

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**



**TEMA:**

**MODELO PROPUESTO PARA LA TOMA DE ASISTENCIA CON  
RECONOCIMIENTO FACIAL EN IMÁGENES CAPTURADAS CON MULTIPLES  
ROSTROS EN LA ESCENA**

**Tesis presentada por el Bachiller:**

**Ignacio Martin Estremadoyro Lam**

**Para optar por el Título Profesional:**

**INGENIERO DE SISTEMAS**

**Arequipa - Perú**

**2016**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres que por todo su apoyo, por todo su esfuerzo para que sea profesional,  
por su cariño y las llamadas a las 5 de la mañana.

A mi hermano por haberme molestado y haberse preocupado para que terminara.

A ustedes ingenieros por su buena guía, por sus buenos consejos y hacerme dar  
cuenta que todo se puede con un poco de dedicación y empeño.



## ***DEDICATORIA***



Me gustaría dedicar este proyecto a las personas más especiales.

A mis Padres, a mi Hermano y a mis Tíos por estar siempre pendientes de mí y su  
interés en mis estudios.

A la Ingeniera Eveling, a la Ingeniera Karina y al Ingeniero Fernando por su apoyo  
cuando lo necesite.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
PRESENTACIÓN .....	3
INTRODUCCION.....	4
CAPITULO I.....	5
1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION .....	6
1.1. Título del proyecto .....	6
1.2. Descripción del problema.....	6
1.2.1. Definición del problema.....	6
1.2.2. Área y línea de investigación .....	6
1.2.3. Tipos y nivel de investigación .....	6
1.3. Objetivos.....	7
1.3.1. General .....	7
1.3.2. Específicos.....	7
1.4. Hipótesis .....	7
1.5. Variables.....	8
1.5.1. Independientes .....	8
1.5.2. Dependientes.....	8
1.6. Solución Propuesta.....	9
1.6.1. Justificación .....	9
1.7. Alcances y limitaciones.....	9

1.7.1. Alcances .....	9
1.7.2. Limitaciones .....	10
CAPÍTULO II.....	11
2. MARCO TEORICO .....	12
2.1. Estado del Arte .....	12
2.2. Visión por Computadora .....	16
2.2.1. El Procesamiento Digital de Imágenes .....	17
2.2.2. Análisis de imágenes .....	18
2.2.3. Reconocimiento de Patrones .....	19
2.3. Detección de Rostros.....	19
2.3.1. Imagen Integral.....	19
2.3.2. Detección Facial Usando el Algoritmo de Viola & Jones.....	20
2.3.3. Algoritmo AdaBoost .....	21
2.3.4. Clasificador en Cascada .....	22
2.4. Reconocimiento Facial Utilizando EigenFaces .....	23
2.4.1. Análisis de Componentes Principales (PCA) .....	24
2.5. Matlab .....	27
2.5.1. Imágenes en Matlab (Tipos de Datos) .....	27
2.5.2. Tipos de Imágenes en el Toolbox.....	28
CAPITULO III.....	34
3. DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL MODELO PROPUESTO .....	35
3.1. Visión general de la solución .....	35

3.2. Análisis del Modelo Propuesto.....	36
3.2.1. Requerimientos.....	36
3.2.2. Análisis del Modelo Propuesto.....	38
3.2.3. Diseño del Modelo Propuesto.....	44
3.2.4. Implementación del Modelo Propuesto.....	44
CAPITULO IV.....	48
4. PRUEBAS Y ANALISIS DE RESULTADOS.....	49
4.1. Caso de Estudio.....	49
4.2. Pruebas Iniciales.....	49
4.3. Aplicación del Algoritmo Viola & Jones.....	49
4.3.1. Registro.....	49
4.3.2. Detección y Extracción de Rostros.....	53
4.4. Aplicación del Método EigenFaces.....	53
CONCLUSIONES.....	60
RECOMENDACIONES.....	62
BIBLIOGRAFIA.....	63
REFERENCIAS ELECTRONICAS.....	65
ANEXO A: DICCIONARIO DE TERMINOS.....	66

## Índice de Figuras

FIGURA 2.1: IMAGEN BINARIA CONSTITUIDA POR PÍXELES BLANCOS Y NEGROS QUE SIGNIFICA ‘OBJETO’ Y ‘NO OBJETO’ .....	17
FIGURA 2.2: RECONSTRUCCIÓN DE IMAGEN, ELIMINACIÓN DE LA DISTORSIÓN GENERADA POR EL MOVIMIENTO DE LA CÁMARA .....	17
FIGURA 2.3: ANÁLISIS DE IMÁGENES PRETENDE EXTRAER LA INFORMACIÓN A PARTIR DE UNA IMAGEN. ....	18
FIGURA 2.4: ESQUEMA GENERAL DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE PATRONES.....	19
FIGURA 2.5: IMAGEN INTEGRAL .....	20
FIGURA 2.6: REPRESENTACIÓN DE LAS ETAPAS DE FUNCIONAMIENTO CON CLASIFICADORES FUERTES .....	22
FIGURA 2.7: REPRESENTACIÓN DE LOS PRIMEROS COMPONENTES PRINCIPALES IDENTIFICADOS .....	26
FIGURA 2.8: IMAGEN ORIGINAL Y REPRESENTACIÓN MATRICIAL .....	28
FIGURA 2.9: REPRESENTACIÓN DE IMAGEN INDEXADA: IMAGEN INDEXADA ORIGINAL, PARCIAL DE LA MATRIZ IMAGEN Y MATRIZ COLORMAP: .....	30
FIGURA 2.10 REPRESENTACIÓN DE IMAGEN RGB .....	31
FIGURA 2.11: REPRESENTACIÓN DE UNA IMAGEN BINARIA .....	32
FIGURA 2.12: IMAGEN EN ESCALA DE GRISES .....	33
FIGURA 3.1: DIAGRAMA DE BLOQUES DEL MODELO PROPUESTO .....	36
FIGURA 3.2: DISEÑO DEL MODELO PROPUESTO .....	39
FIGURA 3.3: DIAGRAMA DE CLASES DEL FUNCIONAMIENTO DEL MODELO PROPUESTO.....	42
FIGURA 3.4: DIAGRAMA DE CASO DE USO - 0.....	42
FIGURA 3.5: DIAGRAMA DE CASO DE USO - 1 .....	42
FIGURA 3.6: DIAGRAMA DE CASO DE USO - 2 .....	43
FIGURA 3.7: DIAGRAMA DE CASO DE USO - 3 .....	43
FIGURA 3.8: DIAGRAMA DE CASO DE USO - 4.....	43
FIGURA 3.9: DIAGRAMA DE COMPONENTES .....	44
FIGURA 3.10: PASOS EN EL FLUJO DE TRABAJO DE RECONOCIMIENTO FACIAL.....	45
FIGURA 3.11: ROSTRO DETECTADO .....	46
FIGURA 4.1: IMAGEN ORIGINAL .....	50
FIGURA 4.2: IMAGEN LUEGO DE APLICAR EL ALGORITMO DE EIGENFACES .....	50

FIGURA 4.3: IMÁGENES RESULTADO DESPUÉS DE APLICAR EL RECORTE .....	50
FIGURA 4.4: IMAGEN QUE CUENTA CON LA PRESENCIA DE FALSOS POSITIVOS .....	51
FIGURA 4.5: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA RELACIÓN DE TOLERANCIA Y DETECCIÓN DE ROSTROS .....	52
FIGURA 4.6: RESULTADO DE UNA IMAGEN CON UN MENOR NIVEL DE TOLERANCIA.....	53
FIGURA 4.7: IMAGEN CAPTURADA Y APLICADA LA DETECCIÓN DE ROSTROS. ....	57
FIGURA 4.8: PERSONAS IDENTIFICADAS .....	58
FIGURA 4.9 PERSONAS NO IDENTIFICADAS.....	58



## Índice de Cuadros

Tabla 3.2.1:1 Análisis del procesamiento de imágenes con diferentes resoluciones, expresado el tiempo en segundo .....	37
Tabla 4.3.1:1 Representación del nivel de tolerancia y relación con la capacidad de detección de rostros.....	52
Tabla 4.3.2:1 Tabla de Resultado obtenidos en las pruebas realizadas.....	59



## RESUMEN

En la actualidad el reconocimiento facial es ampliamente utilizado en la identificación de personas, también existen diferentes métodos biométricos como la lectura de retina, reconocimiento de huella dactilar y reconocimiento de venas.

El presente trabajo, ha sido desarrollado con el propósito de realizar el reconocimiento de rostros a través de la implementación del método Viola & Jones para detectar la existencia de rostros en lugar de adquirir la imagen sin la certeza de la existencia de éstos y además el método de EigenFaces para la extracción de características y comparación de imágenes.

Este modelo propuesto utiliza una cámara web para la obtención de imágenes, y por medio de un ordenador se realiza la implementación de los métodos para la obtención de vectores característicos e imágenes de donde se extraen las características principales, para demostrar que cada persona posee vectores característicos diferentes presentando pequeñas variaciones si se da el caso que la imagen del individuo posea cambios no muy significativos.

Es importante mencionar que la herramienta propuesta para el modelo permite que el usuario utilice la interfaz de una manera amigable, el modelo propuesto es una herramienta para la toma de asistencia utilizando biometría de rostros.

## ABSTRACT

Actually the facial recognition is widely used in the identification of people, although exist different biometric methods like the reading of the retina; recognizing the fingerprint and the recognizing of the veins.

The present work has been development with the purpose to make the recognizing of the faces through the implementation of the Viola & Jones method to detect the existence of faces in place to acquires the image without certainty the existent of these and addition the method of Eigen Faces to the extraction of the characteristics and comparison of the imagens

This proposed model uses a web camera to obtaining of imagens, and through a computer it is performer the implementation of methods for obtaining feature vectors and characteristics and images where the main features are extracted, to show that each person has different characteristic vectors presenting small variations In the case of the image of the individual possesses no significant changes.

It is important to mention that the proposed tool for the model allows that the user uses the interface in a friendly way, the proposed model is a tool to take the assistance using biometrics faces.

## PRESENTACIÓN

Señora. Directora de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Católica Santa María, Señores Miembros del Jurado Examinador:

De conformidad con las disposiciones del reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas, remitimos a vuestra consideración el estudio de investigación titulado “**MODELO PROPUESTO PARA LA TOMA DE ASISTENCIA CON RECONOCIMIENTO FACIAL EN IMÁGENES CAPTURADAS CON MULTIPLES ROSTROS EN LA ESCENA**”, el mismo que al ser aprobado nos permitirá optar el título profesional de Ingeniería de Sistemas.

Arequipa, Enero del 2016

Ignacio Martin Estremadoyro Lam

## INTRODUCCION

La detección y reconocimiento de rostros son actualmente utilizadas en diversos tipos de aplicaciones de seguridad, rastreo de personas, entre otras. El modelo propuesto se basa en primera instancia en detectar si existe o no rostros en una imagen para luego poder determinar la identidad de cada persona en la imagen, logrando identificar su ubicación, el tamaño y orientación de los rostros presentes en una imagen tomada.

El algoritmo elegido para la detección de rostros es "Viola & Jones" el cual analiza la imagen en búsqueda de características relevantes que aporten información acerca de la presencia de rostros en la imagen. Para luego proceder al reconocimiento de rostros utilizando el método de EigenFaces el cual aplica una serie de funciones las cuales extraen las características principales de la imagen conservando la mayor cantidad de información, la cual representa de la manera más adecuada, para poder hacer la comparación del rostro que se desea identificar en la base de datos de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas en los ambientes practicas.



## 1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION

### 1.1. Título del proyecto

MODELO PROPUESTO PARA LA TOMA DE ASISTENCIA CON RECONOCIMIENTO FACIAL EN IMÁGENES CAPTURADAS CON MULTIPLES ROSTROS EN LA ESCENA

### 1.2. Descripción del problema

#### 1.2.1. Definición del problema

En la actualidad se ha notado gran cantidad de progresos en la identificación de las personas, por diferentes medios o de diferentes puntos de análisis, pero aun así siguen siendo tradicionales los sistemas para el registro de la asistencia de los alumnos a clases. Ya en la actualidad se cuenta con sistemas comerciales de control de asistencia los cuales comparan imágenes planas. Esto es insuficiente por el ángulo de la captura y los cambios en los rostros por motivos como, por ejemplo, la postura, la iluminación, expresión facial, uso de maquillaje y uso de accesorios que dificultan la identificación.

#### 1.2.2. Área y línea de investigación

Ingeniería de Software y Procesamiento de Imágenes.

#### 1.2.3. Tipos y nivel de investigación

El problema se centra en la mejora en el método empleado para el control de asistencia, con la utilización de tecnología para la recolección y procesamiento de la información.

**Según la finalidad:** Es una investigación aplicada, pues tienen como finalidad la solución de un problema práctico.

**Según la profundidad:** Esta es una investigación exploratoria, ya que este problema sigue siendo investigado y no se cuenta con mucha información de algoritmos referentes al tema.

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. General

Implementar un modelo propuesto para el control de asistencia de los alumnos a los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas.

#### 1.3.2. Específicos

- ✓ Revisar toda la bibliografía para generar el estado del arte
- ✓ Recolectar las imágenes para crear la base de datos de pruebas.
- ✓ Analizar, comparar y elegir los algoritmos de detección y reconocimiento de rostros más adecuados para el modelo.
- ✓ Implementar el modelo propuesto con los algoritmos elegidos.

### 1.4. Hipótesis

Aunque la detección de rostros es un campo de investigación muy activo, todavía se considera una tarea difícil el reconocimiento de patrones, a causa de la variabilidad de apariencia del rostro. Los rostros son objetos no rígidos y dinámicos con una diversidad grande en la forma, el color y la textura, debido a múltiples factores como la pose de la cabeza, iluminación (contraste, las sombras), expresiones faciales, las oclusiones (lentes) y otras características faciales (el maquillaje, la barba). La

variabilidad en la apariencia de rostro afecta más la detección de rostro que la variabilidad de la identidad del rostro.

Otra dificultad viene de la carencia de imágenes, debido a que estas son tomadas de referencia para la fase de entrenamiento. Los pocos datos disponibles generalmente no son suficientes para cubrir la variabilidad en apariencia. Además, una diferencia significativa entre las condiciones en la fase de entrenamiento y la fase de prueba puede suceder. Por último, el rendimiento de un sistema de reconocimiento facial es relacionado sumamente al resultado del paso de detección de rostro.

Buscar solucionar estos problemas será casi imposible, lo que se pretende en este modelo propuesto desarrollar un sistema de detección de rostros con resultados satisfactorios bajo condiciones bien definidas.

## **1.5. Variables**

### **1.5.1. Independientes**

- Resolución de la cámara.
- Potencia de la computadora.
- Algoritmo de detección de rostros.
- Método de reconocimiento de rostros.

### **1.5.2. Dependientes**

- ✓ Calidad de la imagen.
- ✓ Tiempo de procesamiento.
- ✓ Nivel de acierto (Algoritmo de detección de rostros).
- ✓ Tiempo de procesamiento (Algoritmo de detección de rostros).

- ✓ Extracción de vectores característicos (Método de reconocimiento de rostros).
- ✓ Nivel de acierto en la identificación (Método de reconocimiento de rostros).

## 1.6. Solución Propuesta

### 1.6.1. Justificación

Actualmente contamos con la tecnología, los medios y los conocimientos pertinentes para desarrollar el modelo propuesto para que sea capaz de reconocer personas a partir de sus características faciales y compararlas con una base de datos. Para esto, es necesario que este modelo propuesto sea lo más confiable posible. Esto significa que el margen de error debe ser mínimo, ya que de no ser así podría ocasionar problemas en una situación real. Asimismo el procesamiento debe ser computacionalmente lo más eficiente posible.

El hardware estará conformado por una computadora portátil, una webcam y como software una sencilla plataforma en la cual el usuario enviara las imágenes capturadas para su procesamiento, extrayendo los vectores característicos de los rostros frente, ojos, nariz, forma del rostro, pómulos y boca, para la comparación e identificación de la persona.

### 1.7. Alcances y limitaciones

Los alcances y limitaciones definidos en la investigación se basan en el análisis de las posibilidades del mismo.

Por esta razón definimos los siguientes alcances:

#### 1.7.1. Alcances

- ✓ El control de asistencia de los alumnos.

- ✓ Los rostros pueden presentar anteojos, barba, bigote.
- ✓ Imagen frontal.
- ✓ Inclinación y ángulo de rotación del rostro.
- ✓ Variación en la expresión del rostro.

### 1.7.2. Limitaciones

- ✓ Se plantea el reconocimiento de rostros en base a un abanico de patrones rígidos, es decir, predeterminados.
- ✓ Se utiliza una población de 24 personas (la capacidad máxima de personas que pueden ingresar a los laboratorios de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Católica Santa María).
- ✓ Los niveles de iluminación variante en los laboratorios.
- ✓ Pruebas realizadas a grupos de 5 personas.
- ✓ Las imágenes han sido tomadas en condiciones óptimas sin luz ni sombras que distorsionen.



## 2. MARCO TEORICO

En la actualidad diversos dispositivos cuentan con la detección de rostros, pero aun no son capaces de identificar a la persona presente en la imagen, a final de cuentas no resulta siendo útil.

En el presente modelo propuesto se pretende utilizar la tecnología de detección de rostros combinado con el reconocimiento de rostros, aplicado al control de asistencia para lograr disminuir los tiempos empleados.

### 2.1. Estado del Arte

En esta sección en primer lugar se hablara de los diferentes sistemas que se encuentran en el mercado de manera comercial para la identificación o reconocimiento de los usuarios. A continuación se les expondrá las tecnologías que actualmente son utilizadas para solucionar lo propuesto.

**Carlos Villegas Quezada (2005):** Tesis de Maestría: Reconocimiento de Rostros Utilizando Análisis de Componentes Principales: Limitaciones del Algoritmo (Universidad Iberoamericana, México, D.F. 2005).

En los paquetes de software que son utilizados de manera comercial en reconocimiento de rostros, están basados en técnicas de análisis por componentes principales (PCA por sus siglas en inglés) o alguna de las derivaciones de ella. La gran mayoría de los paquetes computacionales utilizados en proyectos de investigación para reconocimiento e identificación de rostros, utilizan otros métodos estadísticos, que comparten algo en común con el análisis de componentes principales: todos ellos utilizan cálculos y métricas que se llevan a cabo en un espacio denominado Euclidiano.

**María García Chang (2009):** Tesis de Maestría: Diseño e Implementación de una Herramienta de Detección Facial. (Instituto Politécnico Nacional – México D.F. 2009).

La detección e identificación de rostros es un tema complejo debido a los diferentes parámetros por los cuales realizan un análisis a esta situación y la dividen en dos partes siendo la primera la ubicación del rostro en el espacio y luego la verificación del mismo. En base a una serie de algoritmos de reconocimiento facial, los retos a los que se someten para la detección facial y el reconocimiento de patrones.

**Blanco Iturralde David Roberto – Chávez Sanchez Juan Daniel (2012):** Tesis de Grado: Sistema de Reconocimiento Facial Utilizando el Análisis de Componentes Principales con una Red Neuronal Backpropagation Desarrollada en C# y Matlab (Universidad Politécnica Salesiana – Quito 2012).

En la presente tesis plantea el desarrollo de un sistema de identificación facial partiendo de tres fundamentos: la visión artificial la cual es un área multidisciplinaria la cual permite median el procesamiento e interpretación de la información recibida a partir de una *webcam* para tratar de simular de manera artificial el sentido de la vista y en específico la biometría facial la cual es una tecnología la cual permite identificar personas a partir de una imagen del rostro, la cual realiza comparaciones de ciertas características del rostro con la información almacenada en una base de datos y como parte final la red neuronal *backpropagation* la cual permite el aprendizaje mediante un conjunto de entrada y salida con lo que al procesar la información se la puede realizar de una manera más eficaz.

**Cesar Reyes López (2005):** Tesis de Grado: Reconocimiento Facial Mediante Visión Artificial (Universidad de Sevilla – Sevilla, 2005)

Con el creciente aumento de las cámaras de video vigilancia tanto en los edificios públicos y privados, laboratorios de investigación, en los cajeros automáticos y también como clave para el acceso a computadoras personales o dispositivos móviles de última generación. La identificación de características faciales ha recibido un gran impulso gracias al avance en la tecnología de video vigilancia, con el aumento de la resolución y calidad de la imagen.

Por eso el siguiente proyecto se enfoca en la creación de un software para el reconocimiento facial el cual utiliza como medio de captación una *webcam*.

Para el posterior procesamiento se plantea la utilización de algoritmos de análisis de los componentes principales

**Francisco Lezcano (2013):** "Desarrollo de una Aplicación Inteligente Basada en Reconocimiento Facial para Controlar el Acceso a la Biblioteca Daniel Rodríguez Hoyle", (Universidad Privada del Norte – Trujillo, 2013)

En el siguiente artículo se presenta el desarrollo de una aplicación que permite controlar el acceso de los estudiantes de la Universidad Privada del Norte a la biblioteca DRH, mediante reconocimiento facial. El sistema se implementa en C# con la plataforma de trabajo Emgu CV, y realiza las tareas de detección de rostros mediante el algoritmo "Viola & Jones" que posee dos etapas principales: una de entrenamiento del detector y otra de detección donde se emplea el detector entrenado en la primera etapa sobre cada imagen a analizar, permitiendo la identificación de los estudiantes en tiempo real.

**Marta Lucía Guevara (2008):** "Detección De Rostros En Imágenes Digitales Usando Clasificadores En Cascada", (Universidad Tecnológica de Pereira – Colombia, 2008)

En el presente artículo se presenta la implementación y aplicación de algoritmos de detección de rostros y de características faciales sobre imágenes, basado en la extracción de características con filtros de base Haar y clasificadores en cascada los cuales permiten un porcentaje alto en la detección de rostros y de ojos del 100% y 92% respectivamente en el mejor de los casos.

**Jazmín Rodríguez Sánchez (2010):** “Elaboración de Algoritmos para la Extracción de Características de Rostros con Matlab”, (Instituto Politécnico Nacional, México, D.F. - 2010).

Como objetivo principal del proyecto fue la extracción de características con el propósito de poder realizar una implementación que permita a los programadores generar mejoras y con mayor rapidez utilizando métodos de extracción de características EigenFaces, Filtro de Gabor y Transformada Discreta de Wavelet.

Este sistema se basa en la obtención de vectores característica e imágenes de donde se extraen las características principales obtenidas por uno de los métodos ya antes mencionados, con esto se demuestra que los vectores característicos son diferentes para cada persona y presentan pequeñas variaciones si la imagen del individuo sufre cambios no muy significativos.

**Raquel Solá Asenjo, Rafael Cabeza Laguna (2011):** “Evaluación Experimental de Detectores de Caras y Características Faciales”, (Publica Universitat Navarrens, Pamplona - 2011).

Como primer concepto para poder entender esta tesis es necesario saber que es *eye tracking* el cual hace referencia a un conjunto de tecnologías que permiten monitorear y registrar de la manera que una persona mira una determinada imagen o escena, en concreto el punto donde fija su atención.

Existe gran variedad de sistemas de *eye tracking*, cada uno con sus ventajas e inconvenientes. Una de estas técnicas implica un contacto directo con el ojo que consiste en un mecanismo basado en lentes de contacto, pero este tipo de sistemas resulta incómodo para el usuario. La mayoría de sistemas son menos molestos ya que funcionan en base a cámaras que proyectan rayos infrarrojos hacia los ojos.

La intención es poder crear un sistema de *eye tracking* para poder controlar una computadora que no necesite infrarrojo, es decir con la utilización de una *webcam* sea capaz de poder detecta el movimiento de los ojos. Para esto el primer paso es poder detectar el rostro captado por una *webcam*.

La detección de rostros se encarga de determinar si hay o no hay rostro en una imagen determinada, extraer la localización y el contenido de dicho rostro. Por lo general este tipo de problemas cuentan con una gran complejidad ya que los objetos a detectar pueden ser de diversas expresiones, colores y poses.

Entre los algoritmos que más destacan tenemos el de Viola & Jones que obtiene grandes resultados, eficiencia y versatilidad, con lo cual se puede detectar objetos con gran variabilidad.

## 2.2. Visión por Computadora

En el campo de la Inteligencia Artificial está enfocado a que las computadoras puedan extraer información a partir de imágenes, para poder ofrecer soluciones a problemas del mundo real.

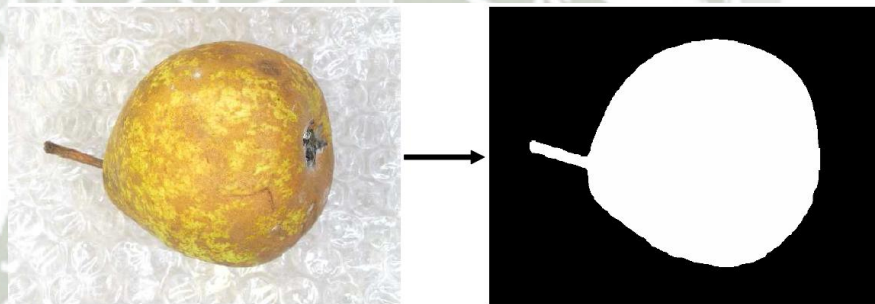
A todo esto nos realizamos la siguiente pregunta ¿Las computadoras cómo ven?

Su visión es a través de cámaras conectadas a ellas. Dichas cámaras pueden tomar una imagen o una secuencia de imágenes. Dichas imágenes son tratadas y

procesadas para convertirlas en nuevas imágenes con una mayor cantidad de información, para luego ser usada la información contenida (Domingo Mery, 2004).

### 2.2.1. El Procesamiento Digital de Imágenes

Su principal objetivo es mejorar el aspecto de las imágenes y hacer más evidentes en ellas ciertos detalles que se desea hacer notar. La imagen puede haber sido generada de muchas maneras, por ejemplo, fotográficamente, o electrónicamente, por medio de monitores de televisión. El procesamiento de las imágenes se puede en general hacer por medio de métodos ópticos, o bien por medio de métodos digitales, en una computadora.



*Figura 2.1: Imagen Binaria constituida por pixeles blancos y negros que significa 'objeto' y 'no objeto'*

*Fuente: Elaboración Propia'*



*Figura 2.2: Reconstrucción de Imagen, eliminación de la distorsión generada por el movimiento de la cámara*

*Fuente: Elaboración Propia*

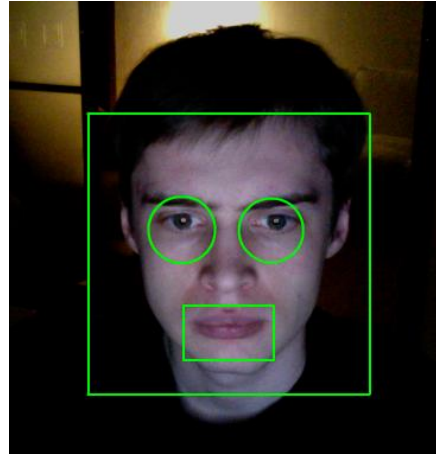


Figura 2.3: Análisis de Imágenes pretende extraer la información a partir de una imagen.

Fuente: Elaboración Propia

### 2.2.2. Análisis de imágenes

Es el proceso por el cual a partir de una imagen se puede obtener una medición e interpretación. El análisis consta de 5 etapas (R. Gonzalez and O. Wintz., 1991):

- Adquisición de la Imagen: se obtiene la imagen más adecuada para el estudio. Dependiendo de la aplicación la imagen puede ser una radiografía, fotografía, tomografía, etc.
- Procesamiento: con el objetivo de mejorar la calidad de la imagen se puede emplear filtros digitales para eliminar el ruido o aumentar el contraste.
- Segmentación: es la identificación del objeto de estudio en la imagen.
- Medición: es una medición objetiva de los atributos de interés del objeto de estudio.
- Interpretación: de acuerdo con los valores obtenidos en las mediciones se puede hacer una interpretación del objeto.

### 2.2.3. Reconocimiento de Patrones

Es el reconocimiento de patrones de señales. Dichos patrones son obtenidos a partir de procesos como la segmentación, extracción de características y la descripción donde cada uno de los objetos siendo representados por una colección de descriptores. Para poder hacer un correcto reconocimiento de patrones es necesario seguir los siguientes pasos:

- Adquisición de datos
- Extracción de características
- Toma de decisiones

Teniendo como punto esencial del reconocimiento de patrones la clasificación de señales dependiendo de sus características.

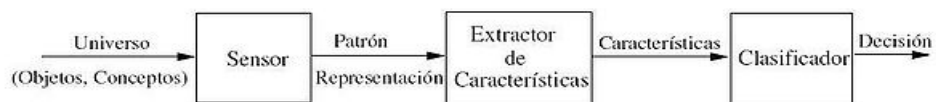


Figura 2.4: Esquema General de un sistema de Reconocimiento de Patrones

Fuente: UNAM Facultad de Ingeniería Biometría Informática

## 2.3. Detección de Rostros

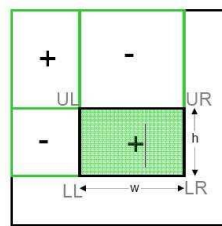
### 2.3.1. Imagen Integral

Antes de poder explicar el algoritmo de Viola & Jones es necesario poder entender primero el concepto de Imagen Integral.

“Es un método para realizar de forma rápida el cálculo del nivel medio de intensidad de las regiones de píxeles en una imagen o matriz. Esto consiste en crear una matriz del mismo tamaño que la matriz de la imagen original donde cada elemento de la

Imagen Integral, la cual contiene la suma de todos los píxeles localizados en la región superior izquierda de la imagen original.

Permitiendo calcular las medias de intensidades de áreas de la imagen solo con cuatro búsquedas como se aprecia en la figura 2.5.”(Leandro Jiménez Rodríguez, 2008).



$$average = \frac{LR - UR - LL + UL}{w * h}$$

Figura 2.5: Imagen Integral

Fuente: Leandro Jiménez Rodríguez, 2008

### 2.3.2. Detección Facial Usando el Algoritmo de Viola & Jones

Consta de dos partes principales: clasificador en cascada, que garantiza una discriminación rápida y un entrenador de clasificadores basado en AdaBoost. Viola Jones tiene una probabilidad de verdaderos positivos del 99,9% y una probabilidad de falso positivos del 3,33%. No utiliza directamente la imagen sino que utiliza una representación de la imagen llamada imagen integral. Para determinar si en una imagen se encuentra un rostro o no, el algoritmo divide la imagen integral en subregiones de tamaños diferentes y utiliza una serie de clasificadores (clasificadores en cascada), cada una con un conjunto de características visuales. En cada clasificador se determina si la subregión es un rostro o no. La utilización de este algoritmo supone un ahorro de tiempo considerable ya que no serán procesadas subregiones de la imagen que no se sepa con certeza que contienen un rostro y sólo se invertirá tiempo en aquellas subregiones que posiblemente si

contengan una cara. Este detector se ha hecho muy popular debido a su velocidad a la hora de detectar las caras en imágenes (Wikipedia, 2015).

### 2.3.3. Algoritmo AdaBoost

Es un sistema que construye una regla de clasificación final usando varios clasificadores menores, denominados “débiles” por su sencillez y escasa precisión. En solitario estos clasificadores débiles no constituirían un sistema de clasificación usable debido a su inexactitud, pero al usarlos en conjunto es posible construir un clasificador mucho más preciso. Los clasificadores débiles corresponden a reglas de clasificación simples y que entregan como resultado un valor de confianza, o confianza, respecto a la predicción que están haciendo (Carlos Julio Pardo, 2010).

La idea inicial es determinar características basadas en sumas y restas de los niveles de intensidad de la imagen, a través de filtros de Haar de cierto tamaño y calculados para las posiciones concretas de la sub-imagen que se quiere clasificar. Estas características son evaluadas por un clasificador débil, para decidir si la sub-imagen podría corresponder a un rostro o no; si este valor está por encima de cierto valor umbral, la ventana se clasificara como rostro (Carlos Julio Pardo, 2010).

Los clasificadores débiles generan resultados pobres, pero es posible definir clasificadores más robustos enlazando una serie de módulos como el de la figura 2.6, incrementando de manera exponencial el éxito de detección. Aun cuando estos clasificadores fuertes pueden llegar a una tasa de detección del 99%, la tasa de falsos positivos puede ubicarse por encima de 30% (Carlos Julio Pardo, 2010).



Figura

2.6: Representación del funcionamiento

Fuente: Carlos Julio Pardo AdaBoost

En cada etapa se entrena un conjunto óptimo de características incrementando la capacidad de detectar rostros. Básicamente, las etapas iniciales se encargan de detectar rostros en condiciones controladas, mientras que las etapas finales se procesan imágenes en condiciones no controladas.

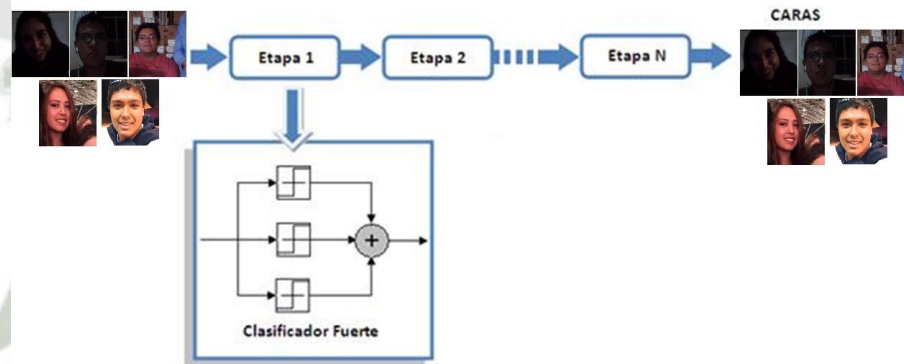


Figura 2.6: Representación de las etapas de funcionamiento con clasificadores fuertes

Fuente: Elaboración Propia

### 2.3.4. Clasificador en Cascada

El principio por el cual se rige el algoritmo de Viola Jones consiste en escanear con el detector muchas veces una imagen, en posiciones diferentes y a escalas distintas. Incluso en el caso de tener una imagen que contiene muchas caras está claro que la mayoría de las sub-ventanas que se escanean no contendrán ningún rostro. Esto nos lleva a una nueva manera de poder ver el problema: En vez de encontrar rostros, el algoritmo debería descartar los no-rostros. La idea se basa en que es más fácil descartar una imagen que no contenga un rostro que encontrar un rostro en una

imagen. Con esto en mente, parece ineficiente construir un detector que contenga un solo clasificador fuerte ya que el tiempo de clasificación será constante sin importarnos la entrada del clasificador, ya que el clasificador tiene que evaluar todas las características que lo forman. Aumentar la velocidad de clasificación generalmente implica que el error de clasificación aumentará inevitablemente, ya que para disminuir el tiempo de clasificación se debería disminuir el número de clasificadores simples que se utilizan. Para evitar esto Viola y Jones se propone un método para reducir el tiempo de clasificación manteniendo los requerimientos de rendimiento del clasificador.

Este método consiste en el uso de una cascada de clasificadores fuertes. El trabajo en cada etapa del clasificador consiste en determinar si la sub-ventana que se analiza es definitivamente un no rostro o podría ser un rostro. Cuando una sub-ventana es clasificada como no rostro en alguna de las etapas del detector, se descarta inmediatamente. En caso contrario, si se clasifica como un posible rostro, pasa a la siguiente etapa del clasificador. Se identificará una sub-ventana como contenedora de un rostro si y sólo si pasa a través de todas las etapas del detector de forma positiva. (Raquel Solá Asenjo, Rafael Cabeza Laguna, 2011)

#### **2.4. Reconocimiento Facial Utilizando EigenFaces**

Al utilizar el método de EigenFaces se extrae la información principal de los rostros, esta información se puede codificar y comparar con los datos almacenados en una base de datos de manera eficiente. “el objetivo es encontrar los componentes principales de la distribución de rostros o los EigenVectors de la matriz de un conjunto de imágenes de rostros”

Con los siguientes pasos se lleva a cabo el reconocimiento con el método de EigenFaces:

- ✓ Adquirir un conjunto de imágenes de entrenamiento
- ✓ Calcular los EigenFaces del conjunto de entrenamiento, almacenando solamente las M mejores imágenes con los más altos EigenValores. Estas M imágenes definen el “espacio de rostro”
- ✓ Calcular la correspondiente distribución del espacio de rostros M-dimensional para cada individuo conocido proyectando su imagen de rostro sobre el espacio de rostro.

El cálculo del método de EigenFaces es el siguiente

Su obtiene una imagen de rostro  $r(x, y)$  de dos dimensiones  $N \times N$ . Una imagen también puede ser vector de dimensión  $N^2$ .

El objetivo del análisis de componentes principales es encontrar el vector que mejor describa la distribución de imágenes de rostros. Estos vectores definen el subespacio de imágenes de rostros llamado “espacio de rostro”. Cada vector es de longitud  $N^2$ , lo cual describe una imagen  $N \times N$  y es una combinación lineal de las imágenes de rostro originales.

Debido a que estos vectores son los EigenVectors de la matriz de covarianza correspondiente a las imágenes de rostro originales y debido a que son parecidos a los rostros, se les llama “EigenFaces”. (Jazmín Rodríguez Sánchez, 2010).

#### **2.4.1. Análisis de Componentes Principales (PCA)**

El objetivo principal del análisis de componentes principales PCA es representar las medidas numéricas de un conjunto de variables en un espacio de dimensión mucho

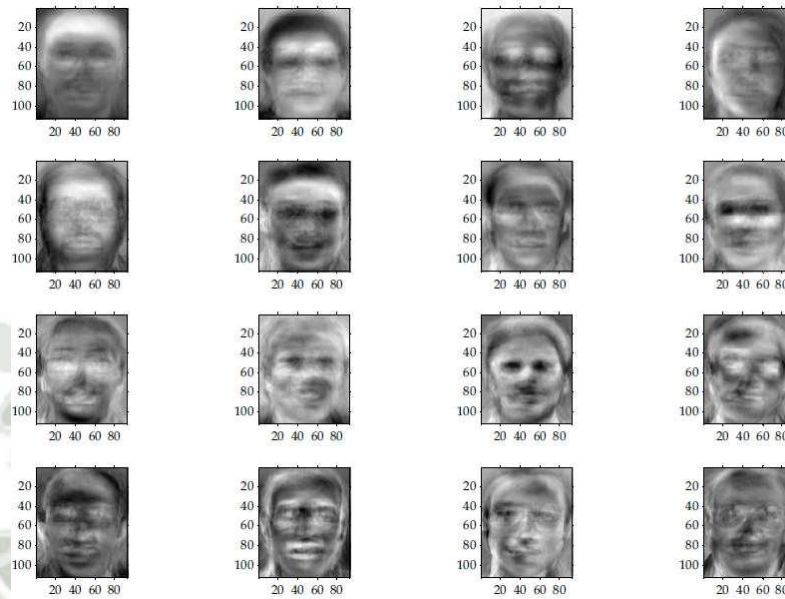
menor. Esta representación debe ser que al eliminar dimensiones superiores la pérdida de información sea mínima. Por ejemplo, una imagen de 60x80 pixeles, posee una dimensión de 4800 pixeles, realizando operaciones con una gran cantidad de vectores de dimensión 4800 es altamente costoso computacionalmente. Por lo tanto, la idea es representar cada imagen en un espacio de trabajo de menor tamaño (Edwin Omar Ortiz G).

El método o técnica basada en el aprovechamiento de PCA sobre el problema de reducción de dimensión y extracción de características es lo que se llama EigenFaces o Eigenrostros. Las imágenes de entrada poseen ciertos patrones que podrían indicar la presencia de objetos (ojos, nariz, boca) así como la distancia entre estos. Estas características, Elaboración Propias de cada señal, en este caso Elaboración Propias de cada imagen, se denominan también EigenFaces las cuales son halladas mediante PCA (Edwin Omar Ortiz G).

Esta técnica se basa en dos fases, entrenamiento y otra de clasificación. En la fase de entrenamiento, y por medio del PCA, se forma el espacio de facciones (EigenSpace) a partir de las imágenes faciales de entrenamiento. El espacio de facciones es la matriz formada por los EigenVectors (vectores propios). Estos vectores contienen la información de la variación de los valores de gris de cada pixel del conjunto de imágenes utilizadas al realizar el PCA (Edwin Omar Ortiz G).

Los primeros vectores tendrán la información más importante del espacio, mientras que a medida que recorremos la matriz la información pasa a ser redundante. Por lo tanto, para formar el espacio de facciones no necesitaremos todos los vectores, lo que se traduce en que tendremos una reducción importante en la cantidad de información manejada. Como estos vectores representan la variación de los píxeles de las imágenes, y todas las imágenes empleadas son faciales, si representamos

estos vectores como imágenes veremos que parecen “rostros”, de ahí que también se les conozca como EigenFaces. (Edwin Omar Ortiz G)



*Figura 2.7: Representación de los primeros componentes principales identificados*

*Fuente: Elaboración Propia*

Para finalizar la fase de entrenamiento, las imágenes que se emplearon al realizar el PCA se proyectan en el espacio de facciones. La proyección caracteriza la imagen facial de un individuo como la suma de los diferentes pesos del espacio de imágenes.

En la fase de clasificación, una imagen facial desconocida es proyectada contra el espacio de facciones ya mencionado. Después, por medio de la distancia euclidiana, se busca la imagen facial proyectada más parecida a la desconocida.

La técnica de PCA tiene dos defectos importantes. Al estar basado en los valores de brillo de las imágenes, es muy sensible a variaciones en la iluminación, por lo que es importante que para utilizar esta técnica la iluminación esté controlada. El otro defecto es que cuando se quieran añadir nuevas imágenes o sujetos a las que

conformaban el entrenamiento original, hay que realizar de nuevo el PCA y volver a proyectar todas las imágenes de nuevo.

## 2.5. Matlab

Para que se pueda entender mejor lo que es Matlab empezamos entonces con mencionar que es uno de los programas más utilizados para la computación numérica y visualización de datos. Es ampliamente usado en análisis y diseño, además posee una extraordinaria versatilidad y una gran capacidad para resolver problemas en matemática aplicada, física, química, ingeniería, finanzas y muchas otras aplicaciones. Está basado en un sofisticado software de matrices para el análisis de sistemas de ecuaciones. Permite resolver complicados problemas numéricos sin necesidad de escribir un programa.

MATLAB es un sistema de trabajo interactivo cuyo elemento básico de trabajo son las matrices. El programa permite realizar de un modo rápido la resolución numérica de problemas en un tiempo mucho menor que si se quisiesen resolver estos mismos problemas con lenguajes de programación tradicionales como pueden ser los lenguajes Fortran, Basic o C. (Samira Hervella Azouzi, 2006).

### 2.5.1. Imágenes en Matlab (Tipos de Datos)

Tenemos a la matriz como estructura básica de datos en Matlab, que es un conjunto de elementos reales ordenados. Este tipo es el más adecuado para la representación de imágenes, vistas como conjunto de píxeles con información de los colores o de intensidades con respecto a la escala de grises.

Matlab puede almacenar como matrices bidimensionales a la gran mayoría de los tipos de imágenes. Por ejemplo, si una imagen está compuesta el conjunto de 150 filas y 180 columnas de píxeles, la cual puede ser almacenada en una matriz

bidimensional de 150x180 o en matrices tridimensional si es una imagen a colores de 150x180x3.

Entonces con estas posibilidades de almacenamiento se puede asumir que se puede trabajar con imágenes como si fueran cualquier otro tipo de dato matricial. Por lo cual sería posible poder trabajar con determinado pixel de una imagen, mediante la forma típica de poder acceder a un elemento en específico de una matriz:

$I(125,52)$  representación matricial de la imagen

Con este comando retornaría el valor del pixel en específico de la fila 125 y la columna 52 de la imagen  $I$ .

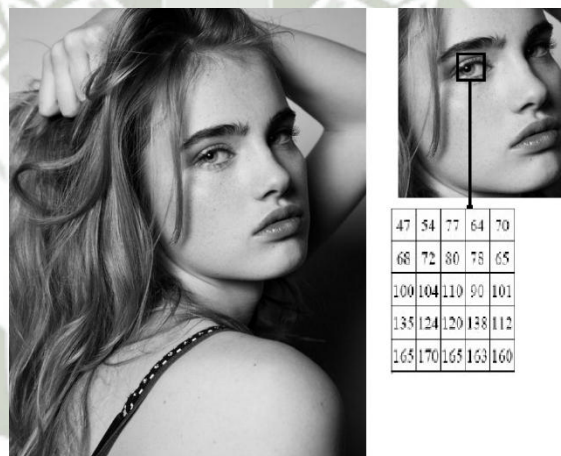


Figura 2.8: Imagen original y representación matricial

Fuente: Elaboración Propia

### 2.5.2. Tipos de Imágenes en el Toolbox

El *Toolbox* del Procesado de Imágenes, pueden soportar solo cuatro tipos de básicos de imágenes:

- ✓ Imágenes indexadas
- ✓ Imágenes RGB
- ✓ Imágenes binarias

- ✓ Imágenes de intensidad de gris

En este apartado se va analizar como Matlab y el *Toolbox* de Procesamiento de Imágenes representa a cada uno de los diferentes tipos de imágenes.

#### a. IMÁGENES INDEXADAS

Las imágenes indexadas consisten en dos matrices, una matriz colormap y una matriz imagen. La matriz colormap está compuesto por un conjunto ordenado de valores los cuales representan a los colores de la imagen. Para cada uno de los pixeles de la imagen, la matriz imagen contiene un valor que es un índice específico que hace referencia al colormap.

El colormap es una matriz  $m \times 3$  de tipo doble. Cada fila de la matriz del colormap especifica los siguientes valores, rojo, verde y azul (RGB) de un determinado color:

Color = [R G B];

R, G y B son reales dentro del rango cero siendo negro hasta uno siendo la máxima intensidad.

En la siguiente figura se ilustra la estructura de una imagen indexada. Los pixeles en la matriz de la imagen son representados por enteros, los cuales son índices o son puntos de los valores de un color almacenado en la matriz colormap. En el caso de una imagen en escala de grises y no en color todos los valores de R, G y B tendrían el mismo nivel de intensidad por lo que x, y de la matriz colormap serían iguales dentro de la misma fila.

La relación existente entre los valores de la matriz imagen y su correspondiente matriz colormap depende de si la matriz imagen es de clase `double` o `uint8`. En el caso de que la matriz imagen sea de clase `double`, el valor 1 apunta a la primera fila

del colormap, el valor 2 a la segunda, y así progresivamente. En el caso que sea de clase uint8, se realiza un desplazamiento de la siguiente manera la cual el valor 0 apunta a la primera fila del colormap, el valor 1 a la segunda, etc. Por ello en la figura se observa que la flecha del valor 2 apunta a la posición de la segunda fila en la matriz colormap.

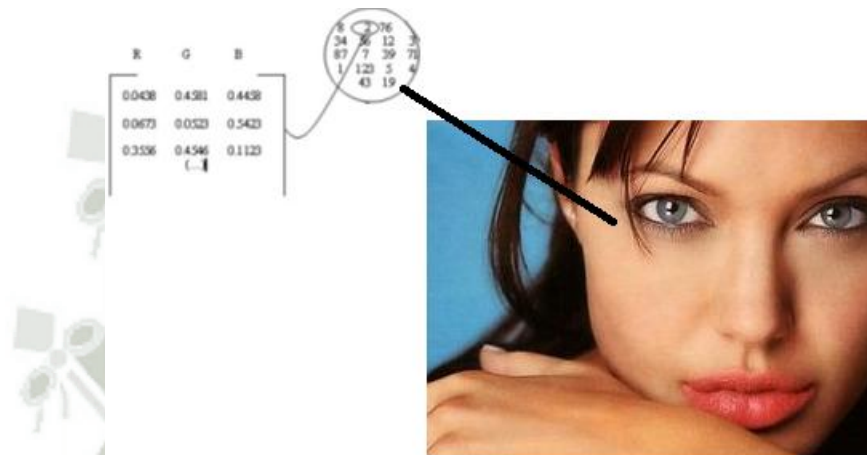


Figura 2.9: Representación de imagen indexada: imagen indexada original, parcial de la matriz imagen y matriz colormap.

Fuente: Elaboración Propia

## b. IMÁGENES RGB

Como en el caso de las imágenes indexadas, una imagen RGB representa el color de cada pixel como un conjunto de 3 valores los cuales contienen la intensidad del rojo, verde y azul para poder conformar el color. En comparación de las imágenes indexadas, sus intensidades son almacenadas directamente en matrices imagen y no en una matriz colormap.

En el caso de Matlab, los componentes de los colores rojo, verde y azul para poder conformar el color. de una imagen RGB reside en una matriz  $m \times n \times 3$ , donde  $m$  y  $n$  nos indica el número de filas y el de columnas de una imagen y el tercer componente representa la dimensión, indicando que consta en este caso de una

imagen de 3 planos, los cuales contienen a los colores rojo, verde y azul de cada pixel.

En el siguiente ejemplo, para poder determinar el color del pixel (113,57) se tiene que buscar en la tripleta RGB almacenada en (113, 57,1:3). Suponiendo que el valor almacenado en (113, 57,1) fuera 0.5671, el de (113, 57,2) fuese 0.2345 y por último, el de (113, 57,3) fuese 0.0478, el color del pixel seria:

0.5671      0.2345      0.0478

En una matriz imagen que esta almacenando un tipo RGB puede ser del tipo doublé, en cuyo caso el margen de los valores es [0,1] o de tipo uint8 y entonces el margen corresponde a [0,255].



Figura 2.10 Representación de imagen RGB

Fuente: Elaboración Propia

### c. IMÁGENES BINARIAS

En las imágenes binarias, cada uno de los pixeles puede tomar 2 posibles valores discretos. Estos 2 valores corresponden a un “on” o un “off”. En el caso de las imágenes binarias pueden ser almacenadas como una matriz bidimensional de 0 (pixeles off) y de 1 (pixeles on).

Las imágenes binarias pueden ser consideradas una clase especial de imagen de intensidad, conteniendo solo 2 valores posibles 0 o 1 correspondientes al blanco o al negro. Las imágenes binarias pueden ser almacenadas en una matriz de clase `double` o clase `uint8`. De todas formas, es preferible la clase `uint8` debido a su menor utilización de memoria.

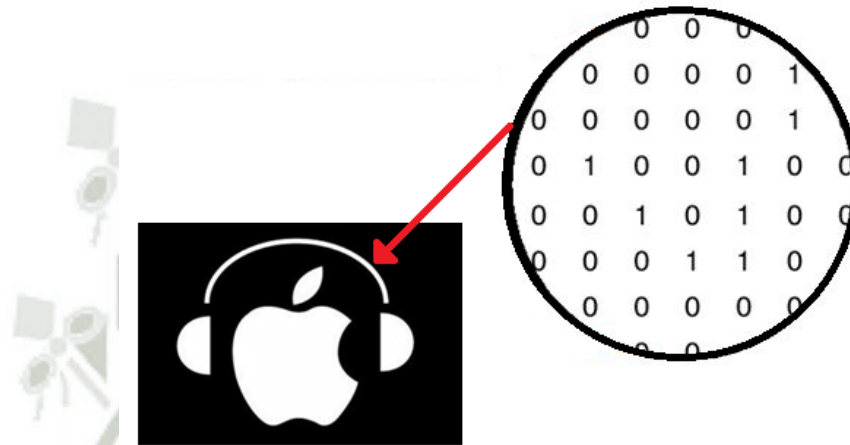


Figura 2.11: Representación de una imagen binaria

Fuente: Elaboración Propia

#### d. IMÁGENES DE INTENSIDAD

Matlab puede almacenar una imagen de intensidad como una matriz simple, en la cual, cada uno de los elementos corresponde con cada uno de los píxeles de la imagen. La matriz en la que se almacena puede ser de clase `double`, caso en el cual dicha matriz contiene valores de margen  $[0,1]$ , o de la clase `uint8`, en cuyo caso el margen es de  $[0,255]$ .



Figura 2.12: Imagen en escala de grises

Fuente: Elaboración Propia





### 3. DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL MODELO PROPUESTO

#### 3.1. Visión general de la solución

Este proyecto tiene como objetivo principal la implementación del modelo propuesto para poder comprobar el funcionamiento de los algoritmos Viola & Jones para la detección de rostros y el EigenFaces para el reconocimiento de rostros, a partir de imágenes capturadas en las cuales aparecen múltiples rostros en la escena.

Para ello se usara una serie de imágenes en las cuales hay la presencia de rostros a partir de las cuales obtendremos los rostros para su posterior procesamiento. La segunda parte del proyecto consiste en aplicar el método EigenFaces para poder extraer la información necesaria para su posterior procesamiento y comparación con respecto a la base de datos de rostro que se tiene almacenada, para su posterior identificación.

Por lo general, todos los sistemas de detección e identificación utilizan la misma secuencia de etapas.

1. Detección del rostro en la imagen.
2. La extracción de las características
3. El reconocimiento del rostro.

En el siguiente diagrama de bloques se mostraran dichas etapas, las cuales serán utilizadas en este proyecto y una posterior explicación de cada fase.



Figura 3.1: Diagrama de bloques del modelo propuesto

Fuente: Elaboración Propia

- **Detección**

Recibe como entrada la imagen previamente tomadas y devuelve como resultado los rostros detectados en la imagen, si es que la hay, guardando la imagen como un archivo jpg.

- **Extracción de las características y reconocimiento**

Recibe como entrada el rostro detectado y devuelve sus vectores características. Dichas características van a ser la descripción del rostro de una manera que la computadora pueda entenderla para su posterior comparación con respecto a la base de datos y poder proceder a la identificación.

## 3.2. Análisis del Modelo Propuesto

### 3.2.1. Requerimientos

Para este proyecto es necesario la utilización de software para poder llevar a cabo la implementación de este proyecto por lo cual utilizaremos Matlab R2014a.

Matlab es la abreviatura de Matrix Laboratory, que en español vendría a ser laboratorio de matrices. Este es un software matemático el cual ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con su propio lenguaje de programación.

También se necesitara un medio de captura de imágenes que en este caso será la *webcam* de la laptop.

### 3.2.1.1. Captura de Imágenes

Para poder realizar una buena captura de imágenes es necesario contar con un medio de ingreso que en este caso será la utilización de una *webcam* la cual tendrá que realizar primero la verificación que si existe un rostro en la escena para su posterior captura.

Para todo esto la *webcam* va a estar en un lugar, en una posición donde se pueda tener el mayor control de la iluminación para poder evitar el exceso de iluminación lo cual perjudica de gran manera la captura de las imágenes, esto se podría reflejar en las capturas como errores de detección.

### 3.2.1.2. Resolución de la imagen

De acuerdo a las pruebas realizadas con imágenes de diferentes resoluciones se procedió hacer un análisis de los costos en tiempo de procesamiento y calidad de la imagen extraída para que más adelante se le pueda aplicar el algoritmo de reconocimiento de rostros, en el siguiente cuadro se representa el tiempo empleado para la detección de rostros con respecto a su resolución:

RESOLUCION	TIEMPO "S
400x300	0.48
640x480	0.55
800x600	0.63
1024x768	0.93
1600x1200	1.35
2272x1704	2.36
2816x2112	3.58
3264x2448	4.80

Tabla 3.2.1:1 Análisis del procesamiento de imágenes con diferentes resoluciones, expresado el tiempo en segundo

Fuente: Elaboración Propia

Luego de un análisis de los resultados se procede a la elección de la resolución de la imagen la cual proporciona la mejor calidad en las imágenes que han sido extraídas siendo la resolución a partir de 800x600px la resolución más adecuada ya que no hay tanta pérdida de información y sigue conteniendo información suficiente.

### 3.2.1.3. Hardware

Dentro del análisis realizado en el punto anterior se determinó que lo más adecuado es utilizar la máxima resolución de la *webcam* de la laptop ya que proporciona una captura y calidad en las imágenes. En comparación con respecto a una cámara de celular la cual posee una mayor calidad, pero presentando el inconveniente del almacenamiento, lo cual se realiza en la memoria del celular y toma un tiempo la transferencia de las imágenes al ordenador en el cual se va a realizar el procesamiento.

### 3.2.2. Análisis del Modelo Propuesto

Para un correcto análisis del modelo propuesto es necesario enmarcar los puntos necesarios para su ejecución, los cuales se representan en la siguiente imagen.

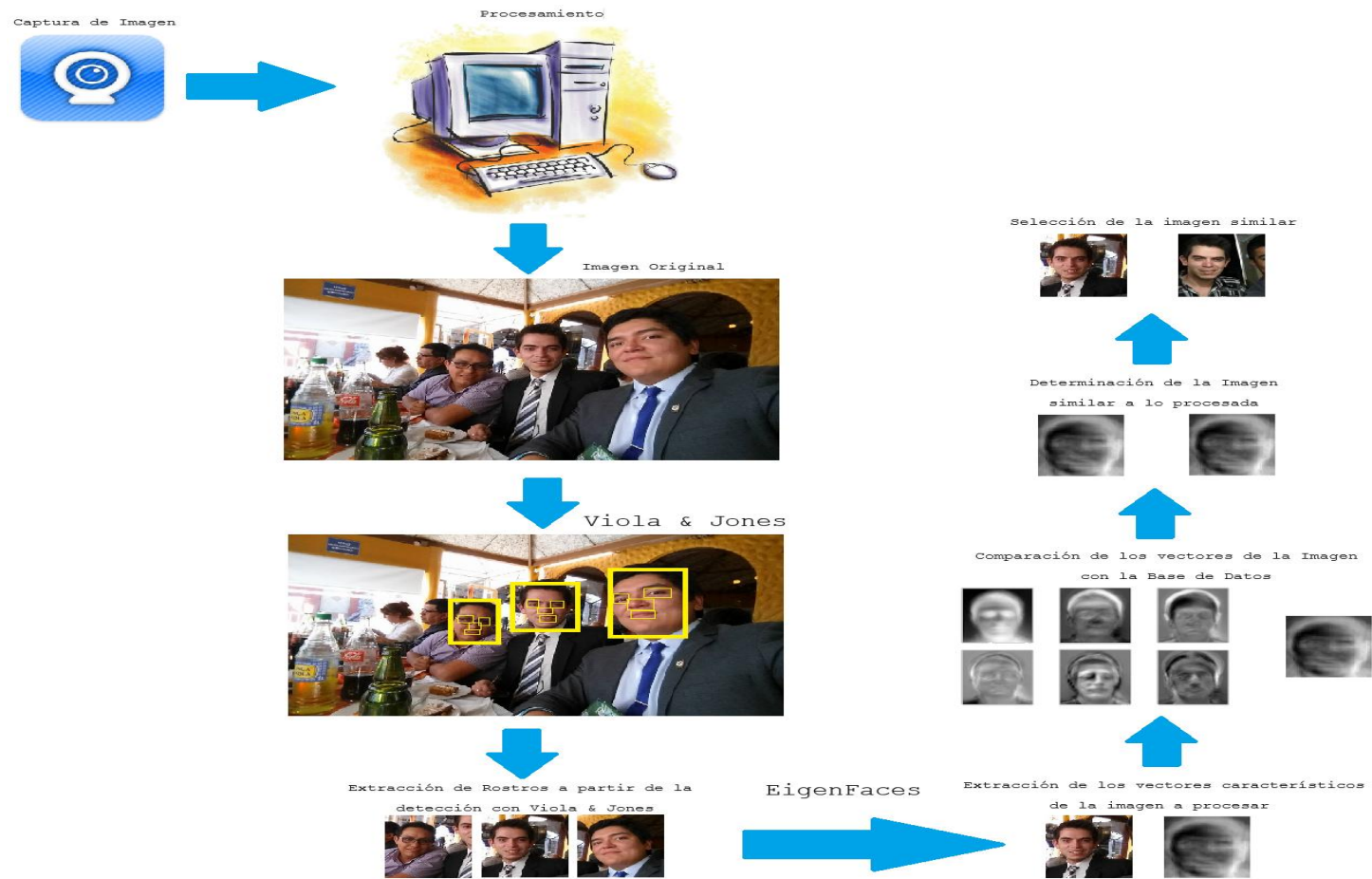


Figura 3.2: Diseño del Modelo Propuesto

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.2.1. Análisis de los Algoritmos

#### 3.2.2.1.1. Viola & Jones

(Marta Lucía Guevara, 2008) El algoritmo de Viola & Jones en pruebas de laboratorio obtuvo un 94.1% de acierto con respecto a su contrincante una red neuronal para la segmentación de rostros los cuales llegaron a un porcentaje de detección entre 77.9% y 90.3% para las diferentes configuraciones de la red.

(Raquel Solá Asenjo – Rafael Cabeza Laguna, 2011) Este sistema de detección de rostros se distingue de la mayoría claramente por su capacidad de detectar rostros muy rápidamente. Operando sobre imágenes 384 por 288 pixeles, se detectan caras a una velocidad de 15 fotogramas por segundo en una Pentium III de 700 MHz.

Este algoritmo posee tres principales aportaciones a la detección de rostros:

- Imagen integral, nueva imagen de representación que permite realizar una rápida evaluación de las características.
- Clasificador simple y eficiente que utiliza el método de AdaBoost para seleccionar grupos de características, que serán las que se utilicen para llevar a cabo la detección.
- Un método para combinar clasificadores sucesivamente más complejos en una estructura en cascada que aumenta dramáticamente la velocidad del detector, centrándose en las regiones prometedoras de la imagen.

Por estos motivos ya mencionados este algoritmo fue elegido por la gran cantidad de ventajas que posee y por su velocidad de procesamiento.

### 3.2.2.1.2. EigenFaces

Con el análisis realizado previamente se determinó que EigenFaces presenta una mayor ventaja con respecto a métodos similares.

- Filtros de Gabor.
- Transformada de Walsh Discreta.
- Transformada de Coseno Discreta.

Para este método requiere de las siguientes operaciones de inicialización:

- Trabaja con grupo inicial de rostros
- Calcula los EigenFaces para el conjunto de entrenamiento.
- Calcula la correspondiente distribución para cada individuo proyectando sus imágenes sobre el espacio facial.

### 3.2.2.2. Diagramas

#### 3.2.2.2.1. Diagrama de Clases

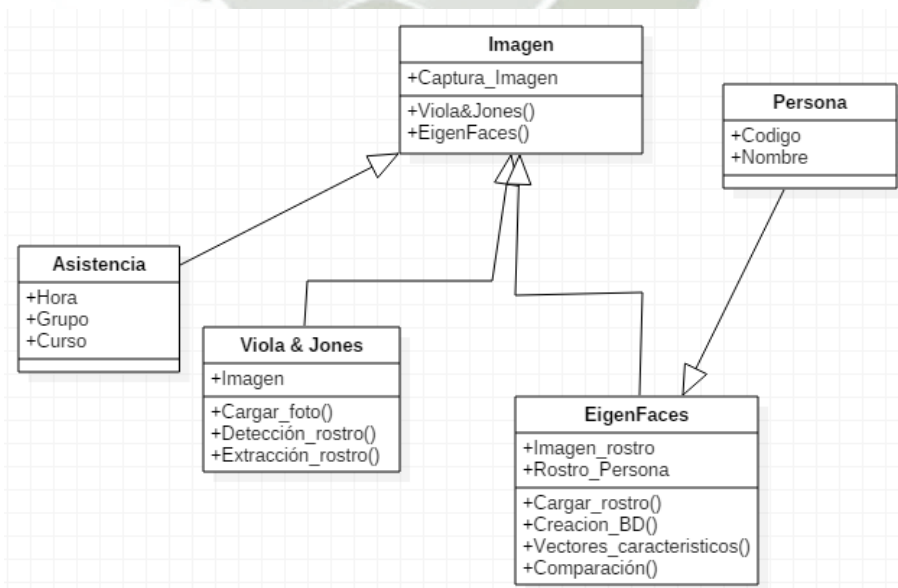


Figura 3.3: Diagrama de clases del funcionamiento del modelo propuesto

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.2.2. Diagrama de Casos de Uso

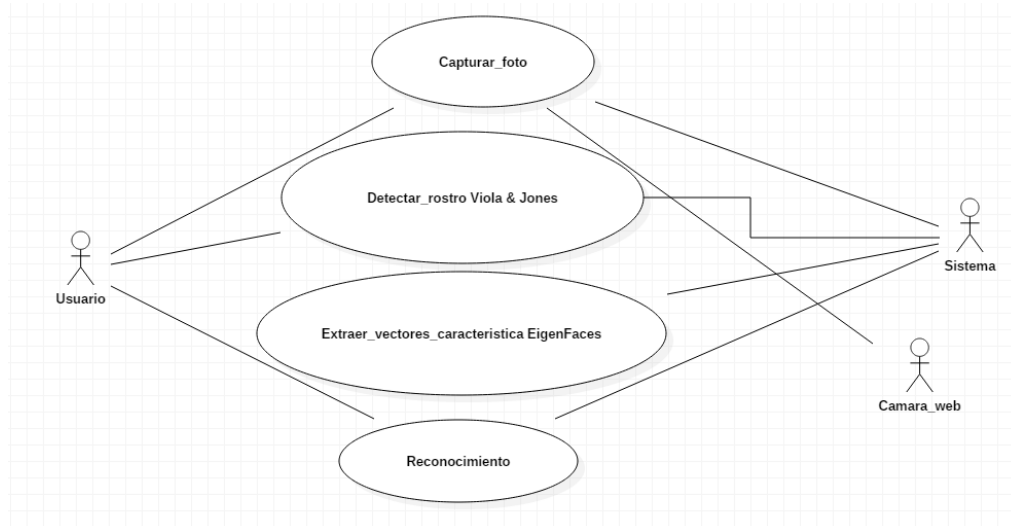


Figura 3.4: Diagrama de caso de uso - 0

Fuente Elaboración Propia

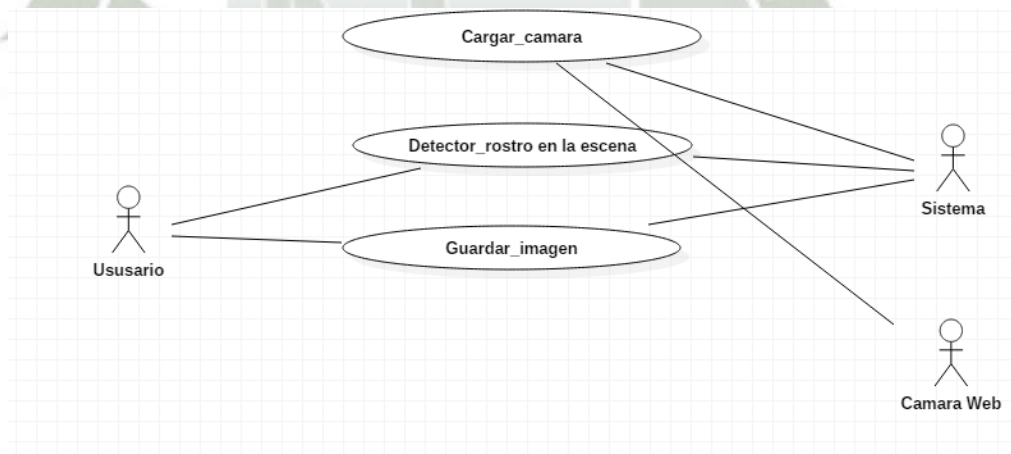


Figura 3.5: Diagrama de caso de uso – 1

Fuente Elaboración Propia

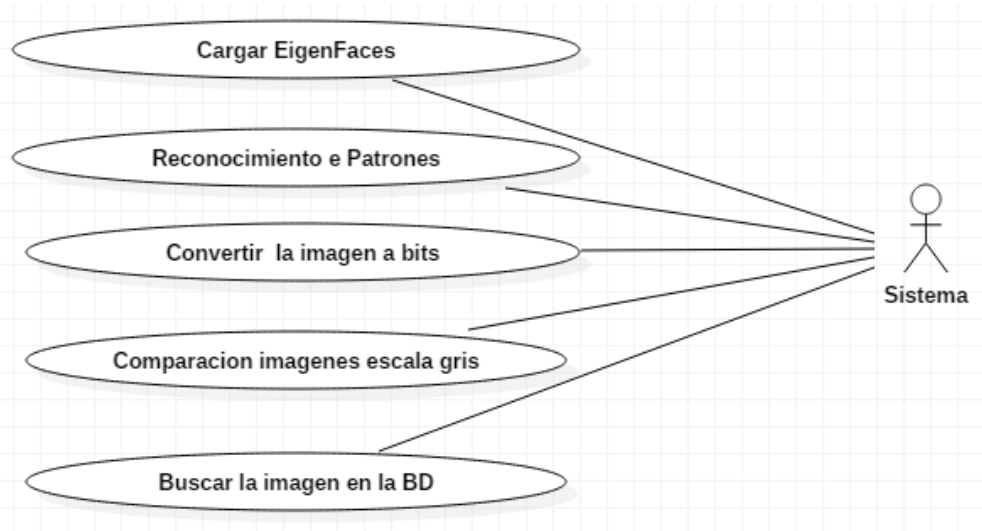


Figura 3.6: Diagrama de caso de uso – 2

Fuente Elaboración Propia

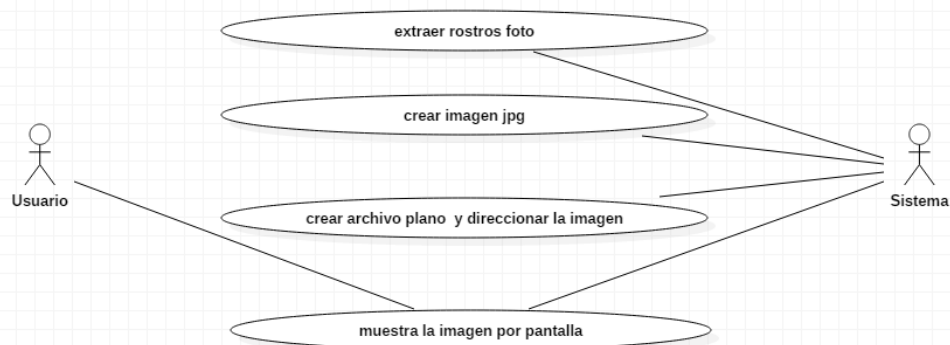


Figura 3.7: Diagrama de caso de uso – 3

Fuente Elaboración Propia

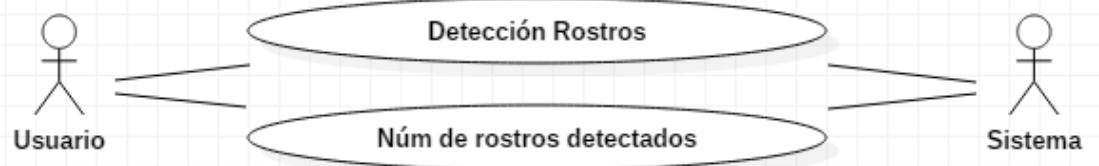


Figura 3.8: Diagrama de caso de uso – 4

Fuente Elaboración Propia

### 3.2.3. Diseño del Modelo Propuesto

#### 3.2.3.1. Diagrama de Componentes

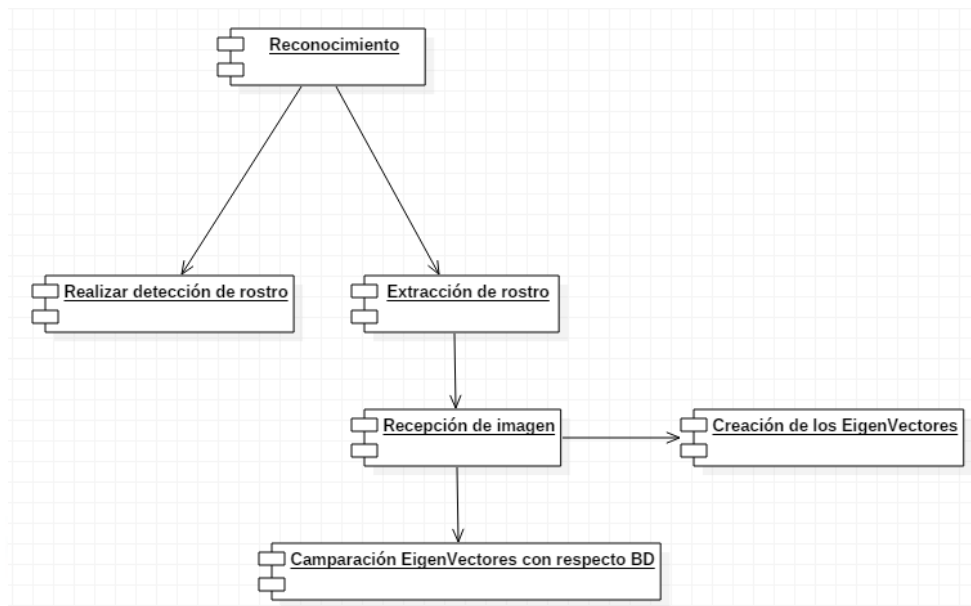


Figura 3.9: Diagrama de Componentes

Fuente Elaboración Propia

### 3.2.4. Implementación del Modelo Propuesto

#### 3.2.4.1. Matlab FaceDetection

El FaceDetection es el proceso de identificar una o más personas en imágenes o en videos a través del análisis y la comparación de patrones. En los algoritmos para el reconocimiento de rostros suelen extraer los rasgos faciales y los comparan con la base de datos para encontrar la mejor coincidencia. El reconocimiento facial es una parte importante de muchos sistemas de biometría, seguridad y sistemas de vigilancia, así como los sistemas de indexación de imagen y video.

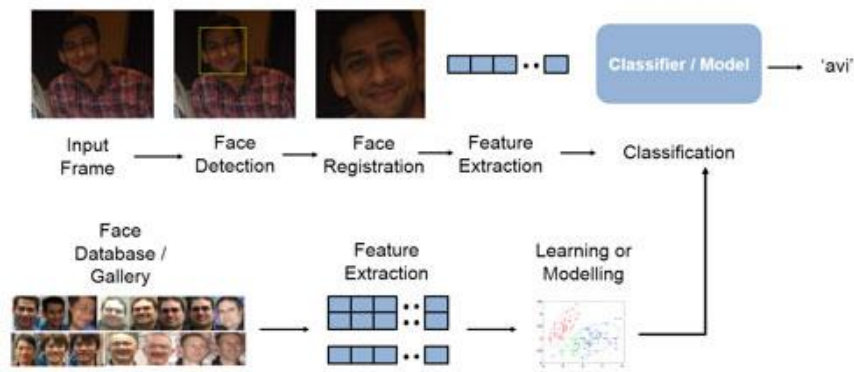


Figura 3.10: Pasos en el flujo de trabajo de reconocimiento facial.

Fuente: FaceRecognition

El reconocimiento de rostros aprovecha la visión por ordenador para poder extraer información discriminativa de imágenes faciales y técnicas de reconocimiento de patrones o de aprendizaje automático para modelar la apariencia del rostro y clasificarlos.

También se puede utilizar técnicas de visión por ordenador para realiza la extracción de las características para codificar la información discriminativa requerida para el reconocimiento facial como un vector de características compactas, utilizando técnicas y algoritmos tales como: (Face recognition with computer visión, Face Recognition Mathworks)

- Extracción de características.
- Distancia entre puntos de referencias faciales como ojos, nariz y labios.

En este caso para poder realizar un prototipo de este modelo propuesto para la detección de rostros de manera sencilla de divide el problema en 2 distintos problemas:

- Detectar el rostro
- Identificar los rasgos faciales

### Primer Paso: Detectar el Rostro

El primer paso necesario es detectar el rostro. Para esto se utilizó `vision.CascadeObjectDetector` para detectar la ubicación de un rostro en una fotografía. El detector de objetos en cascada utiliza el algoritmo de detección Viola & Jones y un modelo de clasificación entrenados para la detección. Dicho detector está configurado para detectar rostros, pero también es posible configurarlo para otro tipo de objetos.

```
detector = vision.CascadeObjectDetector;  
detector.MergeThreshold = 10;  
bbox = step(detector,a);  
out=insertObjectAnnotation(a,'rectangle',bbox,'detection');
```



*Figura 3.11: Rostro detectado*

*Fuente: Elaboración Propia*

También se puede utilizar el detector de objetos en cascada para poder rastrear rostros. Sin embargo, cuando el rostro se inclina o la persona gira la cabeza, puede perder el seguimiento. Esta limitación se debe al tipo de modelo de clasificación

entrenado utilizado para la detección. Para poder evitar este problema, debido a la realización de detección de rostros para cada fotografía.

Segundo Paso: Identificar los rasgos faciales

Una vez que el rostro es ubicado, el siguiente paso es identificar una característica que le ayudara a realizar seguimiento al rostro. Se puede utilizar de la siguiente forma, por textura o color. Elegir una característica que es única para el objeto y permanece invariante incluso cuando el objeto se mueve.





## 4. PRUEBAS Y ANALISIS DE RESULTADOS

### 4.1. Caso de Estudio

En el caso del control de asistencia en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas se sigue realizando de la misma manera que hace 20 años con la única diferencia que ahora la lista está en digital. Pero aún siguen trabajando de la misma manera de tomar la asistencia en comparación de las otras universidades y con el avance de la tecnología.

### 4.2. Pruebas Iniciales

Este proyecto está compuesto por 2 partes fundamentales, la primera fase es la detección de rostros y la segunda fase es el reconocimiento.

### 4.3. Aplicación del Algoritmo Viola & Jones

#### 4.3.1. Registro

Ahora se va a proceder a detallar la implementación de la primera fase del proyecto que consiste en el registro de la imagen para la posterior detección de rostros, la cual ha sido implementada con el algoritmo de Viola & Jones.

Para este caso se está utilizando una población de 24 personas las cuales cuentan con 3 fotos por cada persona teniendo un total de 72 imágenes. Estas imágenes han sido obtenidas en un ambiente controlado y en ellas hay la presencia de múltiples rostros en la escena, con la única restricción que todos los rostros deben de estar de manera frontal.

Para analizar los resultados obtenidos se impone la condición de que para que se considere que un rostro sea detectado correctamente deben aparecer los 2 ojos y la boca.



Figura 4.1: Imagen original

Fuente: Elaboración Propia



Figura 4.2: Imagen luego de aplicar el algoritmo de EigenFaces

Fuente: Elaboración Propia



Figura 4.3: Imágenes resultado después de aplicar el recorte

Fuente: Elaboración Propia

Realizando las pruebas de detección con la población indicada se observa que hay varias situaciones que se dan un caso curioso que son los falsos positivos en donde se muestra que en lugares donde no se encuentra un rostro lo selecciona como si lo hubiera.

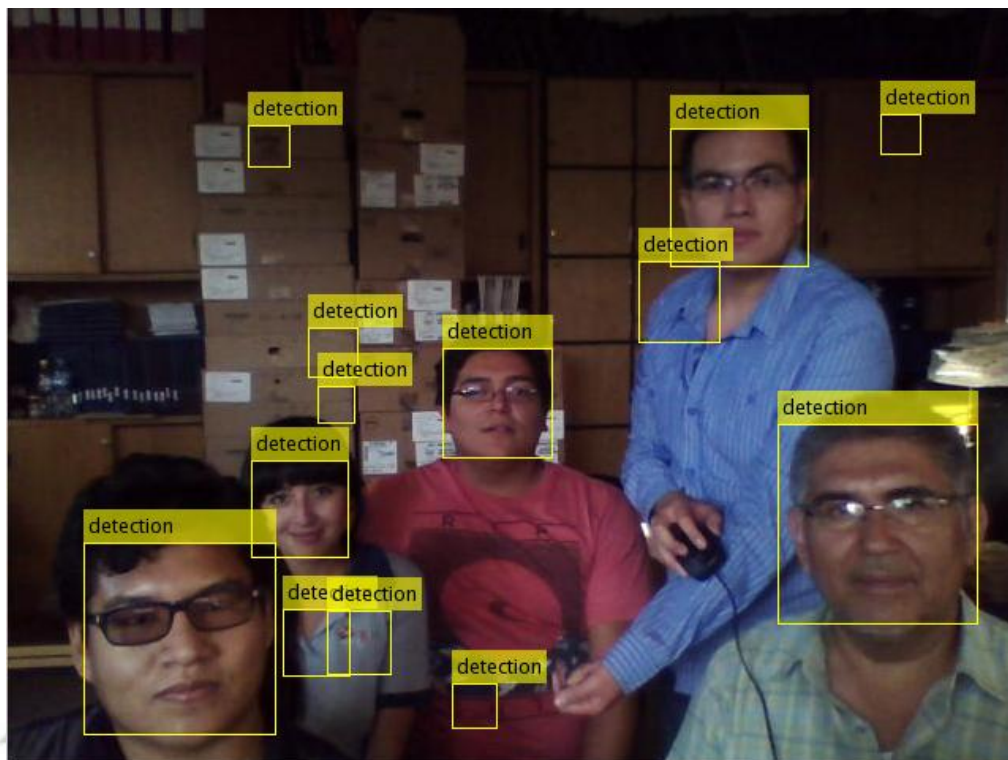


Figura 4.4: Imagen que cuenta con la presencia de falsos positivos

Fuente: Elaboración Propia

NIVEL DE	ROSTROS	ROSTROS NO	N° DE FALSOS
----------	---------	------------	--------------

TOLERANCIA	RECONOCIDOS	RECONOCIDOS	POSITIVOS
1	100	0	186
2	100	0	43
3	95	5	15
4	94	6	10
5	93	7	4
6	90	10	1
7	90	10	1
8	89	11	1
9	87	13	1
10	89	11	1
11	87	13	1
12	86	14	0

Tabla 4.3.1:1 Representación del nivel de tolerancia y relación con la capacidad de detección de rostros.

Fuente: Elaboración Propia

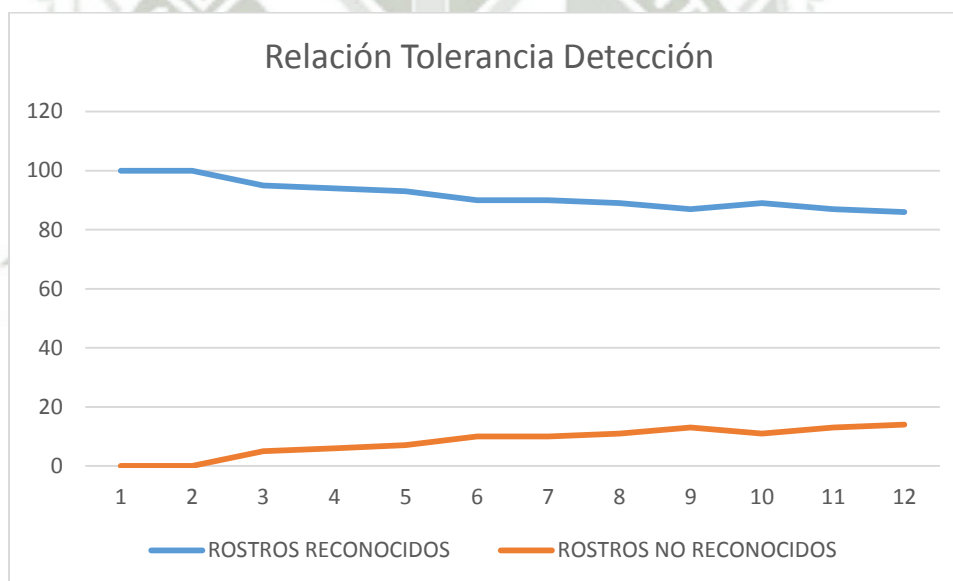


Figura 4.5: Representación gráfica de la relación de tolerancia y detección de rostros

Fuente: Elaboración propia

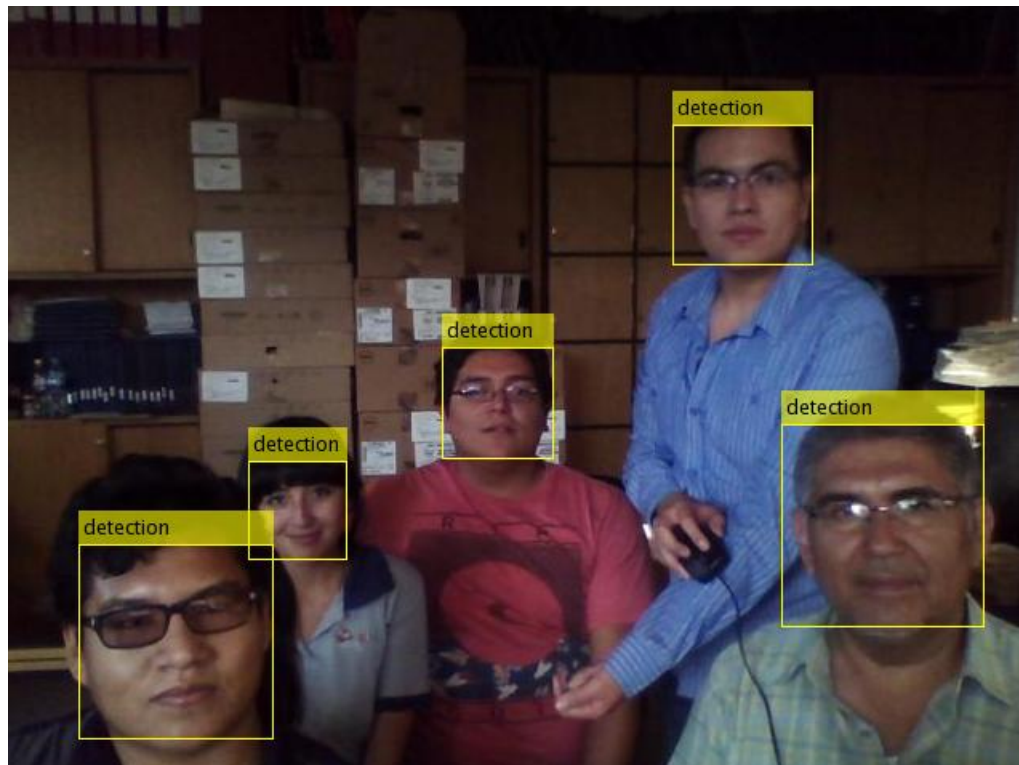


Figura 4.6: Resultado de una imagen con un menor nivel de tolerancia

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3.2. Detección y Extracción de Rostros

Se propone trabajar con las imágenes las cuales han sido obtenidas con el algoritmo Viola & Jones la cuales se redimensionan a una resolución de 180x200px. Con este tamaño las imágenes no pierden características y ayuda a la velocidad de procesamiento.

## 4.4. Aplicación del Método EigenFaces

### 4.4.1.1. Lectura

El primer paso para que se pueda realizar el procesamiento de imágenes es necesaria la lectura de los registros de las imágenes obtenidas, para poder realizar una lectura de las imágenes de acuerdo al orden por el cual han sido almacenadas.

```
for q=1:fotovar % fotovar es el numero de imagenes
    temp1 =strcat('C:\Users\Ignacio\Documents\MATLAB\version
    final\TestDatabase\',int2str(q),'.jpg');
```

```
TestImage = imread(templ);  
end
```

#### 4.4.1.2. EigenFaces

Para poder utilizar el EigenFaces de una manera correcta es necesario indicarle la ruta de las carpetas contenedoras de la base de datos y de la carpeta donde se almacenan las imágenes a procesar.

Para que luego se le asigne la imagen que ha sido leída para el posterior procesamiento.

```
TrainDatabasePath = 'C:\Users\Ignacio\Documents\MATLAB\  
version final\TrainDatabase\';  
TestDatabasePath = 'C:\Users\Ignacio\Documents\MATLAB\  
version final\TestDatabase\';
```

##### 4.4.1.2.1. Base de Datos

En la creación de la base de datos es necesario realizar indicar la ruta de la carpeta contenedora de las imágenes, para luego realizar un llamado a la función que va a crear la base de dato de las imágenes.

En la cual realiza una lectura de todas las imágenes almacenadas, a todo esto, las imágenes van a ser convertidas de matrices bidimensionales a matrices de una sola dimensión yendo desde 0 hasta 250.

```
TrainDatabasePath = 'C:\Users\Ignacio\Documents\MATLAB\  
version final\TrainDatabase\';  
TestDatabasePath = 'C:\Users\Ignacio\Documents\MATLAB\  
version final\TestDatabase\';  
for q=1:fotovar  
    templ = strcat('C:\Users\Ignacio\Documents\MATLAB\version  
final\TestDatabase\',int2str(q),'.jpg');  
    TestImage = imread(templ);  
    im = TestImage;  
    T = CreateDatabase(TrainDatabasePath);  
End  
  
function T = CreateDatabase(TrainDatabasePath)  
    TrainFiles = dir(TrainDatabasePath);  
    Train_Number = 0;  
    for i = 1:size(TrainFiles,1)
```

```

        if not(strcmp(TrainFiles(i).name, '.')
        |strcmp(TrainFiles(i).name, '..')
        |strcmp(TrainFiles(i).name, 'Thumbs.db'))
            Train_Number = Train_Number + 1;
        End
    end
    T = [];
    for i = 1 : Train_Number
        str = int2str(i);
        str = strcat('\',str, '.jpg');
        str = strcat(TrainDatabasePath,str);
        img = imread(str);
        img = rgb2gray(img);
        [irow icol] = size(img);
        temp = reshape(img',irow*icol,1);
        T = [T temp];
    end

```

#### 4.4.1.2.2. EigenfaceCore

Ahora se procede a realizar el núcleo del EigenFaces llamando a la función EigenfaceCore donde se envía las matrices obtenidas de la base de datos que son almacenadas en la variable T.

A partir del dato anterior (T) se procede al cálculo de la desviación de cada imagen con respecto a la media.

```

TrainDatabasePath = 'C:\Users\Ignacio\Documents\MATLAB\
version final\TrainDatabase\';
TestDatabasePath = 'C:\Users\Ignacio\Documents\MATLAB\
version final\TestDatabase\';
for q=1:fotovar
    temp1 = strcat('C:\Users\Ignacio\Documents\MATLAB\version
final\TestDatabase\',int2str(q), '.jpg');
    TestImage = imread(temp1);
    im = TestImage;
    T = CreateDatabase(TrainDatabasePath);
    [m, A, Eigenfaces] = EigenfaceCore(T);
End

```

```

function [m, A, Eigenfaces] = EigenfaceCore(T)
    m = mean(T,2);
    Train_Number = size(T,2);
    A = [];
    for i = 1 : Train_Number
        temp = double(T(:,i)) - m
        A = [A temp]
    end
    L = A'*A
    [V D] = eig(L)
    L_eig_vec = [];

```

```

for i = 1 : size(V,2)
    if( D(i,i)>1 )
        L_eig_vec = [L_eig_vec V(:,i)];
    end
end
Eigenfaces = A * L_eig_vec;

```

#### 4.4.1.2.3. Recognition

Con los valores obtenidos se procede a enviar la imagen que se está procesando más los valores obtenidos con el EigenfaceCore. Para luego proceder a la extracción de las características PCA de la imagen a procesar, obteniendo los vectores característica.

Con los valores anteriores ya mencionados el algoritmo procede a calcular las distancias euclidianas, con los cuales se proyecta la distancia y se ubica la distancia mínima con la cual se asume que es la imagen correspondiente a la imagen que se está procesando.

```

TrainDatabasePath = 'C:\Users\Ignacio\Documents\MATLAB\
version final\TrainDatabase\';
TestDatabasePath = 'C:\Users\Ignacio\Documents\MATLAB\
version final\TestDatabase\';
for q=1:fotovar
    temp1 = strcat('C:\Users\Ignacio\Documents\MATLAB\version
final\TestDatabase\',int2str(q),'.jpg');
    TestImage = imread(temp1);
    im = TestImage;
    T = CreateDatabase(TrainDatabasePath);
    [m, A, Eigenfaces] = EigenfaceCore(T);
    OutputName = Recognition(TestImage, m, A, Eigenfaces);
    SelectedImage = strcat(TrainDatabasePath,'\',OutputName);
    SelectedImage = imread(SelectedImage);
End

```

```

function OutputName = Recognition(TestImage,m, A, Eigenfaces)
    ProjectedImages = [];
    Train_Number = size(Eigenfaces,2);
    for i = 1 : Train_Number
        temp = Eigenfaces'*A(:,i);
        ProjectedImages = [ProjectedImages temp];
    end
    InputImage = TestImage;
    temp = InputImage(:, :, 1);
    [irow icol] = size(temp);

```

```
InImage = reshape(temp',irow*icol,1);  
Difference = double(InImage)-m;  
ProjectedTestImage = Eigenfaces'*Difference;  
Euc_dist = [];  
for i = 1 : Train_Number  
    q = ProjectedImages(:,i);  
    temp = ( norm( ProjectedTestImage - q ) )^2;  
    Euc_dist = [Euc_dist temp];  
end  
[Euc_dist_min , Recognized_index] = min(Euc_dist);  
imagen = Recognized_index;  
save('imagen.mat','imagen');  
OutputName = strcat(int2str(Recognized_index),'.jpg');
```

#### 4.4.1.3. Resultados

Los resultados obtenidos es con respecto a la imagen que se está procesando y una de las imágenes que están almacenadas en la base de datos, la cual representa la menor distancia euclidiana entre las dos imágenes. Estos son los resultados:

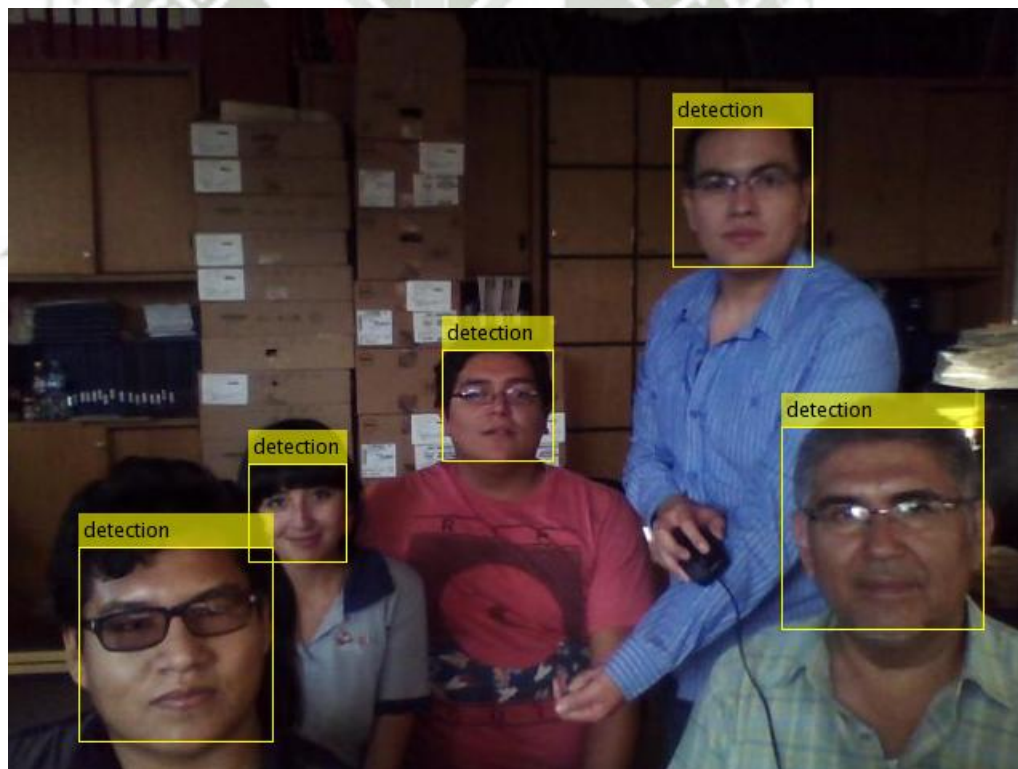
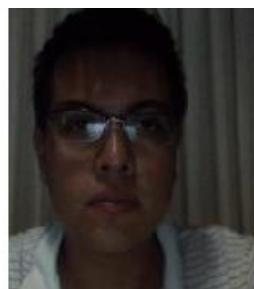


Figura 4.7: Imagen capturada y aplicada la detección de rostros.

Fuente: Elaboración Propia.



**IGNACIO**



**FERNANDO**



**EDUARDO**

*Figura 4.8: Personas identificadas*

*Fuente: Elaboración Propia*



**ENRIQUE**



**ALEJANDRA**

*Figura 4.9 Personas no identificadas*

*Fuente: Elaboración Propia*

N° PRUEBA	ROSTROS TOTAL	ROSTROS RECONOCIDOS	ROSTROS NO RECONOCIDOS	TIEMPO
1	5	2	3	15.65"
2	5	2	3	15.71"
3	5	2	3	15.92"
4	5	2	3	15.05"
5	5	2	3	15.15"
6	5	2	3	15.35"
7	5	3	2	16.62"
8	5	3	2	16.53"
9	5	3	2	16.42"
10	5	3	2	16.35"
11	5	3	2	16.49"
12	5	3	2	16.52"
13	5	3	2	16.65"
14	5	4	1	17.45"
15	5	4	1	17.60"
16	5	4	1	17.72"
17	5	4	1	17.68"
18	5	5	0	18.45"
19	5	5	0	18.69"
20	5	5	0	18.65"

Tabla 4.3.2:1 Tabla de Resultado obtenidos en las pruebas realizadas

Fuente: Elaboración Propia

# CONCLUSIONES

- I. Se implementó el modelo propuesto para el control de asistencia de los alumnos a los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas.
- II. Se revisó toda la bibliografía necesaria para una correcta elaboración del estado del arte.
- III. Se recolectó las imágenes necesarias para una correcta creación de la base de datos.
- IV. Posteriormente al análisis, comparación y elección de los algoritmos de detección y reconocimiento de rostros, se observa que EigenFaces es un método de reconocimiento de rostros completo al no necesitar métodos adicionales para el reconocimiento y Viola & Jones posee un gran acierto y flexibilidad para la detección de rostros.
- V. Viola & Jones puede detectar rostros con un ángulo de giro de  $45^\circ$ , teniendo como restricción que los ojos, nariz y boca sean visibles.
- VI. Viola & Jones posee una respuesta rápida para la detección y extracción de rostros.
- VII. El método de EigenFaces posee gran velocidad para extraer los vectores característicos y análisis de comparación de la imagen con la base de datos.
- VIII. El nivel de acierto del método de EigenFaces va aumentando a mayor cantidad de pruebas realizadas.
- IX. El modelo propuesto demostró poder trabajar con rostros en los cuales no se controló la iluminación.

- X. Se demostró que el modelo propuesto es capaz de realizar el reconocimiento con ausencia o presencia de elementos como anteojos.



# RECOMENDACIONES

Para trabajos futuros se hacen las siguientes recomendaciones:

- El modelo propuesto podría ser implementado para el control de ingreso para la Universidad Católica Santa María.
- Podría ser utilizado para el control de la asistencia de los docentes para el dictado de clases.

- Se podría agregar dispositivos para la detección de movimiento, para proceder a la captura de imagen para el reconocimiento de la persona.

- Ajuste del tamaño de las imágenes

La base de datos utiliza imágenes con una dimensión de 180x200 pixeles para evitar la latencia en los tiempos de procesamiento. Si el tiempo no es un requisito indispensable, es posible utilizar imágenes con una calidad superior con las cuales se podría detectar los rostros con una mayor precisión.

- Preprocesado

Se podría utilizar algunos filtros para poder eliminar el ruido así como es posible añadir un método para compensar la iluminación.

- Análisis de expresiones faciales

Se podría añadir un algoritmo adicional para analizar las expresiones faciales del rostro.

- Clasificación de las imágenes

Una vez obtenidas las imágenes con los rostros, se almacenan de manera automática, las cuales se pueden emplear para un buscador de rostros.

## BIBLIOGRAFIA

**Carlos Villegas Quezada (2005):** Tesis de Maestría: Reconocimiento de Rostros Utilizando Análisis de Componentes Principales: Limitaciones del Algoritmo (Universidad Iberoamericana, México, D.F. 2005).

**María García Chang (2009):** Tesis de Maestría: Diseño e Implementación de una Herramienta de Detección Facial. (Instituto Politécnico Nacional – México D.F. 2009).

**Blanco Iturralde David Roberto – Chávez Sanchez Juan Daniel (2012):** Tesis de Grado: Sistema de Reconocimiento Facial Utilizando el Análisis de Componentes Principales con una Red Neuronal Backpropagation Desarrollada en C# y Matlab (Universidad Politécnica Salesiana – Quito 2012).

**Francisco Lezcano (2013):** “Desarrollo de una Aplicación Inteligente Basada en Reconocimiento Facial para Controlar el Acceso a la Biblioteca Daniel Rodríguez Hoyle”, (Universidad Privada del Norte – Trujillo, 2013).

**Marta Lucía Guevara (2008):** “Detección De Rostros En Imágenes Digitales Usando Clasificadores En Cascada”, (Universidad Tecnológica de Pereira – Colombia, 2008)

**Domingo Mery (2004):** “Visión por Computador”, (Universidad Católica de Chile – Santiago, 2004).

**R. Gonzalez and O. Wintz. (1991):** “Digital Image Processing.”, Addison-Wesley Publishing Co., 3 edition. (Massachusetts, 1991).

**Leandro Jiménez Rodríguez (2008):** “Procesamiento de Imágenes Biológicas”  
(Universidad Autónoma de Barcelona - Bellaterra, 2008).

**Raquel Solá Asenjo, Rafael Cabeza Laguna (2011):** “Evaluación Experimental de Detectores de Caras y Características Faciales” (Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación – Pamplona, 2011).

**Edwin Omar Ortiz G.:** “Reconocimiento de Rostros Utilizando PCA en Dispositivo DSP”, (Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Santander, Colombia).

**Jazmín Rodríguez Sánchez (2010):** “Elaboración de Algoritmos para la Extracción de Características de Rostros con Matlab”, (Instituto Politécnico Nacional, México, D.F. - 2010).

**Samira Hervella Azouzi (2006):** “Editor de Imágenes basado en Regiones. Aplicación en entorno Matlab”, (Escola Universitària d’Enginyeria Tècnica Industrial de Terrassa, Terrassa, España - 2006).

**Pamela Alejandra Pereyra:** “Reconocimiento Facial Mediante Imágenes Estereoscópicas Para Control de Ingreso”, (Universidad de Buenos Aires Facultad de Ingeniería – Buenos Aires, Argentina).

## REFERENCIAS ELECTRONICAS

**UNAM:** “II. Bases Teóricas y Sistemas Biométricos”, Facultad de Ingeniería Biometría Informática, 5 de Enero del 2016 URL:<http://redyseguridad.fi-p.unam.mx/proyectos/biometria/basesteoricas/reconocimiento.html>

**Carlos Julio Pardo (2010):** “AdaBoost”, Algoritmia para la Visión Artificial, 15 de Diciembre del 2015, URL: <https://carlosjulioph.wordpress.com/about/>

**Face Recognition:** “Face recognition with computer visión”, Mathworks, 31 de Diciembre del 2015, URL: <http://www.mathworks.com/discovery/face-recognition.html>

**Wikipedia (2015):** “Detección de caras”, Wikipedia la Enciclopedia Libre 03 de Enero del 2016, URL: [https://es.wikipedia.org/wiki/Detecci%C3%B3n\\_de\\_caras](https://es.wikipedia.org/wiki/Detecci%C3%B3n_de_caras)

**MathWorks:** “FaceRecognition”, MathWorks, URL: <http://www.mathworks.com/discovery/face-recognition.html>

## ANEXO A: DICCIONARIO DE TERMINOS

**Algoritmo:** Es un conjunto ordenado de operación la cual permite hallar soluciones a un problema.

**Biometría:** Hace referencia a las tecnologías que miden y analizan las características del cuerpo humano.

**Detección de rostros:** Es la acción de ubicar en donde se encuentra un rostro con la utilización de un ordenador.

**Hardware:** Son los componentes físicos los cuales forman una computadora.

**Imagen frontal:** Es el punto de vista donde un objeto demuestra la mayor cantidad de características.

**Inteligencia artificial:** Es tratar de que un ordenador pueda resolver problemas cotidianos.

**PCA:** Análisis de componentes principales.

**Procesamiento de imágenes:** Es la edición digital de imágenes con el uso de una computadora.

**Reconocimiento de patrones:** Consiste en extraer la información necesaria para poder establecer propiedades entre conjunto de dichos objetos.

**Reconocimiento facial:** Es la acción de identificar a una persona con la utilización de ordenador.

**Toolbox:** Conjunto de algoritmos funciones y aplicaciones para el procesamiento de imágenes.

**Segmentación:** Consiste en dividir una imagen digital en 2 o más regiones.

**Ubicación:** Hace referencia al lugar donde se encuentra un rostro con respecto al eje "x" y "y".

**Visión artificial:** Es una disciplina que incluye métodos para adquirir, procesar, analizar y comprender las imágenes del mundo real con el fin de generar información.

