecedente, como actualmente algunas cadenas de supermercados del país, identifica a una persona que está cometiendo algún acto ilícito como hurto, le toma una fotografía y la colocan en un tablero de corcho para identificarlo en caso que regrese al establecimiento, activar las políticas de seguridad del establecimiento, debido a que las leyes de nuestro país no actúan severamente porque si encuentran a una persona realizando hurto de mercadería y no completa un valor de

\$500 no puede ir detenido, esta problemática se enfoca al desarrollo del sistema con reconocimiento facial para alertar a los supervisores y al departamento de seguridad. (Portilla, 2018).

Podría establecerse en consecuencia que, dado que existe la incertidumbre de ser vulnerables a un evento delictivo dentro de un centro comercial por personas no gratas, la pregunta que se debe considerar ante este escenario sería:

¿Por qué no se alerta sobre el ingreso de personas no gratas a un establecimiento?

Según Paredes, Gutiérrez y Mendoza (2018). Según la percepción del conocimiento, hoy en día el desarrollo de un sistema de identificación basado en biometría es muy conveniente de utilizar, ya que éste no requiere implícitamente de información adicional de seguridad. (Paredes, Valle Pelaez, Alvarón Fernández, Vega Huincho, & Gutierrez Mendoza, 2018, pág. 2).

Bravo (2018), et al, indica que todos los avances tecnológicos son capaces de entregar beneficios, con mayor razón si se es utilizado para la protección de las personas evitando actos no deseados. (Bravo, Ramírez, & Arenas, 2018, pág. 116) Por lo tanto, el uso de una herramienta de vigilancia mediante reconocimiento facial utilizando inteligencia artificial es un gran aporte a la seguridad de cualquier tipo de organización o entidad.

Según Jain, Nandakumar y Ross (2016). A la fecha, los sistemas que han implementado el reconocimiento facial cuentan con muchos avances, pero también con muchas limitantes y desafíos (nuevas plataformas, rendimiento, ubicuidad, áreas de apoyo, etc.) (Jain, Nandakumar, & Ross, 2016, pág. 116).

Zambrano (2014) concluye que es factible identificar el rostro de las personas mediante un sistema de detección facial de personas que se encuentren registradas dentro del sistema presentando el nombre de la persona monitoreada en ese instante. (Zambrano, 2014, pág. 51).

Con la implementación de un sistema de vigilancia con reconocimiento facial se puede emitir alertas en tiempo real hacia los colaboradores con la finalidad de prestar especial atención a las personas identificadas por el sistema con antecedentes dentro del establecimiento. (Gualdrón & Duque, 2014). Se lograría reducir la incertidumbre de la materialización de este tipo de siniestros logrando reducir el impacto y pérdidas por robos y hurtos.

Una de las técnicas mejor utilizadas para este campo de desarrollo es el Deep Learning (Aprendizaje profundo). Neapolitan y Jiang (2018) sostienen que: "Las arquitecturas de redes neuronales de aprendizaje profundo difieren de las

redes neuronales más antiguas en que a menudo tienen más capas ocultas. Además, las redes de aprendizaje profundo se pueden entrenar utilizando aprendizaje no supervisado y supervisado" (Neapolitan & Jiang, 2018). Este tipo de investigaciones y estudios ha permitido, basados en la técnica del **Deep Learning**, que se puedan resolver algoritmos para resolver tareas como el reconocimiento de voz y la visión computarizada que eran difíciles con otros enfoques.

El presente estudio plantea la solución automatizada de controles de acceso utilizando inteligencia artificial, con el desarrollo de un sistema para llevar el control de ingreso a centros comerciales para identificar a las personas registradas en una base de datos, donde el sistema detectará al individuo y alertará al personal de seguridad, donde destaca el estudio del procesamiento visual de rostros humanos, aplicando deep learning.

Para la realización de este trabajo, se debe considerar la implementación de herramientas de aprendizaje neuronal con capacidad de implementar algoritmos complejos que permitan a la interfaz con el sistema o aplicación como si se tratara de una red de neuronas conectadas entre sí. Neapolitan y Jiang (2018) indican que una red neuronal artificial se basa en el conjunto de una gran agrupación de unidades neuronales (neuronas artificiales), en el que su comportamiento se modela en cómo las neuronas reales establecen su comunicación entre sí mismas en el cerebro. (Neapolitan & Jiang, 2018, pág. 7), con lo cual concluyen que una de las neuronas está en capacidad de activar o desactivar neuronas adyacentes dando paso o no a la información.

De lo anteriormente expuesto, se aprecia que pueden ser implementadas diferentes técnicas utilizadas para reconocimiento basado en Deep learning. El estudio realizado del Deep learning es una técnica implementada y probada en otros fines. Si bien es cierto, existen implementaciones con respecto al tema investigado, por lo tanto, en el caso de este trabajo, su aplicación está orientada al acceso de personas en entornos de libre tránsito y comercio como los centros comerciales o tiendas, cuya incertidumbre ante el riesgo de sufrir algún hurto no pasa desapercibido. Esta tecnología puede ser empleada con dicha finalidad, reducir el riesgo de delincuencia mediante la identificación facial como medida preventiva.

El objetivo principal de este trabajo investigativo es analizar y diseñar un sistema de reconocimiento

facial que funcione como preventivo de intrusos identificados en establecimientos comerciales utilizando técnicas de Deep learning.

Basándose en el objetivo general de este estudio, se derivan dos objetivos específicos, iniciando por determinar cuál de los algoritmos mencionados anteriormente sería el ideal para que la validación de la información sea más precisa. Como siguiente objetivo se deberá diseñar un programa que permita realizar el reconocimiento facial a partir de imágenes captadas en video aplicando técnicas Deep learning, una vez culminados se deberá establecer las fases del test unitario, integración, operacional y pruebas.

De entre los resultados a obtener se espera la percepción de utilidad del reconocimiento facial como medida de seguridad disminuyendo así la probabilidad de siniestros por robos u otros actos delictivos. Gracias a técnicas como Deep Learning ya se cuenta con medidas que pueden ayudar a la automatización de sistemas que brinden reconocimiento facial en tiempo real.

MARCO TEÓRICO

La visión artificial surge en la década de los 60's con la idea básica de conectar una cámara de video a una computadora; esto implicó no solo la captura de imágenes a través de la cámara sino también la comprensión de lo que estas imágenes representaban. Un resultado muy importante de este trabajo y que marcó el inicio de la visión artificial, fue un trabajo de Larry Roberts, el creador de ARPAnet (Red de la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada). Según Martínez, et al (2018) indica que "En 1961 creó un programa, el "mundo de microbloques", en el que un robot podía "ver" una estructura de bloques sobre una mesa, analizar su contenido y reproducirla desde otra perspectiva, demostrando así que esa información visual que había sido mandada a la computadora por una cámara, había sido procesada adecuadamente por él" (Matínez Matías, Hernández Hernández, & Hernández Hernández, 2018).

Al hablarse de visión por ordenador se hace referencia a la disciplina científica que cuenta con métodos que permiten obtener, codificar, evaluar e interpretar toda imagen captada por un ordenador sobre todo lo que lo rodea. Es importante destacar que aquel campo se encuentra estrechamente relacionado con la teoría que involucra la extracción de información basado en imágenes de

entrada en el que se utilizan prototipos y algoritmos de aprendizaje. (Portilla, 2018, pág. 31).

ESTUDIOS RELACIONADOS

Según Hardy (2001) en su obra "*IA: Inteligencia Artificial*" presenta cronológicamente la evolución de este avance tecnológico desde sus inicios desde agosto de 1956 en el Colegio Dartmouth. El matemático Charles Babbage (1792-1871) define el concepto de máquina calculadora universal. El matemático inglés, Alan M. Turing (1912-1954) define una máquina abstracta, la "Máquina de Turing". (Hardy, 2001, pág. 4). J. Mc Carthy (1956) construye un lenguaje de programación adaptable de manipulación de conocimientos. Los años sesenta, puesta en marcha de la IA. (heurística: arte de inventar, P. Larousse, 1995). 1978 aparece **PROLOG** de la Universidad de Aix Marseille (Francia) y marca los comienzos de una verdadera programación basada en la lógica de primer orden. El lenguaje de programación se implementó en la Universidad de Aix Marseille, 1975. Según Hardy (2001) sostiene que los años noventa marcan la entrada de la IA en las aplicaciones vinculadas a la comunicación hombre máquina con interfaces inteligentes, sistema multi-agentes y la IA distribuida. (Hardy, 2001, pág. 6). Se establece la IA como la ciencia que trata de establecer las bases para el desarrollo posterior de un conjunto de técnicas destinadas a dotar a las máquinas de una cierta autonomía. (Moret & Alonso, 1998, pág. 16), esto como base para el reconocimiento facial por medio de videovigilancia. Sin embargo, con la evolución acrecentada de la tecnología, la evolución de la inteligencia artificial proporciona nuevas interrogantes sobre lo que el futuro depara para la humanidad. (Rivera Estrada & Sánchez Salazar, 2016, pág. 275).

En el artículo "Implementación de un sistema de control de acceso basado en reconocimiento facial" desarrollado por los autores Poveda y Merchán (2015). Se trata de desarrollar un sistema que sea capaz de realizar una verificación del usuario en tiempo real aplicando machine learning. Para realizar esta acción se emplea un algoritmo denominado como Viola & Jones, siendo este algoritmo quien realiza la acción de descubrir los rostros de las personas y utiliza un método de eigenfaces para obtener el reconocimiento. (Poveda & Merchán, 2015).

Un caso tomado como referente de estudio es el desarrollado por los autores Ibarra y Paredes (2017) titulándose el proyecto, “Redes Neuronales Artificiales para el control de Acceso basado en reconocimiento Facial”. La razón de ser del mismo se centra en crear de cierta manera un sistema basado en redes neuronales artificiales que sea capaz de reconocer en el menor tiempo posible y con un margen mínimo de error el rostro del individuo identificando su género ya sea un empleado o visitante con la finalidad de dar acceso a un determinado recurso; cabe mencionar que dicho proyecto fue desarrollado con el objetivo de mejorar la seguridad de una empresa. (Ibarra-Estévez & Paredes, 2018).

Un caso de estudio que se alinea a este trabajo investigativo es el proyecto desarrollado por el autor Bronte (2013) cuyo proyecto se titula, “Sistema de Detección y Reconocimiento Facial de Conductores Mediante Sistemas de Visión Computacional”. Expresa que “el principal objetivo que persiguió dicho trabajo fue el de desarrollar un sistema de reconocimiento facial que pueda ser implementado dentro de un vehículo y que se mantenga activo todo el tiempo analizando el patrón de comportamiento, esto con la finalidad de evitar robos de los automotores, ya sea que se encuentren en estado activo (en operación) o pasivo (fuera de operación)” (Bronte, 2013).

La inteligencia artificial siendo utilizada con diferentes fines puede acoplarse a diversos campos. Según Martínez, Hernández y Hernández (2018) establece qué, “la visión artificial es el proceso por el cual se extrae información del mundo físico, para reconocer y localizar objetos a partir de una representación de una realidad, que proporciona información sobre brillo, colores, formas, etcétera. Estas representaciones suelen estar en forma de imágenes estáticas o en movimiento, o en algunos casos con escenas tridimensionales” (Matínez Matías, Hernández Hernández, & Hernández Hernández, 2018).

Según Toscano, Pérez y Bautista (2018) en su estudio acerca de Extracción de Características Faciales a partir del Procesamiento Digital de Imágenes, analizan los diversos mecanismos y posibilidades de la creación de un sistema capaz de reconocer eficientemente la extracción de puntos clave del rostro humano convirtiéndolo en un programa que permita realizar el reconocimiento facial mediante la implementación

de inteligencia artificial. (Toscano Martínez, Pedro Pérez, & Bautista Juárez, 2018).

En el trabajo publicado por Rosado, Gómez, Uribe y García (2018) sobre Prototipo de un sistema de reconocimiento facial para ingreso a la biblioteca de la UFPSO se realizó una investigación enfocada en “diseñar un sistema de reconocimiento facial para optimizar la gestión de ingreso de estudiantes, docentes y administrativos a la biblioteca Argemiro Bayona Portillo de la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña.” (Rosado Gómez , Uribe, & García Torres , 2018). El estudio indica que se ve reflejado el aumento de esta tecnología en la industria del reconocimiento facial desde el punto de vista de los clientes, los cuales cada vez más solicitan productos funcionales basados en esta tecnología.

Por su parte, Google lanzó una API (un conjunto de funciones) de desarrolladores que permite reconocer imágenes, llamada Google Visión API, es un servicio de reconocimiento de imágenes, la cual forma parte de la plataforma de Google en la Nube (Google Cloud) y permite llevar el reconocimiento de fotos a cualquier aplicación. Lo que hace esta herramienta básicamente es aprovechar la inteligencia artificial de análisis de imágenes, para ponerla al servicio de los desarrolladores. Todo de una forma similar a la que se ve en aplicaciones como Google Photos. (El Español, 2016).

Actualmente, Facebook ha implementado el reconocimiento facial con el objetivo de hacer aún más rápida y automática la tarea de subir o publicar imágenes y la identificación de las personas según su género que están en ellas a la hora de añadir sus etiquetas. Facebook utiliza una tecnología que identifica automáticamente las caras en las fotos recién cargadas de los usuarios al compararlas con anteriores imágenes que ya se han etiquetado. Y, posteriormente, los usuarios pueden elegir eliminar las etiquetas que los identifica en las fotos de otras personas en la red social. “Con el reconocimiento facial, se agrupará las caras similares y se sugerirá un nombre de entre sus amigos de la aplicación” (Rosado Gómez , Uribe, & García Torres , 2018).

En el trabajo investigativo realizado por Sáez de la Pascua (2019), se explica la aplicación del Deep Learning en aplicación al reconocimiento de expresiones faciales, su objetivo fundamental fue el de realizar un sistema que sea capaz de

reconocer formas básicas de expresión afectiva que aparece en los rostros de las personas. Para realizar el estudio mencionado se utilizaron las técnicas de Machine Learning y Deep Learning como mecanismos para poder procesar los datos, ordenarlos para lograr obtener información y sacar modelos predictivos y poder aplicarlos a otros datos.

El presente trabajo investigativo enfocado en el reconocimiento facial de personas anteriormente almacenadas en la base de datos toma en consideración los trabajos de referencia anteriormente expuesto como una visión del rumbo que se desea tomar aplicando las herramientas mencionadas. Se espera que, como resultado de este análisis, la conjunción de estas técnicas otorgue un soporte eficaz, eficiente y efectivo al desarrollo del proceso de reconocimiento facial aplicado en centros comerciales, aportando así una ayuda visual en el área de seguridad de las tiendas o establecimientos.

Para lograr la eficiencia del proyecto, se utilizarán las técnicas de entrenamiento inteligente basado en los criterios de la inteligencia artificial aplicados al Deep Learning. El Deep Learning es el siguiente nivel de evolución de la Inteligencia Artificial, misma que busca lograr que una máquina sea capaz de identificar objetos, sonidos, formas, de una manera tan sencilla y eficaz como la realizada por un humano. Al momento, el Deep Learning es un tema escasamente abordado pero gana campo en investigaciones con soluciones que faciliten los procesos.

Inteligencia Artificial

Según lo expresado por Haugeland (2013),” La Inteligencia Artificial es la facultad de programar ordenadores que tengan la facultad de hacer aquello que la mente humana puede realizar aplicando un serio esfuerzo para entender la complejidad de la conducta humana en términos de proceso de información.” (Haugeland, 2013, pág. 16)

La inteligencia artificial se enfoca en ramas como la ciencia y la ingeniería (Portilla, 2018, pág. 30), para este primero, se encarga de la evaluación y estudio de la capacidad de comprensión de los elementos artificiales y el principio de la inteligencia siendo muy útil para filósofos, biólogos, hasta psicólogos; por otro lado, definido desde el punto de vista de la ingeniería, se plantea como la creación de computadoras que adopten una

conducta inteligente. Expresado de otra manera, la Inteligencia Artificial tiene por objetivo elaborar sistemas y máquinas que muestren un comportamiento autónomo, es decir, como si fuese ejercido por una persona, por lo tanto, en este sentido se podría decir que sea inteligente.

El aprender con el objetivo de resolver problemas, el percibir y poder adaptarse a entornos variantes, el ser creativo, entre otros, son las facetas que comúnmente se encuentran relacionados con el comportamiento que adquiere un agente inteligente (máquina). Cabe mencionar que la IA incorpora también un sin número de disciplinas, entre las más influyentes, la Psicología, Las TI, la Neurociencia, las Matemáticas, así como también la Física, la Ciencia Cognitiva, entre otros. (Escolano, Cazorla, & Colomina, 2015, pág. 39).

La Inteligencia Artificial busca incluir y analizar en gran medida las capacidades que tiene el hombre para poder incorporarlas a los ordenadores, así como también al mismo ser humano en la comprensión en los que se basa el principio de su capacidad de ser inteligente; a partir de esta premisa se puede aludir la razón por la que la IA deriva muchas ramas de estudio como las Redes Neuronales, Visión Artificial en el que juega un papel fundamental el aprendizaje automático, los Sistemas Expertos, Robótica, etc.

Machine Learning

Como es de conocer, el principal objetivo que persigue la visión artificial es la utilización de máquinas que de alguna manera simulan de forma casi perfecta la visión humana, estando en la capacidad de tomar medidas o muestras basadas solamente en la información que provee la entrada visual. (Portilla, 2018, pág. 31). No obstante, es preciso destacar que la etapa de toma de decisiones no podría ser un hecho sin la existencia de una técnica que posibilite que el sistema aprenda de manera autónoma.

A partir de este principio, se puede deducir que el aprendizaje automático o también conocido como Machine Learning tiene como fin convertir los datos procesados en información. Un sistema tiene la capacidad de aprender a través de un conjunto de datos por medio de la extracción de ciertos patrones, para luego, tener la facultad de dar respuesta a interrogantes que tienen una estrecha relación con otros conjuntos de datos tomados de forma reciente.

Machine Learning es un sistema de aprendizaje autónomo que utiliza diferentes tipos de algoritmos para lograr un aprendizaje sin la intervención del ser humano. Esta es una tecnología muy utilizada actualmente en diversos campos tales como la medicina, la seguridad, Redes Sociales, etc. Alpaydin (2016), concluye que, “La máquina que realmente aprende es un algoritmo que revisa los datos y es capaz de predecir comportamientos futuros.” (Alpaydin, 2016, pág. 1).

Esta definición muestra de forma clara que no se trata de una máquina física la que aprende, sino que en realidad se trata de un código fuente o algoritmo el que realiza todo el proceso de aprendizaje. Por ende, se puede decir que, el aprendizaje automático es la ciencia que hace posible que un ordenador actúe autónomamente sin la necesidad de inyectar a cada momento programación. Es importante destacar que existen 3 tipos de algoritmos que se basan en Machine Learning tomando en cuenta los datos que se dispongan para entrenar al sistema:

- Aprendizaje supervisado
- Aprendizaje no supervisado
- Aprendizaje de refuerzo

En el aprendizaje supervisado, los conjuntos de datos obtenidos son etiquetados con el fin de facilitar las tareas de detección de los patrones, luego de ello son nuevamente utilizados en el proceso de etiquetar un conjunto de datos recientes.

Por otro lado, en el aprendizaje no supervisado, el conjunto de datos no se encuentra etiquetado, por ende, basan su clasificación a partir de coincidencias o similitudes y diferencias; por último, en el aprendizaje de refuerzo, al igual que el anterior, el conjunto de datos tomados no cuentan con etiquetas, no obstante su particularidad se presenta en que cuando se hayan llevado a cabo una o varias acciones de etiqueta el sistema de IA recibe realimentación a partir de los patrones conseguidos.

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC (2019), establece que el 38.36% de la población ecuatoriana se siente insegura en los centros comerciales, el 61.46% se siente insegura en los centros de diversión. El 52,3% de las personas consideran que la Policía Nacional debe encargarse de la seguridad de los ciudadanos. En una escala de 1 a 10, donde significa: “1” Ninguna Confianza y “10” Total Confianza la calificación de

la Policía Nacional se ubica en 4.75, Policía Judicial obtiene una puntuación de 4.56. (INEC, 2019). Estos datos reflejan la desconfianza de la sociedad en las autoridades de seguridad, por lo cual, cualquier entidad que desee tomar medidas de seguridad debe valerse de los mecanismos apropiados según el nivel de exposición a los riesgos de hurto y otros actos delictivos.

Si bien el INEC (2019), expresa que más de un tercio de la población se siente insegura en centros comerciales, es menester de los establecimientos tomar las medidas respectivas para precautelar no sólo la seguridad de sus clientes y evitar el hurto de artículos expuestos en perchas, vitrinas o estantes, sino que, en caso de reincidencia por parte de los infractores al centro comercial o establecimiento, estos deberían ser plenamente identificados y emitir alertas al personal de seguridad y demás empleados de los establecimientos. Es así que se plantea como una solución a esta problemática la implementación de un sistema de reconocimiento facial que logre identificar a los transgresores cotejando el rostro detectado con imágenes almacenadas en una base de datos por medio de herramientas biométricas.

Detección de Rostros

El primer paso a realizar es la detección, el computador debe ser capaz de entender la información que se está detectando y localizar dentro de un video o imagen puntos específicos, para lo cual es necesario aplicar algunos mecanismos algorítmicos, transformaciones y procesos de filtrado sobre la imagen o representación digital capturada, como resultado del análisis de la captura se puede focalizar una región de interés que sea acorde con los parámetros definidos en la búsqueda inicialmente antes de proceder con este primer paso. Para lograr definir la región de interés es necesario utilizar el uso de la aplicación conceptual denominada detectores que permite extraer puntos clave que serían ubicados dentro de la imagen capturada. Los detectores de puntos de interés se enfocarán de la definición de las características a bajo nivel, como esquinas o color, que tiene el punto para localizarlo dentro de la imagen actual una vez efectuada la aplicación de filtros. (Martínez Guerrero, 2018, pág. 18)

En este paso, de la imagen capturada se extrae la información más relevante, se obtiene la reducción y simplificación de la imagen para que el procesamiento utilizado sea eficiente eliminando las áreas no relevantes, aquellas que no implicarían mayor impacto en el análisis basado en los parámetros iniciales de búsqueda, por consiguiente, se procede a la clasificación. Utilizar clasificadores es una forma eficaz de lograr la representación de un conjunto de datos que pueden servir para el entrenamiento, generando la capacidad de realizar la extracción de características e identificar los diferentes tipos de clases. “El objetivo de un clasificador es asignar un nombre a un conjunto de datos correspondientes a un objeto o entidad” (Cabello Pardos, 2014, pág. 21).

Actualmente existen varios métodos que permiten realizar la detección de rostros, este estudio dará especial énfasis al algoritmo creado por Paul Viola y Michael Jones, llamado Viola Jones, ya que este método permite obtener una mayor cantidad de conjuntos de datos con un mayor porcentaje de precisión al momento de realizar una identificación facial, lo cual implica un menor tiempo de procesamiento de la imagen capturada gracias a su eficiente algoritmo al tomar la captura como una imagen integral, tomando en cuenta a la vez el algoritmo de boost para realizar el entrenamiento y lograr construir un clasificador cuya combinación se transforma en una herramienta que permite procesar modelos complejos mejorando su precisión.

Paul Viola y Michael Jones desarrollaron este algoritmo en 2001. Este sistema de detección de rostros representa un gran avance debido a su rapidez para identificar caras humanas, ya que realiza la clasificación mediante características extraídas en una escala de grises, a diferencia de sus predecesores que la realizaban pixel a pixel y en imágenes de color (Espinoza & Jorquera, 2015, pág. 9).

En la **Figura 1** se aprecia el procedimiento que realiza el algoritmo de Viola Jones para realizar la identificación y clasificación de un rostro iniciando por la integral de la imagen, hasta la aplicación de los filtros de cascada para la extracción de características.

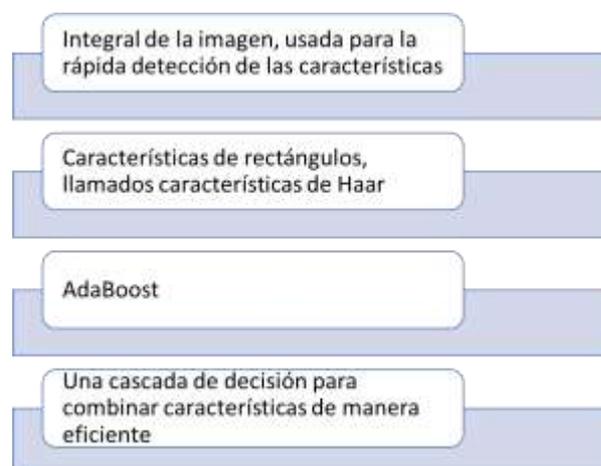


Figura 1. Pasos del Algoritmo Viola-Jones

Fuente: Adaptado de Espinoza & Jorquera (2015, p. 9).

Reconocimiento Facial

Una vez que se ha obtenido la región de interés, para la segunda fase en la visión artificial es necesario que se permita reconocer al objeto, entidad o persona que se encuentra dentro de la región de interés, para esto ya se debe contar con la imagen almacenada dentro de la base de datos. (Portilla, 2018, pág. 27). Se debe tener en cuenta que uno de los problemas que se dan al realizar la comparación es la precisión al realizar la comparativa correspondiente con la imagen que se encuentra en procesamiento. Para determinar la clase o categoría a la que pertenece un elemento, se calcula sus valores a partir de los datos del modelo definido, llevándose a la práctica se comienza con un conjunto de elementos de prueba que son conocidos previamente y luego proceden a validarse con el modelo definido, para el caso de las imágenes la muestra es un conjunto de las mismas, como resultado un porcentaje de precisión para determinar la clase que pertenece, y esto permite medir el nivel de acierto en la detección del elemento, para el reconocimiento facial es poder determinar el sujeto que se desea reconocer. (Suquinagua León, Gorky Efraín, 2019, pag. 16).

El reconocimiento facial ha venido evolucionando hasta la actualidad donde existen métodos y técnicas que permiten tener una mayor precisión en la lectura de un rostro, uno de los métodos más reconocidos son el uso de medidas antropométrica, las cuales se encargan de representar las medidas y proporciones del cuerpo humano, en esta ocasión se da importancia al rostro como objetivo principal a medir.

Desde el punto de vista antropológico, se define la cara como la parte anterior de la cabeza desde el principio de la frente a la punta de la barbilla. Se puede situar sobre la cara una línea imaginaria llamada línea media, que se define como aquella línea que divide al rostro en dos partes simétricas (Cabello Pardos, 2014, pág. 83).

Dentro del campos de medición correspondientes a los puntos antropométricos, se encuentran los llamados somatométricos que se encargan únicamente de los puntos que están en la cara, la información proporcionada por cada uno de ellos son distancia y ángulos, básicos en el posicionamiento representativo en el plano de la cara desde su vista frontal, mientras la distancia indica el ancho y el espacio que existen entre los elemento faciales, el ángulo ayuda a realizar correcciones de lectura, en rostros cuya representación frontal no es tan exacta.

Para el procesamiento facial estos puntos, son unidos entre ellos para determinar mediante un grafo de rectas la distancia entre ellos, y darles un valor que sirve de dato importante para diferenciar y determinar las distintas clases de personas que puedan existir dentro de un sistema de reconocimiento facial, los puntos se convierten en coordenadas y las rectas vectores, los cuales también son llamados vectores de características, para poder clasificar estas características es necesario el uso de algoritmos que permiten al sistema decidir y categorizar dependiendo de la entrada de información, el procedimiento general utilizado para el reconocimiento facial es el siguiente presentando en la **Figura 2**.



Figura 2. Proceso de reconocimiento facial

Fuente: Elaboración Propia

El procedimiento de reconocimiento facial busca resolver el poder categorizar un rostro o cara que viene en forma de patrones, a una clase o categoría, que para el presente proyecto es un individuo o persona. En la adquisición de la imagen el sistema captura la imagen de entrada, luego la detección de la cara se realiza una asociación de patrones a la imagen (vectores de características), que hacen único a cada rostro, las clases a las que se debe asignar la imagen también tiene ligado un vector de características que permite la comparación entre estos patrones únicos. “Si el vector de características del individuo a reconocer es similar al que caracteriza una clase, se dirá que ese miembro pertenece a dicha clase” (Moreno Díaz, 2014, pág. 22). Para poder definir un vector característico se deben incluir en sus mediciones geometrías que se utilizan comúnmente en la detección de rostros asociados elementos que conforman el rostro como son:

- Cara: Anchura de la cara □
- Nariz: Anchura y altura de la Nariz y ubicación o posición de la nariz □
- Ojos: Distancia entre los ojos, anchura y altura de los ojos □
- Boca: Anchura de la boca, Posición vertical de la boca, y grosor de los labios □
- Cejas: Posición vertical desde la ceja hasta la localización vertical central de los ojos y grosor de la ceja.

El mecanismo de poder determinar los vectores de característica ha variado en el tiempo, haciendo modificaciones y agregando nuevos puntos que permitan dar una mayor precisión en la lectura de un rostro, el método tratando anteriormente es llamado basado en conocimiento, donde la característica principal son sus distancias y posiciones fijadas en el rostro. El método basado en características invariantes: el principal objetivo es determinar elementos faciales que no cambian en su visualización, ocasionado por fenómenos externos como los cambios de luz, peso, ubicación, producidos por la herramienta de captura, ejemplos de los puntos invariantes pueden ser la ceja, textura de piel, nariz, líneas del cabello, al final se realiza un modelo estadístico para su verificación. Otro de los mecanismos es el método basados en moldes que realiza la comparación de las características frente a un modelo o molde ya definido, y por último se encuentra el método basado en apariencia el cual combina el uso de un modelo, pero a diferencia del método basado en moldes la plantilla o molde no es definido por una persona experta en

identificación de puntos, sino lo realiza el mismo sistema, utilizando aprendizaje y realizando entrenamientos al modelo para poder lograr el molde adecuado (Espinoza & Jorquera, 2015, págs. 8, 9).

Deep Learning

No existe una definición exacta de Aprendizaje Profundo (Deep Learning), sin embargo, se considera un subconjunto del Aprendizaje de Máquinas y en general, se trata de un conjunto de algoritmos y técnicas que tienen como fin el aprendizaje automático. (Neapolitan & Jiang, 2018).

El Aprendizaje Profundo se diferencia del Aprendizaje de Máquinas clásico en el modo en que se identifican y clasifican las características de las entradas. Mientras en el enfoque tradicional de Aprendizaje de Máquinas, estas características son diseñadas o identificadas manualmente, en el Aprendizaje profundo, las características son aprendidas automáticamente. (Neapolitan & Jiang, 2018). Esto se consigue no solo con arquitecturas de red con más capas ocultas, sino también con estructuras y operaciones bastante más complejas dentro de estas capas.

El aprendizaje profundo descubre una estructura compleja en grandes conjuntos de datos mediante el uso del algoritmo de retropropagación (backpropagation) para indicar cómo una máquina debe cambiar sus parámetros internos que se utilizan para calcular la representación en cada capa a partir de la representación en la capa anterior (LeCun, Bengio, & Hinton, 2015).

El aprendizaje profundo se refiere a una clase bastante amplia de técnicas y arquitecturas de aprendizaje automático, con el sello distintivo de utilizar muchas capas de procesamiento de información no lineal que son de naturaleza jerárquica (Deng & Yu, 2014).

Por lo tanto, según investigaciones de implementaciones revisadas en los estudios anteriormente expuestos, la metodología a seguir para realizar el entrenamiento del Deep Learning para este proyecto consiste en los siguientes pasos:

- Reconocimiento de Patrones.
- Detección de rostros.
- Reconocimiento facial.

Reconocimiento de Patrones

El reconocimiento de patrones determina la manera en que un sistema es capaz de clasificar un objeto, sea abstracto o físico en una o algunas clases mediante la mínima participación humana. La clasificación está orientada respecto al conocimiento que se obtuvo con anterioridad sobre el objeto, o en los datos obtenidos por medio de patrones. (Portilla, 2018, pág. 22).

Para comprender la idea en la que se lleva a cabo el reconocimiento de patrones es necesario referenciar terminologías acerca de la estructura y funcionamiento utilizadas para este punto, tales como:

- Patrones
- Clases
- Características

Patrones

Un patrón hace referencia a la entidad que se encuentra en la capacidad de ser identificada conforme a sus características o atributos, pudiendo ser concreto o abstracto. Al hablarse de patrones abstractos no son más que ideas conceptualizadas, en cambio los patrones concretos muestran la representación física del objeto analizado. (Portilla, 2018, pág. 22)

Clases

A las clases se la conocen como las categorías o estados que adoptan los patrones. Los patrones que formen parte de la misma clase comparten los mismos atributos y conductas. Desde el punto de vista teórico una clase puede ser definida como un modelo o prototipado que simboliza un objeto. (Portilla, 2018, pág. 23)

Características

Las características son aquellos elementos que describen a los patrones por medio de los valores que adoptan sus atributos, además, estas pueden espacios agrupados de propiedades o de una clase en sí. Las características pueden estar conformadas por atributos numéricos, alfanuméricos o símbolos. Los atributos de tipo numérico pueden ser representados por valores de vectores, pero, si se trata de atributos de tipo simbólicos se recomienda que su representación sea por medio de cadenas o una distribución de árbol. (Portilla, 2018, pág. 22).

Estructura de un sistema de reconocimiento de patrones

Es muy importante tener en cuenta que un reconocimiento de patrones se encuentra conformado por un conjunto de módulos que trabajan metódicamente sobre patrones, muy a pesar del paradigma que se emplee, estos deben incluir: la adquisición de datos, pre-procesamiento, extracción de características, clasificación, verificación, identificación, y por último la decisión, tal como se muestra en la **Figura 3**.



Figura 3. Estructura de un sistema de reconocimiento de patrones

Fuente: Autor

Redes Neuronales Convolucionales (CNN)

Se trata de un algoritmo de Deep Learning, la cual es capaz de recibir una imagen como entrada, le asigna un peso de importancia y umbrales de entrenamiento a los diferentes aspectos del objeto que permita diferenciar las características del mismo para lograr diferenciarlo de otros objetos. Para (Gallud Baños, 2019) la forma de pre-procesar la imagen implica menor esfuerzo que al realizarlo con otros algoritmos de clasificación ya que las CNN tienen la capacidad de aprender qué filtros son los más convenientes para cada aplicación. Mediante el filtro, solo la zona interesada del objeto contenida por el filtro estaría conectada a las neuronas de la siguiente capa. Mediante este proceso se consigue reducir el número de conexiones con lo cual el número de pesos también disminuye, razón por la cual el costo de proceso computacional sería mucho menor. Según (Gallud Baños, 2019) de esta manera al evitar los píxeles lejanos se consigue reducir el overfitting y la red logra generalizarse eficientemente.

Deep Learning: Redes Neuronales Profundas

Según lo expuesto anteriormente, se llama Deep Learning al conjunto de algoritmos complejos que permiten modelar abstracciones de alto nivel que

hacen uso de arquitecturas compuestas de transformaciones no lineales múltiples haciendo uso de redes neuronales profundas. Es por ello que, para problemas más complejos, como es el reconocimiento de imágenes, se utilizan las Redes Neuronales Profundas, esta técnica consiste en una red que consta de una capa de entrada, múltiples capas intermedias ocultas y una capa de salida. Según (Gallud Baños, 2019) indica que, simulando el comportamiento de la red neuronal, cada nodo de la capa se encuentra conectado a todos o a unos cuantos nodos específicos de la capa siguiente. La profundidad de la red dependerá de la cantidad de capas existentes. Además, se construye una jerarquía de abstracción desde el nivel más bajo, hasta el más alto. Cada nodo recibe el nombre de neurona artificial, en la que cada una acumula la información proveniente de la anterior en su correspondiente enlace sumándole información a la siguiente neurona o nodo. A partir de este punto es posible realizar el entrenamiento neuronal de la red.

Con lo anteriormente descrito una red neuronal debe ser entrenada para que cumpla con su objetivo, Según (Gallud Baños, 2019) para ello se realizan dos procesos: propagación hacia adelante (forward propagation) y propagación hacia atrás (backpropagation).

Una vez que la red de neuronas artificiales, se haya entrenado correctamente, se ejecutará únicamente el proceso forward propagation, la cual recibirá los datos de los atributos de entrada que al ser procesados decidirá la salida por medio del backpropagation (propagación hacia atrás).

OpenCv

Es una librería escrita en C/C++, la cual puede ser utilizada por varios lenguajes de programación, entre ellos, Python. Esta librería incluye una gran cantidad de algoritmos entre los cuales se destaca el machine learning. Gracias al empleo de esta librería se pueden realizar aplicaciones que permita detectar intrusos en video y al ser multiplataforma no es necesario utilizar un sistema operativo específico. (Minichino & Howse, 2015).

Dlib

Es un moderno conjunto de herramientas de C++ que contiene algoritmos de aprendizaje automático y herramientas para crear software complejo en

C++ para la solución de problemas en el mundo real, posee licencia de código abierto. (Bastidas Gavilanes, 2019).

Según (Pérez Malte, 2019) indica que la librería *fase_recognition* escrita en Python en la que se utiliza el framework lo define como una herramienta multiplataforma para el aprendizaje automático de máquinas de forma general. Por tratarse de un software multiplataforma puede ser ejecutado desde cualquier sistema operativo.

(Pérez Malte, 2019) indica que esta librería es capaz de realizar acciones como encontrar rostros en una imagen, detectar y manipular rasgos faciales en una imagen, identificar rostros dentro de una imagen y realizar reconocimiento facial en tiempo real.

NumPy

Es una extensión de Python, que le agrega mayor soporte para vectores y matrices, constituyendo una biblioteca de funciones matemáticas de alto nivel para operar con esos vectores o matrices. (Gárate Santiago, 2017).

Pillow

Es una librería gratuita que permite la edición de imágenes directamente desde Python. Soporta una variedad de formatos, incluidos los más utilizados como GIF, JPEG y PNG. Es una bifurcación de PIL Python Imaging Library (PIL) para versiones 3.x de Python. (Nevacerrada, 2017).

Face_recognition

Biblioteca para el reconocimiento facial basada en técnicas de Deep learning que permite definir el vector de características para cada rostro. Basado en dlib, un moderno kit de herramientas de C++ que contiene varios algoritmos de aprendizaje automático que ayudan a escribir aplicaciones sofisticadas basadas en C ++. (Portilla, 2018).

Imutils

Es un paquete de funciones elementales de procesamiento de imágenes básicas, tales como la traslación, rotación, cambio de tamaño, esqueletización, y la visualización de imágenes. (Delago Oleas, 2018).

METODOLOGÍA

Este trabajo se encuentra alineado al enfoque cualitativo, por su forma de llevar la recolección de datos con la explicación de una solución tecnológica que se encuentra en la propuesta,

Se trata también de una investigación exploratoria de carácter netamente técnico basado en técnicas de biometría de reconocimiento facial; se comparará imágenes entre los concurrentes para poder determinar la identidad de cada uno de ellos. Mantiene una línea exploratoria a partir de la búsqueda de las mejores técnicas y algoritmos para implementar en el proyecto mediante tecnología Deep learning a fin de identificar de inmediato los rostros detectados y compararlos con la base de datos existente.

PROCESO METODOLÓGICO

Este estudio presenta un esquema basado en un ambiente standalone, destinado en un sistema operativo Windows, por lo cual se cuenta con máquinas basadas en este sistema operativo. La estructura física del proyecto está dividida en módulos, tales como: módulo de almacenamiento, módulo de procesamiento y módulo de Presentación.

Las funciones de cada módulo estarán relacionadas entre sí, por lo que se debe mantener una total comunicación entre cada uno de los módulos. Dentro del módulo de almacenamiento se encuentra la base de datos del sistema en general y es aquí donde se guardará toda la información procesada.

En el módulo de procesamiento se encuentra la cámara de video vigilancia la cual, al estar conectada directamente a una PC captará toda la información necesaria para el sistema. Mientras que, en el módulo de presentación, se encuentra la interfaz gráfica del sistema, donde el usuario final observará todos los datos recogidos por el sistema y así realizar el control en el sistema de acceso.

Para evitar perder los datos obtenidos por la cámara de video, se realiza la conexión de la misma empleando un medio físico hacia el sistema de control de acceso. Desde el aplicativo desktop que debe utilizar la persona encargada del monitoreo puede realizar funciones que son de utilidad al momento de mantener un control en el acceso de las personas. Una funcionalidad por destacar es la ingresar directamente los datos de una persona desconocida a la base de datos y así lograr que el sistema aprenda por medio de la información ingresada.

Realizar un análisis de los rostros a partir de imágenes captadas por una cámara fotográfica no resulta tan eficiente, debido a que una persona debe estar frente a la cámara por un tiempo determinado para conseguir la imagen deseada. Por otro lado, al realizar un análisis de video se puede utilizar una cámara video y hacer un análisis de la información captada en tiempo real sin necesidad que el individuo permanezca frente a la cámara de forma obligatoria. Se optimizaría el tiempo y no generaría molestia en las personas ya que no deben ir a cada rato a tomarse una fotografía para poder identificarlos.

Debido a estos aspectos se llegó a la conclusión que la manera óptima de realizar un reconocimiento facial es a partir de técnicas de análisis de video.

El proceso metodológico de este estudio se enfoca en las premisas importantes:

1. Modelado y Diseño del Sistema de reconocimiento fácil aplicado a Centros Comerciales mediante herramientas de Inteligencia artificial con deep learning y librerías de código abierto pre entrenadas.
2. Esquematización del Sistema.
3. Implementación y pruebas del Sistema de reconocimiento.
 - a. Interacción del sistema
 - b. Entregables
 - c. Requisitos y Condiciones del Sistema
 - d. Requisitos de Eventos
 - e. Requisitos de Ambiente
4. Análisis de Resultados

Como alcance, es preciso indicar que el presente proyecto se llevará a cabo en ambiente de pruebas debido al costo de los equipos propuestos para su puesta a producción. El entrenamiento de la red neuronal contará con las debidas librerías antes mencionadas para el desarrollo, por lo tanto, se establece que este proyecto se califica como prototipo inicial a posta de contar con los equipos necesarios, mismos que proporcionarán el rendimiento necesario para un óptimo performance.

Modelado

Al realizar el modelado de un proyecto se podrá tener una idea mucho más tangible de lo que se quiere lograr al finalizar el proyecto. Es aquí donde se realizaron los diseños preliminares del prototipo que a su vez muestra la forma en cómo inicialmente se manifestó el prototipo a realizar.

El modelado del diseño de la interfaz gráfica que se plantea presentar para el usuario final del sistema. Mostrando una interfaz sencilla y de fácil manejo que permitirá a los usuarios familiarizarse con el sistema de forma rápida

Aquí también se determinó cómo funcionaría el sistema, en donde se trabajó dentro de una infraestructura standalone, con el fin de emplear todo en un mismo equipo. Se desarrolla un programa basado en Python que permita conectarse a la cámara web de la computadora y a su vez proporcione la imagen en tiempo real.

Al detectar un rostro, el sistema debe cargar las imágenes guardadas en la base de datos y realizar una comparación entre la imagen que está captando la cámara con la imagen registrada en el sistema. Utilizando la tecnología Deep learning con el modelo entrenado se determinará la identidad de una persona y su género, caso contrario si el sistema capta una persona desconocida enviará una notificación a la interfaz que opera el usuario final indicando que ingresaron personas desconocidas.

Este proyecto utiliza herramientas con interfaces reentrenadas de Davis que son de dominio público (open source) con una precisión de 99.38% en un entrenamiento de tres millones de imágenes. El modelo toma la imagen y la convierte a 128 valores de mediciones. Una vez que está cargado el modelado se realiza el proceso del encoding que permita tener la inferencia en tiempo real sobre los rostros a identificar cuando son registrados por la cámara. Con la red de Davis la fase entrenamiento está solventada, por lo tanto, se procede a resolver el procesamiento de las imágenes para determinar la identidad de las personas con el face encoding.

El modelo pre entrenado corresponde a la arquitectura de red neuronal para el reconocimiento fácil basada en ResNet-34 con algunas capas de eliminadas y filtros reducidos a la mitad de la serie original.

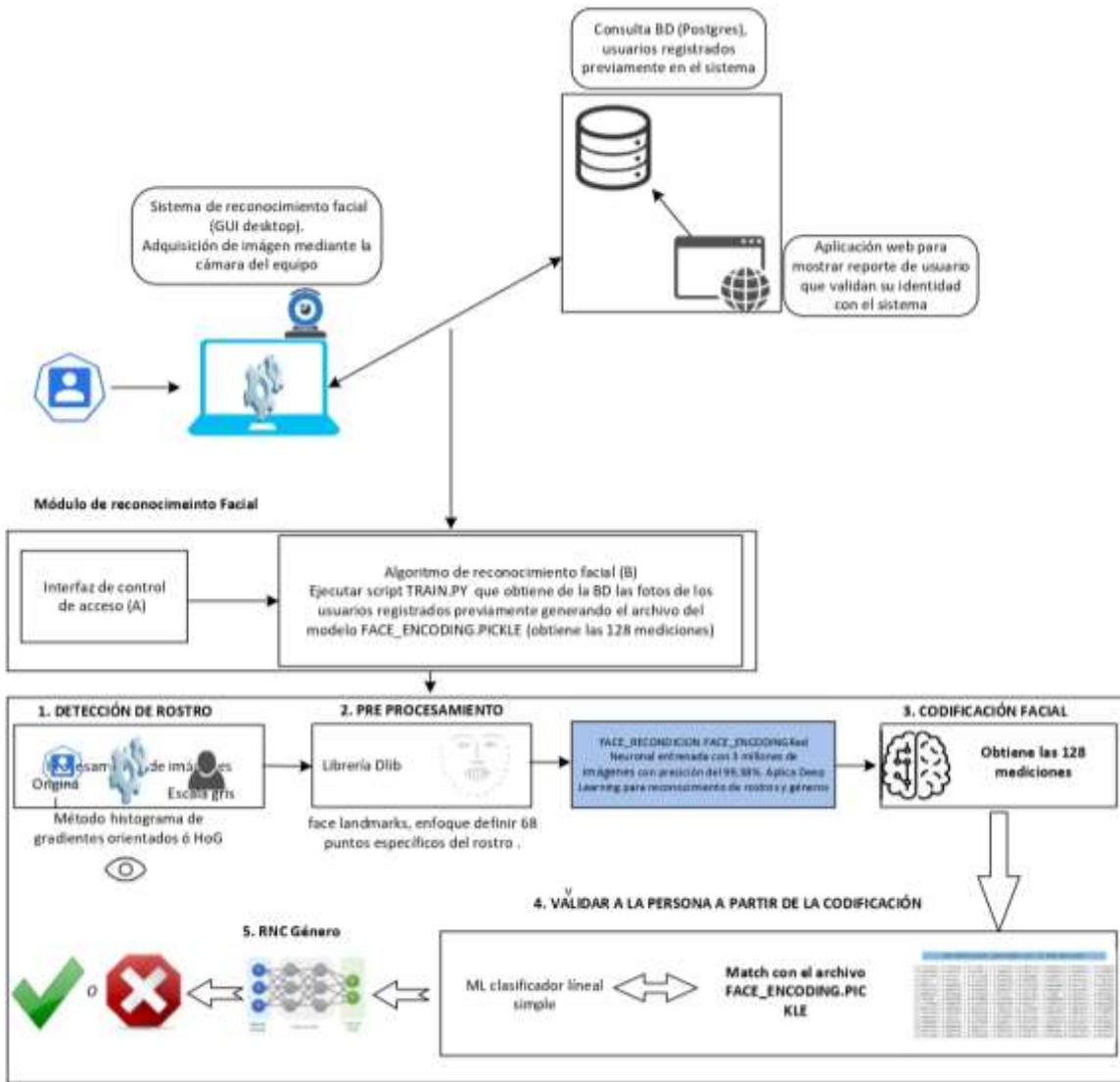


Figura 4. Diagrama del sistema

Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en la **Figura 4**, la estructura física del proyecto está dividida en módulos, tales como: módulo de almacenamiento, módulo de procesamiento y módulo de Presentación.

Las funciones de cada módulo están relacionadas entre sí, por lo que se debe mantener una total comunicación entre cada uno de los módulos.

Una vez que el sistema empiece a captar imágenes de varias personas debe realizar el reconocimiento de forma automática por medio de los procesos de Machine Learning. Al realizar este procedimiento se cumple con las fases de reconocimiento facial que se deben seguir. El sistema debe funcionar de manera óptima siempre y cuando se cumplan también las especificaciones.

El sistema llevará el control de reconocimiento facial por medio de una cámara web frontal donde capturará el rostro de la persona y sus vértices comparando con la imagen almacenada en la base de datos, una vez identificado al sospechoso se registra la imagen en la Base de Datos, en caso de

ser reincidente el sistema lo identificará de inmediato y alertará al personal de seguridad del supermercado.

DESARROLLO DEL SISTEMA

El desarrollo del sistema utiliza las metodologías y herramientas anteriormente mencionadas junto a las técnicas analizadas, para lo cual se explican los procesos en los diagramas de secuencias.

El inicio del desarrollo se da con el modelado del diagrama de secuencia de reconocimiento facial desde las imágenes capturadas, mismas que serán procesadas para luego esperar el resultado de las operaciones realizabas basadas en el entrenamiento embebido en la librería a utilizarse.

Posteriormente se muestra el diagrama de despliegue del sistema y el esquema del mismo.

Modelado del diagrama de secuencia de reconocimiento facial desde imágenes.

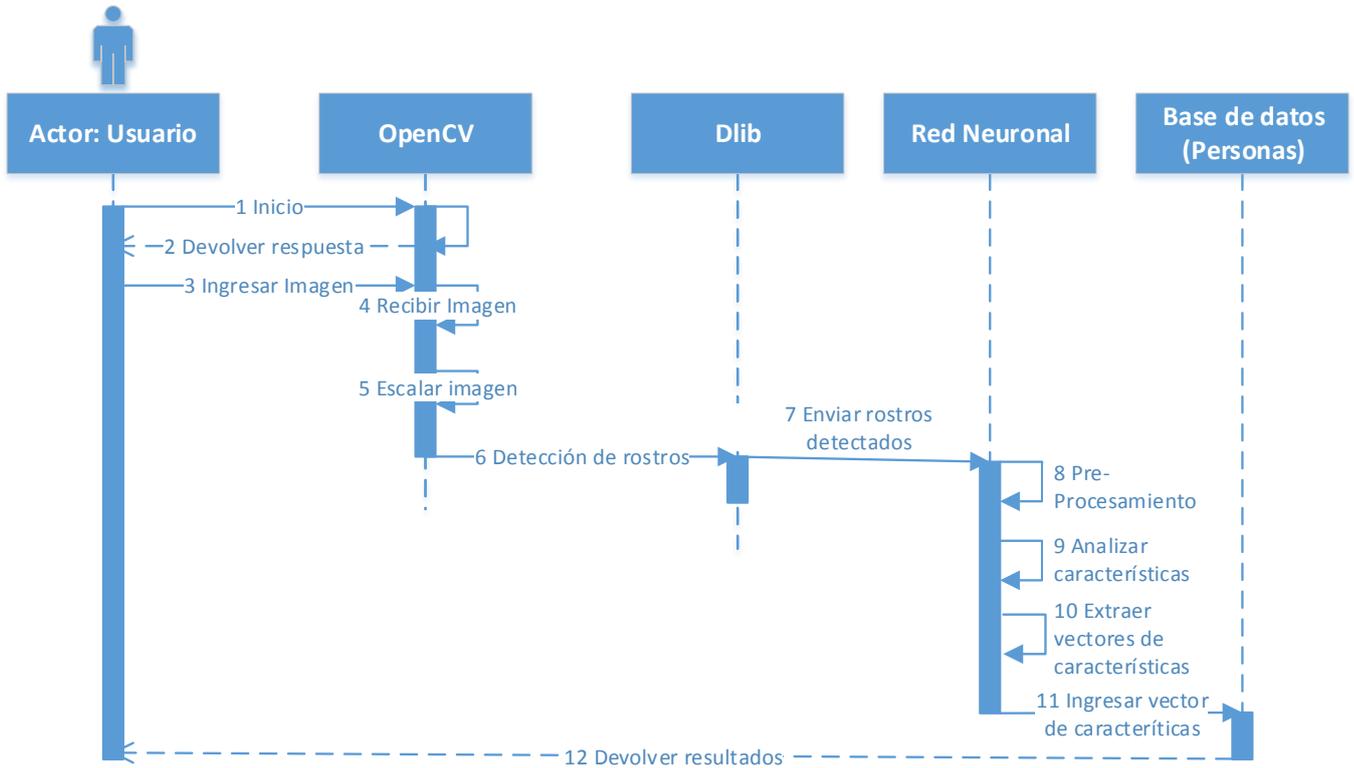


Figura 5. Diagrama de secuencia de reconocimiento facial desde imágenes

Fuente: Elaboración Propia

En la **Figura 5** se presenta el diagrama de secuencia del sistema de reconocimiento facial apreciado en el proceso. Se inicia el proceso con la detección de la imagen desde la cámara mediante la librería OpenCV, está devuelve el frame de video al usuario mientras recibe la imagen y procede a hacer lectura de ella, inmediatamente se realiza una escala de la imagen que servirá como entrada de lectura para la librería Dlib, detectando los rostros de la imagen reducida para no sobrecargar el hardware, luego estos rostros serán enviados a la Red Neuronal donde se realizará un pre procesamiento para posteriormente analizar las características de los rostros y extraer el vector de características por cada rostro. Con este proceso la red neuronal tendrá como salida un vector de 128 dimensiones y este devolverá los resultados al usuario final del registro de la imagen inicial. De esta forma se hará el registro por cada una de las imágenes que se desee reconocer.

En la **Figura 6** se presenta el diagrama de secuencia en el cual se observa el proceso de reconocimiento facial, el usuario hace una solicitud

de inicio al sistema, OpenCV realizará la petición de uso a la cámara, este devuelve la respuesta a la petición del frame de video, y se muestra al usuario, luego se procede a extraer los fotogramas del video. Una vez hecho pasará a escalar dicho fotogramas que servirán como entrada de Dlib para poder realizar la detección de rostros de los fotogramas del video que se ingresó, después de obtener los resultados de Dlib los rostros detectados serán enviados como entrada a la Red Neuronal para realizar el pre procesamiento interno, después analizará y extraerá las características de los rostros en un vector de 128 dimensiones, que representan los puntos, distancias del rostro a verificar a continuación realiza la comparación de distancias con el archivo del modelo pre entrenado para obtener las características de los rostros de aquellas personas registrados previamente en la base de datos, de este modo se realiza el reconocimiento facial, para finalmente mostrar los resultados al usuario mediante en la interfaz gráfica del sistema.

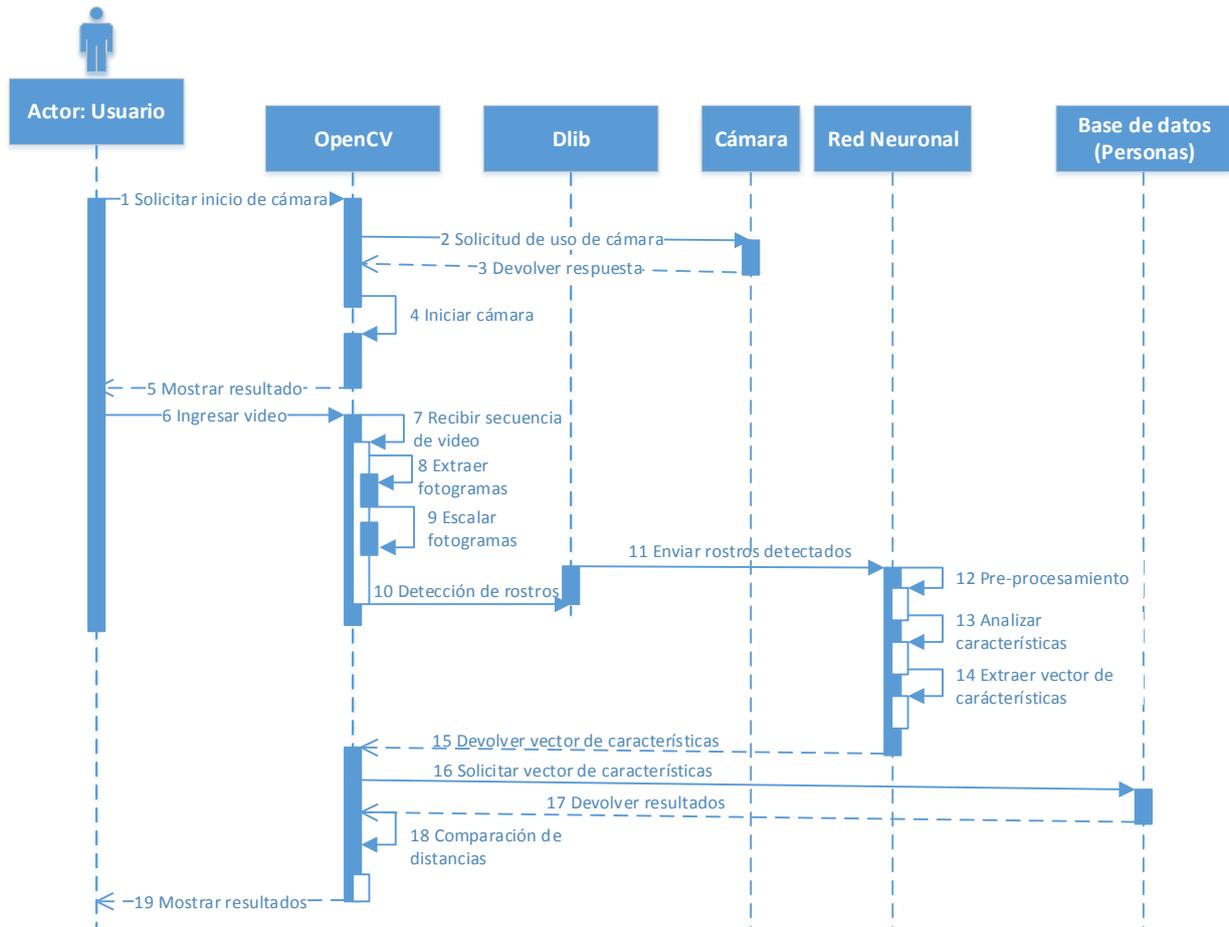


Figura 6. Diagrama de secuencia de reconocimiento facial desde video

Fuente: Elaboración Propia

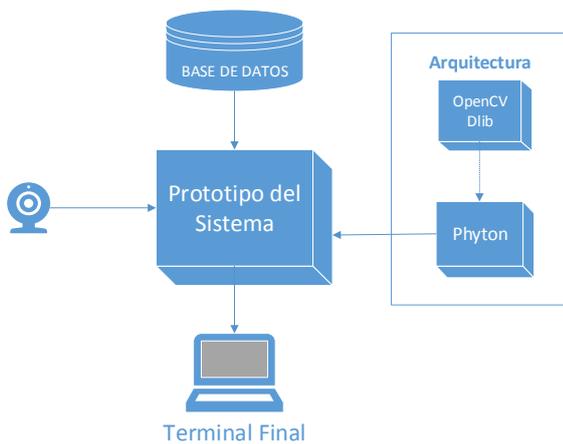


Figura 7. Diagrama de despliegue del sistema

Fuente: Elaboración Propia

En esta sección según la **Figura 7** se muestra el diagrama de despliegue que permite modelar la arquitectura al momento de ejecutarse el sistema, se muestra los nodos utilizados.

Descripción de los nodos

Nodo Cámara web; es el equipo que permitirá la captura de la secuencia de imágenes.

Nodo Base de datos; es el repositorio donde se insertarán las imágenes de las personas registradas en el sistema.

Nodo Prototipo del Sistema; es el software que se conectará con la arquitectura que contiene los nodos de Python, OpenCV, dlib para el ingreso de las imágenes que serán procesadas.

En el Nodo de la Arquitectura se basa en librerías de python para realizar los procesamientos de imágenes como OpenCV y Dlib. Se obtiene las imágenes del conjunto de datos pre entrenadas con sus características para que sean comparadas con las imágenes de entrada o prueba para el reconocimiento.

Nodo Terminal PC; nodo donde se visualizará el resultado final.

ESQUEMA DEL SISTEMA

Como se apreció en la **Figura 4**, el sistema en general estará segmentado en 3 partes del desarrollo, las cuales se mencionan a continuación:

- Módulo de Almacenamiento
- Módulo de Procesamiento
- Módulo de Presentación

Cada módulo se desarrolla en base a los requerimientos presentados anteriormente para cumplir con los objetivos del prototipo pasando por fases en la cual se realizan cambios en caso de no satisfacer las necesidades del proyecto.

Módulo de Almacenamiento

El módulo de almacenamiento es denominado así ya que es donde se realiza el total desarrollo de la base de datos para el proyecto. Se diseña el modelo entidad relación para crear las tablas en la base de datos relacional de postgresql.

Finalizado completamente el desarrollo del módulo de Almacenamiento se procede con el desarrollo del siguiente módulo el cual corresponde al módulo de procesamiento.

Una vez terminado de desarrollar por completo el módulo de Almacenamiento se procede a continuar con el desarrollo del siguiente módulo el cual corresponde al módulo de procesamiento.

Módulo de Procesamiento

Se puede llamar a este módulo también como el módulo de enlace o módulo central y esto se debe a que dentro de este módulo se realizará la conexión tanto del Módulo de Almacenamiento como del módulo de presentación, sirviendo de esta manera como nexo entre todo el sistema.

Como punto de partida, en este módulo se realiza toda la operación de reconocimiento facial con machine learning.

Se determinó que el lenguaje de programación java permitía al igual que Python utilizar la librería OpenCV la cual ofrece las mejores funciones para desarrollar un estudio de video análisis y permite utilizar algoritmos de detección facial. De entre estas dos herramientas de programación se determina que la mejor opción para realizar este tipo de proyectos es el lenguaje de programación Python.

Se instalan las librerías necesarias como OpenCV, Numpy, Dlib, Pillow, Imutils, binascii, shutil, datetime, psycopg2.connect, cmake y face_recognition. Dentro de este apartado de librerías se determinó que face_recognition contiene funciones para poder operar en base al algoritmo que se planteó inicialmente, por lo que es imprescindible el uso de esta librería.

El procesamiento de la información se maneja de forma exitosa pudiéndose construir un programa completamente lineal basado en el análisis de las imágenes captadas en video mediante la

utilización de la librería OPenCV. La utilización de las librerías tanto de OpenCV, como de la biblioteca de Face_recognition ayuda a simplificar de gran manera la tarea de reconocimiento facial. Dado que se encuentran métodos de machine learning dentro de la biblioteca face_recognition se tendrá mejores resultados a la hora de procesar todas las imágenes para su reconocimiento como se puede apreciar en la **Figura 8**.

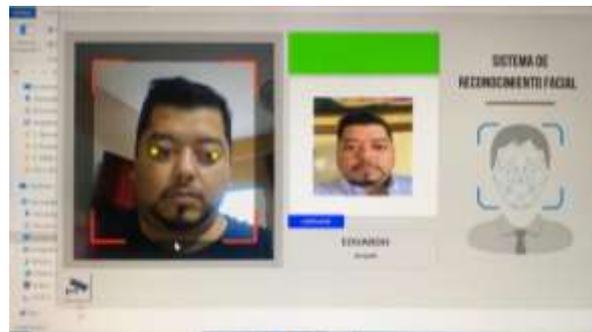


Figura 8. Reconocimiento múltiple del objetivo persona.

Fuente: Autor

A más de realizar las tareas de reconocimiento y aprendizaje este módulo se encarga de enviar los datos correspondientes a la base de datos, así como de enviarlos para su presentación al módulo asignado para esta tarea. La ventaja de segmentar de esta manera el desarrollo del sistema es que permite trabajar todo de forma más organizada y poder identificar los errores en caso de que aparezcan.

Como parte del proceso se realizó la verificación del entrenamiento de la red neuronal mediante los pasos expuestos a continuación.

1. Ejecución de script de entrenamiento de la red neuronal Convolutiva basada en el procesamiento de imágenes donde aplica Deep Learning con el objetivo de obtener las características de cada rostro, realizando lectura hacia la base de datos donde se encuentra la información de los individuos, es decir datos personales y fotos del rostro a una resolución de 500 x 500 píxeles, almacenando 10 imágenes por persona para realizar el entrenamiento de la RN.
2. Ejecución del Sistema con la librería OpenCV.
3. Carga Video Cámara (Video Frame) puede ser la embebida de la máquina o cámara externa para mayor resolución e identificación.
4. Obtiene el Video Frame que está en escena (Identifica los rostros)
5. Aplica Machine Learning para realizar una clasificación entre la imagen de prueba (Video Frame) obtenido en el paso anterior

para determinar el reconocimiento si corresponde al rostro de la persona previamente entrenada; indicando de acuerdo a la lógica del sistema donde se registra si es identificado o desconocido.

6. Carga del modelo de clasificación de genero aplicando Deep Learning, basado en el framework Caffe donde se entrena una red neuronal, cabe recalcar que el Caffe contiene métodos embebidos de la librería Tensor Flow.
7. Con la imagen obtenida del video Frame devuelve la precisión del género encontrado
8. Registra en bitácora las imágenes identificadas y no identificadas por fecha y hora en una hoja electrónica.

Módulo de Presentación

Esta fase es la que visualizará plenamente el usuario final dado que aquí es donde se crea la interfaz que utiliza el usuario, cabe destacar que si bien esta parte no es el tema central del proyecto no deja de ser menos importante. Por medio de este módulo se da a conocer la manera en cómo se muestran los resultados previamente canalizados por los demás módulos.

Para desarrollar la interfaz se plantea la utilización de Django Framework, ya que permite de manera fácil implementar y manejar una experiencia totalmente web dado que este Framework está basado en Python, por lo que resulta óptimo emplearlo.

Se emplean pantallas para ilustrar a manera de reporte los usuarios que validan en el sistema de reconocimiento facial, ayudando de esta manera a que la aplicación se maneje dentro de un directorio ordenado.

Interacción del sistema

Dada la necesidad de controlar y mitigar el riesgo de hurto dentro de locales en los centros comerciales, el objetivo planteado para alertar sobre posibles personas reincidentes o con historial culposos en las instalaciones, es la implementación de un software de reconocimiento facial mediante el cual se pueda avisar a autoridades in situ para tomar las medidas respectivas. La interacción del sistema inicia con la captura de imágenes de los concurrentes, estas imágenes serán procesadas por el módulo de reconocimiento facial mediante patrones definidos y entrenados para luego ser comparados con las imágenes almacenadas en la base de datos de personas con historial dentro del local.

Entregables

El sistema es un prototipo con el cual se puede realizar una futura implementación si así se lo desea.

El prototipo analizaría una imagen captada por cámara en tiempo real y básicamente usando los algoritmos establecidos en el proceso cotejaría ésta con las imágenes almacenadas en la base de datos enviando una alerta por correo electrónico a los contactos configurados previamente en la rutina de difusión.

Requisitos y Condiciones del Sistema

En la presente investigación, utilizando el modelo piloto de la propuesta para determinar resultados preliminares, se obtuvo resultados a través de una cámara de computadora, para el procesamiento de información en un laboratorio de ensayos utilizado para realizar el entrenamiento neuronal, con una considerable cantidad de iteraciones se logró alcanzar al 98% de precisión, cabe destacar que se presentó en distintas condiciones por las cuales se podía mejorar la detección de rostros, como se vio el resultado anterior descrito, con esto la investigación se basa en brindar las mejores condiciones ideales para el modelo propuesto.

Requisitos de Eventos

Como piloto inicial del proyecto se considera que un rostro debe estar a una distancia no mayor a dos metros de la cámara para ser reconocido acuerdo con el entorno, como se mencionó anteriormente se recomienda estar entre 0.5 a 1 metro de distancia para conseguir la detección. Los rostros que se muevan tendrán problemas a la hora de ser detectados por el sistema al encontrarse en distintas posiciones, las condiciones ideales deben estar en vista de frente en dirección hacia la cámara.

Movimientos bruscos no están aptos para que el sistema pueda reconocerlo como un rostro, ya que no podrá encontrar características pertenecientes a un rostro

Requisitos de Ambiente

Se observó que una cámara de baja resolución es capaz de detectar un rostro con la distancia ideal, mientras con una cámara de 720p o una cámara de alta resolución se obtiene una mejor detección de rostro y así mejorar su enfoque como se vio en las pruebas, de este modo utilizando estas cámaras se podrá hacer la búsqueda con otros rostros del repositorio de imágenes y obtener mejores resultados. El sistema utiliza el CPU del ordenador para el procesamiento de las imágenes, se trabajó con un procesador Intel(R) Core (TM) i5-4210U 1.70GHz 2.40 GHz, 6GB RAM. Los gestos

faciales exagerados, accesorios en el rostro como lentes, sombreros, entre otros, también la iluminación excesiva que pueda reflejar la luz al rostro, todos estos factores podrán afectar la detección y no reconocer como tal. Las condiciones ambientales, dependen donde se utilizará la cámara, la altura adecuada es de 1 a 1.5 metros de altura promedio con dirección al rostro, también se vio un buen rendimiento a una altura de 2 metros, pero todo esto depende de la distancia que se mencionó. El ambiente donde esté posicionada la cámara debe estar con la iluminación necesaria como para poder distinguir un rostro, en iluminación general los rostros deben estar en zonas iluminadas sin sombras, en un espacio de interior se obtendría mejores resultados por otro lado en un espacio exterior, se puede tener un alto rendimiento durante el día sin embargo por la noche puede presentarse complicaciones de iluminación y otros factores que podrían afectar la detección.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

De los estudios realizados sobre reconocimiento facial se procedió a la elaboración del algoritmo, el cual consta de cuatro procesos principales:

1. Exploración del rostro: descubre la imagen a capturar, sin reconocerla. En caso de ser un video se realiza el seguimiento del rostro. Proporciona la gradación y la escala donde se encuentra el rostro.
2. Alineación del rostro: Determina los miembros del rostro captado, mediante cambios geométricos en sus propiedades tanto en las dimensiones de la fotometría y la claridad, se puede puntualizar la distancia que existe entre las pupilas, la ubicación de la nariz y los labios, como punto muy importante hay que definir la dimensión de la foto y escala de colores.
3. Ascendencia de propiedades: facilita referencia para diferenciar los rostros y géneros de diferentes personas según su fotométricas.
4. Reconocimiento: Las características identificadas en el dataset realiza una comparación con los vectores de características que se encuentran almacenadas en la base de datos. En caso de identificar uno con alto porcentaje de similitud es un rostro identificado, caso contrario es un rostro desconocido.

5. Con base a las pruebas realizadas se determina que a medida que se va aumentando el número de imágenes de entrenamiento el porcentaje de acierto es mayor, ya que se va entrenando el sistema con un mayor número de imágenes de cada individuo, lo que facilita su posterior reconocimiento. obteniendo buenos resultados y alcanzando el 98% de acierto con 9 imágenes con un total de 360 similitudes, como se aprecia en la **Tabla 1**.

Tabla 1

Análisis de resultados de entrenamiento.

Entrenamiento RN Img / Indv	Total	Test Total	Porcentaje medio de acierto	Desviación típica
1	40	360	61,42%	3,27
2	80	320	76,31%	1,58
3	120	280	84,30%	2,41
4	160	240	88,79%	1,56
5	200	200	92,75%	2,14
6	240	160	93,88%	1,15
7	280	120	95,33%	0,67
8	320	80	96,25%	1,12
9	360	40	98,00%	1

Como se aprecia en la **Tabla 1**, en la primera interacción se capturó una imagen que fue comparada contra el banco de imágenes almacenadas en la base de datos obteniendo 40 similitudes de las 360 iteraciones entrenadas. Para la segunda imagen se incrementa el total de similitudes captando el 76.31% de similitudes. Conforme se procesa mayor cantidad de imágenes el modelo aumenta el rango de precisión como se aprecia en la iteración 9 en la que se logró obtener hasta el 98% de similitudes en precisión. Así mismo se puede evidenciar la reducción de la brecha respecto a la desviación típica acercándose a la media.

Con base a resultados obtenidos de las pruebas realizadas en el sistema, se identifican las características del método de clasificación de los rostros captados, para lo cual se realizó un análisis profundo de los entrenamientos ejecutados como se puede apreciar en la **Figura 9**.



Figura 9. Resultado del funcionamiento del sistema de reconocimiento facial.

Fuente: Elaboración Propia.

CONCLUSIONES

Con los estudios e investigaciones realizados a los diferentes algoritmos de reconocimiento facial se logró obtener uno con precisión aceptable para la identificación de individuo(s) que son analizados por el sistema.

En base a la investigación realizada a lo largo del proceso de desarrollo del proyecto se concluye que para la correcta validación de la información se requiere seguir el procedimiento de alineación facial o conocida como técnica de normalización, para mejorar la precisión del algoritmo de aprendizaje profundo y entrenamiento de una red convolucional CNN, que permite obtener la codificación correcta de cada imagen del rostro, para lo antes mencionado se trabajó principalmente con los métodos de la librería DLIB.

Se logra determinar los requerimientos funcionales que debe cumplir el sistema, el cual tiene como propósito identificar personas en los centros comerciales; tomando en cuenta los recursos de hardware para que agilicen el procesamiento de imágenes.

Mediante el empleo de librerías como OpenCV y de la biblioteca de funciones como face_recognition hacen de Python un gran lenguaje para incursionar en el mundo del reconocimiento facial, en especial para abordar proyectos relacionados a la Visión Artificial. Por lo que se determina que el sistema cumple con todas las funciones pensadas al inicio del proyecto mostrando un porcentaje de aceptación alto al momento de realizar el reconocimiento de rostros de las personas.

Se logró obtener un resultado del 98% de efectividad asertiva de un total de 360 pruebas realizadas. Con esto se concluye que el funcionamiento del sistema cumple con los objetivos planteados.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que el algoritmo del método comparativo debe ser desarrollado en un lenguaje de programación como Python para que funcione de la manera más adecuada. Esto debido a que existen varias librerías con funciones simplificadas que ayudan a disminuir el tiempo de procesamiento en la información del algoritmo.

Para el desarrollo de este proyecto se recomienda utilizar Python en la versión 3.7 debido a que es compatible con la mayor cantidad de librerías desarrolladas en la actualidad, entre ellas se tiene a face_recognition.

Es importantísimo para los proyectos relacionado con la Inteligencia Artificial específicamente con

Visión Artificial tener los recursos de Hardware idóneos y probados según la necesidad; por ejemplo, el uso de una tarjeta gráfica NVIDIA al menos de 16 Gb que permita agilizar el procesamiento de cómputo del sistema, en este caso para el reconocimiento de personas y géneros mediante la codificación de imágenes.

Capacitar a cada uno de los usuarios finales del sistema para que se encarguen periódicamente de realizar verificaciones del funcionamiento.

Realizar evaluaciones periódicas de los puntos de riesgo para mejorar las funciones de monitoreo del sistema.

El sistema puede ser utilizado para ubicar a personas con mayor concurrencia a centros comerciales, tiendas y realizar incentivos a clientes frecuentes.

En trabajos futuros se recomienda la revisión periódica de las actualizaciones de las librerías utilizadas en el proyecto a fin de contar con la última versión disponible y reducir la brecha del 2% de muestras no precisas; con el objetivo de llegar al 100% de precisión.

Para la implementación del presente proyecto, se recomienda la adquisición de equipo especializado, tanto en captura de video con cámaras de mayor alcance que incluya definición HD, contar con una PC que posea memoria ram superior a 16GB para mejorar el procesamiento y tiempo de respuesta.

Bibliografía

- Aguilar, J., & Castaño, V. (2016). *Diseño e implementación de un sistema para el reconocimiento de patrones utilizando videocámaras*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Alarcón, V. (2016). *Desarrollo de sistemas de información*. Catalunya: Ediciones UPC.
- Alpaydin, E. (2016). *Machine Learning*. London: Massachusetts Institute of Technology.
- Bastidas Gavilanes, J. R. (2019). *Registro de asistencia de alumnos por medio de reconocimiento facial utilizando visión artificial*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Bravo, C., Ramírez, P., & Arenas, J. (2018). Aceptación del Reconocimiento Facial Como Medida de Vigilancia y Seguridad: Un Estudio Empírico en Chile. *Información Tecnológica*, 29(2), 115-122.

doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000200115>

humanas_y_su_aplicacion_a_Gallud_Banos_Guillermo.pdf

- Bronte, S. (2013). Sistema de Detección y Reconocimiento Facial de Conductores Mediante Sistemas de Visión Computacional. *Alcalá: Universidad de Alcalá*.
- Cabello Pardos, E. (2014). *Técnicas de reconocimiento facial mediante redes neuronales*. Facultad de Informática (UPM). Obtenido de <http://oa.upm.es/215/>
- Conde, C. (2014). *Biometría: reconocimiento facial mediante fusión 2D y 3D*. Barcelona: Pearson Education.
- Delago Oleas, G. A. (2018). *Implementación de un asistente de lectura audible de texto impreso mediante visión artificial*. Cuenca: Universidad del Azuay. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8616/1/14283.pdf>
- Duque, O. M., & Gualdrón, O. E. (2014). Diseño de un sistema de reconocimiento de rostros aplicando Intreligencia y Visión Artificial. *RCTA Revista Colombiana de Tecnología de Avanzada*, 2(24), 117-126. Obtenido de http://ojs.unipamplona.edu.co/ojs_viceinv/index.php/RCTA/article/view/2342/1141
- El Español. (2016). Android Libre: Google Visión API. *El Español*. Obtenido de <https://elandroidelibre.espanol.com>
- Escolano, F., Cazorla, M., & Colomina, O. (2015). Inteligencia artificial: modelos, técnicas y áreas de aplicación. *Paraninfo*.
- Espinoza, & Jorquera. (2015). *Reconocimiento Facial*. Valparaíso: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO. Obtenido de http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-1000/UCD1453_01.pdf
- Gallud Baños, G. (2019). *Reconocimiento de emociones humanas y su aplicación a la Robótica Social*. Alicante: Escuela Politécnica Superior. Obtenido de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/94752/1/Reconocimiento_de_emociones_
- Gárate Santiago, F. (2017). El lenguaje de programación Python como herramienta multiuso en el análisis de datos y cálculo actuarial. *Primavera*, 21-25. Obtenido de https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/imagen_id.cmd?idImagen=1106847
- Gorky, E., & Suquinagua, L. (2019). *Sistema de Notificación de Agenda a través de Reconocimiento Facial: Prototipo para Docentes a Tiempo Completo de la Carrera de Computación de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*. Guayaquil: Universidad Católica Santiago de Guayaquil.
- Gualdrón, O. E., & Duque, O. M. (2014). Diseño de un sistema de reconocimiento de rostros aplicando inteligencia y visión artificial. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*. Obtenido de http://ojs.unipamplona.edu.co/ojs_viceinv/index.php/RCTA/article/view/2342/1141
- Gualdrón, O., Duque, O., & Chacón, M. (2013). Diseño de un sistema de reconocimiento de rostros mediante la hibridación de técnicas de reconocimiento de patrones, visión artificial e ia, enfocado a la seguridad e interacción robótica social. *Mundo Fesc*, 3(6), 16-28. Obtenido de <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/3>
- Hardy, T. (2001). IA: Inteligencia Artificial. *POLIS, Revista Latinoamericana*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305/30500219>
- Haugeland, J. (2013). La Inteligencia Artificial. *Siglo Veintiuno*.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México DF: McGraw-Hill Education.
- Hernández, R. G. (2010). *Estudio de técnicas de reconocimiento facial*.
- Ibarra-Estévez, J., & Paredes, K. (2018). Redes neuronales artificiales para el control de

- acceso basado en reconocimiento facial. *Revista PUCE de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador*, 1(106), 281-296.
doi:<http://dx.doi.org/10.26807/revpuce.v0i106.140>
- Jain, A., Nandakumar, K., & Ross, A. (2016). 50 years of biometric research: Accomplishments, challenges, and opportunities. *ScienceDirect*, 80-105.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.patrec.2015.12.013>
- Lozano Jiménez, J. L. (2018). Cámaras de reconocimiento facial en el arte contemporáneo: La obra del colectivo SVEN. *AusArt Journal*, 6(2), 203-212.
doi:[10.1387/ausart.20509](https://doi.org/10.1387/ausart.20509)
- Martínez Guerrero, M. (2018). *Reconocimiento facial para la autenticación de usuarios*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/93928>
- Matínez Matías, J., Hernández Hernández, J. L., & Hernández Hernández, M. (2018). Búsqueda del mejor espacio de color para el reconocimiento de frutas utilizando visión artificial. *CICOM*, 125 - 131.
- Minichino, J., & Howse, J. (2015). *Aprendizaje de OpenCV 3 Computer Vision con Python*. Birmingham: Packt Publishing Ltd.
- Moreno Díaz, A. B. (2014). *Reconocimiento facial automático mediante técnicas de visión tridimensional*. Facultad de Informática (UPM). Obtenido de <http://oa.upm.es/625/>
- Moret, V., & Alonso, A. (1998). Fundamentos de inteligencia artificial. *La Coruña: Universidad de Coruña servicio de publicaciones*.
- Neapolitan, R. E., & Jiang, X. (2018). *Artificial Intelligence With an Introduction to Machine Learning*. Boca Raton, FL.: Chapman and Hall/CRC.
- Nevacerrada, J. (2017). *Sistema de detección de matrículas con Open Cv*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Obtenido de http://oa.upm.es/51869/1/TFG_JORGE_NAVACERRADA.pdf
- Ottado, G. (2010). *Reconocimiento de caras: Eigenfaces y Fisherfaces*. Obtenido de https://eva.fing.edu.uy/file.php/514/ARCHIVO/2010/TrabajosFinales2010/informe_final_ottado.pdf
- Paredes, M. R., Valle Pelaez, M. A., Alvarón Fernández, G. K., Vega Huincho, F., & Gutierrez Mendoza, K. J. (2018). Sistema de vigilancia biométrico facial para el control delincriminal en la división policial. *Conocimiento para el desarrollo*, 1-8. Obtenido de <https://revista.usanpedro.edu.pe/index.php/CPD/article/view/277>
- Pérez García, M. R. (2017). Desarrollo de una aplicación de reconocimiento en imágenes utilizando Deep Learning con OpenCV. *Universitat Politècnica de Valencia*, 18.
doi:<https://doi.org/10.4995/ia.2014.3293>
- Pérez Malte, J. D. (2019). *Implementación de un sistema de rastreo y encendido automático vehicular, mediante reconocimiento facial*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Portilla, J. J. (2018). *Análisis y Diseño de un Sistema de Reconocimiento Facial aplicando Machine Learning para detectar e identificar intrusos*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Poveda, M., & Merchán, F. (2015). Implementación de un sistema de control de acceso basado en reconocimiento facial. *Ancón: Ciudad de Panamá*.
- Rivera Estrada, J. E., & Sánchez Salazar, D. V. (2016). Inteligencia Artificial ¿Reemplazando al humano en la psicoterapia? *Escritos*, 24(53), 271 - 291.
doi:<http://dx.doi.org/10.18566/escr.v24n53.a02>
- Rosado Gómez, A., Uribe, J. C., & García Torres, M. F. (2018). Prototipo de un sistema de reconocimiento facial para ingreso a la biblioteca de la UFPSO. *CICOM*, 159 - 168.
- Sáez de la Pascua, A. (2019). *Deep learning para el reconocimiento facial de emociones básicas*. Guayaquil: Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Obtenido de

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/129220/memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Sánchez, J. (2014). *Reconocimiento facial robusto a oclusiones por medio de seccionamiento de imágenes*. Barcelona: Reverte.
- Toscano Martínez, J. H., Pedro Pérez, A. A., & Bautista Juárez, C. V. (2018). Extracción de Características Faciales a partir del Procesamiento Digital de Imágenes. *CICOM 2018 8° Congreso Internacional de computación México - Colombia Octubre 11, 12 y 13 de 2018 Taxco, Guerrero, México*, 1(3), 139-144.
doi:odalidad_virtual_del_SUVUAGro/links/5ced85aa458515026a637e6d/Evaluacion-del-proceso-de-ensenanza-aprendizaje-en-modalidad-virtual-del-SUVUAGro.pdf#page=139
- Tudela, J. B. (2009). *Investigación cualitativa*. ESIC Editorial.
- Vasquez Salazar, R., & Cardona Mesa, A. (2019). Dispositivos de asistencia para la movilidad en personas con discapacidad visual: una revisión bibliográfica. *Revista Politécnica*, 15(28), 107-116.
doi:<https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n28a10>
- Zambrano, G. V. (2014). Sistema de vigilancia mediante cámaras IP con software de detección de rostros. *Espamciencia*, 51. Obtenido de http://190.15.136.171/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/download/86/70/
- Zatarain Cabada, R. (2018). Reconocimiento afectivo y gamificación aplicados al aprendizaje de Lógica algorítmica y programación. *Revista electrónica de investigación educativa*, 20(3), 115-125.
doi:<http://dx.doi.org/10.24320/redie.2018.20.3.1636>