

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**



**“SISTEMA WEB DE RECONOCIMIENTO FACIAL PARA  
CONTROL DE ACCESO BIOMÉTRICO, UTILIZANDO  
INTELIGENCIA ARTIFICIAL.”**

**EXAMEN DE GRADO (COMPLEXIVO)**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

**MAGÍSTER EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GERENCIAL**

AUTOR

EDUARDO ARTURO BRIONES GÁRATE

GUAYAQUIL, MAYO 2020

## AGRADECIMIENTO

A Dios por las bendiciones recibidas cada día, por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida; a mi Abuelita por brindarme su apoyo incondicional y permitirme culminar este nuevo reto profesional, ya que fue mi fuerza e inspiración para no declinar ante nada y seguir adelante.

Gracias a mi esposa que siempre me brindó su ayuda desinteresada y aportó en el cumplimiento de esta meta.

A handwritten signature in black ink, appearing to be the initials 'RM' with a stylized flourish above the letters.

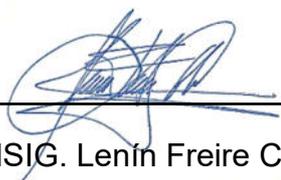
## DEDICATORIA

A Dios todopoderoso por las bendiciones otorgadas a diario, a mi Abuela que está en el cielo (+), por su apoyo incondicional y ejemplo de perseverancia.

A mi esposa por su amor, comprensión y motivación que han sido fundamental para alcanzar esta meta.

A mis amados hijos Jesús Eduardo y Eduardo Andrés, que son la inspiración para luchar día a día.

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



MSIG. Lenín Freire Cobo

PROFESOR DELEGADO

POR LA SUBDECANA DE LA FIEC



MSIG. Juan Carlos García

PROFESOR DELEGADO

POR LA SUBDECANA DE LA FIEC

## RESUMEN

Actualmente la Inteligencia Artificial (IA) ha capturado la atención de los seres humanos en los últimos años. Desde sistemas de control de acceso con el reconocimiento facial, reservas de Uber para trasladarse de un lugar a otro o el reconocimiento mediante voz de Alexa de Amazon, le dan un valor agregado a los productos y servicios, difundiendo los beneficios de IA en la vida cotidiana y pronosticando en los años venideros un factor transformador en las vidas de las personas.

Esta tesis aborda sobre la solución automatizada de controles de acceso utilizando IA, con diversas aplicaciones sea esta para un control de ingreso a un establecimiento determinado, seguridad, biométricos, entre otros; donde destaca el estudio del procesamiento visual de rostros humanos para determinar el acceso o no a un determinado lugar.

Se ha diseñado métodos para la detección de rostros en imágenes estáticas, la localización de componentes faciales, el seguimiento de los rostros en secuencias de video, el reconocimiento facial de personas, el análisis de expresiones faciales, la estimación de la posición y orientación 3D de la cara.

El producto FaceProBri es un sistema que permite identificar a una o varias personas analizar las características biométricas de su rostro. La extracción de la información relativa a estas características está actualmente ligada a sofisticados procesos matemáticos y algoritmos de coincidencia, lo que ha propulsado el avance a la tecnología de reconocimiento facial en diversos mercados.

La empresa “**Ladrillo Digital**” ha desarrollado un producto local en la ciudad de Guayaquil denominado **FaceProBri**, es un sistema personalizable según las necesidades de los clientes principalmente en el campo de la seguridad para aplicar el reconocimiento facial; previo a la ejecución del Demo, se envía al personal técnico especializado a realizar inspecciones físicas en sitio para analizar y personalizar el proceso que desea optimizar el cliente, con el objetivo de brindar seguridad y rapidez en los procesos.

El sistema web **FaceProBri** puede ser implementado en:

- Aeropuertos para la identificación facial de los usuarios que acceden al terminal aéreo.
- Controles migratorios, identificando al pasajero con una captura facial para realizar el reconocimiento con la imagen almacenada en la base

de datos de la policía migratoria, emitiendo como resultado si el rostro del pasajero es el mismo que está en la base de datos o a sufrido algún cambio, además identificará al pasajero si registra alguna denuncia o tenga antecedentes penales, inmediatamente el sistema alertará a los frentes policiales.

- Supermercados, para identificar a personas que han cometido alguna acción ilícita dentro del establecimiento, en caso de ser reincidente el sistema alerta a los administradores y a los agentes de seguridad que el usuario es catalogado como sospechoso por haber tenido antecedente de hurto dentro del establecimiento.
- Empresas; que deseen llevar control de su personal, implementando el control de acceso biométrico para identificar el rostro del colaborador, registrando la fecha y hora de ingreso o egreso a la empresa.
- Hospitales; implementar el sistema de reconocimiento facial para permitir acceso a puertas en áreas restringidas únicamente al personal autorizado, capturando la imagen con fecha y hora para calcular el tiempo de permanencia del médico en dicha área.
- Cajeros automáticos, obviar el uso de tarjetas de débito únicamente la cámara del cajero automático identifica el rostro y ubica la cuenta autorizada al usuario y pueda realizar sus respectivas transacciones.

El Sistema **FaceProBri** es un software automatizado de identificación que permite identificar o verificar a una persona mediante la comparación y el análisis de modelos basados en sus rasgos y contornos faciales.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	i
DEDICATORIA .....	ii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	iii
RESUMEN.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO 1.....	1
GENERALIDADES .....	1
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2 SOLUCIÓN PROPUESTA.....	5
CAPÍTULO 2.....	10
METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN .....	10
2.1. DESCRIPCIÓN Y ENTENDIMIENTO DEL PROBLEMA .....	10
2.2. ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	12
2.2.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	13
CAPÍTULO 3.....	24
EVALUACIÓN DE RESULTADOS .....	24
3.1 MEJORAMIENTO DEL PROCESO .....	24
3.2. MEJORAMIENTO DEL SISTEMA FACIAL.....	26

3.3. MEJORAMIENTO DE LA SATISFACCIÓN DEL USUARIO .....	32
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	36
BIBLIOGRAFÍA.....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Proceso de validación de información en Migración.....	4
Figura 1.2. Diagrama de proceso de captura facial con Redes Neuronales .	6
Figura 1.3. Identificación de acceso con Redes Neuronales .....	7
Figura 1.4. Sistema FaceProBri, pantalla de inicio de sesión.....	7
Figura 1.5. Validación de Acceso con Redes Neuronales .....	8
Figura 1.6. Ángulos y Vértices identificados en la Red Neuronal Siamesa ...	9
Figura 2.1. Algoritmo Viola y Jones (Detección Facial .....	14
Figura 2.2. Valida con Base de Datos.....	14
Figura 2.3. Delimitado de las regiones faciales .....	15
Figura 2.4. Formula característica de Harr.....	18
Figura 2.5. Formula integral recursiva Harr.....	18
Figura 2.6. Características de Harr .....	19
Figura 2.7. Entrenamiento de la Red Neuronal .....	22
Figura 2.8. Proceso detección facial y entrenamiento a Red Neuronal .....	23
Figura 3.1. Estadística del ahorro de tiempo con FaceProBri .....	25
Figura 3.2. Administración Backend – Utilizando framework Django .....	30
Figura 3.3. Sistema Inteligente FaceProBri.....	31
Figura 3.4. Sistema Inteligente FaceProBri pantalla de acceso a usuarios ...	31
Figura 3.5. Importancia del reconocimiento facial .....	32
Figura 3.6. El reconocimiento facial en resolución delictivo .....	33
Figura 3.7. Importancia del reconocimiento facial .....	34

Figura 3.8. Protección de datos en el reconocimiento facial .....35

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ahorro de tiempo con FaceProBri .....	25
Tabla 2 Importancia del uso del reconocimiento facial .....	32
Tabla 3 El reconocimiento facial en resolución delictivos.....	33
Tabla 4 Importancia del reconocimiento facial .....	34
Tabla 5 Protección de datos en el reconocimiento facial .....	35

## INTRODUCCIÓN

La empresa **Ladrillo Digital** tiene más de 15 años en el mercado digital, brindando soporte tecnológico a empresas grandes y Pymes en el mercado ecuatoriano, extendiéndose hasta los países de Colombia, Perú y Panamá.

La empresa se ha dedicado al desarrollo de sistemas entre los principales productos implementados, tiene FaceProBri que es un sistema de control de acceso mediante el reconocimiento facial, misma que se personaliza según el nivel y alcance de seguridad que el cliente lo solicite.

Actualmente el software es utilizado por empresas privadas y se trabaja en pilotos para la implementación del sistema a nivel público, como es en el caso de controles migratorios en el Ecuador; esta aplicación automatiza los procesos al capturar el rostro del pasajero. El crecimiento exponencial de los dispositivos conectados a internet, el volumen de datos ha dado el paso a las diversas herramientas de análisis de datos y predictivas de la Inteligencia Artificial (IA).

Las redes neuronales permiten realizar un entrenamiento de aprendizaje para que las máquinas/softwarees tomen decisiones o realicen tareas que usualmente los humanos realizan. Parte fundamental del software **FaceProBri** utiliza esta rama de la IA

Los seres humanos desde tiempos remotos hasta la actualidad se han visto en la obligación de reconocerse unos a otros mediante nombres, apodos, etc., pero es el rostro el que nos da una propia identidad a cada persona ya que por medio de estudios el rostro humano es una de las cosas que es imposible de olvidar, es por esto que, por medio de las nuevas tecnologías y algoritmos, se han implementado varias funcionalidades propias en respecto a esta identidad.

En los inicios de esta tecnología llamada “Reconocimiento facial” se usaba algoritmos de reconocimientos muy simples el cual daba mayor oportunidad a que los errores se produjeran, ya que al ser así el mismo reconocimiento se podría dar para dos personas diferentes. En la actualidad y con los avances logrados, además de los algoritmos que han sido exponencialmente mejorados, los errores son mínimos ya que se han afinado la forma en cómo se reconoce cada rostro.

A continuación se explica cómo funciona cada uno de estos algoritmos además del funcionamiento y cada etapa en un reconocimiento facial, como se muestra en la figura 1 consta de varias secciones las cuales en complemento darán un buen funcionamiento del software.

La evolución acelerada de nuevas tecnologías entre ellos los dispositivos digitales, han impulsado en las empresas automatizar y modernizar sus procesos para incrementar su productividad, ahorrar tiempo, recursos, y conseguir una gestión más eficiente.

Las Redes Neuronales son redes de elementos simples interconectadas masivamente en paralelo y con organización jerárquica, las cuales intentan interactuar con los objetos del mundo real del mismo modo que lo hace el sistema nervioso biológico [Kohonen, 1988]. Una red neuronal es un algoritmo supervisado que se inspira en la forma en que funciona el cerebro humano. De igual forma en que las neuronas biológicas se conectan entre sí en el cerebro humano, una red neuronal recibe la información, la pasa a través de funciones, la red de neuronas posteriores se excita en consecuencia produce una salida (aprendizaje automático); son capaces de aprender de la experiencia, de extraer características esenciales a partir de entradas que representan información irrelevante.

Un aspecto importante en las redes neuronales es conocer cómo se modifican los valores de los pesos; es decir, cuáles son los criterios que se siguen para cambiar el valor asignado a las conexiones cuando se pretende que la red aprenda una nueva información. Estos criterios determinan lo que se conoce como la regla de aprendizaje de la red. De forma general, se suelen considerar dos tipos de reglas; las que responden a lo que habitualmente se conoce como aprendizaje supervisado, y las correspondientes a un aprendizaje no supervisado.

El presente trabajo se encuentra orientado a la implementación de algunos modelos de las redes neuronales, que se aplican en el software **FaceProBri** para la detección de fraude o control biométrico facial.

# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A continuación se detalla algunas problemáticas presentadas por algunas entidades públicas y privadas, para la cual **FaceProBri** ofrece una solución ágil.

- En el Hospital Nacional de la ciudad de Panamá, se identificó muchos problemas de control y seguridad a tal punto que el personal que labora en dicho hospital marcaban su ingreso con un código asignado que en muchos casos compañeros que llegaban a tiempo les marcaban los códigos de acceso para registrar su ingreso a la hora puntual, adicionalmente el personal médico puede acceder casi a todas las áreas sin control, excepto a las áreas UCIM (Unidad de cuidados intensivos) y quirófanos porque está una persona que controla el acceso de 7:00 am a 17:00 pm y en muchos casos la persona que controla el acceso deja ingresar a médicos así sean de otras áreas, por lo antes indicado los directivos del hospital nos han contactado para que realicemos un piloto del sistema **FaceProBri**, para solucionar las novedades antes mencionados.
  
- 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 la cadena de supermercados TÍA, identifica a una persona que está cometiendo algún acto ilícito como hurto, le toma una foto y la colocan en un tablero de corcho para en el caso de que regrese, 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, **FaceProBri** gestiona mediante el reconocimiento facial para alertar a los supervisores y al departamento de seguridad.

Adicionalmente se trabaja en un proyecto piloto para intensificar los controles migratorios de las personas que ingresan o abandonan el país, ya que sus procesos de validación no son automatizados en su totalidad, el procedimiento de control del pasajero que abandona el país presenta la documentación solicitada al agente migratorio, en la cual entrega el pasaporte , siendo revisada la información en el sistema y para validar la identificación facial el agente revisa la foto del pasaporte y observa el rostro al pasajero, luego constata con la foto almacenada en la base de datos migratoria (Policía Nacional), generando demora en el proceso de revisión y validación migratoria como se aprecia en la Figura 1.1.



*Figura 1.1. Proceso de validación de información en Migración*

En el caso de entrada al Ecuador con la misma nacionalidad la validación es mínima; varía en el caso de los turistas extranjeros la validación tiene otro comportamiento más exhaustivo porque tienen que validar información del país origen.

El foco principal en los controles migratorios es la demora en el proceso de validación de la identidad del pasajero, al revisar el rostro de la persona pueden variar por diferentes motivos, uno de ellos puede ser que la foto del documento de identidad (Pasaporte) del pasajero de sexo masculino puede que esté con bigotes y barba, pero al momento de presentarse a migración puede que ya no tenga bigote, es uno de los factores que se presentan, motivo por el cual se ha logrado desarrollar la aplicación web con reconocimiento facial, teniendo como alcance a futuro en automatizar

los procesos en su totalidad a tal punto que esta aplicación pueda ser embebida y aplicada con inteligencia artificial, reemplazando en algunas tareas al ser humano con la finalidad de agilizar diversos procesos.

## 1.2 SOLUCIÓN PROPUESTA

Una vez identificado los problemas, se ha delimitado el alcance de la solución de acuerdo a las necesidades de optimizar los procesos en las diferentes entidades.

Por las problemáticas antes detalladas se decidió dar inicio al desarrollo del Software de reconocimiento facial **FaceProBri**, el cual en su primera versión que ya está disponible trae funcionalidades de detectar el rostro y lo valida con las imágenes almacenadas en la base de datos para así confirmar la identidad de la persona, como se aprecia en la Figura 1.2.

Todo esto se realizará en una interfaz sencilla e intuitiva que permita facilitar el uso a los usuarios que vayan a utilizar el sistema.

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, como se aprecia en la Figura 1.3.

**FaceProBri** llevará el control biométrico con 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 realizada la validación se habilita la aplicación confirmando el ingreso o egreso, como se aprecia en la Figura 1.4.

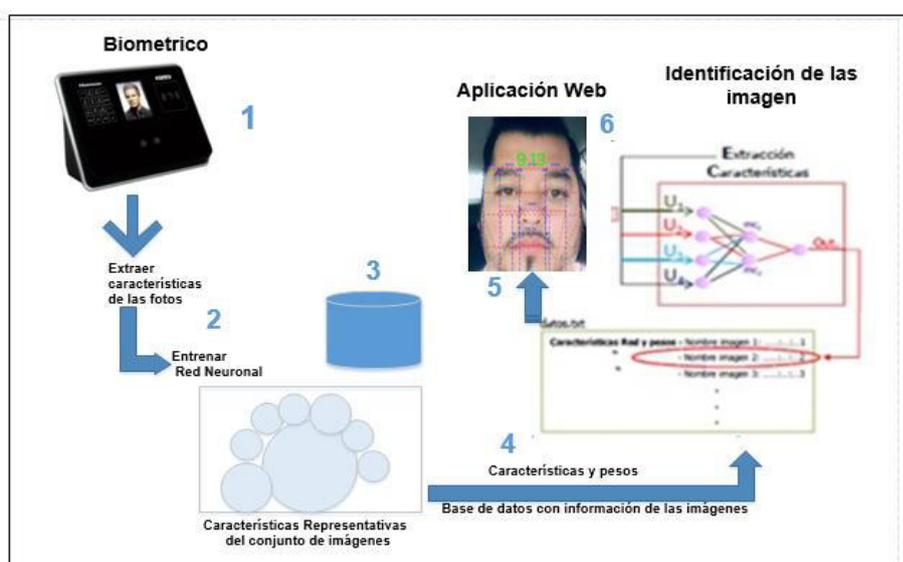


Figura 1.2. Diagrama de proceso de captura facial con Redes Neuronales



Figura 1.3. Identificación de acceso con Redes Neuronales

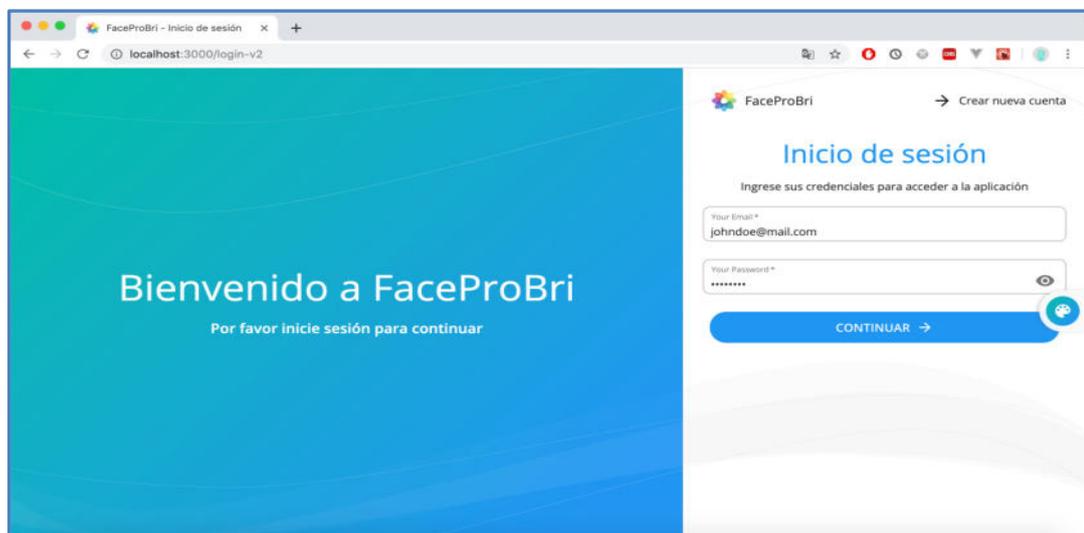


Figura 1.4. Sistema FaceProBri, pantalla de inicio de sesión



*Figura 1.5. Validación de Acceso con Redes Neuronales*

La implementación del sistema de reconocimiento facial principalmente utiliza redes neuronales, específicamente las redes neuronales **Siames**, los modelos de la librería Keras, Tensor Flow que están basados en el lenguaje de programación Python.

La red neuronal Siamesa, acepta dos imágenes como entrada una considerada como imagen de prueba y la otra como la verdadera (Ver Figura 1.6) para luego entrenarse y generar una distancia que sea inversamente proporcional a la similitud de las dos imágenes. Básicamente es el uso de la red neuronal siamesas para el reconocimiento facial.

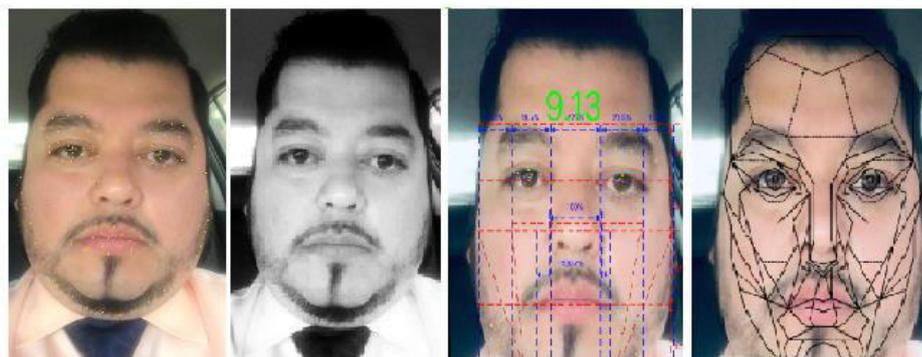


Figura 1.6. Ángulos y Vértices identificados en la Red Neuronal Siamesa

El proceso previo al reconocimiento facial consta en la detección de rostros el mismo que utiliza para aislar y extraer rostros de imágenes en bruto, utilizando el algoritmo Viola-Jones, con funcionalidades de **Haar Cascades** para detectar la región del rostro en las imágenes. En los capítulos posteriores se detalla el flujo del sistema de reconocimiento facial.

## **CAPÍTULO 2**

### **METODOLOGÍA DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN**

#### **2.1 DESCRIPCIÓN Y ENTENDIMIENTO DEL PROBLEMA**

En Ecuador son pocas las empresas que utilizan sistemas de reconocimiento facial para autenticar a algún usuario siendo que esta herramienta es una de la más segura y al pasar los años se ha

ido disminuyendo la tasa de error a través de nuevos métodos implementados en las técnicas y algoritmos.

En empresas como supermercados, establecimientos de cobro de servicios, aeropuertos, centros migratorios, hospitales, etc... Es muy importante mantener un sistema de seguridad ágil y preciso, se ha identificado que en la mayoría no cuentan con un sistema de reconocimiento facial que refuerce el nivel de seguridad e identifique en cuestión de segundos la identidad de las personas sea para controlar el acceso o por seguridad se les verifique el acceso.

Según estadísticas mundiales se han identificado a países como Rusia, EEUU, y Japón que son pioneros en tecnología, están revolucionando el mercado con los sistemas de identificación facial, los países antes mencionados realizan millonarias inversiones en tecnología con tal que le garanticen seguridad, confiabilidad y agilidad; motivo por el cual en estos países se detectan con facilidad al delincuente, criminal y casos de homicidios plenamente identificados.

Cabe indicar que en muchas organizaciones actualmente utilizan dispositivos biométricos de huella por ser mucho más económicos, pero

una de las problemáticas es que existen métodos para clonar las huellas de la mano completa de un ser humano. Esta preocupación no sucedería con el sistema de **FaceProBri**.

## 2.2 ANÁLISIS Y DEFINICIÓN DE LA SOLUCIÓN

Por las problemáticas presentadas en diferentes empresas, se decidió dar inicio al desarrollo del sistema web con reconocimiento facial denominado **FaceProBri**, en su primera versión tendrá las funcionalidades de detectar el rostro y verificarlo con la base de datos para así confirmar la identidad de la persona.

La solución que se brinda es alineada a la seguridad, por ser eficiente en la identificación y reconocimiento de rostro esto hace que más empresas opten por implementar **FaceProBri** en sus sistemas para fortalecer los controles de accesos y seguridades.

La metodología que se aplicó en el desarrollo de la solución **FaceProBri** es el reconocimiento facial mediante redes neuronales que se detallan a continuación:

- Método de los histogramas de gradientes orientados
- TDD o Test-Driven Development
- Procesamiento de reconocimiento facial haar cascade
- Método de Viola-Jones
- Redes Neuronales Siamesas
- Transformación a escala de grises
- Framework Web Backend Django
- Lenguaje de programación Python
- Base de datos Postgres

### ***2.2.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN***

El sistema de reconocimiento biométrico facial **FaceProBri**, basado en la identificación de patrones visuales; se divide en cuatro fases como se aprecia en la Figura 2.1.



Figura 2.1. Algoritmo Viola y Jones (Detección Facial)

La primera fase es cuando realiza la detección facial, donde consiste en localizar el rostro de la persona, luego detectar la región del rostro una vez obtenido el rostro se ejecuta el procesado de la imagen, para alinear los rostros y obtener unas características geométricas en común con todas las imágenes que se procesen; continuando con la extracción de características faciales para obtener información útil que es usada para distinguir unos rostros de otras; finalmente la matriz de características será comparado con la base de datos para decidir a quién pertenece el rostro, como se aprecia en la Figura 2.2

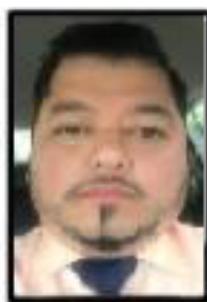
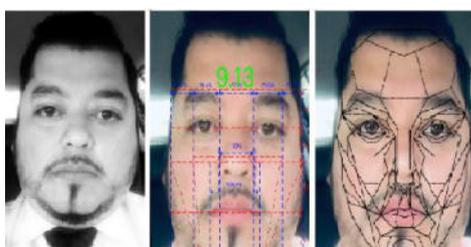


Figura 2.2. Valida con Base de Datos

Las etapas antes indicadas son de vital importancia porque el resultado final dependerá de la precisión con la que se han obtenido las características, lo cual depende de la localización del rostro. La detección facial es el núcleo principal del sistema, existen diferentes técnicas de detección automática, con diferentes fundamentos aunque en algunas ocasiones es complicado clasificar algunos métodos.

El método que se aplica en el sistema **FaceProBri** es el de Viola y Jones, que representa el algoritmo pionero en detección facial, el cual compara los rostros para validar si encuentra vértices correctos, en caso de encontrar implementa la variante de AdaBoost donde entrena la red neuronal (ver figura 2.3) y el resultado calcula las HAAR LIKE identifica el rostro como se aprecia en la figura 2.3.



*Figura 2.3. Delimitado de las regiones faciales*

El problema de reconocimiento facial se puede dividir en los siguientes sub-problemas más pequeños:

**Detección de rostros:** Básicamente detecta y recorta el rostro de una imagen analizar. Si se tiene una imagen con múltiples rostros, se requiere detectar cada una de ellas por separado. En este paso, también deberíamos recortar las caras detectadas de la imagen de entrada original, para identificarlas por separado.

**Reconocimiento de rostros:** Para cada rostro detectado en la imagen, lo ejecutamos a través de una red neuronal para clasificar el sujeto. Se debe repetir el proceso para cada rostro detectado.

La detección de rostros es un tema importante en la visión computacional, los especialistas han trabajado durante muchos años. Actualmente, los algoritmos de detección de rostros se pueden ejecutar en hardware simple como nuestras computadoras personales. Esto se puede trabajar con la librería de Python OpenCV para construir un detector facial, utilizando la cámara web de una computadora.

La idea clave de los algoritmos de detección de rostro es que todos los rostros humanos comparten ciertas propiedades, ejemplo:

- El área del ojo es más oscura que la frente y las mejillas.
- El área de la nariz es más brillante que los ojos.

La detección de rostros puede ser implementada por la librería OpenCV en Python. OpenCV es una librería de visión de computadora de código abierto para tareas de visión de computadora.

Una vez completada el proceso de detección de rostro se procede al reconocimiento facial. Cabe mencionar que la detección de rostros no tiene nada que ver con las redes neuronales. La detección de rostros proceso definido previamente usa funciones de Haar que es un algoritmo altamente confiable, se basa en obtener la región que contiene una cara.

AEI sistema **FaceProBri** es sumamente liviano y robusto, se encuentra alojado en VPS implementado en Amazon Web Services (AWS) con sistema operativo Ubuntu.

**Integral de la Imagen:** Es una representación de la imagen original, permitiendo extraer las características de Haar. Esta imagen es obtenida a partir de un algoritmo que genera la suma de los valores de un rectángulo dentro de una imagen. La integral de una imagen es una matriz de igual tamaño que la matriz de la imagen original, que en la posición  $x, y$  contiene la suma de los píxeles contenidos arriba y a la izquierda del punto  $x, y$ , tal como se define en la fórmula:

$$I(x, y) = \sum I(x', y') [4]$$

*Figura 2.4. Fórmula característica de Harr*

La integral de la imagen, en forma recursiva, es representada por:

$$S(x, y) = S(x, y-1) + I(x, y)$$

*Figura 2.5. Fórmula integral recursiva Harr*

**Características de Haar:** Permite extraer datos de un área en particular con operaciones aritméticas permitiendo eficiencia de cálculo, para aplicar filtros con bases Haar. Figura 2.5.

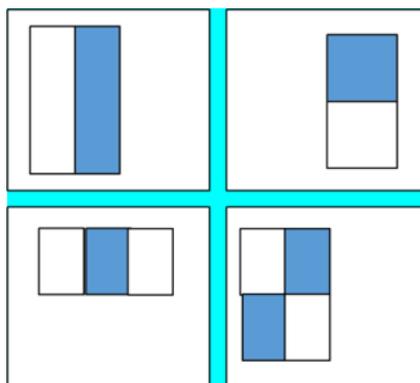


Figura 2.6. Características de Harr

**Reconocimiento Facial:** Los sistemas de reconocimiento facial prevalecen en los celulares inteligentes modernos y en otros sistemas de seguridad en edificios e instalaciones modernas.

En el proceso de implementación se entrena un modelo robusto que pueda reconocer rostros, incluso cuando el sujeto tenga diferentes expresiones y cuando la foto se tome desde diferentes ángulos. Figura 2.6.

El primer requerimiento de un sistema de reconocimiento facial es que deben ser rápidos. Si observamos el proceso de integración de los sistemas de reconocimiento facial en nuestros teléfonos inteligentes, generalmente necesitamos usar la cámara frontal del

celular para escanear nuestra cara en varios ángulos durante unos segundos. Durante este breve proceso, nuestro celular captura imágenes de nuestra cara y utiliza una imagen para entrenar una red neuronal para que nos reconozca. Este proceso debe ser ágil.

El segundo requisito de los sistemas de reconocimiento facial es que debe ser escalable. El modelo que entrenamos debe ser capaz de escalar a millones de usuarios diferentes, cada uno con una cara única.

El tercer requisito es que debe ser preciso mientras se trabaja con una pequeña cantidad de datos de entrenamiento.

El objetivo del proyecto es crear una red neuronal que pueda aprender a reconocer cualquier rostro utilizando solo una muestra de entrenamiento. Esta forma de entrenamiento de redes neuronales se conoce como aprendizaje de un solo disparo.

Un modelo de reconocimiento facial de aprendizaje de un solo disparo debe realizar las siguientes tareas para determinar si el rostro presentado pertenece a una persona arbitraria.

1. Obtener la imagen almacenada de la persona A (obtenida durante el proceso de incorporación). Esta es la imagen real de la persona A.
2. En el momento de la prueba (por ejemplo, cuando alguien está intentando desbloquear el teléfono de la persona A), capture la imagen de la persona. Esta es la imagen de prueba.
3. Usando la foto real y la foto de prueba, la red neuronal debe generar una puntuación de similitud de las caras en las dos fotos.
4. Si el resultado de la puntuación de similitud de la red neuronal está por debajo de un cierto umbral (es decir, las personas en las dos fotos parecen diferentes), negamos el

acceso y, si están por encima del umbral, otorgamos el acceso.



*Figura 2.7. Entrenamiento de la Red Neuronal*

**Red Neuronal Siamesas:** Intuitivamente, los humanos reconocen las caras comparando sus características clave, como la forma de los ojos, el grosor de las cejas, el tamaño de la nariz, etc. para reconocer a una persona.

Esta habilidad es algo natural para nosotros, y rara vez nos vemos afectados por variaciones en los ángulos y la iluminación.

Dado que durante el proceso del reconocimiento facial se está introduciendo dos imágenes en nuestra red neuronal simultáneamente, como se aprecia en la figura 2.7.

El siguiente diagrama proporciona una ilustración de la red neuronal Figura 2.8.

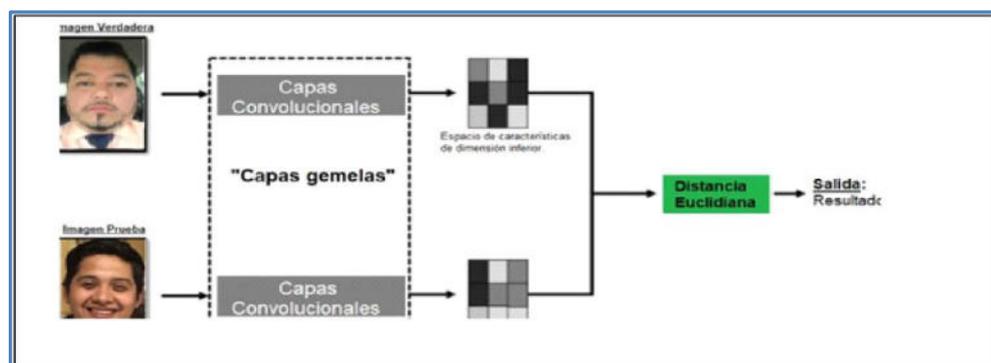


Figura 2.8. Proceso detección facial y entrenamiento a Red Neuronal

## **CAPÍTULO 3**

### **EVALUACIÓN DE RESULTADOS**

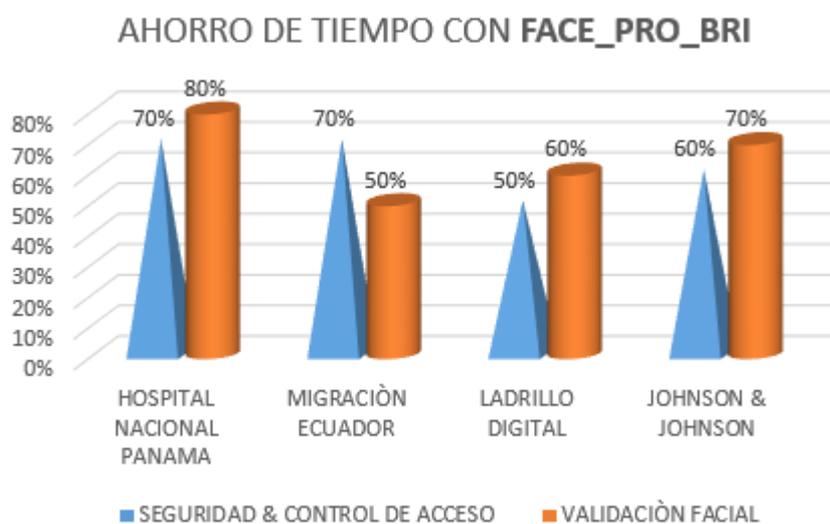
#### **3.1 MEJORAMIENTO DEL PROCESO**

La implementación del sistema **FaceProBri** en diferentes empresas públicas y privadas del mercado nacional e internacional han notado la satisfacción del producto y mejora en los procesos, optimizando en promedio un 50% del tiempo promedio en lo que respecta a

Verificaciones y seguridades implementadas. Ver ahorro en la Figura 3.1.

**Tabla 1** Ahorro de tiempo con FaceProBri

AHORRO DE TIEMPO IMPLEMENTANDO FACE_PRO_BRI				
				
	HOSPITAL NACIONAL PANAMA	MIGRACION ECUADOR	LADRILLO DIGITAL	JOHNSON & JOHNSON
SEGURIDAD & CONTROL DE ACCESO	70%	70%	50%	60%
VALIDACIÓN FACIAL	80%	50%	60%	70%



*Figura 3.1. Estadística del ahorro de tiempo con FaceProBri*

En la implementación del sistema biométrico con reconocimiento facial en el Hospital Nacional de Panamá se notó orden y control de accesos a las áreas restringidas, donde antes podía acceder cualquier médico o personal que labora a diferentes áreas no autorizadas.

**FaceProBri** brinda soluciones a empresas para mantener un control exhaustivo al personal que labora, adicional realiza el respectivo reconocimiento facial para evitar suplantación de rostros de personas que tienen inconvenientes judiciales en el País, el producto es personalizado y se ajusta a las necesidades del cliente que lo solicita.

### 3.2. MEJORAMIENTO DEL SISTEMA FACIAL

A inicios del año 2017 muchas empresas llevan sus controles manuales, tales como revisión de documentos de manera manual y visual, donde carecían de controles en áreas restringidas, a tal punto que personas ilegales podían cambiar parte del rostro y no se detectaba logrando abandonar el país.

Como mencionamos anteriormente, la tecnología ha evolucionado de manera veloz considerando la diferenciación entre gemelos idénticos se han convertido en cosas del pasado. Es por ello que hemos encontrado múltiples beneficios del reconocimiento facial con **FaceProBri**.

Con **FaceProBri** tendremos menos probabilidades de robo de identidad; Si deseamos optar por un sistema de seguridad que prohíba el acceso de personas ajenas a la empresa esta es la solución, entonces es necesario

que el sistema sea capaz de distinguir las falsificaciones. Existen muchos factores en los rasgos faciales que ayudan a identificar a una persona, con este tipo de software no tendrá que preocuparse de que alguien vulnere el sistema y consiga información confidencial de la empresa.

Cuenta con mayor precisión en la identificación; Entre los beneficios del reconocimiento de rostros, se ubica la precisión de esta tecnología frente a otros sistemas de identificación biométrica. Aunque estos suelen ser muy efectivos, el reconocimiento facial le agrega un nivel más en cuestiones de seguridad siendo muy provechoso para las empresas que manejan datos importantes que pueden perjudicar a sus clientes.

No hay manipulación por parte del usuario; el personal no necesita tener contacto con el dispositivo para utilizarlo. Tan solo debe colocar su rostro frente al equipo biométrico para que este pueda identificarlo correctamente. Este método resulta realmente sencillo a diferencia de otros que sí requieren de una especie de contacto.

Más higiénico; como mencionamos en el beneficio de reconocimiento facial anterior, no se requiere de contacto con el dispositivo. Se transforma en un método más higiénico y es de mucha utilidad para laboratorios u

hospitales donde la higiene es primordial para evitar la contaminación de áreas especiales o del mismo personal.

Cuenta con método no intrusivo; entre otros métodos que existen, este se caracteriza por no ser intrusivo. Los datos pueden ser obtenidos sin necesidad de entrar en contacto con el sujeto. Muchas entidades resaltan la importancia del reconocimiento biométrico facial dentro de un sistema de seguridad ciudadana debido a este beneficio resulta más sencillo identificar a personas sospechosas que están siendo buscadas por algún delito.

Es recomendado como sistema de vigilancia ya mencionamos la importancia en seguridad ciudadana. Además, entre las ventajas de un sistema de reconocimiento de rostros respecto a vigilancia, podemos resaltar que lleva un control discreto de esta información. Puede reconocer personas y alertar a las autoridades sin generar mucho movimiento que asuste a las personas.

No utiliza elementos externos para la identificación; es un software de reconocimiento facial que ya no necesita de tarjetas de identificación o de algún elemento de verificación externo. Es una preocupación menos para

el personal. Desaparecen las situaciones de olvidarse la tarjeta en casa o extraviada en algún lugar.

No requiere contraseñas; en el día a día, hay mucha información que debemos memorizar, tanto la laboral como la personal. Cada trabajador podrá prescindir de una contraseña ya que el acceso se realiza mediante la identificación de rostro. Con **FaceProBri** de reconocimiento facial solo tendrá que ver el rostro de la persona para saber quién es.

Los métodos de identificación han evolucionado tanto que ya no toma mucho tiempo identificar un rostro, en cuestión de segundos el programa reconocerá a la persona y le brindará el acceso solicitado si es que está se encuentra dentro de la base de datos, Tan fácil como abrir y cerrar una puerta.

Equipo difícil de vulnerar; Como no es necesario el contacto físico entre el usuario y el equipo, los casos que sean vulnerados para acceder a ciertas instalaciones son muy pocos y aislados. Si se diera la situación sería muy evidente y permite tomar medidas de seguridad que protejan a la empresa de personas que quieran ingresar sin autorización.

**FaceProBri**, está evolucionando a tal punto que se está trabajando con el banco **GlobalBank** de la ciudad de Panamá para hacer un piloto en conjunto con la empresa **DIEBOLD** de cajeros automáticos, el objetivo de implementar cajeros automáticos con reconocimiento facial, obviando el uso de tarjetas de débito, el sistema biométrico facial detectará el rostro de la persona, para detectar si es el cliente autorizado para realizar transacciones en el cajero, se estima contar con el primer piloto de prueba en Enero 2020.

Las empresas que cuentan instalado el sistema **FaceProBri** están satisfechas por optimizar sus procesos e incrementar la seguridad y productividad, como se puede apreciar en la Figura 3.2, 3.3 y 3.4.

The image shows a web-based login form for the 'Administración Face\_Pro\_Bri' system. The form is centered on a light gray background. It features a dark teal header with the text 'Administración Face\_Pro\_Bri'. Below the header, there are two input fields: 'Nombre de usuario:' and 'Contraseña:'. Each field has a white input box with a thin gray border. At the bottom of the form, there is a teal button with the text 'Iniciar sesión' in white.

Figura 3.2. Administración Backend – Utilizando framework Django

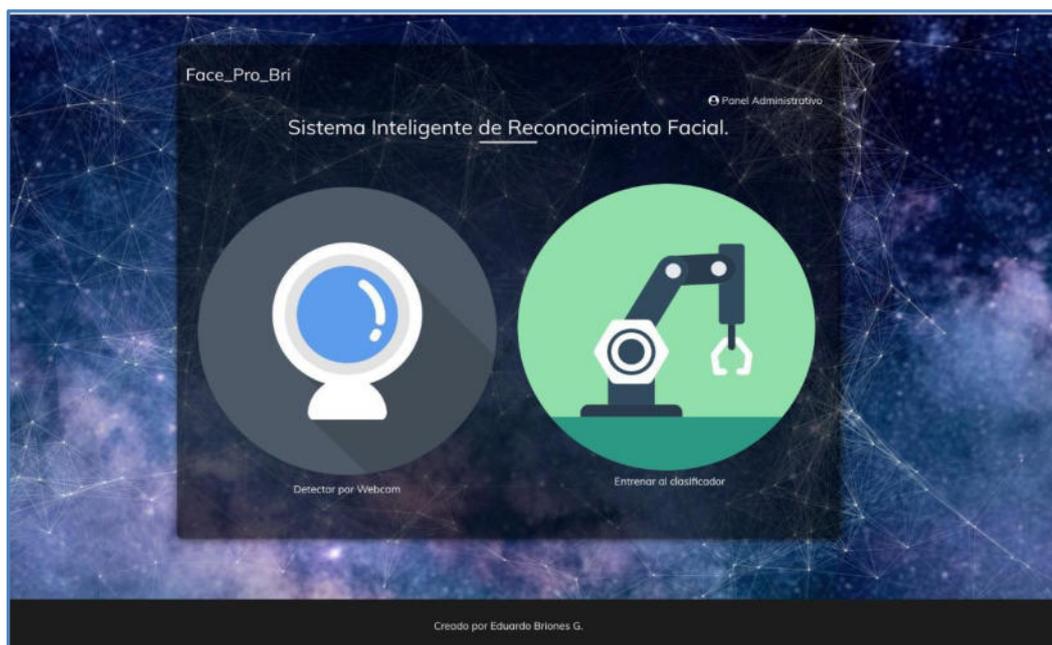


Figura 3.3. Sistema Inteligente FaceProBri

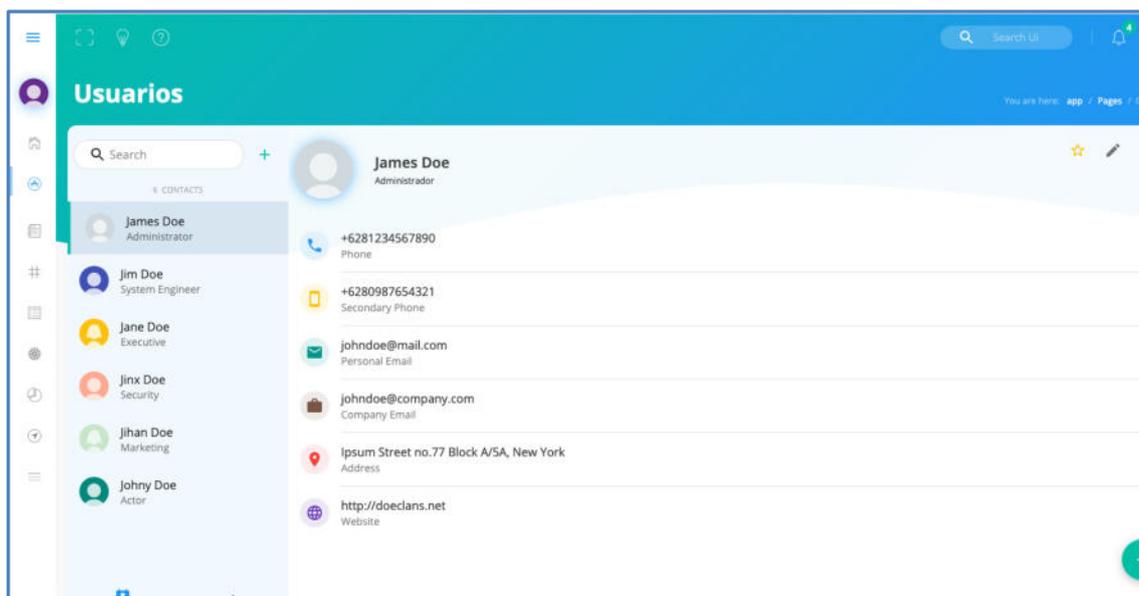


Figura 3.4. Sistema Inteligente FaceProBri pantalla de acceso a usuarios

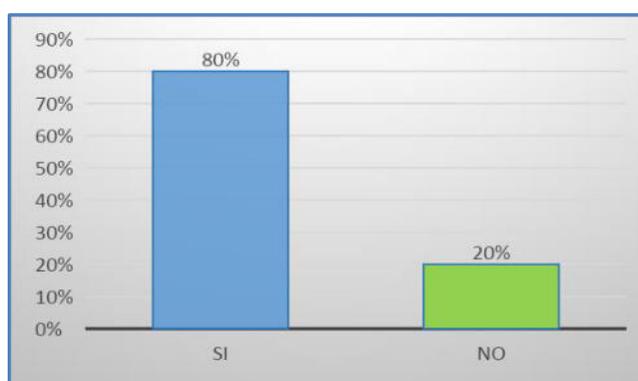
### 3.3. MEJORAMIENTO DE LA SATISFACCIÓN DEL USUARIO

En estudios realizados referente al reconocimiento facial a través de imágenes se pudo determinar que este es muy importante, por lo que se hizo una encuesta a 10 empresas del Ecuador y 7 en Panamá, las cuales fueron seleccionadas aleatoriamente para conocer los beneficios del reconocimiento facial, los cuales contribuyan con la investigación.

¿Considera usted que es importante en reconocimiento facial?

**Tabla 2** Importancia del uso del reconocimiento facial

ALTERNATIVAS	RESPUESTAS	PORCENTAJE
SI	45	80%
NO	5	20%
TOTAL	50	100%



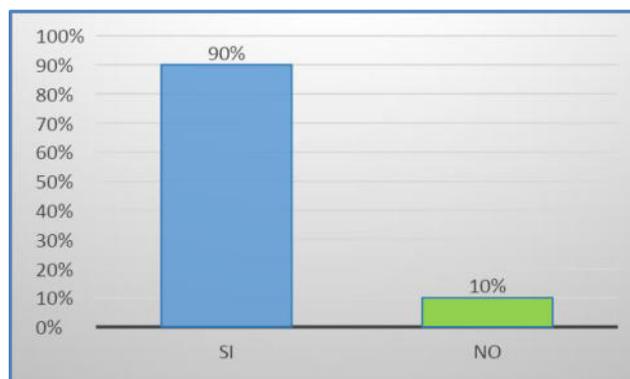
*Figura 3.5. Importancia del reconocimiento facial*

El 80% de los encuestados respondieron afirmativamente, mientras que el 20% de los encuestados negativamente, es decir que la mayoría de las personas encuestadas creen que es importante el reconocimiento facial.

¿Cree usted que el reconocimiento facial ayuda a resolver casos delictivos en el país?

**Tabla 3** El reconocimiento facial en resolución delictivos

ALTERNATIVAS	RESPUESTAS	PORCENTAJE
SI	49	90%
NO	2	10%
TOTAL	50	100%



*Figura 3.6. El reconocimiento facial en resolución delictivo*

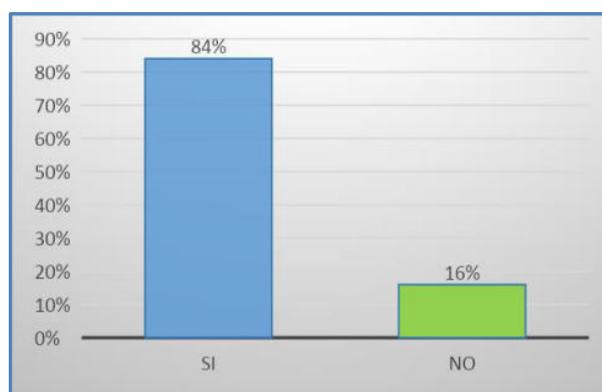
Del 100% de las personas encuestadas el 90% respondió que el reconocimiento facial ayuda a resolver casos delictivos en el país, mientras que el 10% de los encuestados respondió que no, de manera que se puede interpretar que el reconocimiento facial es de suma importancia en la

actualidad ya que permite reconocer a una persona con el simple hecho de dar unas características de algún individuo.

¿Considera usted que es importante el reconocimiento facial hoy en día?

**Tabla 4** Importancia del reconocimiento facial

ALTERNATIVAS	RESPUESTAS	PORCENTAJE
SI	42	84%
NO	8	16%
TOTAL	50	100%



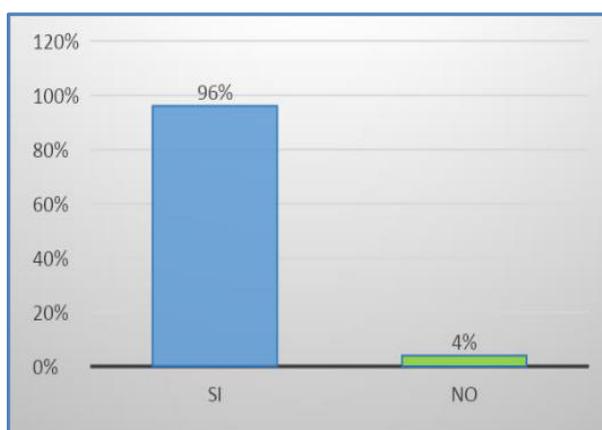
*Figura 3.7. Importancia del reconocimiento facial*

El 84% de las personas encuestadas menciona que es importante el reconocimiento facial hoy en día, mientras que el 16% mencionó que no, es decir que el mayor número de la población considera que el reconocimiento facial es importante.

¿Existe materia de protección de datos para el reconocimiento facial?

**Tabla 5** Protección de datos en el reconocimiento facial

ALTERNATIVAS	RESPUESTAS	PORCENTAJE
SI	48	96%
NO	2	4%
TOTAL	50	100%



*Figura 3.8. Protección de datos en el reconocimiento facial*

El 10% de las personas mencionó que existe materia de protección de datos para el reconocimiento facial, y el 90% de las personas mencionó que no existe materia de estudio que contribuirá de una gran manera para la sociedad para dar a conocer el tema.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

1. Con el estudio realizado se puede determinar que no existe una técnica específica de reconocimiento facial que cumpla con todas las expectativas del caso, adicional se pudo conocer que ayuda en la lucha contra el crimen, pues en la investigación se puede ver que el 90% de los encuestados afirman lo mencionado de manera que la lucha contra el

terrorismo es un abrir y cerrar de ojos el reconocimiento facial cambia la idea de privacidad de las personas.

2. El reconocimiento facial es un sistema computarizado que identifica automáticamente a una persona sobre la base de una imagen digital o una fuente de video que se contienen en una base de datos almacenada.
3. Las técnicas más utilizadas en las investigaciones son PCA y cualquiera de sus variaciones CPCA o KPCA y redes neuronales artificiales RN. Dentro de esta última técnica los investigadores usan principalmente las máquinas de soporte vectorial SVM, las funciones de base radial RBF y en algunos casos el perceptrón multicapa MLP. Se encontró además que los DSPs son uno del hardware preferidos a la hora de realizar implementaciones en tiempo real y que existe una diversidad de trabajos basados en la arquitectura C6000. No se encontraron implementaciones en tiempo real de aplicaciones basadas en modelos 3D de la cabeza, esta puede ser un área de investigación para futuros trabajos.
4. La tecnología de reconocimiento facial llegó para quedarse. Si bien trae muchos beneficios, hay cuestiones evidentes que se deben resolver.

## RECOMENDACIONES

1. Al implementar el sistema FaceProBri de reconocimiento facial , debe contar con una cámara que cumpla al menos 50 píxeles ya que es la distancia mínima recomendada entre ojos para realizar la extracción de la plantilla de rostro de una imagen o una secuencia de video, Para obtener mejores resultados en reconocimiento de rostro se recomienda 75 píxeles o más. Esta debe ser la distancia original.
2. Controlar imágenes de rostro reflejadas, ya que el reconocimiento va a fallar si el rostro fue almacenado desde una imagen espejada, una imagen de rostro no espejada se usa para el reconocimiento. Se debe considerar usar imágenes de rostro con orientación uniforme.
3. Se recomienda condiciones de iluminación controladas, mantener una expresión facial neutra durante el enrolamiento ya que las expresiones no neutrales pueden afectar la confiabilidad del reconocimiento.
4. Se debe considerar varias imágenes con diferentes variantes de apariencia para asegurar la calidad de reconocimiento en diferentes

situaciones, especialmente cuando parte del rostro está cubierto por anteojos o pelo.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Wikipedia, Red Neuronal,  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_neuronal\\_artificial](https://es.wikipedia.org/wiki/Red_neuronal_artificial) .

[Fecha de consulta: 10 de agosto 2019].

[2] PIETIKÄINEN M. Local Binary Patterns. Actualizada: 20 septiembre 2018.  
[http://www.scholarpedia.org/article/Local\\_Binary\\_Patterns](http://www.scholarpedia.org/article/Local_Binary_Patterns)

Fecha de consulta: 23 agosto 2019.

[3] EmguCV (2019). Disponible en:  
[http://www.emgu.com/wiki/index.php/Main\\_Page](http://www.emgu.com/wiki/index.php/Main_Page)

Fecha de consulta: 13 de agosto 2019].

[4] Robert FRISCHHOLZ. Datasets.  
<http://www.facedetection.com/facedetection/datasets.htm>

Fecha de consulta: 25 de agosto 2019.

[5] Wikipedia, Red Neuronal,  
<https://es.wikipedia.org/wiki/OpenCV>

Fecha de consulta: 02 de agosto 2019

[6] The Internet Society (2005), Common Format and MIME Type for Comma-Separated Values (CSV) Files, <https://tools.ietf.org/html/rfc4180>,

Fecha de la consulta agosto de 2019

[7] Comunidad Python Argentina, Tutorial de Python en Español, <http://docs.python.org.ar/tutorial/pdfs/TutorialPython2.pdf>, fecha de consulta agosto de 2019

[8] Reconocimiento Facial  
[http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-1000/UCD1453\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-1000/UCD1453_01.pdf)  
Fecha de consulta: 24 de agosto 2019].

[9] Reconocimiento Facial  
[https://www.ecured.cu/Reconocimiento\\_facial](https://www.ecured.cu/Reconocimiento_facial)  
Fecha de consulta: 25 de agosto 2019].

[10] Reconocimiento Facial  
[http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-1000/UCD1453\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-1000/UCD1453_01.pdf)  
Fecha de consulta: 02 de agosto 2019].