



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO**

**ESCOM**

*Trabajo de Terminal*

**"Herramienta para el agrupamiento (*Clustering*) de  
imágenes de rostros"**

*2014-B085*

*Que para cumplir con la opción de titulación curricular en la carrera de*

**"Ingeniería en Sistemas Computacionales"**

*Presentan*

**Erik Frank Flores Nava**

**Laura Concepción Hernández Castillo**

**Nayeli Jannethe Hernández Ramírez**

*Directores o asesores*

M. en C. Idalia Maldonado Castillo

M. en C. José David Ortega Pacheco





**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA**



No. de TT: 2014-B085

Documento técnico

**“Herramienta para el agrupamiento (*Clustering*) de  
imágenes de rostros”**

Presentan

**Erik Frank Flores Nava<sup>1</sup>  
Laura Concepción Hernández Castillo<sup>2</sup>  
Nayeli Jannethe Hernández Ramírez<sup>3</sup>**

Directores

**M. en C. Idalia Maldonado Castillo  
M. en C. José David Ortega Pacheco**

## Resumen

El presente Trabajo Terminal tiene como propósito el desarrollo de una herramienta que permita trabajar con imágenes de rostros sin etiquetar, y se encargue de obtener posibles grupos o clusters a partir de dichas imágenes mediante el enfoque de redes neuronales artificiales con aprendizaje no supervisado.

**Palabras clave** –.Agrupamiento, Análisis de imágenes, Face Recognition, Reconocimiento de Patrones.

---

<sup>1</sup> E-mail: l.estad@live.com.mx

<sup>2</sup> E-mail: laura\_winxquer@hotmail.com

<sup>3</sup> E-mail: nayeli.hr4@hotmail.com



ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA  
DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN INTEGRAL E  
INSTITUCIONAL



COMISIÓN ACADÉMICA DE TRABAJO TERMINAL

México, D.F. a 08 de Enero de 2016

DR. FLAVIO ARTURO SÁNCHEZ GARFIAS  
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA  
DE TRABAJO TERMINAL  
P R E S E N T E

Por medio del presente, se informa que los alumnos que integran el **TRABAJO TERMINAL 2014-B085**, titulado “Herramienta para el agrupamiento (*Clustering*) de imágenes de rostros”, concluyeron satisfactoriamente su trabajo.

Los discos (DVDs) fueron revisados ampliamente por sus servidores y corregidos, cubriendo el alcance y el objetivo planteados en el protocolo original y de acuerdo a los requisitos establecidos por la Comisión que Usted preside.

ATENTAMENTE

  
M. en C. Adalberto Maldonado Castillo

  
M. en C. José David Ortega Pacheco

Directores

**Advertencia**

*“Este documento contiene información desarrollada por la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, a partir de datos y documentos con derecho de propiedad y por lo tanto, su uso quedará restringido a las aplicaciones que explícitamente se convengan.”*

*La aplicación no convenida exime a la escuela su responsabilidad técnica y da lugar a las consecuencias legales que para tal efecto se determinen.*

*Información adicional sobre este reporte técnico podrá obtenerse en:*

*La Subdirección Académica de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, situada en Av. Juan de Dios Bátiz s/n  
Teléfono:*

*57296000, extensión 52000.*

## AGRADECIMIENTOS

Principalmente quiero agradecer a mis padres, que siempre me han apoyado en todos mis proyectos y decisiones, me han brindado todo lo mejor para poder llegar hasta aquí, toda esa paciencia, y esos consejos que me alentaron para seguir adelante, es por ellos que quiero ser mejor cada día y practicar siempre los valores que me inculcaron.

También quiero agradecer a mis hermanos (Vale, César y Nacho), por brindarme su mano y su comprensión, ante todas las actividades en grupo, siempre estuvieron antes nuestros objetivos personales y profesionales, siempre fuerza y pasión para nuestros proyectos futuros.

Quiero darle un agradecimiento muy especial a Meli por apoyarme tanto e incondicionalmente en esta etapa tan importante en mi vida, al escucharme y compartir su tiempo conmigo en esos momentos difíciles y también en los más felices. A todos mis amigos por estar siempre conmigo, en especial a Lili por compartir esas clases tan amenas, y ofrecerme su sincera e incondicional amistad, también muy especialmente a Richard por enseñarme tantas cosas no sólo académicas sino experiencias de la vida que fueron y serán determinantes para tomar las mejores decisiones en la vida, gracias amigo!.

Por último quiero agradecer a mis profesores, por siempre hacer el máximo esfuerzo para dejar algo en nosotros que pueda servir a lo largo de nuestras vidas, y por compartir su pasión y amor por el conocimiento así como el hambre de aprender algo nuevo cada día.

¡Muchas gracias a todos!

**Flores Nava Erick Frank**

## AGRADECIMIENTOS

Ante todo quiero dar gracias a mi mamá Rita Castillo Miranda por el apoyo incondicional, el amor y el afecto que me ha brindado y demostrado día a día, así como creer y poner toda su confianza en mí. También te agradezco por encaminarme hasta donde me encuentro, por las pláticas, enseñanzas que me has dejado, ser mi guía para alcanzar mis metas y sé que los regaños o llamadas de atención fueron para ser una mejor mujer. Me da orgullo que seas la mujer que me dio la vida.

Agradezco a mi papá José Luis Hernández Islas por guiarme en los momentos difíciles, por brindarme tu amor y confianza, por hacer que vea mis errores y mostrarme la vida en diferentes perspectivas. Por sacrificarte en tu trabajo para que obtuviera la mejor educación y lograr mis objetivos.

Gracias a mi hermano, José Luis, por su apoyo y confianza, además de que es importante en mi vida, ya que es quien hizo que cada día fuera una mejor persona, comprometida y responsable. Aunque tengamos una gran diferencia de edades, me ha enseñado y me ha dado lecciones de vida.

A mi familia por animarme y hacer de los momentos amargos, algo divertido y del cual se debe aprender mucho, agradezco por las conviviencias y el apoyo incondicional que han tenido hacia mí.

Quiero agradecer a mi equipo de trabajo, Nayeli y Frank, por el esfuerzo, dedicación y confianza que se logró desarrollar, aunque tuvimos desacuerdos y momentos difíciles siempre tuvimos esa fortaleza para vencer todos los obstáculos que se nos interponían, además de que mantuvimos nuestra amistad.

A cada uno de mis amigos porque gracias a su forma de ser y a las vivencias que hemos compartido, me enseñaron que todo es posible si uno lo quiere.

Una gratitud especial para mis directores, M. en C. Idalia Maldonado Castillo y M. en C. José David Ortega Pacheco, por su tiempo, esfuerzo y dedicación en este trabajo, gracias por la disposición de ayudarnos cuando no sabíamos que rumbo tomar, por los comentarios, conocimientos y experiencia aportados a este trabajo.

**Hernández Castillo Laura Concepción**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por siempre concederme serenidad cuando más la necesito, por haberme guiado por el camino correcto a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad, por haberme permitido llegar hasta esta etapa de mi vida y disfrutar una vida llena de experiencias, aprendizajes y felicidad.

A mi Madre, María de Jesús por todo el apoyo que me ha brindado a lo largo de mi vida, por tener siempre esa fortaleza de salir adelante sin importar los obstáculos, por ser mi ejemplo de vida. Gracias por la paciencia que has tenido para enseñarme, por todo el amor incondicional que me das, por tus cuidados, por los regaños que merecía y no entendía, por la oportunidad que me brindaste para estudiar, por ser la mujer que me dio la vida.

A mis hermanas, Melissa y Michelle por ser parte importante de mi, por llenar mi vida de alegrías y amor cuando más lo he necesitado.

A mi abuelita, Josefina gracias por haberme cuidado cuando más lo necesite, por tu paciencia, tus consejos y el amor que me brindas día a día.

A mi familia por apoyarme siempre en momentos importantes de mi vida.

A Laura y Frank por haber sido mis compañeros de TT y mis amigos, por que a pesar de todas las diferencias y dificultades que nos encontramos en el camino seguimos adelante, sin ustedes no lo hubiera logrado.

A mis amigos, especialmete a Joel por todos los momentos que pasamos juntos, por apoyarme cuando los necesite y por haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré.

A mis directores M. en C. Idalia Maldonado Castillo y M. en C. José David Ortega Pacheco, gracias a ellos por enseñarme, aconsejarme e instruirme en el camino del buen estudiante, por darme su apoyo y su comprensión en los momentos difíciles.

**Hernández Ramirez Nayeli Jannethe**

# Índice de Contenido

1	Introducción .....	1
1.1	Problemática.....	2
1.2	Solución propuesta .....	2
1.3	Objetivo general .....	3
1.4	Objetivos particulares.....	3
1.5	Justificación.....	3
2	Estado del arte .....	4
3	Marco teórico .....	6
3.1	La imagen.....	6
3.2	Procesamiento de imágenes .....	7
3.2.1	Filtros .....	8
3.3	Agrupamiento ( <i>Clustering</i> ) .....	17
3.4	Extracción de Características .....	17
3.4.1	Técnicas globales de caracterización .....	18
3.4.2	Análisis de dominio espacial con métodos estadísticos .....	19
3.5	Algoritmos de agrupamiento.....	23
3.5.1	K-MEANS.....	24
4	Análisis general .....	27
4.1	Estudio de factibilidad.....	27
4.1.1	Factibilidad técnica .....	27
4.1.2	Factibilidad económica .....	31
4.1.3	Factibilidad operativa.....	31
4.1.4	Análisis de riesgos.....	32
4.2	Metodología .....	33
4.3	Requerimientos.....	34
4.3.1	Requerimientos funcionales (RF).....	34
4.3.2	Requerimientos no funcionales (RNF).....	34
4.4	Reglas de negocio.....	35
5	Base de Datos .....	37
6	Primer prototipo de la herramienta: Ambiente Controlado .....	40
6.1	Resumen .....	40

6.2	Alcances .....	40
6.3	Análisis.....	40
6.3.1	Escenario .....	40
6.4	Pruebas .....	45
6.4.1	Distancias .....	45
6.4.2	Ángulo de la Cámara.....	46
6.4.3	Iluminación.....	49
6.4.4	Resultados de pruebas .....	51
7	Segundo prototipo de la herramienta: Captura.....	53
7.1	Resumen .....	53
7.2	Alcances .....	53
7.3	Análisis.....	53
7.3.1	Especificaciones de la captura de Rostro .....	53
7.3.2	Cámara .....	54
7.3.3	Diagrama de casos de uso .....	55
7.4	Diseño .....	70
7.4.1	Pantallas de la herramienta.....	70
7.4.2	Diagrama de clases.....	74
7.4.3	Diagramas de secuencia .....	77
7.5	Pruebas .....	80
7.5.2	Resultados de pruebas .....	84
8	Tercer prototipo de la herramienta: Pre-Procesamiento.....	86
8.1	Resumen .....	86
8.2	Alcances .....	86
8.3	Análisis.....	86
8.3.1	Diagrama de casos de uso .....	86
8.4	Diseño .....	91
8.4.1	Pantallas de la herramienta.....	91
8.4.2	Diagrama de clases.....	94
8.4.3	Diagramas de secuencia .....	97
8.5	Pruebas .....	99
8.5.1	Filtros de suavizado.....	99
8.5.2	Filtros de detección de contornos.....	101
8.6	Resultados de pruebas .....	102

9	Cuarto prototipo de la herramienta: Extracción de características .....	104
9.1	Resumen .....	104
9.2	Alcances .....	104
9.3	Análisis.....	104
9.3.1	Diagrama de casos de uso .....	104
9.4	Diseño .....	107
9.4.1	Pantallas de la herramienta.....	107
9.4.2	Diagrama de clases.....	109
9.4.3	Diagramas de secuencia .....	112
9.5	Pruebas .....	114
9.5.1	PCA.....	114
9.5.2	PCA y distancias Euclidianas.....	114
10	Quinto prototipo de la herramienta: Agrupamiento .....	117
10.1	Resumen .....	117
10.2	Alcances .....	117
10.3	Análisis.....	117
10.3.1	Diagrama de casos de uso .....	117
10.4	Diseño .....	120
10.4.1	Pantallas de la herramienta.....	120
10.4.2	Diagrama de clases.....	121
10.4.3	Diagramas de secuencia .....	125
10.5	Pruebas .....	127
11	Sexto prototipo de la herramienta: Evaluación .....	129
11.1	Resumen .....	129
11.2	Alcances .....	129
11.3	Análisis.....	129
11.4	Pruebas .....	132
11.4.1	Resultados de pruebas .....	132
12	Conclusiones .....	154
13	Trabajo a futuro.....	155
14	Glosario.....	156
15	Catálogo de Mensajes.....	157
16	Bibliografía .....	160

## Índice de Figuras

Figura 1.1 Arquitectura de la herramienta.....	2
Figura 3.1 Matriz mxn pixeles .....	6
Figura 3.2 Aplicación de cambio de contraste en una imagen digital [23] .....	9
Figura 3.3 Comparación de imágenes aplicando filtro de eliminación de ruido. [24] .....	9
Figura 3.4 Proceso de filtro de mediana.....	10
Figura 3.5 Gráfica de la distribución normal (Gaussiana) [24].....	11
Figura 3.6 Gráfica de la distribución Gaussiana en el dominio bidimensional[24]. .....	11
Figura 3.7 Comparación de Imágenes aplicando la detección de contornos. [26] .....	13
Figura 3.8 Ventana de pixeles de 3x3 .....	15
Figura 3.9 Ovalo en triángulos.....	20
Figura 3.10 Plano 2D vertical .....	20
Figura 3.11 Plano 2D Horizontal .....	21
Figura 3.12 Dimensiones.....	22
Figura 3.13 Plano xy .....	22
Figura 4.1 Modelo de desarrollo evolutivo .....	34
Figura 5.1 Base de Datos de la Herramienta .....	38
Figura 6.1 Croquis del cubículo .....	41
Figura 6.2 Medidas del cubículo .....	41
Figura 6.3 Lámparas en forma de cono.....	42
Figura 6.4 Esquema de Posición de luz frontal [30] .....	43
Figura 6.5 Recreación del ambiente controlado.....	44
Figura 6.6 Pruebas de Captura .....	46
Figura 6.7 Distancias de la cámara a la nariz del usuario .....	47
Figura 6.8 Resultado de la hipotenusa .....	48
Figura 6.9 Resultado del ángulo calculado .....	48
Figura 6.10 Resultado del alcance de la cámara .....	49
Figura 6.11 Ley de la Reflexión.....	49
Figura 6.12 Gráfica de iluminación.....	50
Figura 6.13 Escenario del ambiente controlado .....	52
Figura 7.1 Ejemplo de la captura de rostro .....	53
Figura 7.2 Logitech HD Webcam C270[37].....	54
Figura 7.3 Diagrama de casos de uso del prototipo 2 .....	55
Figura 7.4 Diagrama de caso de uso del prototipo 2 Captura Imagen .....	58
Figura 7.5 Diagrama de caso de uso prototipo 2 Gestionar Capturas .....	65
Figura 7.6 IUR1 Principal .....	70
Figura 7.7 IUR2 Capturar Imagen.....	71
Figura 7.8 IUR3. Gestionar Capturas.....	73
Figura 7.9 Diagrama de clases del prototipo 2.....	74
Figura 7.10 Diagrama de clases (Modelo) del Prototipo 2.....	75
Figura 7.11 Diagrama de clases (Vista) del Prototipo 2.....	76
Figura 7.12 Diagrama de clases (Controlador) del Prototipo 2.....	77
Figura 7.13 Diagrama de Secuencia para el proceso Capturar Imagen.....	78
Figura 7.14 Diagrama de Secuencia para el proceso Gestionar Capturas .....	79

Figura 7.15 IUR2 Capturar imagen.....	80
Figura 7.16 Capturas de Rostro.....	81
Figura 7.17 Modificación de una captura.....	81
Figura 7.18 Registro de las 4 capturas .....	82
Figura 7.19 IUR3 Gestionar Captura .....	83
Figura 7.20 Modificar capturas de usuario.....	83
Figura 7.21 Captura en tiempo real.....	84
Figura 7.22 Operación de eliminar.....	84
Figura 8.1 Diagrama de casos de uso del prototipo 3 .....	86
Figura 8.2 IUR4. Filtros .....	92
Figura 8.3 Diagrama de clases del prototipo 3.....	94
Figura 8.4 Diagrama de clases (Modelo) del Prototipo 3.....	95
Figura 8.5 Diagrama de clases (Vista) del Prototipo 3.....	96
Figura 8.6 Diagrama de clases (Controlador) del Prototipo 3.....	97
Figura 8.7 Diagrama de Secuencia para el proceso de Filtros. ....	98
Figura 8.8 Imagen Original .....	99
Figura 8.9 Escala a grises.....	99
Figura 8.10 Prueba filtro mediana.....	100
Figura 8.11 Prueba filtro sobel.....	100
Figura 8.12 Prueba filtro laplaciano.....	101
Figura 8.13 Prueba menos laplaciano .....	101
Figura 8.14 Prueba filtro vertical laplaciano.....	102
Figura 8.15 Prueba filtro horizontal laplaciano.....	102
Figura 8.16 Resalte de bordes .....	103
Figura 9.1 Diagrama de casos de uso del prototipo 4 .....	104
Figura 9.2 IUR5 Clasificación .....	108
Figura 9.3 Diagrama de clases del prototipo 4.....	109
Figura 9.4 Diagrama de clases (Modelo) del Prototipo 4.....	110
Figura 9.5 Diagrama de clases (Vista) del Prototipo 4.....	111
Figura 9.6 Diagrama de clases (Controlador) del Prototipo 4.....	112
Figura 9.7 Diagrama de Secuencia Prototipo 4.....	113
Figura 9.8 Vector característico .....	114
Figura 9.9 Imagen con el resultado del método de cropping .....	115
Figura 9.10 Resultado de la clasificación por distancias Euclidianas .....	116
Figura 10.1 Diagrama de casos de uso del prototipo 5 .....	117
Figura 10.2 IUR5 Clasificación .....	120
Figura 10.3 Diagrama de clases del prototipo 5.....	122
Figura 10.4 Diagrama de clases (Modelo) del Prototipo 5.....	123
Figura 10.5 Diagrama de clases (Vista) del Prototipo 5.....	124
Figura 10.6 Diagrama de clases (Controlador) del Prototipo 5.....	125
Figura 10.7 Diagrama de Secuencia del Prototipo .....	126
Figura 10.8 IUR5 Clasificación .....	127
Figura 10.9 IUR5 Clasificación .....	128
Figura 10.10 IUR5 Clasificación .....	128
Figura 11.1 Grupo de datos con 3 clusters[39] .....	130

Figura 11.2 Resultado de K-MEANS con 4 clusters [39].....	130
Figura 11.3 Propiedades de foto procesada.....	133
Figura 11.4 Gráfica muestreo 1.....	135
Figura 11.5 Gráfica muestreo 2.....	136
Figura 11.6 Gráfica muestreo 3.....	137
Figura 11.7 Gráfica muestreo 4.....	138
Figura 11.8 Clasificación con 3 iteraciones .....	139
Figura 11.9 Clasificación 3 iteraciones .....	139
Figura 11.10 Vectores propios grafocado en 2D.....	141
Figura 11.11 Centros K_MEANS .....	142
Figura 11.12 Gráfica final .....	143
Figura 12.1 Pasos para el proceso de clusterización[39].....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## Índice de Tablas

Tabla 2.1 Publicaciones para Face Recognition.....	4
Tabla 2.2. Sistemas comerciales para Face Recognition.....	4
Tabla 2.3 Trabajos Terminales.....	5
Tabla 3.1. Categorías de las tareas del análisis de imágenes. [21].....	7
Tabla 4.1. Recursos de Hardware del equipo.....	27
Tabla 4.2. Recursos a adquirir.....	28
Tabla 4.3. Alternativas de Recursos de Hardware .....	28
Tabla 4.4. Características de cámaras profesionales .....	30
Tabla 4.5. Recursos de software disponibles .....	30
Tabla 4.6. Comparación de Lenguajes de Programación.....	31
Tabla 4.7. Costos de los recursos .....	31
Tabla 4.8. Clasificación de riesgos conforme a su probabilidad.....	32
Tabla 4.9. Análisis de Riesgos .....	33
Tabla 4.10. Requerimientos Funcionales .....	34
Tabla 4.11. Requerimientos No Funcionales .....	34
Tabla 5.1 Diccionario de Datos.....	39
Tabla 6.1 Rangos de Estatura de los Mexicanos .....	43
Tabla 6.2 Pruebas de la iluminación .....	51
Tabla 7.1 Descripción del CU1 Principal.....	55
Tabla 7.2 Descripción del CU2 Capturar Imagen .....	58
Tabla 7.3 Descripción del CU3 Gestionar Capturas .....	65
Tabla 8.1 Descripción del CU4Filtros.....	87
Tabla 9.1 Descripción del CU5 Extracción de Características.....	105
Tabla 10.1 Descripción del CU6 Agrupamiento .....	118
Tabla 11.1 Base de Datos.....	132
Tabla 11.2 Foto pre-procesadas .....	133
Tabla 11.3 Primer Muestreo.....	134
Tabla 11.4 Segundo Muestreo.....	135
Tabla 11.5 Tercer muestreo.....	136
Tabla 11.6 Cuarto muestreo .....	137
Tabla 11.7 Vectores propios.....	140
Tabla 11.8 Valor de centroides .....	141
Tabla 11.9 Tabla optima.....	142



## 1 Introducción

El reconocimiento facial ha sido una importante área de desarrollo debido a su importancia para la seguridad, puesto que el rostro puede tomarse como una medida biométrica, así como el iris ocular, las huellas dactilares, la voz, etc. Sin embargo, resulta un reto su utilización debido a la amplia variedad genética en los seres humanos, también intervienen factores extras que dificultan el reconocimiento de un rostro como puede ser el uso de anteojos, maquillaje o también las expresiones en el rostro de la persona que forma diferentes rasgos de expresión. Determinar la identidad de una persona basándonos en el parecido en una fotografía o alguna otra referencia, podría resultar una tarea trivial para los seres humanos, sin embargo, computacionalmente hablando, es un problema fuerte y se han desarrollado diferentes aplicaciones con el fin de reconocer rostros, pues el rostro es un factor muy importante para mantener las relaciones humanas cotidianas, además de constituir uno de los elementos fundamentales para la identidad de las personas.

La investigación en reconocimiento facial ha aumentado durante los últimos años, debido al potencial desarrollo de sistemas confiables que utilizan la información contenida en las imágenes detectadas, podemos encontrar desarrollos de aplicaciones no sólo en los centros de investigación policíaca como el FBI, sino también en usos cotidianos como el desbloqueo de nuestro celular o equipo de cómputo una vez que nos reconoce a través del rostro, así como tener acceso a edificios de índole gubernamental o privados en donde el rostro toma parte fundamental en el acceso a los mismos como índice biométrico.

Existen diversas técnicas para dar solución al problema de reconocimiento de rostros, dentro de las técnicas más utilizadas se encuentran las redes neuronales artificiales (*Artificial Neural Networks*)[4], Máquinas de Vectores Soporte (*Support Vector Machines*)[5], así como técnicas basadas en LDA (*Linear Discriminant Analysis*)[6],[7], PCA (*Principal Component Analysis*)[8],[9], ICA (*Independent Component Analysis*)[10], entre otras. La gran mayoría de los estudios realizados tienen como objetivo trabajar bajo el esquema de clasificación supervisada, es decir, contar con un conjunto de imágenes de rostros de entrenamiento con la información referente a la clase o categoría a la que pertenece cada objeto de estudio, para un clasificador, el cual posteriormente sirve para realizar el reconocimiento de rostros para distintas aplicaciones u objetivos de investigación.

El enfoque del trabajo terminal es el esquema de clasificación no supervisada.

El análisis de agrupamiento o clustering es la tarea de agrupar un conjunto de objetos de tal manera que los objetos en el mismo grupo (llamado cluster) son más similares (en un sentido u otro) entre sí que a las de otros grupos. El clustering, como tal, no es una tarea automática, sino un proceso iterativo de descubrimiento, conocimiento u optimización



multi-objetivo interactivo que involucra la prueba y falla, es decir se asume que no se tiene la información asociada a cada objeto respecto a la clase o categoría a la que pertenecen.

## 1.1 Problemática

La detección de rostros es un campo amplio donde se han realizado avances a lo largo de los últimos años y se han propuesto diversas técnicas para dar solución al problema del reconocimiento de rostros, como son en tiempo real o a través de distintas bases de datos.

Es importante el desarrollo de nuevas herramientas de reconocimiento de rostros ya que la gran mayoría de los estudios tienen como objetivo trabajar bajo el esquema de clasificación supervisada, pero con el manejo actual de grandes volúmenes de información se necesitan herramientas que cataloguen de manera automatizada o semiautomatizada ésta información, que el ser humano no sería capaz de catalogar en un tiempo considerable para tener practicidad en las aplicaciones actuales como localización de personas.

## 1.2 Solución propuesta

La solución propuesta para solucionar el problema a desarrollar tendrá la siguiente arquitectura inicial que se muestra en la Figura 1.1 Arquitectura de la herramienta.

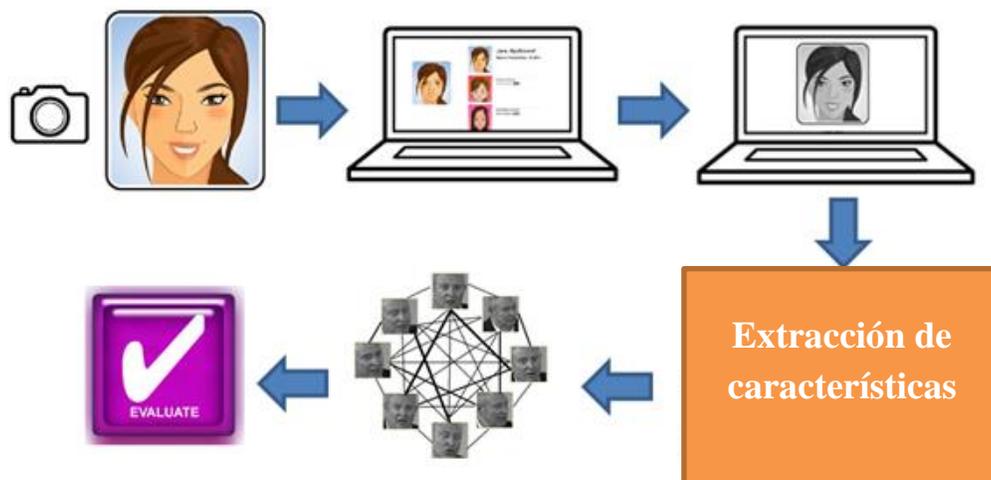


Figura 1.1 Arquitectura de la herramienta

A continuación se describe más a detalle cada uno de los bloques mostrados en la Figura 1.1 Arquitectura de la herramienta:

**Prototipo 1.- Definición de Ambiente Controlado:** En este módulo se establecerán las características y condiciones bajo las cuales vamos a poder obtener las imágenes de los rostros que formarán nuestra base de datos.



**Prototipo 2.- Prototipo de Captura:** En este módulo se obtendrán las imágenes de los rostros de manera digital mediante una cámara.

**Prototipo 3.- Prototipo de Pre-Procesamiento:** En este módulo se creará una aplicación en la cual se aplicarán filtros previamente estudiados, que serán útiles para eliminar el posible ruido obtenido en las imágenes. De esta manera se prepararán las imágenes para poder extraer las características de las imágenes de los rostros.

**Prototipo 4.- Prototipo de Extracción de características:** Una vez definidas las características o atributos que define un rostro, este módulo se va a encargar de extraerlas para obtener el vector de atributos correspondiente a cada imagen.

**Prototipo 5.- Agrupamiento:** Mediante el algoritmo seleccionado, se hará la clasificación no supervisada de los rostros utilizando los vectores del módulo anterior para formar grupos (*Clusters*) de manera no supervisada, que compartan características similares.

**Prototipo 6.- Evaluación:** En este prototipo se va a definir la forma de evaluación de la eficiencia del método elegido para la clasificación no supervisada de los rostros.

### 1.3 Objetivo general

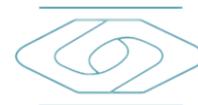
Desarrollar una herramienta que permita obtener la clasificación no supervisada de imágenes de rostros.

### 1.4 Objetivos particulares

- Estudiar el estado del arte a detalle respecto al Agrupamiento (Clustering) de imágenes de rostros.
- Estudiar y determinar las condiciones necesarias que permitan la obtención de imágenes de rostros.
- Estudiar y determinar los filtros necesarios para el pre-procesamiento de las imágenes de rostros.
- Estudiar y seleccionar los atributos que describirán a las imágenes de rostros.
- Estudiar y seleccionar el método basado en el enfoque de clasificación no supervisada a utilizar para realizar el Agrupamiento (Clustering)
- Definir la forma de evaluación del desempeño del algoritmo seleccionado.

### 1.5 Justificación

Como se ha mencionado, en la actualidad la detección de rostros es un campo de investigación muy activa y sobre la cual se han realizado avances útiles a lo largo de la última década. Es importante el desarrollo de nuevas herramientas de reconocimiento facial debido a que la gran mayoría de las aplicaciones e investigación se centra en la clasificación supervisada, pero con el manejo actual de grandes volúmenes de información, se necesitan herramientas que cataloguen de manera automatizada o semi-automatizada esta



información que el ser humano no sería capaz de catalogar en un tiempo considerable para tener practicidad en las aplicaciones actuales como localización de personas, por ejemplo.

De acuerdo a nuestra investigación preliminar del trabajo previo realizado en la introducción, no se encontraron trabajos relacionados con el agrupamiento de rostros que proporcionen un entorno de trabajo en el contexto del manejo de imágenes no etiquetadas. De acuerdo a lo anterior, se pretende desarrollar una herramienta que permita contribuir al análisis de imágenes de rostros para el manejo.

El proyecto presenta una complejidad adecuada respecto al nivel de estudio, analizada para tres integrantes y en donde se aplicarán los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera y de manera específica conocimientos en relación a las áreas de análisis de imágenes y detección de similitud mediante redes neuronales artificiales no supervisadas.

## 2 Estado del arte

A continuación se muestra una recopilación de las publicaciones que se han desarrollado con respecto a la identificación de personas.

Tabla 2.1 Publicaciones para Face Recognition

Artículo	Autores	Objetivo
<b>An Automatic Human Face Detection Method</b> [10]	Peter Peer Franco Solina	Este artículo contiene una propuesta de un método de detección de rostro humano automática, que intenta unir varias teorías propuestas por diferentes autores
<b>Face Recognition from Face Profile Using Dynamic Time Warping</b> [11]	Bir Bhanu Zhou Xioli	Este trabajo se representó el enfoque con la coincidencia con la base, lo cual no necesitará extraer todos los puntos. Tiene espacio a escala, filtrado de la imagen, extrayendo el perfil fiable
<b>Asymmetric 3D/2D face recognition based on LBP facial representation and canonical correlation analysis</b> [12]	Di Huang Yonhong wang	En esta investigación, se trata en la propuesta: esquema asimétrico de reconocimiento facial en 3D, sin embargo la detección se realiza para rostros 2D con la técnica de análisis de correlación canónica.

De igual manera se presentan sistemas comerciales de detección y rastreo de personas junto con el nombre de la compañía que los desarrolla.

Tabla 2.2. Sistemas comerciales para Face Recognition

Aplicación	Área	Aplicaciones Específicas
<b>VeriLook SDK</b> [13]	Biometría	Garantiza desempeño y confiabilidad con detección de rostro vivo, reconocimiento simultáneo de múltiples rostros y comparación rápida en modos 1:1 y 1:N.



<b>iFace800 [14]</b>	Control de Acceso	El iFace800 es un equipo de identificación facial y biométrica para el control de asistencia que cuenta con la más nueva y mejorada plataforma ZEM800 con algoritmo de rostros ZK Face 7.0 y una gran capacidad de almacenamiento. El iFace800 incorpora un procesador de alta velocidad y una cámara de alta definición con LED's infrarrojos que le permiten una identificación precisa de los usuarios aun en ambientes oscuros. Acceso a instalaciones, acceso a vehículos.
<b>FaceCrypt [15]</b>	Seguridad de la Información	Inicio de sesión, Acceso a dispositivos, cifrado de información, acceso a sitios web protegidos.
<b>Cognitec [16]</b>	Control de Acceso	Cognitec ahora ofrece una cámara de alta especialización de vídeo IP con la tecnología incorporada de detección de cara y seguimiento como un componente de su producto FaceVACS-VideoScan. La cámara FaceVACS-VideoScan C5 ofrece una calidad de imagen óptima para el reconocimiento facial en tiempo real, incluso en condiciones difíciles, mientras que requiere pocos recursos de hardware de computación y de ancho de banda.

Algunos Trabajos Terminales que se relacionan con el tema de reconocimiento facial son:

**Tabla 2.3 Trabajos Terminales**

<b>Trabajo Terminal</b>	<b>Desarrolladores</b>	<b>Resumen</b>
<b>Sistema reconstructor de rostros humanos a partir del modelo 3D de cráneo (2000-0231)</b>	Julio Cesar Batancourt Romero Graciela López Toledo	Reconstrucción facial computarizada a partir de la malla de un cráneo que se encuentra en formato VTK
<b>Sistema de Detección y Localización de Rostros Humanos en una Imagen (2001-0289)</b>	Guerrero Barcenas Oraida Ordoñez Silva Teresa	Sistema que lleva acabo la identificación de rostros mediante una cámara almacenada en una computadora, procesarla, la cual nos da la localización y posición de rostros
<b>Sistema de Reconocimiento de Personas por Medio de Rostro (2001-0338)</b>	Alcantar García Jerylin Álvarez Ramírez Ángel Aranda Alvarado Iván Martínez Correa Jesús Salazar Rodríguez Oscar	El sistema de reconocimientos de rostros obtiene la imagen del rostro por una persona capacitada, encargada del proceso de captura. La imagen debe cumplir algunos requerimientos como distancia, iluminación, etc. El proceso de reconocimiento se realiza mediante algoritmos de inteligencia artificial
<b>Reconocimiento de imágenes de rostros obtenidas a través de una cámara de seguridad mediante el análisis de imágenes y memorias asociativas (2010-0023)</b>	González Arroyo Gabriel Isaac Negrete Rosales Ruiz	Sistema para el reconocimiento a través del análisis de imágenes y el uso de memorias asociativas alfa-beta, para poder ofrecer el reconocimiento de caras humanas



### 3 Marco teórico

#### 3.1 La imagen

El hombre ha tomado la imagen como un medio fundamental para relacionarse con su entorno, este hecho es muy importante ya que durante el transcurso de nuestra vida la imagen forma parte de las relaciones que mantenemos con los seres que nos rodean. Esto surge gracias a que somos altamente visuales y la mayor parte de la información que el mundo nos ofrece es captada por el sentido de la vista. (Grau, 2010)

La visión es la capacidad para interpretar nuestro entorno como resultado de los rayos de luz que percibe el ojo, estos rayos de luz son transformados en impulsos eléctricos por dos células sensibles a la luz y que son de suma importancia: los conos y los bastones.

Los conos tienen la función de identificar tres tipos de colores por medio de los rayos de luz, existen tres diferentes clases de ellos y cada tipo determina la identificación de un color diferente (azul, rojo y verde). A diferencia de los conos, los bastones son células encargadas de identificar las formas de las imágenes captadas por el órgano visual.

Los impulsos eléctricos generados por estas células pasan al cerebro, el cual se encarga de interpretar las imágenes y poder clasificar objetos de alta complejidad. Dicha función es una de las más difíciles de igualar por una máquina, es por ello que la imagen no solo es importante en nuestra vida diaria, sino también para el área de investigación y de la computación.

Definimos una imagen digital como una matriz de  $m \times n$  posiciones o elementos denominados píxeles, estos son la unidad mínima con la que se puede medir una imagen, están ordenados y presentan intensidad y tamaño.



Figura 3.1 Matriz  $m \times n$  píxeles



### 3.2 Procesamiento de imágenes

El procesar imágenes consiste en someter a una imagen en su representación digital a determinados algoritmos, con la finalidad de obtener características y/o información de ella. Algunos de estos algoritmos tienen la tarea de tomar los valores numéricos de cada píxel y aplicarles operaciones matemáticas para alterar sus valores y obtener una nueva imagen al final del proceso. [17]

El procesamiento de imágenes tiene como principales objetivos: [18][19]

- Mejorar la calidad de la imagen evitando que se degrade (mejora de la imagen).
- Poder representar la imagen con un número de bits reducido sin perder la calidad de ésta (compresión de la imagen).
- Obtener información relevante de la imagen con el propósito de interpretar su contenido (extracción de características).
- Poder mejorar las características de la imagen (restauración de la imagen).

El primer paso para el procesamiento de imágenes es la adquisición de las mismas mediante una cámara digital o de video. Una vez obtenida la imagen, se pasa a una etapa de pre procesamiento, la cual se encarga de mejorar la imagen digital para un mejor uso en etapas posteriores, dichas mejoras pueden consistir en la eliminación de ruido aditivo o puntos a la hora de la captura de la imagen. En general, este mejoramiento va enfocado a la calidad, el contraste, brillo y color de la imagen, la eliminación de ruido, etc. Ya con la imagen pre procesada, se pasa a la etapa de *segmentación* (dividir una imagen en objetos) [20], esta etapa es la encargada de obtener características simples dependiendo del problema a resolver. La siguiente etapa es el *Reconocimiento*, dicha fase se encarga de etiquetar a los objetos reconocidos de la imagen y les da un significado de acuerdo a la información obtenida anteriormente.

Estas tareas del análisis de imágenes pueden ser divididas en cuatro categorías:

Tabla 3.1. Categorías de las tareas del análisis de imágenes. [21]

Categoría	Descripción	Procesos/Algoritmos	Tareas
<b>Nivel Computacional</b>	Hace referencia a las características de adquisición de una imagen digital, por ejemplo su tamaño.	Almacenar Presentar	Manipulación de imágenes digitales.
<b>Nivel Bajo</b>	Nivel en el cual se utilizan técnicas para trabajar con los píxeles de la imagen. Permite modificar la nitidez, color, contraste u obtener una información de grises de la imagen.	Mejoramiento de la imagen.	Procesamiento de imágenes.
<b>Nivel Medio</b>	En este nivel se realiza la extracción de características básicas de los objetos de interés, por ejemplo líneas o curvas.	Segmentación	Extracción de características simples.



<b>Nivel Alto</b>	En este nivel se interpretan las características obtenidas.	Entendimiento de imágenes.	Reconocimiento de objetos. Interpretación de imágenes. Detección semántica.
-------------------	---	----------------------------	---

### 3.2.1 Filtros

Cuando una imagen es adquirida, sea por digitalización, escaneo, transmisión, etc., ocurre una forma de degradación en el resultado de la imagen, no importa que tan sofisticado o preciso sea el sistema, no puede reproducir una réplica exacta de la escena.

La mejora de esta imagen degradada puede ser alcanzada por medio de una aplicación restauradora y/o una técnica de mejoramiento. La restauración puede ser definida como un intento de estimar la imagen original aplicando una inversión efectiva del fenómeno de degradación. Esencialmente, cualquier técnica es válida para mejorar una imagen si el resultado proporciona información adicional que no sería evidentemente apreciable en la imagen original.

Por lo tanto el término de mejoramiento de imagen se refiere al perfeccionamiento de la apariencia de ésta, incrementando el dominio de algunas de sus características, o reduciendo la ambigüedad entre las diferentes regiones de la imagen.

Las técnicas de mejoramiento de imagen pueden dividirse en tres categorías. [22]

1. Intensificación del Contraste.
2. Eliminación del Ruido.
3. Delineado de Contornos.

#### 1. Intensificación del Contraste

Uno de los defectos más comunes que se encuentran en las imágenes analizadas es la pobreza del contraste, esta deficiencia puede deberse a muchos factores al momento de la captura de la imagen como la poca o inadecuada iluminación y dicha deficiencia es visible en los histogramas de los niveles de grises de las imágenes en cuestión. Esta característica puede mejorarse escalando el histograma de la imagen, haciendo que los niveles de gris de la imagen ocupen el rango adecuado, a continuación se presenta un ejemplo de una imagen original en la cual se modifica la característica de contraste.



Figura 3.2 Aplicación de cambio de contraste en una imagen digital [23]

## 2. Eliminación de Ruido

Diferentes tipos de filtros son usados principalmente para disminuir el efecto de la aparición de ruido y rasgos borrosos que pueden estar presentes en una imagen digital. Estos indeseables efectos pueden ser por diferentes causas como errores de transmisión, ruido en el canal de comunicación, o errores de la digitalización. Durante el proceso de eliminación de ruido, las técnicas de aclaración de imágenes pueden degradar el contorno de formas de interés o sus detalles importantes. Los algoritmos de reducción de ruido han sido desarrollados en ambos dominios, dominio espacial y dominio en la frecuencia.

Los métodos de supresión de ruido están basados bajo el concepto de la homogeneidad del nivel de grises en una vecindad. Así reemplazan el nivel de gris del pixel candidato por otro nivel de gris que es más consistente con la vecindad de pixeles a su alrededor. A continuación se muestran dos imágenes, la primera presenta una gran cantidad de ruido y la segunda es una imagen que ha sido sometida a un filtro para la eliminación de dicho problema.



Figura 3.3 Comparación de imágenes aplicando filtro de eliminación de ruido. [24]

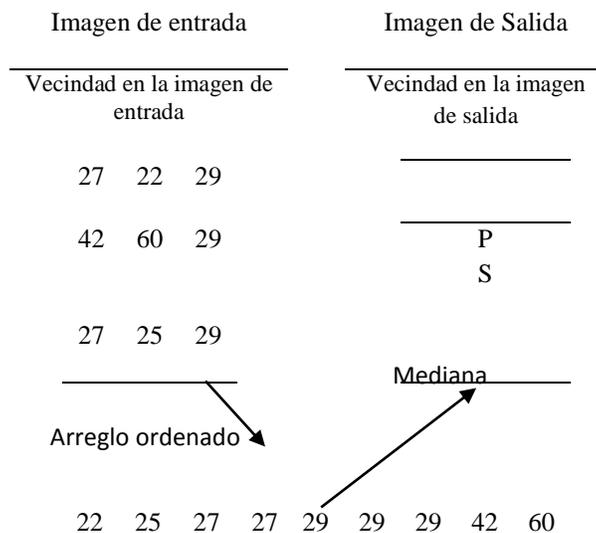
### Filtro Mediana

El filtro mediana es un procedimiento no lineal, útil para reducir el ruido blanco y de tipo sal y pimienta, los cuales se presentan frecuentemente en las imágenes digitales. El filtro mediana utiliza los valores de los pixeles contenidos en una vecindad de tamaño impar,



para determinar el nuevo valor del pixel de interés. El procedimiento consiste en ordenar todos los pixeles incluidos en la ventana en orden creciente y sustituir el pixel ubicado en el centro de la vecindad por el pixel mediano luego de la clasificación, es decir, si tenemos una secuencia discreta de tamaño N impar, entonces la mediana de tal secuencia, es aquel miembro de la secuencia, para el cual, (N-1)/2 elementos son más pequeño y (N-1)/2 elementos son más grandes.

A continuación se muestra un ejemplo de la aplicación del filtro mediana en una matriz con diferentes valores [25].



**Figura 3.4** Proceso de filtro de mediana.

Una de las propiedades del filtro de mediana, es que tiende a preservar en lo posible la información referente a los contornos de la imagen, atenuando por el contrario, variaciones impulsivas aleatorias, por dicha razón se utiliza frecuentemente. Existen diferentes posibilidades en cuanto al tipo de vecindad a considerar en la implantación del filtro, una de ellas corresponde a considerar una vecindad de N pixeles (impar), bien sea según las filas o las columnas de la imagen, otra posibilidad consiste en considerar una cruz con N pixeles en sentido vertical y N pixeles en sentido horizontal.

### Suavizado Gaussiano

El operador de suavizado Gaussiano es un operador de convolución 2-D que se utiliza para desenfocar imágenes y eliminar detalles y ruido. Utiliza un núcleo que representa la forma de una distribución gaussiana.

La distribución de Gauss en 1-D tiene la forma:

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \tag{3.1}$$



Donde  $\sigma$  es la desviación estándar de la distribución. Asumimos también que la distribución tiene una media de cero, es decir, que se centra en la línea  $x = 0$ .

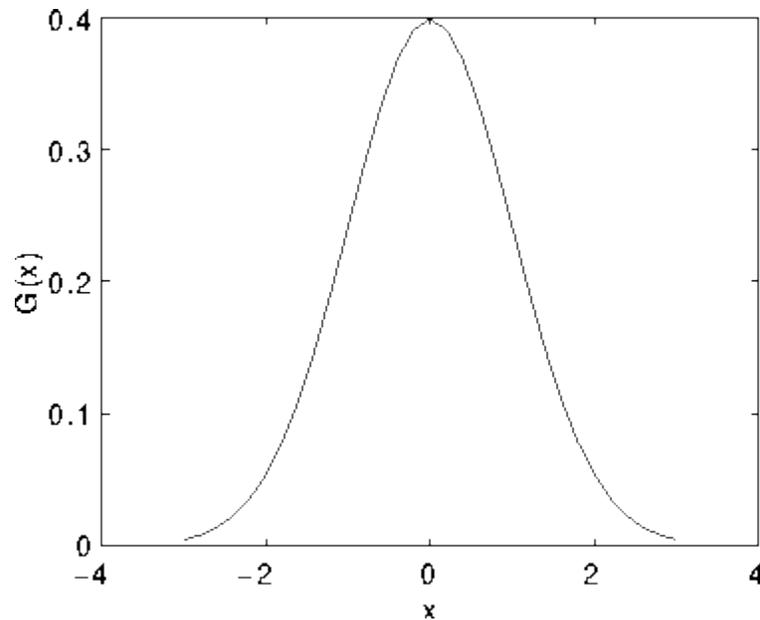


Figura 3.5 Gráfica de la distribución normal (Gaussiana) [24].

En 2-D, un isotrópico gaussiano simétrico circular tiene la forma:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad 3.2$$

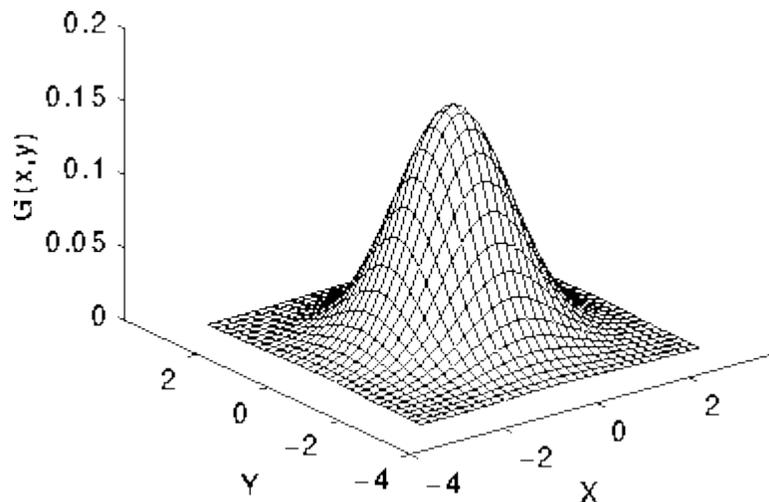


Figura 3.6 Gráfica de la distribución Gaussiana en el dominio bidimensional[24].

La idea de suavizado de Gauss es utilizar esta distribución 2-D como una función de punto de propagación, y esto se logra por convolución. Dado que la imagen se almacena como una colección de píxeles discretos, necesitamos producir una aproximación discreta a la



función de Gauss antes de poder realizar la convolución. En teoría , la distribución de Gauss no es cero en todas partes, por lo que requiere un kernel de convolución infinitamente grande, pero en la práctica es efectivamente cero más de cerca de tres desviaciones estándar de la media , por lo que puede truncar el núcleo en este punto. La Figura 3 muestra un núcleo de convolución de valor entero que se aproxima con un  $\sigma$  de 1,0. No es obvio cómo elegir los valores de la máscara para aproximarse a una gaussiana. Se podría utilizar el valor de la gaussiana en el centro de un píxel de la máscara, pero esto no es exacto debido a que el valor de la gaussiana varía de forma no lineal a través del píxel. Hemos integrado el valor de la Gaussiana sobre todo el píxel (sumando los gaussiana en incrementos de 0,001). Las integrales no son números enteros: re escalando la matriz de modo que las esquinas tenían el valor 1 Por último, el 273 es la suma de todos los valores de la máscara.

$$\frac{1}{273}$$

1	4	7	4	1
4	16	26	16	4
7	26	41	26	7
4	16	26	16	4
1	4	7	4	1

Una vez que un núcleo apropiado se ha calculado, entonces el suavizado de Gauss se puede realizar usando métodos de convolución estándar. La convolución de hecho, puede llevarse a cabo con bastante rapidez ya que la ecuación para el isotrópico gaussiano 2-D es separable en componentes  $x$  y  $y$ . Por lo tanto la convolución 2-D se puede realizar por primera convolución con la ecuación gaussiana en la dirección  $x$ , y a continuación de nuevo pero en la dirección  $y$ .

.006 .061 .242 .383 .242 .061 .006

Aquí se muestra el núcleo 1-D en la componente  $x$  que se usa para producir el núcleo completo se muestra anteriormente (después de la escala por 273, redondeando y truncando una fila de píxeles alrededor de la frontera, ya que en su mayoría tienen el valor 0. Esto reduce la matriz  $7 \times 7$  a  $5 \times 5$ ). El componente  $Y$  es exactamente el mismo pero está orientado verticalmente.

### 3. Detección de Contornos

Como se ha mencionado un problema importante para el análisis de las imágenes es la poca claridad de las formas y contornos en ellas, estos contornos son de suma importancia ya que



los seres humanos podemos reconocer el contenido de una imagen únicamente por las orillas, independientemente de los colores o la intensidad que está presente.

En procesamiento digital de imágenes, la detección de contornos es el proceso de encontrar discontinuidades agudas dentro de una imagen, las cuales son cambios abruptos en la intensidad de un pixel en comparación con sus adyacentes o vecinos.

La detección de contornos es de suma importancia ya que facilita la segmentación y permite reconocer objetos dentro de la escena de la imagen, existen dos clasificaciones para la detección de contornos:

- Métodos o técnicas basadas en gradiente.
- Múltiples respuestas a distintas orientaciones.

La detección de contornos es una de las técnicas más sensibles al ruido, es por ello que para poder realizar una mejor identificación es necesario filtrar la imagen para eliminarlo, cabe mencionar que existe una relación muy estrecha entre el ruido y los contornos, a mayor reducción de ruido menos fuerza del contorno.

Por lo general para el delineado de contornos se debe generar una imagen con fondo negro donde los contornos se identifican por estar en color blanco. En las siguientes imágenes podemos observar la detección de contornos usando una técnica basada en gradiente.

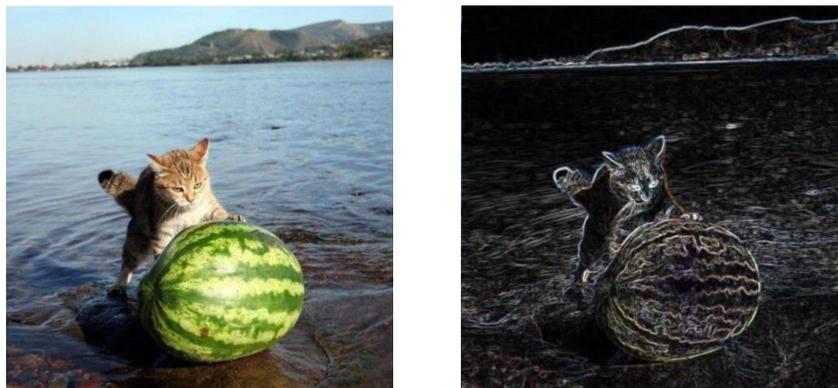


Figura 3.7 Comparación de Imágenes aplicando la detección de contornos. [26]

## Operador Gradiente

La derivada de una señal continua proporciona las variaciones locales con respecto a la variable, de forma que el valor de la derivada es mayor en la medida que estas variaciones también son mayores.

En el caso de funciones bidimensionales  $f(x,y)$ , la derivada es un vector que apunta en la dirección de la máxima variación de  $f(x,y)$  y cuyo módulo es proporcional a dicha variación. Este vector se denomina gradiente.



El gradiente de una función continua  $f(x,y)$ , y su magnitud expresa la tasa de cambio por unidad de distancia en la dirección del vector. El objetivo de los operadores gradiente es detectar cambios en los niveles de gris que tienen lugar en zonas o regiones reducidas. El gradiente y la magnitud se expresan por:

$$1. \mathbf{grad}[f(x, y)] = \left[ \frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right]^T \quad 3.3$$

$$|\mathbf{grad}[f(x, y)]| = \left[ \left( \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad 3.4$$

A la magnitud del gradiente se la conoce como fuerza del contorno y junto con la orientación del gradiente constituyen datos cruciales en la extracción de este tipo de características.

El gradiente de la fila  $G_X$  y de columna  $G_Y$  en cada punto se obtienen mediante la convolución de la imagen con las máscaras  $H_F$  y  $H_C$ .

$$G_x(i, j) = F(i, j) \otimes H_x(i, j) \quad 3.5$$

$$G_y(i, j) = F(i, j) \otimes H_y(i, j) \quad 3.6$$

Las transformaciones basadas en diferencias entre vecinos son muy sensibles al ruido. Para reducir este efecto se han propuesto diferentes ventanas. Los métodos basados en la primera derivada constituyen los métodos con más proliferación dentro de la comunidad del análisis de imágenes y visión computacional.

El proceso de determinar si un punto es contorno o no lo da si el valor del módulo del gradiente supera o no un valor de umbral dado. Se le conoce como fuerza de contorno o contraste de contorno que es la diferencia mínima en escala de grises entre el fondo y el contorno. Este parámetro puede variar por condiciones de iluminación o por diferencias en las características de la escala de grises.

### Operador de Sobel

Los operadores de gradiente, en general, tienen el efecto de magnificar el ruido subyacente en la imagen, no obstante, el detector de Sobel se puede ver como la combinación de un filtro de suavizado del ruido con un operador de aproximación imprecisa del gradiente.

Como ya se ha mencionado, utiliza una máscara de 3x3, esta máscara se mueve píxel a píxel, calculando el valor del gradiente para cada uno de ellos (el píxel central de la máscara), aplicando las fórmulas anteriormente mencionadas.

Obteniendo  $H_x$  y  $H_y$  mediante una aproximación a la derivada con la resta. Es decir, si se consideran los píxeles de la siguiente Figura 3.8 Ventana de píxeles de 3x3:



Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	Z <sub>5</sub>	Z <sub>6</sub>
Z <sub>7</sub>	Z <sub>8</sub>	Z <sub>9</sub>

Figura 3.8 Ventana de píxeles de 3x3

Las derivadas serían:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = (Z_5 + 2Z_6 - Z_9) - (Z_1 + 2Z_4 - Z_7) \quad 3.7$$

$$\frac{\partial f}{\partial y} = (Z_1 + 2Z_2 - Z_3) - (Z_7 + 2Z_8 - Z_9) \quad 3.8$$

Obtenemos:

$$H_x = \frac{1}{4} \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{vmatrix} \quad H_y = \frac{1}{4} \begin{vmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{vmatrix}$$

Una vez obtenido el valor del gradiente se decide si es un contorno o no en función de un umbral prefijado. Este proceso es común a todos los operadores.

La magnitud y orientación del vector gradiente suele aproximarse por la expresión:

$$|G(i, j)| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \approx |G_x(i, j)| + |G_y(i, j)| \quad 3.9$$

$$\phi(i, j) = \tan^{-1} \frac{G_x}{G_y} \quad 3.10$$

## Operador Canny

El filtro de detección de contornos de Canny consiste en un proceso de tres fases, en el que el usuario debe introducir tres parámetros básicos: una desviación estándar y dos valores umbral. El resultado será una imagen binaria, en la que aparecerán en negro los píxeles correspondientes a los contornos y en blanco el resto de píxeles. A continuación se pasan a describir cada una de las fases que intervienen en la aplicación del filtro de Canny [25]:

- Obtención del gradiente: en este paso se calcula la magnitud y orientación del vector gradiente en cada píxel.
- Supresión no máxima: en este paso se logra el adelgazamiento del ancho de los contornos, obtenidos con el gradiente, hasta lograr contornos de un píxel de ancho.



- Histéresis de umbral: en este paso se aplica una función de histéresis basada en dos umbrales; con este proceso se pretende reducir la posibilidad de aparición de contornos falsos.

Para la obtención del gradiente, lo primero que se realiza es la aplicación de un filtro gaussiano a la imagen original con el objetivo de suavizar la imagen y tratar de eliminar el posible ruido existente. Sin embargo, se debe de tener cuidado de no realizar un suavizado excesivo, pues se podrían perder detalles de la imagen y provocar un pésimo resultado final. Este suavizado se obtiene promediando los valores de intensidad de los píxeles en el entorno de vecindad con una máscara de convolución de media cero y desviación estándar  $\sigma$ . Las máscaras que se pueden utilizar para realizar el filtrado gaussiano son las siguientes:

$$\frac{1}{273} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 7 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 26 & 16 & 4 \\ 7 & 26 & 41 & 26 & 7 \\ 4 & 16 & 26 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 7 & 4 & 1 \end{bmatrix} \quad \frac{1}{115} \begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix}$$

Las dos imágenes generadas con estas máscaras sirven de entrada para generar una imagen con los contornos adelgazados. El procedimiento es el siguiente: se consideran cuatro direcciones identificadas por las orientaciones de  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  y  $135^\circ$  con respecto al eje horizontal. Para cada píxel se encuentra la dirección que mejor se aproxime a la dirección del ángulo de gradiente.

Para calcular el gradiente se usan las siguientes ecuaciones:

$$\mathbf{grad}[f(x, y)] = \left[ \frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right]^T \quad 3.11$$

$$|\mathbf{G}(i, j)| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \approx |G_x(i, j)| + |G_y(i, j)| \quad 3.12$$

$$\phi(i, j) = \tan^{-1} \frac{G_x}{G_y} \quad 3.13$$

De tal manera que se obtiene  $E_m$  correspondiente a la magnitud y  $E_o$  correspondiente a la orientación. Posteriormente se observa si el valor de la magnitud de gradiente es más pequeño que al menos uno de sus dos vecinos en la dirección del ángulo. De ser así se asigna el valor 0 a dicho píxel, en caso contrario se asigna el valor que tenga la magnitud del gradiente. El resultado de este paso es la imagen  $I_n$  con los contornos adelgazados, es decir,  $E_m(i, j)$  después de la supresión no máxima de puntos de contorno.



Sin embargo, la imagen obtenida suele contener máximos locales creados por el ruido. Una solución para eliminar dicho ruido es la histéresis del umbral, la cual consiste en tomar la imagen obtenida del paso anterior, tomar la orientación de los puntos de contorno de la imagen y tomar dos umbrales, el primero más pequeño que el segundo.

Para cada punto de la imagen se debe localizar el siguiente punto de contorno no explorado que sea mayor al segundo umbral. A partir de dicho punto seguir las cadenas de máximos locales conectados en ambas direcciones perpendiculares a la normal del contorno siempre que sean mayores al primer umbral. Así se marcan todos los puntos explorados y se almacena la lista de todos los puntos en el contorno conectado. Es así como en este paso se logra eliminar las uniones en forma de Y de los segmentos que confluyen en un punto.

### 3.3 Agrupamiento (*Clustering*)

El *Clustering* o agrupamiento, es una técnica que consiste en organizar los patrones de una colección en sensibles grupos (*clusters*), los cuales nos van a permitir descubrir similitudes y diferencias entre los patrones y derivar conclusiones de dichos grupos

La agrupación puede encontrarse con diferentes nombres en diferentes contextos, como sin supervisión por ejemplo: aprender y aprender sin maestro (en el reconocimiento de patrones), taxonomía numérica (en biología, ecología), tipología (en las ciencias sociales), y la partición (en teoría de grafos). [27]

El agrupamiento, es una de las actividades mentales más primitivas de los seres humanos, usado para manejar la enorme cantidad de información que reciben todos los días. Procesar cada pieza de información como una entidad única sería imposible. Por lo tanto, los seres humanos tienden a categorizar las entidades (es decir, objetos, personas, eventos) en conglomerados. Cada grupo es entonces caracterizado por los atributos comunes de las entidades que contiene.

Los pasos básicos que un experto debe seguir para desarrollar una tarea de agrupamiento son los siguientes:

### 3.4 Extracción de Características

El rostro humano puede ser tomado como una medida biométrica debido a que las facciones que posee cada rostro es único. Aunque el reconocimiento facial resulta natural para los seres humanos, dotar a una máquina de esta habilidad resulta bastante difícil. Dos tipos de problemas tienen que ser resueltos para llevar a cabo esta tarea; Extracción de características y clasificación de los rostros.

La extracción de características en imágenes y secuencias de imágenes faciales, consiste en extraer información asociada con la activación de los diferentes músculos del rostro, esta tarea puede realizarse en forma global u holística (análisis sobre el que se centrará este



documento) en donde se analiza el rostro como un solo conjunto o localmente en donde se seleccionan regiones de interés del rostro como ojos cejas y boca. Adicionalmente los métodos de extracción de características faciales se pueden clasificar de acuerdo a su enfoque en: características faciales de movimiento o deformaciones del rostro. Al análisis de movimiento se le denomina análisis dinámico, en este se realiza un seguimiento de la velocidad y dirección de desplazamiento de píxeles de la imagen, entre las técnicas más empleadas se tiene el flujo óptico (optical flow) con trabajos de Essa, Wu, Bartlett, Yacob el seguimiento de flujo (dense flow) por Lien y el seguimiento de características puntuales (pointtracking) por Otsuka y Tian. Las deformaciones se caracterizan por los cambios de forma y textura que indican gradientes espaciales altos y pueden ser analizadas tanto en el dominio espacial como en el dominio de la frecuencia, para esta tarea se han usado con frecuencia técnicas como: PCA, ICA, LDA, transformada Wavelet y transformada de Gabor. Entre las características faciales a extraer se pueden distinguir dos tipos: las transitorias que abarcan diferentes clases de arrugas y abultamientos y se producen debido a las expresiones faciales y las no transitorias, que siempre están presentes en el rostro, entre ellas se encuentran los ojos, las cejas y la boca, y a diferencia de las primeras siempre están presentes en las expresiones faciales.

### 3.4.1 Técnicas globales de caracterización

#### Análisis dinámico

Dentro de los métodos que aproximan movimientos quizás el más estudiado ha sido el flujo óptico, este refleja los cambios de la imagen durante un intervalo de tiempo. La estimación del flujo óptico es un tema que ha sido abordado básicamente de dos formas: calculando gradientes o realizando segmentación.

El método de Singh ha sido comúnmente usado por permitir una buena representación de movimientos sutiles, el autor calcula el flujo óptico fusionando dos estimaciones cada una acompañada por una medida de confianza dada en términos de matrices de covarianza. El método consta de dos pasos: en el primero se calcula el SSD para obtener una medida de similitud entre la vecindad de un píxel en una primera imagen y la vecindad del mismo píxel (igual intensidad) en una segunda imagen y a partir de esta se realiza una primera estimación de las velocidades de desplazamiento de cada píxel. En el segundo paso se propagan las velocidades de cada punto a su vecindad asumiendo que estas corresponden a la velocidad del punto central; al igual que en el primer paso se realiza una estimación de la velocidad a partir de una medida de similitud de distancia (por ejemplo una función Gaussiana) y se calcula también su correspondiente matriz de covarianza



### 3.4.2 Análisis de dominio espacial con métodos estadísticos

En la extracción de características por medio de procesos holísticos espaciales se utilizan por lo general imágenes en niveles de gris. Entre estos estudios se encuentran: PCA e ICA los cuales usan representaciones del rostro encontradas por métodos estadísticos no supervisados típicamente que encuentran un conjunto de imágenes bases y representan los rostros como una combinación lineal de estas imágenes bases.

#### 3.4.2.1 Análisis de componentes principales (PCA)

PCA es una técnica tradicional de proyección sobre un subespacio para reconocimiento de caras, es probablemente la más utilizada también. Se tiene un set de imágenes de entrenamiento  $\mathbf{I}$ . Como primer paso se computa la imagen promedio de  $\mathbf{I}$  y se le resta a cada una de las imágenes de entrenamiento, obteniendo el set de datos:

$$i_1; i_2; \dots; i_n \in \mathbf{I} - \bar{\mathbf{I}} \quad 3.14$$

Luego se compone una matriz  $X$  tal que cada columna es una imagen de muestra.  $X X^T$  es la matriz de covarianza de las muestras de entrenamiento y las componentes principales de la matriz de covarianza se computan resolviendo

$$\mathbf{R}^T (\mathbf{X} \mathbf{X}^T) \mathbf{R} = \Lambda \quad 3.15$$

donde  $\Lambda$  es la matriz diagonal de valores propios y  $R$  es la matriz de vectores propios ortonormales.

Se puede ver geoméricamente que  $R$  es una matriz de cambio de base que rota los antiguos ejes a los ejes propios, donde el vector propio con valor propio más grande se corresponde con el eje de máxima varianza, el asociado con el segundo más grande se corresponde con la segunda mayor varianza y es ortogonal con el anterior y así sucesivamente.

Finalmente, nos quedamos con los  $n$  vectores propios de mayor valor propio asociado. El parámetro de compresión en este caso es precisamente  $n$  dado que indica la dimensión del vector de características que va a representar a la imagen original. Cada coeficiente de la representación de la imagen se obtiene proyectándola sobre cada uno de los vectores de la base PCA. [28]

Ejemplo:

A menudo es útil para medir los datos en términos de sus componentes principales en lugar de en un eje normal  $xy$ . ¿Cuáles son los componentes principales, entonces? Son la estructura subyacente en los datos. Ellos son las direcciones donde se encuentra la mayor varianza, las direcciones donde los datos son más disperso. Esto es más fácil de explicar a modo de ejemplo. He aquí algunos triángulos en la forma de un óvalo:

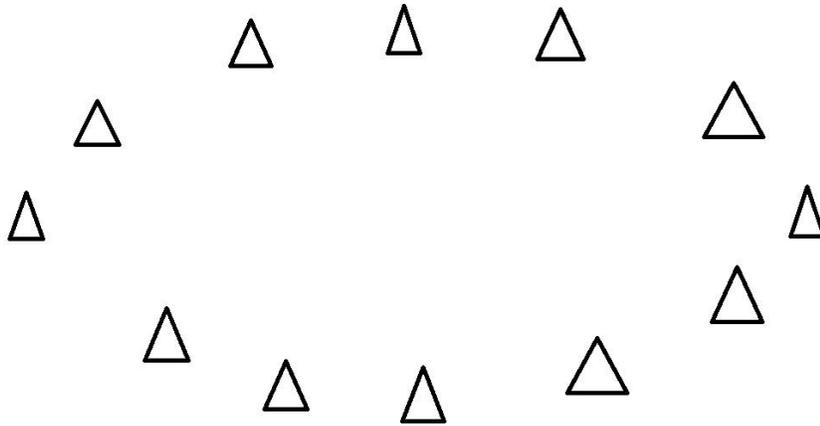


Figura 3.9 Ovalo en triángulos

imaginan que los triángulos son puntos de datos. Para encontrar la dirección donde hay más variación, encontrar la línea recta, donde los datos son más hacia fuera cuando se proyecta sobre ella. Una línea recta vertical con los puntos proyectados en que se verá así:

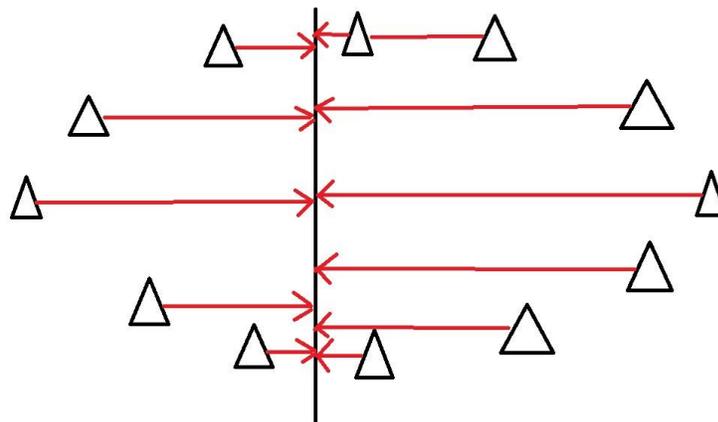


Figura 3.10 Plano 2D vertical

que los datos no está muy extendido aquí, por lo tanto, no tiene una gran variación. Probablemente no es el principal componente.

Una línea horizontal son con líneas proyectadas en se verá así:

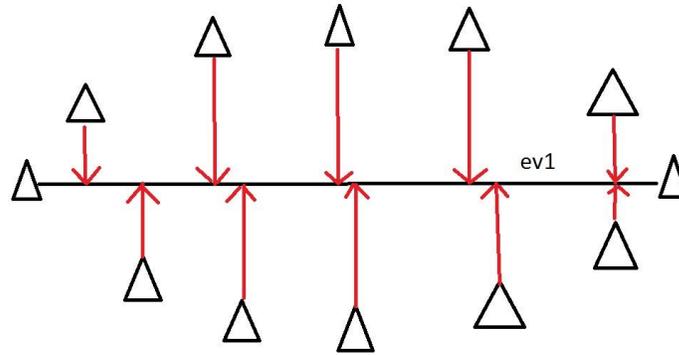


Figura 3.11 Plano 2D Horizontal

En esta línea los datos son mucho más hacia fuera, tiene una gran variación. De hecho, no es una línea recta se puede dibujar que tiene una varianza más grande que una horizontal. Por lo tanto, una línea horizontal es el componente principal en este ejemplo.

Por suerte podemos usar las matemáticas para encontrar el componente principal en lugar de dibujar líneas y triángulos de formas irregulares. Aquí es donde los vectores propios y valores propios vienen.

Cuando lleguemos a un conjunto de puntos de datos, como los triángulos anteriores, podemos deconstruir el conjunto en vectores propios y valores propios. Existen vectores propios y valores en pares: cada vector propio tiene un valor propio correspondiente. Un vector propio es una dirección, en el ejemplo anterior el vector propio era la dirección de la línea (vertical, horizontal, 45 grados, etc.). Un valor propio es un número, que le dice lo mucho varianza existe en los datos en esa dirección, en el ejemplo anterior, el valor propio es un número que nos dice cómo hacia fuera los datos están en la línea. Por consiguiente, el vector propio con el mayor valor propio es el componente principal. La razón de esto es que los vectores propios poner los datos en un nuevo conjunto de dimensiones, y estas nuevas dimensiones tienen que ser igual a la cantidad original de dimensiones.

Estas son las dos dimensiones que mi conjunto de datos se mide actualmente en Ahora recuerde que el componente principal del óvalo fue una división de línea it formas largas.:

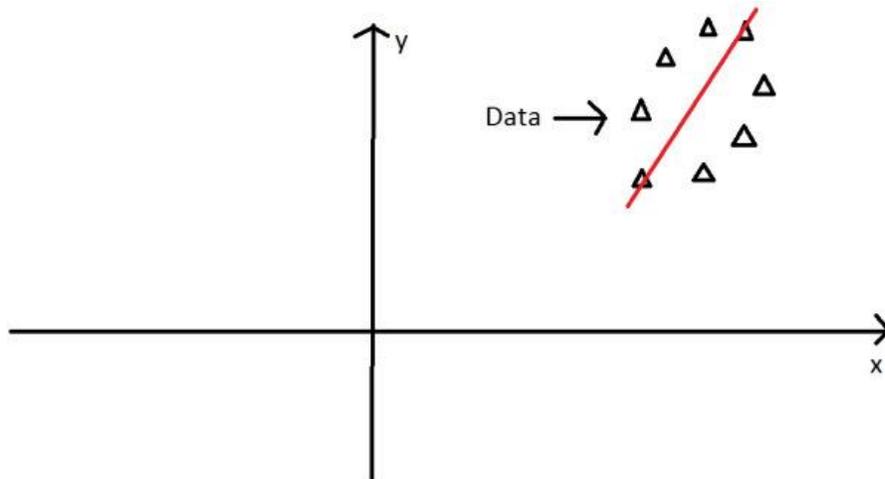


Figura 3.12 Dimensiones

Resulta que el otro vector propio (recuerde que sólo dos de ellos son, ya que es un problema en 2-D) es perpendicular al componente principal. Como hemos dicho, los vectores propios tienen que ser capaces de abarcar toda la zona xy, con el fin de hacer esto (mayor eficacia), las dos direcciones tienen que ser ortogonales (es decir, 90 grados) entre sí. Es por esto que el eje X e Y son ortogonales entre sí en el primer lugar. Sería muy raro si el eje y estaba a 45 grados con respecto al eje x. Así que el segundo vector propio se vería así:

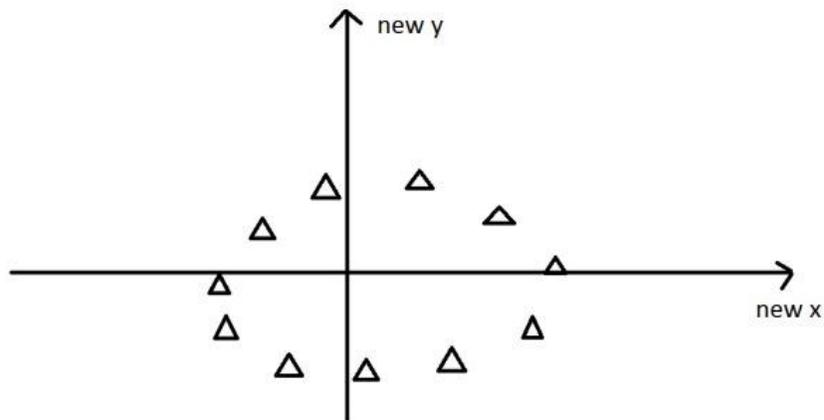


Figura 3.13 Plano xy



PCA se puede utilizar para reducir las dimensiones de un conjunto de datos. Reducción de la dimensión es análogo a estar filosóficamente reduccionista: Reduce los datos abajo en sus componentes básicos, quitando las partes innecesarias.

### 3.5 Algoritmos de agrupamiento

Un algoritmo de agrupamiento (clustering) es un procedimiento de agrupación de una serie de vectores de acuerdo con un criterio. Esos criterios son por lo general distancia o similitud.

La cercanía se define en términos de una determinada función de distancia, como la euclídea, aunque existen otras más robustas o que permiten extenderla a variables discretas. La medida más utilizada para medir la similitud entre los casos es la matriz de correlación entre los  $n \times n$  casos.

El representar los datos por una serie de clusters, conlleva la pérdida de detalles, pero consigue la simplificación de los mismos. Clustering es una técnica más de Machine Learning, en la que el aprendizaje realizado es no-supervisado (unsupervised learning).

Una gran variedad de algoritmos de clustering han surgido en los últimos años, los cuales se pueden clasificar en:

- Métodos Jerárquicos
- Algoritmos Divisivos
- Algoritmos Aglomerativos
- Métodos de Particionado y Recolocación
  - Clustering Probabilístico
  - Métodos de los k-vecinos (k-means)
  - Métodos de las k-medias
- Algoritmos Basados en Densidad
  - Clustering de Conectividad Basada en Densidad
  - Density-Based Connectivity Clustering
  - Clustering basado en Funciones de Densidad
- Métodos Basados en Rejillas
- Métodos Basados en la Coocurrencia de Datos Categóricos
- Clustering Basado en Restricciones
- Algoritmos para Datos de Grandes Dimensiones
  - Clustering Subespacial
  - Técnicas de Co-Clustering



### 3.5.1 K-MEANS

Se trata de un algoritmo clasificado como Método de Particionado y Recolocación. El método de las k-means, es hasta ahora el más utilizado en aplicaciones científicas e industriales. El nombre le viene porque re- presenta cada uno de los clusters por la media (o media ponderada) de sus puntos, es decir, por su centroide. Este método únicamente se puede aplicar a atributos numéricos, y los outliers le pueden afectar muy negativamente. Sin embargo, la representación mediante centroides tiene la ventaja de que tiene un significado gráfico y estadístico inmediato. La suma de las discrepancias entre un punto y su centroide, expresado a través de la distancia apropiada, se usa como función objetivo.

La función objetivo, suma de los cuadrados de los errores entre los puntos y sus centroides respectivos, es igual a la varianza total dentro del propio cluster. La suma de los cuadrados de los errores se puede racionalizar, como el negativo del log-likelihood, para modelos mixtos que utilicen distribuciones normales. Por lo tanto, el método de las k-medias se puede derivar a partir del marco probabilístico (ver subsección Clustering Probabilístico del libro de Mitchell).

k-means clustering es un método de cuantificación vectorial, originario de procesamiento de señales, es popular para el análisis de conglomerados en la minería de datos. k-medios agrupación pretende dividir n observaciones en grupos k en la que cada observación pertenece a la agrupación con la media más cercano, que sirve como un prototipo de la agrupación.

K-means (MacQueen, 1967) es uno de los algoritmos de aprendizaje sin supervisión más sencillas que resuelvan el problema de la agrupación conocida. El procedimiento sigue una manera simple y fácil de clasificar un conjunto a través de un cierto número de grupos de datos dado (asumir racimos k) fijado a priori.

Ejemplo:

Como una simple ilustración de un algoritmo de k-medias, considere el siguiente conjunto de datos que consta de las puntuaciones de dos variables en cada uno de siete personas:

Subject	A	B
1	1.0	1.0
2	1.5	2.0
3	3.0	4.0
4	5.0	7.0
5	3.5	5.0
6	4.5	5.0
7	3.5	4.5

Este conjunto de datos se agrupan en dos grupos. Como primer paso en la búsqueda de una partición inicial sensata, que los valores de A y B de las dos personas más alejadas (utilizando la medida de distancia euclidiana), definir los medios de conglomerados iniciales, dando:



	Individual	Mean Vector (centroid)
Group 1	1	(1.0, 1.0)
Group 2	4	(5.0, 7.0)

Los individuos restantes son ahora examinados en secuencia y se asignan al clúster a los que están más cerca, en términos de distancia euclídea al clúster significar. El vector medio se vuelve a calcular cada vez que un nuevo miembro se añadió. Esto conduce a la siguiente serie de pasos:

Step	Cluster 1		Cluster 2	
	Individual	Mean Vector (centroid)	Individual	Mean Vector (centroid)
1	1	(1.0, 1.0)	4	(5.0, 7.0)
2	1, 2	(1.2, 1.5)	4	(5.0, 7.0)
3	1, 2, 3	(1.8, 2.3)	4	(5.0, 7.0)
4	1, 2, 3	(1.8, 2.3)	4, 5	(4.2, 6.0)
5	1, 2, 3	(1.8, 2.3)	4, 5, 6	(4.3, 5.7)
6	1, 2, 3	(1.8, 2.3)	4, 5, 6, 7	(4.1, 5.4)

Ahora la partición inicial ha cambiado, y los dos grupos en esta etapa con las siguientes características:

	Individual	Mean Vector (centroid)
Cluster 1	1, 2, 3	(1.8, 2.3)
Cluster 2	4, 5, 6, 7	(4.1, 5.4)

Pero todavía no podemos estar seguros de que cada individuo se le ha asignado al clúster derecha. Así, se compara la distancia a cada individuo a su propio clúster media y al que de la agrupación opuesto. Y nos encontramos con:

Individual	Distance to mean (centroid) of Cluster 1	Distance to mean (centroid) of Cluster 2
1	1.5	5.4
2	0.4	4.3
3	2.1	1.8
4	5.7	1.8
5	3.2	0.7



6	3.8	0.6
7	2.8	1.1

Sólo individuo 3 es más cerca de la media del grupo opuesto (Grupo 2) no sean los suyos (Grupo 1). En otras palabras, la distancia de cada individuo a su propia media clúster debe ser menor que la distancia a la media del otro grupo (que no es el caso con individuo 3). Por lo tanto, individuales 3 se traslada a la Categoría 2 que resulta en la nueva partición:

	Individual	Mean Vector (centroid)
Cluster 1	1, 2	(1.3, 1.5)
Cluster 2	3, 4, 5, 6, 7	(3.9, 5.1)

La reubicación iterativo sería ahora continuará a partir de esta nueva partición hasta que no se produzcan más deslocalizaciones. Sin embargo, en este ejemplo cada individuo es ahora más cerca de su propio clúster significa que el del otro grupo y las paradas de iteración, la elección de la última partición como la solución final clúster.

Además, es posible que el algoritmo de k-medias no va a encontrar una solución final. En este caso, sería una buena idea considerar detener el algoritmo después de un máximo pre-elegido de iteraciones.



## 4 Análisis general

El análisis es una etapa del desarrollo de software que tiene como finalidad ayudar al desarrollador a entender los deseos del cliente, delimitar la funcionalidad de la herramienta y analizar la factibilidad del mismo, para poder brindar una solución total al problema presentado.

### 4.1 Estudio de factibilidad

El estudio de factibilidad sirve para estimar los recursos necesarios para el desarrollo del proyecto, el éxito de la implementación está determinado por el grado de factibilidad que se presente en tres aspectos a evaluar: técnico, económico y operativo.

#### 4.1.1 Factibilidad técnica

La factibilidad técnica consiste en realizar una evaluación de la tecnología con la que cuenta el equipo de trabajo, en este estudio se muestra la información recolectada sobre los componentes técnicos con los que se cuenta y la posibilidad de hacer uso de los mismos en el desarrollo e implementación de la herramienta propuesta y de ser necesario, los requisitos tecnológicos que deben ser adquiridos para el desarrollo y puesta en marcha de la herramienta.

De acuerdo a los requisitos de la herramienta se evaluaron sus componentes bajo dos enfoques: hardware y software.

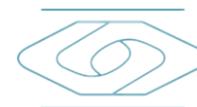
#### Hardware

Respecto al hardware se requiere de un equipo de cómputo que procese las imágenes capturadas de los rostros y una cámara con conexión USB capaz de capturar rostros en un ambiente controlado.

El equipo de trabajo sólo cuenta con las computadoras personales (LAPTOP) para el procesamiento de las imágenes y los algoritmos, las cuales se detallan en la Tabla 4.1. Recursos de Hardware del equipo

Tabla 4.1. Recursos de Hardware del equipo

Recurso	Características
<b>Laptop Sony Vaio Z</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Procesador Intel(R) Core(TM) i5-2410M 2.30GHz</li><li>• 6 GB memoria RAM</li><li>• 119 GB de disco Duro</li></ul>
<b>MacBook Air 11.6''</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Procesador 1.3 GHz intel Core i5</li><li>• 4GB memoria RAM</li><li>• 128GB de disco duro</li></ul>
<b>Lenovo IdeaPad Y480</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Procesador Intel(R) Core(TM) i5</li><li>• 4GB memoria RAM</li><li>• 160 GB de disco duro</li></ul>



Por otra parte, se investigaron las características de los recursos con los que el equipo no cuenta y por ende debe adquirir. Dichos recursos deben de cumplir con algunas características para que puedan ser contempladas para la implementación del proyecto, en la Tabla 4.2. Recursos a adquirir se muestran los recursos.

**Tabla 4.2. Recursos a adquirir**

<b>Recurso</b>	<b>Características</b>
<b>Cámara</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tipo de sensor CDD de preferencia, puede ser CMOS.</li><li>• Tamaño de imagen de 640x480 o mayor.</li><li>• Tipo de conexión: USB 2.0 o IP</li></ul>

A partir de estas características deseables por el equipo de desarrollo, se investigaron algunas alternativas que cumplen o se apegan a las propiedades deseadas con el objetivo de poder considerarlas para el desarrollo de este proyecto. Las cuales se presentan en la Tabla 4.3. Alternativas de Recursos de Hardware

**Tabla 4.3. Alternativas de Recursos de Hardware**

<b>Recurso</b>	<b>Características</b>	<b>Precio</b>
<b>Cámara web Logitech C310</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tipo de sensor: CMOS</li><li>• Tamaño de la imagen: hasta 5MP</li><li>• Resolución del Video: Hasta 1280 x 720 píxeles</li><li>• Tipo de conexión: USB 2.0</li></ul>	\$656.76
<b>Cámara web Logitech C270</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tipo de sensor: CMOS</li><li>• Tamaño de la imagen: hasta 3MP</li><li>• Resolución del Video: Hasta 1280 x 720 píxeles</li><li>• Tipo de conexión: USB 2.0</li></ul>	\$385.44
<b>HD Wing Camera Hobbyking</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tipo de sensor: CMOS</li><li>• Tamaño de la imagen : 5 Megapíxeles</li><li>• Resolución de Video: 1280x720p 30fps</li><li>• Tipo de conexión: USB 2.0, salida AV</li></ul>	\$557.7
<b>HD Webcam 1080p</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tipo de sensor: CMOS</li><li>• Resolución 5.0 Mega Pixel</li><li>• Resolución de Video: 1920x1080 30fps</li><li>• Tipo de conexión: USB 2.0, salida AV</li></ul>	\$1,166.25

El propósito de este equipo es:

- Convertir una imagen analógica a una imagen digital comprimida. Algunas cámaras y/o servidores tienen un microprocesador de compresión adicional además de la CPU principal para tal propósito.



- Proporcionar acceso a la imagen a través de la red IP. por lo general estas cámaras ejecutar un servidor web, el cual proporciona la capacidad no sólo para acceder a imágenes digitales, sino también información de configuración de la cámara a través del protocolo HTTP.

Hoy en día, las cámaras digitales cuentan con un sinnúmero de opciones extras que se pueden aplicar tanto a las imágenes que permanecen en la memoria como también a la toma de videos con o sin sonido. Todos estos materiales multimedia pueden ser luego trabajados en la misma cámara al poderse mejorar su calidad, sus colores, su sonido, agregarles efectos especiales, etc., A continuación se listan los puntos más importantes que un Fotógrafo profesional busca en las cámaras profesionales.

- **Los megapíxeles no son lo más importante:** Realmente el número de megapíxeles no es el único factor a tener en cuenta si lo que se necesita, son fotos de gran calidad o avanzadas. Actualmente es usual que las cámaras tengan entre 14 y 16 megapíxeles, lo que unido a un buen sensor, procesador y óptica, le darán las imágenes que busca.
- **Sensor:** entre más grande sea este, mejor calidad de imagen tendrá la fotografía. Para una cámara profesional, el sensor debe estar entre APS-C (23.6 mm x 15.6 mm).
- **Procesador:** Dependiendo de la marca, puede recibir diferentes nombres, lo importante es que sea rápido y procese bien la información de color.
- **La óptica:** debe ser de cristal y que entre más luminosa sea mejores fotos va a tomar, sobre todo en situaciones con baja luz. Cuando pregunte por una óptica tenga en cuenta que, entre menor sea el número, mayor la luminosidad. Por ejemplo, un lente con luminosidad F2.8 es más luminoso que uno con luminosidad F4.
- **Modos Manuales:** Es bueno que su cámara permita que se maneje manualmente. Es decir, que se puedan modificar velocidades de disparo, apertura de diafragma y enfoque. Usualmente, las cámaras que cuentan con estas opciones tienen un dial en la parte superior de la cámara con las letras P, S, A y M que identifican la posibilidad de ajustar la exposición de la cámara para lograr fotos únicas.
- **Los lentes intercambiables:** Si quiere mejor calidad de imagen, lo mejor es que consiga una cámara con lentes intercambiables. Tenga en cuenta que esto le puede dar una fotografía especial para cada escena que desee resaltar.
- **La memoria:** Las imágenes que toman las cámaras profesionales son de gran tamaño, gracias a su calidad, por lo que se recomienda tener una tarjeta mínimo de 16GB y que sea de alta velocidad, mínimo clase 10.

En el mercado existen cámaras que cuentan con las características descritas anteriormente, la adquisición de estas cámaras representa un elevado costo para el proyecto como se muestra en la Tabla 4.4. Características de cámaras profesionales; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, sin embargo, el trabajo terminal no necesita hacer uso de una



cámara profesional de las mencionadas anteriormente ya que nuestro enfoque es procesar la imagen para hacer más fácil la detección de ciertas características de la imagen para posteriormente evaluarlas con el aprendizaje no supervisado de una red neuronal.

**Tabla 4.4. Características de cámaras profesionales**

<b>Cámara</b>	<b>Pixeles</b>	<b>Sensor</b>	<b>Precio</b>
<b>CANON EOS REBEL T5I 18-55</b>	<b>18MP</b>	Sensor APS-C	<b>\$10,499.00</b>
<b>Canon EOS Rebel T5I 18-135</b>	<b>18MP</b>	Sensor APS-C	<b>\$11,899.00</b>
<b>NIKON D5200</b>	<b>24 MP</b>	Sensor CMOS de 24.1 MP de formato DX	<b>\$13,599.00</b>
<b>SONY ALPHA SLT-A58K</b>	<b>20MP</b>	Sensor óptico CMOS	<b>\$6,669.32</b>
<b>Nikon Reflex D610</b>	<b>24.3MP</b>	Sensor CMOS de formato FX	<b>\$36,259.00</b>

## Software

El software con el que debemos de contar para el desarrollo de la herramienta en cada uno de los equipos de cómputo son los sistemas operativos compatibles con los drivers de los fabricantes de las cámaras a utilizar. Como se especifica anteriormente los integrantes cuentan con equipos de cómputo personales; estos, tienen instalados tres sistemas operativos; por un lado una versión de Microsoft Windows, por otro alguna distribución de Linux y Mac Os X. En la Tabla 4.5. Recursos de software disponiblesTabla 4.5. Recursos de software disponibles se muestran los recursos con lo que se cuenta.

**Tabla 4.5. Recursos de software disponibles**

<b>Cantidad</b>	<b>Recursos</b>
<b>1</b>	Windows 7 Professional
<b>2</b>	OS X 10.8.5
<b>3</b>	Linux Ubuntu 14.02

Debido a lo anterior, el sistema operativo utilizado será Linux Ubuntu 14.04 ya que ofrece una fácil instalación de la librería de procesamiento de imágenes (OpenCV 2.4.8) que es compatible con el entorno de desarrollo a utilizar (QT 5.2), el cual es multiplataforma.

Para el desarrollo de esta herramienta se optó por el lenguaje de programación C++, ya que cumple con todas las características necesarias para el desarrollo de la herramienta como: portabilidad, paradigma orientado a objetos, además de interfaces graficas amigables con el usuario. Se hicieron pruebas con otros lenguajes de programación que tuvieran librerías compatibles para el procesamiento de video como C# con AForge y EmguCV; sin embargo, C++, que es compatible con la librería OpenCV, ofrece más opciones en cuanto a la manipulación de imágenes, además de que es el lenguaje más rápido en cuanto a procesamiento de imágenes:

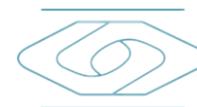


Tabla 4.6. Comparación de Lenguajes de Programación

Características	C++	C#	Java
Plataforma	Multiplataforma	Microsoft	Multiplataforma
Paradigma	Orientado a Objetos	Orientado a Objetos	Orientado a Objetos
Portabilidad	Si, depende del compilador	Platform Invocation Services	JVM
Librería para Manipulación de Video	OpenCV	Aforge EmguCV	OpenCV (2.4.4 o superior)
Costo	Libre	MXN\$6,611.00	Libre

#### 4.1.2 Factibilidad económica

El estudio de factibilidad económica permite analizar los costos y beneficios económicos que se obtendrán con el desarrollo del proyecto, sin importar que la implementación de la herramienta sea un prototipo sin fines lucrativos.

Como se mencionó anteriormente en el análisis de factibilidad técnica, el equipo de trabajo no cuenta con parte de hardware necesario para la implementación del proyecto. Por ello, en esta sección se contemplan solamente los costos de adquisición en los que se tendría que incurrir. Dichos costos están representados en un estimado a partir de las alternativas que se presentaron en el apartado anterior, anexando los costos de los recursos con los que se cuenta. Tabla 4.7. Costos de los recursos

Tabla 4.7. Costos de los recursos

Recurso	Costo
Cámara	\$ 475.00
Lamparas	\$1,500.00
Tela difusora de luz	\$150.00
Laptop Sony VAIO Z	\$ 12,000.00
Laptop Lenovo IdeaPad Y480	\$ 12,592.00
Laptop MacBook Air 11.6”	\$14,599.00
Total	\$41,316.00

#### 4.1.3 Factibilidad operativa

El estudio de factibilidad operativa nos ayuda a determinar si el proyecto puede ser implementado y completado para lograr sus objetivos. Puede ser visto desde dos puntos: recursos humanos para la implementación del proyecto y recursos necesarios para la puesta en marcha del proyecto.



## Recursos humanos para la implementación del proyecto

El equipo de trabajo cuenta con los conocimientos necesarios para el desarrollo del proyecto, mediante las tecnologías seleccionadas. Por lo que es factible que el proyecto sea implementado.

## Recursos necesarios para la puesta en marcha del proyecto

El proyecto se quedará como un prototipo, por lo que no se necesitan recursos extras para una implantación y puesta en marcha de la herramienta dentro de una empresa, aunque el proyecto puede ser extendido o mejorado para su implantación.

### 4.1.4 Análisis de riesgos

El proceso de análisis de riesgos es de utilidad para conocer y de alguna manera tratar de reducir algunas actividades, ideas o actitudes que amenazan con la completa y eficaz elaboración del proyecto.

El primer paso para llevar a cabo el análisis de riesgos es identificarlos. Una manera sencilla para identificar los riesgos es incluirlos dentro de alguna de las siguientes clasificaciones: riesgos organizacionales, riesgos sobre el personal, riesgos tecnológicos, riesgos sobre cambios en los requerimientos y riesgos sobre las herramientas.

Una vez identificados y clasificados los riesgos se hace una valoración de la probabilidad de ocurrencia que tiene cada uno mediante una clasificación por rangos de probabilidad como la siguiente:

Tabla 4.8. Clasificación de riesgos conforme a su probabilidad

Probabilidad en %	Valoración
0% - 10%	Muy bajo
10% - 25%	Bajo
25% - 50%	Moderado
50% - 75%	Alto
75% - 100%	Muy alto

Una vez que cada riesgo tiene asignada una valoración se procede a determinar el efecto que el riesgo tendrá en caso de que se llegara a cumplir. Una manera sencilla para determinar el efecto de cada riesgo es asignar una de las siguientes clasificaciones: catastrófico, serio, tolerable e insignificante. Cada una de las clasificaciones anteriores está ordenada en forma descendente conforme a la valoración de su impacto.

Cuando se han seguido todos los pasos para el proceso de análisis de riesgos el resultado es una tabla donde se muestra el nombre del riesgo, su clasificación, su valoración y su impacto. Los riesgos presentados en la tabla deben ser ordenados de manera descendente conforme a su impacto.



Tabla 4.9. Análisis de Riesgos

Riesgo	Clasificación	Valoración	Efecto
Mala comunicación entre los integrantes del equipo.	Organizacional	Alto	Serio
Recursos insuficientes para concluir el proyecto.	Organizacional	Alto	Serio
Retraso de las actividades del proyecto.	Organizacional	Bajo	Serio
Falta de responsabilidad de los integrantes del equipo.	Personal	Bajo	Serio
Mala distribución de actividades.	Organizacional	Bajo	Serio
Mal control de las versiones del proyecto.	Organizacional	Moderado	Serio
Baja definitiva de alguno de los integrantes del equipo.	Personal	Muy bajo	Serio
Cambios en los requerimientos de la herramienta por parte de los sinodales.	Requerimientos	Alto	Serio
Enfermedad de alguno de los miembros del equipo.	Personal	Bajo	Tolerable
Rendimiento no competitivo de la herramienta.	Tecnológico	Alto	Serio
Ausencia de algún integrante del equipo por un periodo prolongado de tiempo.	Personal	Muy Alto	Tolerable
Falta de dominio de las herramientas de desarrollo.	Personal	Moderado	Tolerable
Falla en los equipos de cómputo o cámaras a utilizar en el proyecto.	Tecnológico	Alto	Tolerable

## 4.2 Metodología

Existen diversas metodologías de trabajo, sin embargo por la naturaleza de nuestro problema, la que se ajusta es la metodología de prototipado evolutivo, la cual consiste en ir desarrollando prototipos de cada fase de la herramienta, esto nos permitirá tener un control sobre las versiones que se vayan desarrollando conforme evoluciona el sistema hasta llegar a la versión final.

Al proponer y revisar el método de desarrollo de software anteriormente mencionado concluimos que es el que mejor se adecua a las necesidades de nuestro sistema, el diseño rápido se centra en una representación de aquellos aspectos que serán visibles para el usuario final. Este diseño nos conduce a la construcción de un prototipo inicial, el cual será evaluado para ajustar, refinar errores y así hasta llegar al sistema final. Esto permite a nosotros como desarrolladores que al mismo tiempo se entienda mejor lo que se debe hacer y no consumir tantos recursos, para ello proponemos de manera inicial cuatro prototipos, los cuales se describen de manera general anteriormente.



Figura 4.1 Modelo de desarrollo evolutivo

## 4.3 Requerimientos

### 4.3.1 Requerimientos funcionales (RF)

Tabla 4.10. Requerimientos Funcionales

Identificador	Descripción
RF01	La herramienta debe permitir al usuario la captura de rostros en diferentes posiciones (Frente, perfil izquierdo, perfil derecho y abajo)
RF02	La herramienta debe permitir al usuario gestionar las imágenes capturadas de los rostros, es decir, debe de permitirle Registrar, Modificar y Eliminar una imagen de rostro.
RF03	El actor debe visualizar los conjuntos de imágenes de rostros registrados.
RF04	La herramienta debe permitir el pre-procesamiento a las fotografías capturadas de los rostros anteriormente registradas.
RF05	La herramienta podrá mostrar las fotografías capturadas de los rostros pre-procesados.
RF06	La herramienta será capaz de detectar y extraer características de la imagen del rostro previamente pre-procesada.
RF07	La herramienta debe aplicar un método de <i>clustering</i> para la clasificación de las imágenes de rostros.
RF08	El actor debe visualizar el resultado de los grupos o clases que obtuvo el método.

### 4.3.2 Requerimientos no funcionales (RNF)

Tabla 4.11. Requerimientos No Funcionales

Identificador	Descripción
RNF01	Las condiciones del entorno no deben de afectar la captura de la imagen por medio de la cámara. Se debe de considerar un ambiente controlado.
RNF02	La herramienta de software debe de funcionar en el sistema operativo de Ubuntu 14.04 LTS.
RNF03	Se debe de presentar una interfaz gráfica para poder mostrar captura, registro, pre-procesamiento, tiempos y agrupamiento.



RNF04	El dispositivo de captura, debe tener una interfaz USB2.0 para su comunicación con la computadora.
RNF04	La herramienta debe de funcionar bajo Qt.

#### 4.4 Reglas de negocio

**BR01** Ambiente controlado para el funcionamiento deseado de la captura.

La cámara que proporcionará las capturas de rostros deberá de tener un ambiente controlado.

**BR02** Cámaras conectadas al ordenador.

La herramienta debe de ser capaz de identificar las cámaras que se encuentren conectadas a la computadora donde la herramienta funcionará. En caso de no encontrar cámaras conectadas deberá mostrar un mensaje MSG1 No hay dispositivos conectados a la PC.

**BR03** Conexión con la cámara.

Si el usuario selecciona una cámara para obtener la captura de rostros se debe de realizar la conexión con el dispositivo si no se realiza correctamente deberá mostrar el mensaje de error MSG2 Conexión fallida.

**BR04** Conexión entre la cámara y la PC.

El dispositivo de captura debe estar conectado a la computadora y ambos deben de mantenerse encendidos durante la captura de rostros.

**BR05** Ejemplo de captura de Rostros.

La herramienta debe mostrar las imágenes sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen mostrando al actor las posiciones (Frente, perfil derecho, perfil izquierdo, hacia abajo) que debe de seguir para capturar su rostro.

**BR06** Captura de Rostros.

Para poder capturar una imagen de rostro el actor deberá presionar una tecla, la herramienta deberá mostrar un mensaje MSG3 Presione la tecla ESC para capturar imagen.

**BR07** Registro de Rostros.

Para poder registrar los rostros, éste debe de ser tomado de acuerdo a las características de nuestro ambiente controlado en tiempo real, si no se llegaron a realizar las 4 capturas de los rostros, se mostrará un mensaje de error MSG4 No se han realizado todas las capturas.

**BR08** Formato de imagen.

La herramienta deberá de guardar las capturas en el formato jpg.



**BR09** Visualización de registros.

La herramienta deberá mostrar todos los rostros registrados sobre la pantalla IUR3 Gestionar Capturas para que el actor pueda solicitar las operaciones de eliminar, modificar o registrar, si no existen registros de rostros se mostrará un mensaje de error MSG7 No existen registros.

**BR10** Seleccionar filtro.

La herramienta debe ser flexible a los cambios en los filtros que se aplicarán a las imágenes de capturas de rostros, se deberá mostrar un mensaje MSG9 Filtro aplicado correctamente, cuando estos sean aplicados.

**BR11** Procesamiento de imagen.

La herramienta debe generar las imágenes en las que se presenten los rostros con los filtros aplicados.

**BR12** Extracción de características.

La herramienta extraerá los vectores de los atributos correspondientes a cada imagen pre-procesada.

**BR13** Agrupamiento.

La herramienta aplicará un método de agrupamiento basado en una red neuronal con aprendizaje no supervisado a todas las imágenes registradas.

**BR14** Resultados del agrupamiento.

El método de agrupamiento basado en una red neuronal con aprendizaje no supervisado deberá clasificar la entrada de un número  $n$  de fotos pertenecientes a un número  $m$  de personas para obtener una salida con un número  $m$  (personas) de grupos o clases.



## 5 Base de Datos

Una base de datos (cuya abreviatura es BD) es una entidad en la cual se pueden almacenar datos de manera estructurada, con la menor redundancia posible. Diferentes programas y diferentes usuarios deben poder utilizar estos datos. Por lo tanto, el concepto de base de datos generalmente está relacionado con el de red ya que se debe poder compartir esta información.

Una base de datos proporciona a los usuarios el acceso a datos, que pueden visualizar, ingresar o actualizar, en concordancia con los derechos de acceso que se les hayan otorgado. Se convierte más útil a medida que la cantidad de datos almacenados crece.

En éste trabajo terminal se pretende trabajar con una base de datos local, es decir que se utilizará sólo un usuario en un equipo, ya que se estará trabajando de manera recíproca con la captura de los rostros.

Para el trabajo desarrollado se necesitó de una base de datos denominada “faces”, la cual funcionará para poder guardar todas las fotos que se vayan capturando, de igual manera se podrán actualizar con ayuda de la herramienta que se desarrolló.

La base cuenta con dos tablas una que se llama “Persona” y la otra “Foto”. La primer tabla solo cuenta con el campo “id\_Persona” que será una llave primaria y será auto incrementable, la segunda tabla contiene los campos “id\_foto” que nos ayudará a identificar el número de fotos registradas, se tiene “posicion\_foto” que nos ayudará a identificar las 4 fotos capturadas en ese momento, “url” es la foto capturada por lo que se guardará la ruta en donde se guardó y por último “idpersona” que será el id\_persona de la tabla Personas, es decir, hace referencia a la primer captura de persona del grupo de 4 imágenes obtenidas. En la tabla “FotoProcesada” se visualizará las columnas denominadas “idFiltro” que nos ayudará a identificar la foto, “url” será la dirección donde se almacenen las imágenes ya filtradas y “Foto\_id\_foto” será una llave foránea para saber a que foto inicial se refiere.

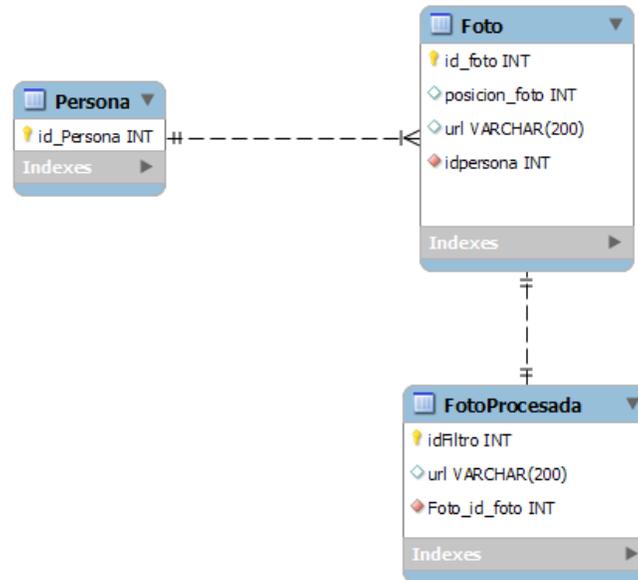


Figura 5.1 Base de Datos de la Herramienta

La normalización es el proceso de organizar los datos de una base de datos. Se incluye la creación de tablas y el establecimiento de relaciones entre ellas según reglas diseñadas tanto para proteger los datos como para hacer que la base de datos sea más flexible al eliminar la redundancia y las dependencias incoherentes.

Los datos redundantes desperdician el espacio de disco y crean problemas de mantenimiento. Si hay que cambiar datos que existen en más de un lugar, se deben cambiar de la misma forma exactamente en todas sus ubicaciones. Un cambio en la dirección de un cliente es mucho más fácil de implementar si los datos sólo se almacenan en la tabla Clientes y no en algún otro lugar de la base de datos.

La base de datos se encuentra normalizada con la Segunda Forma Normal, con las siguientes características:

- Se creó tablas independientes para conjuntos de valores que se apliquen a varios registros.
- Se relacionaron estas tablas con una clave externa.

Los registros no deben depender de nada que no sea una clave principal de una tabla, una clave compuesta si es necesario. La tabla “Persona” tiene un atributo “id\_Persona” el cual está referenciado a un número de persona pero que también es utilizado en las demás tablas “Foto” y “FotoProcesada”, en lugar de tener ese `id_Persona` como atributo en todas las tablas se creó una tabla independiente para ese atributo y así con los demás conjuntos de valores que se apliquen a varios registros.

Podemos ver el diccionario de datos de la base de datos “faces”



Tabla 5.1 Diccionario de Datos

<b>Campo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Longitud</b>	<b>Descripción</b>
<b>id_Perona</b>	Int	12	Llave primaria y da un identificador a la persona que se está registrando
<b>id_foto</b>	int	12	Da un identificador a la foto que se está registrando
<b>posicion_foto</b>	int	12	Llave primaria y da el número de las 4 fotos que se estarán tomando en el instante
<b>url</b>	varchar	200	Es la dirección en la que se aloja la imagen del rostro captura.
<b>Idpersona</b>	int	12	Es la llave foránea y hace referencia al identificador de la persona
<b>idFiltro</b>	int	12	Llave primaria y da un identificador a la foto que se será procesada.
<b>url</b>	varchar	200	Es la dirección en la que se aloja la imagen del rostro procesada.
<b>Foto_id_fot</b>	int	12	Es la llave foránea y hace referencia al identificador de la foto



## **6 Primer prototipo de la herramienta: Ambiente Controlado**

### **6.1 Resumen**

El prototipo 1 es el encargado de establecer las condiciones necesarias del ambiente para poder obtener una buena captura de imagen y así trabajar con las imágenes con el menor ruido posible. Se establecerán los aspectos de iluminación, las distancias entre el dispositivo de captura y el rostro, entre otros aspectos. En este prototipo se realiza la conexión del dispositivo de captura con la computadora teniendo como objetivo poder manipular las imágenes que sean proporcionadas por la cámara.

La conexión se puede efectuar con el dispositivo de captura o con algunas cámaras IP que se encuentran en diferentes partes del mundo o inclusive detectar la que se encuentra en la máquina ya predefinida.

### **6.2 Alcances**

Con el desarrollo de este prototipo se cubren algunos de los objetivos particulares planteados durante la definición de este proyecto, entre ellos el determinar las condiciones necesarias que permitan la obtención de imágenes de rostros.

### **6.3 Análisis**

#### **6.3.1 Escenario**

Para éste prototipo se debe de seleccionar un escenario de manera cuidadosa y adecuada que permita tener un mejor control sobre los aspectos físicos del rostro que puedan influir en la captura de la imagen.

El ambiente controlado que se seleccionó para la captura de las imágenes de los rostros fue un espacio cerrado, es decir, un cubículo de la Escuela Superior de Cómputo, este espacio es adecuado para manipular la luz artificial con mayor facilidad, además de que la luz natural no influye tanto ya que el cubículo se encuentra ubicado en una zona dónde la luz natural no tiene acceso directo al lugar.

El cubículo se encuentra ubicado en el departamento de Ingeniería en Sistemas de Computo (ISC) a cargo del M. En C. José David Ortega Pacheco.



Figura 6.1 Croquis del cubículo

Las medidas del cubículo son 3m 41cm de largo, 2m 65cm de ancho y 2m 59cm de alto.

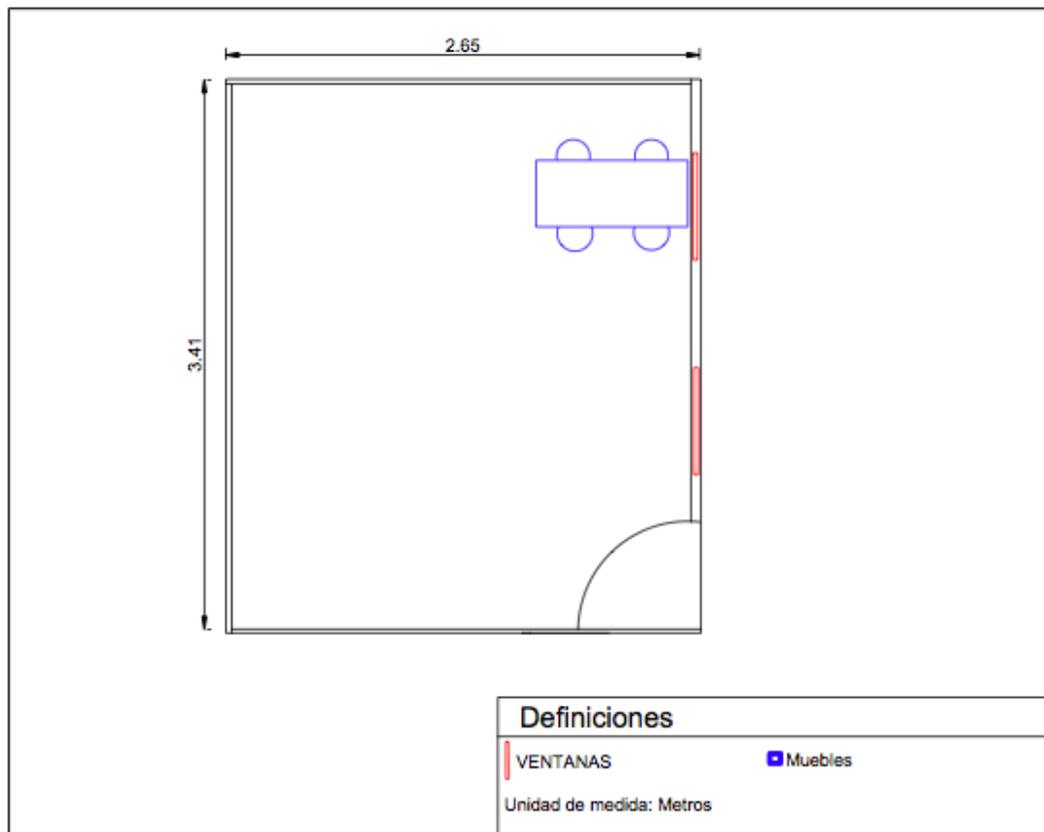


Figura 6.2 Medidas del cubículo



Una óptima iluminación es básica a la hora de conseguir buenos resultados en las fotografías.

De la cantidad de luz y de la posición desde la que incida dependerá el aspecto general que consigamos. La luz la podemos obtener de forma natural o artificial.

La primera es bastante difícil de dominar, puesto que varían sus parámetros constantemente como su dirección, color, etc., por lo que el proyecto tendrá que adaptarse a ella sobre la marcha.

La luz artificial permite trabajar sin dificultades ya que ésta nos permite modificar sus parámetros como la cantidad de luz a usar, su posición y su color.

Para el proyecto se utilizaran 2 lámparas con un tamaño de 1m 35cm cada una, con focos de luz color amarilla de 150 watts.



**Figura 6.3 Lámparas en forma de cono**

Existen múltiples tipos de iluminación que se clasifican según su posición y naturaleza, para poder obtener las capturas de los rostros ideales para la herramienta se utilizara la posición de luz frontal.

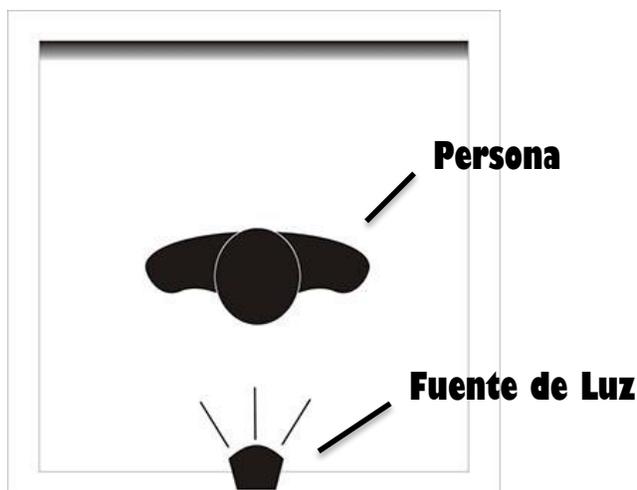


Figura 6.4 Esquema de Posición de luz frontal [30]

En este tipo de iluminación la fuente de luz se coloca detrás de la cámara y enfocado directamente al sujeto. Debido a la cercanía entre la fuente de luz y el objeto, obtenemos fotografías planas con poca textura, escasas zonas sombreadas y sectores demasiado iluminados que permiten resaltar ciertas facciones y detalles del rostro. Esta es la posición más clásica y utilizada por los fotógrafos. [30]

Los resultados del estudio “¿Cuánto mide México? El tamaño sí importa” realizados por la CANAIVE<sup>4</sup> en el año 2012 arrojan el promedio de medidas del cuerpo y características de los mexicanos. Para este caso en particular el dato de interés es la estatura, en siguiente tabla se describe la estatura en rangos de edades para hombres y mujeres en distintas zonas del país ((CANAIVE), 2012).

Tabla 6.1 Rangos de Estatura de los Mexicanos

Edad	Hombre		Mujeres	
18 – 25 años	1.67m		1.60	
26 – 39 años	Norte:	1.72m	Centro:	1.62m
	Centro/Sur:	1.60m	Norte:	1.58m
			Sur:	1.55m

Tomando como referencia la edad de 18-25 años que es la edad promedio la cual podemos encontrar en los estudiantes de la Escuela Superior de Cómputo serán los rostros a capturar; entonces la estatura máxima entre los hombres (1.67m) y de las mujeres (1.60m), redondeamos a su entero superior, las distancias a calcular serán con respecto a 1.70 m, ya que con este dato podemos estimar la interacción del prototipo 1 con el usuario más alto en promedio.

<sup>4</sup> Cámara Nacional de la Industria del Vestido (CANAIVE)



Para las capturas de los rostros de los usuarios se han definido ciertas características que son importantes para obtener las capturas ideales y con el menor ruido posible. Para las capturas de los rostros el usuario deberá sentarse en un banco mirando fijamente a la cámara, se colocara un fondo blanco iluminado con una de las lámparas ubicado en la pared del cubículo para evitar fotografiar otros objetos que puedan alterar el reconocimiento del rostro, el usuario debe de estar a 1m de separación del fondo blanco, esto para eliminar las sombras reflejadas [30]. Para la captura el usuario no debe portar objeto alguno sobre el rostro como lentes, sombreros, piercing, etc. que impidan resaltar sus facciones, debe tener una expresión seria o neutra y cabello recogido.

La cámara se encontrara a una distancia de 50cm tomando como referencia de la nariz del usuario hasta el centro de la cámara y estará a una altura de 1m 10cm del suelo. Estas medidas fueron seleccionadas y probadas con referencia al usuario más alto (1.70m), el usuario estará sentado en un banco con una medida de 40cm de alto frente a la cámara, entonces con estas medidas se concluyó que el rango de captura de la cámara tendrá un ángulo de  $43.6^\circ$ , para capturar solamente de los hombros hasta la cabeza.

Usando la posición de luz frontal, una de las lámparas estará posicionada a 65cm detrás de la cámara con estas medidas exactas para que se pueda cumplir con la ley de la reflexión [32], es decir que el rayo incidente que apunta hacia el rostro pueda reflejar un ángulo igual que el de incidencia y la normal estén en un mismo plano hacia la cámara para obtener la captura del rostro deseada.

A continuación se muestra el ambiente controlado con todas la medidas seleccionas para el buen funcionamiento de este prototipo.

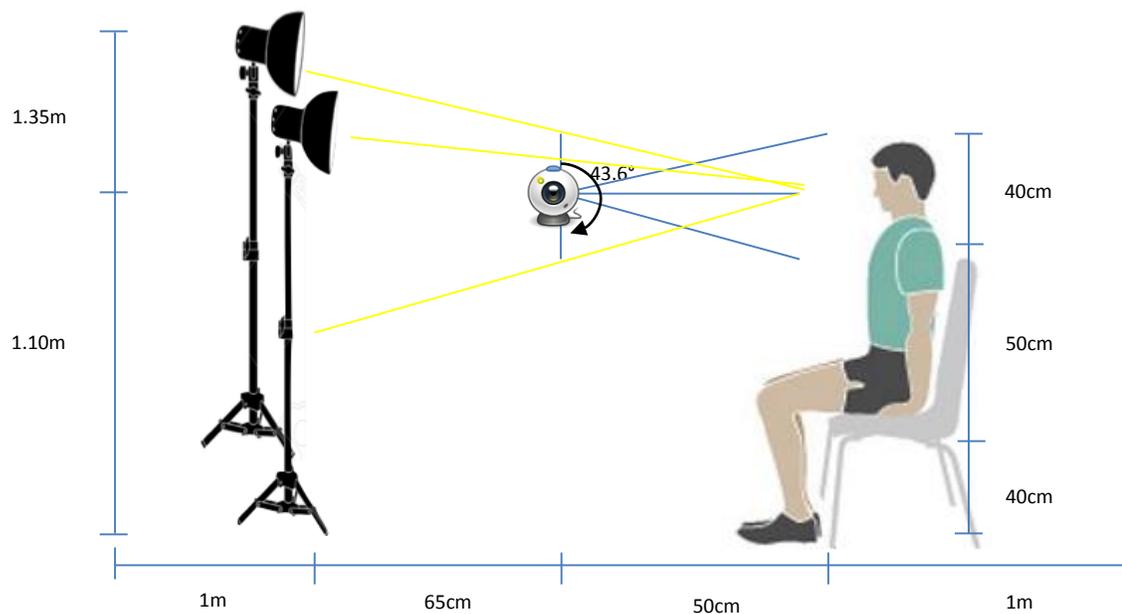


Figura 6.5 Recreación del ambiente controlado



## 6.4 Pruebas

### 6.4.1 Distancias

Para poder tener una captura del usuario de los hombros hasta la cabeza se experimentó con las distancias y la posición de la cámara sobre el escenario, tomando como referencia al usuario de 1.70m para poder definir las distancias más óptimas para el proyecto.

Las distancias fueron:

- 1.10 m de altura para la cámara.
- 50 cm tomando como referencia la nariz del usuario al centro de la cámara.
- El usuario estará sentado sobre un banco de 40 cm con lo cual disminuye su altura quedando así una altura de 90 cm de la cabeza a la cintura.
- La distancia para capturar solamente de los hombros a la cabeza es de 40 cm referenciado al usuario más alto (1.70m).

La Figura 6.6 Pruebas de Captura muestran un ejemplo de las imágenes capturadas usando estas distancias seleccionadas para la herramienta.



**Figura 6.6 Pruebas de Captura**

### **6.4.2 Ángulo de la Cámara**

Para la colocación adecuada de la cámara, se tiene que considerar el obtener una cobertura de las áreas específicas que permita conseguir una visión enfocada al rostro y así poder realizar la extracción de características de manera eficiente. La cámara debe situarse o enfocarse de tal manera que capte todos los detalles necesarios para tales fines.

A continuación se describen todos los cálculos de las distancias anteriormente mencionadas que son las más óptimas para que la aplicación pueda capturar el rostro a usuarios con estatura entre 1.70m y a otros con menor estatura.

De las medidas anteriores, del centro de la cámara a la nariz del usuario obtuvimos una medida de 50 cm, la medida de los hombros del usuario hasta la cabeza fue de 40 cm, entonces, para determinar el alcance de cobertura o ángulo de la cámara al usuario se determinó lo siguiente:

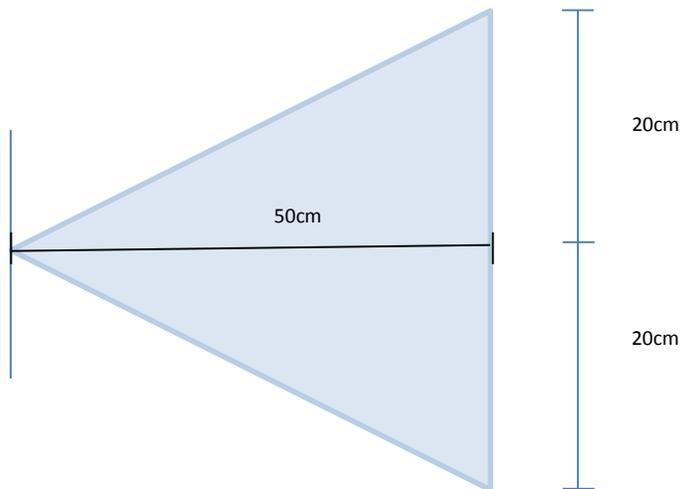


Figura 6.7 Distancias de la cámara a la nariz del usuario

Usando el teorema de Pitágoras se determinó que la figura obtenida de las distancias anteriormente mencionadas es el de un triángulo isósceles, un triángulo isósceles equivale a 2 triángulos rectángulos.

Usando la fórmula:

$$a^2 + b^2 = c^2 \quad 6.1$$

Dónde:

- $c$ = hipotenusa
- $a$ = la distancia del centro de la cámara a la nariz del usuario (50cm).
- $b$ = la distancia que existe entre los hombros y la cabeza del usuario (20cm).

De la ecuación 6.1 despejando  $c$ (hipotenusa) y sustituyendo valores tenemos que:

$$50^2 + 20^2 = c^2 \quad 6.2$$

$$c = \sqrt{400 + 2500} = 53.8cm \quad 6.3$$

Quedando de la siguiente manera:

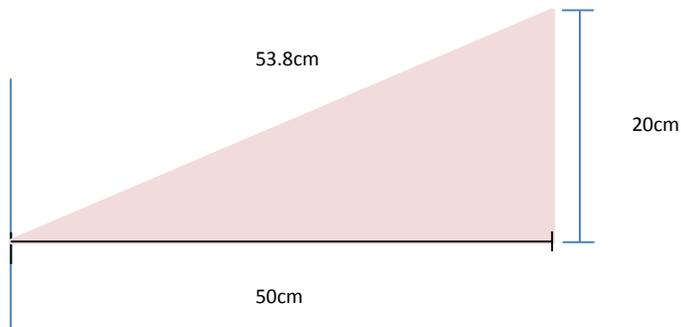


Figura 6.8 Resultado de la hipotenusa

Para resolver el ángulo de un triángulo rectángulo se necesita conocer dos lados del triángulo, o bien un lado y un ángulo distinto del recto.

En el caso del modelo se conoce la hipotenusa y el cateto opuesto, entonces:

$$B: \sin B = \frac{b}{a} \quad 6.4$$

De la ecuación 6.4 despejando B (hipotenusa) y sustituyendo valores obtenemos:

$$B = \sin^{-1} \frac{b}{a} = \sin^{-1} \frac{20}{53.8} = 21.8^\circ \quad 6.5$$

Para calcular el ángulo C tenemos la ecuación 6.6 y sustituyendo obtenemos:

$$C = 90^\circ - B \quad 6.6$$

$$C = 90^\circ - B = 90^\circ - 21.8^\circ = 68.2^\circ \quad 6.7$$

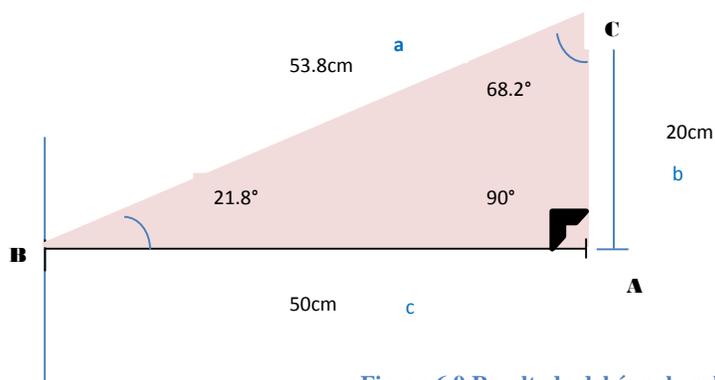


Figura 6.9 Resultado del ángulo calculado

Al final sumando el ángulo B dos veces para completar el triángulo isósceles que marcamos como el rango de alcance de la cámara obtenemos que el ángulo final del alcance que tiene la cámara entre los hombros hasta la cabeza del usuario más alto es de:

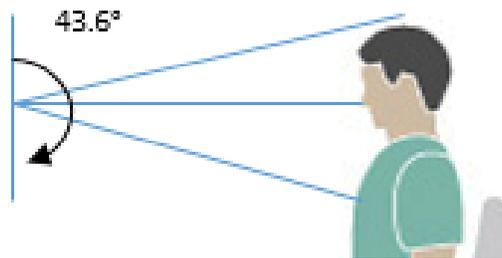


Figura 6.10 Resultado del alcance de la cámara

### 6.4.3 Iluminación

Para la iluminación del rostro se utilizó la posición de luz frontal, se estuvo experimentando con otros tipos de posiciones pero lo que se quería era eliminar las sombras y la única posición con la que se logró difuminar las sombras fue la de luz frontal.

La diversidad que existe en los rostros es difícil de estimar, cada persona tiene rasgos, medidas y facciones distintas, lo cual nos dificulta encontrar una medida estándar para su análisis y la iluminación. Cada rostro presenta una iluminación diferente de acuerdo con sus rasgos físicos, es decir, tomando el enunciado de la ley de la reflexión de la luz que dice:

*Un rayo incidente sobre una superficie reflectante, será reflejado con un ángulo igual al ángulo de incidencia. Ambos ángulos se miden con respecto a la normal a la superficie.*

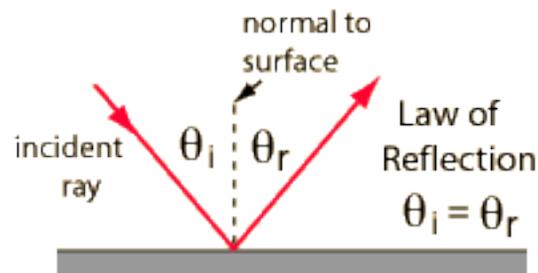


Figura 6.11 Ley de la Reflexión

Los rayos que incidan en los rostros de los usuarios, sus reflejados y tanto la normal serán diferentes de acuerdo a las facciones únicas que presente el usuario, para la resolución de este problema se realizó un estudio donde se determinó lo siguiente:



Para la iluminación del rostro se utilizó la posición de luz frontal, se estuvo experimentando con otros tipos de posiciones pero lo que se quería era eliminar las sombras y la única posición con la que se logró difuminar las sombras fue la de luz frontal.

Se estuvo probando esta posición de luz con diferentes usuarios de la edad de 18-25 años y con las medidas de la posición de la cámara anteriormente mencionada el resultado lanzó que esta fue la más óptima para la iluminación y la eliminación de sombras. El resultado de la estadística fue la siguiente:

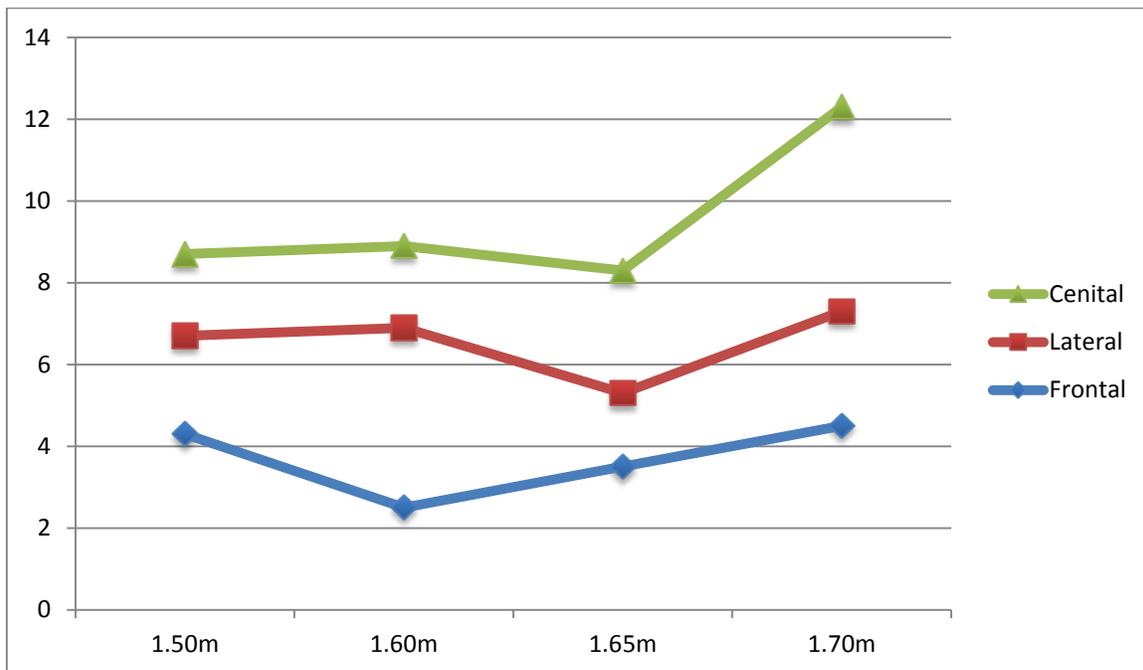


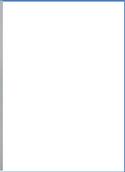
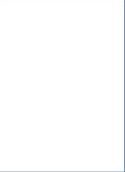
Figura 6.12 Gráfica de iluminación

Se tomaron distintas personas con diferentes estaturas y se seleccionaron 3 modelos de posiciones de luz, el total de las personas analizadas fue de 35, de las cuales la luz frontal presento menos aparición de sombras en los rostros de los usuarios.

A continuación se muestran distintas fotos de captura con las 3 posiciones de luz que utilizamos:



Tabla 6.2 Pruebas de la iluminación

<b>Posición Frontal</b>		
<b>Posición Lateral</b>		
<b>Posición Cenital</b>		

#### 6.4.4 Resultados de pruebas

Se utilizaran las medidas anteriormente descritas, la cámara se encontrara a una distancia de 50cm tomando como referencia de la nariz del usuario como el centro del rostro hasta el lente de la cámara y estará a una altura de 1m 10cm del suelo. Estas medidas fueron seleccionadas y probadas con referencia al usuario más alto (1.70m), el usuario estará sentado en un banco con una medida de 40cm de alto frente a la cámara, entonces con estas medidas se concluyó que el rango de captura de la cámara tendrá un ángulo de  $43.6^\circ$ , para capturar solamente de los hombros hasta la cabeza.

Usando la posición de luz frontal, una de las lámparas estará posicionada a 65cm detrás de la cámara para eliminar las sombras en el rostro y en la captura, esto para tener un buen análisis en el prototipo de pre-procesamiento.



Figura 6.13 Escenario del ambiente controlado



## 7 Segundo prototipo de la herramienta: Captura

### 7.1 Resumen

El prototipo 2 tiene la función de hacer la captura de los rostros deseados por el usuario por medio de una cámara, la cual será detectada, el objetivo de la captura de imágenes es llenar la base de datos con los rostros en diferentes posiciones y de diversas personas, sin embargo se dirán las especificaciones con las que debe de contar el rostro. Se especificará la cámara externa que se utilizará.

### 7.2 Alcances

Con el desarrollo de este prototipo se cubren algunos de los objetivos particulares planteados durante la definición de este proyecto, entre ellos el seleccionar los atributos que describirán a las imágenes de rostros. Además de hacer una pequeña gestión de las imágenes, específicamente podrá registrar, eliminar y modificar.

### 7.3 Análisis

#### 7.3.1 Especificaciones de la captura de Rostro

Para que se pueda proceder con la captura de la imagen del rostro, se tiene que mencionar que la persona no tendrá ningún objeto que pueda afectar a la captura de su rostro, es decir, que la persona no esté usando lentes, sombreros, aretes, collares o algún otro objeto que pudiera afectar. De igual manera el cabello en el caso de las mujeres deberá estar recogido, si tienen fleco tendrán que hacerlo a un lado o acomodarlo de tal forma que no afecte, igual los hombres si lo tienen relativamente largo tendrán que acomodarlo de tal manera que no caiga en la frente, en pocas palabras tiene que estar libre el rostro. Con respecto a los gestos no se tendrá ninguno, por lo que estarán de manera seria. En la Figura 7.1 Ejemplo de la captura de rostro podemos observar las especificaciones que se están pidiendo para la imagen del rostro.



Figura 7.1 Ejemplo de la captura de rostro



### 7.3.2 Cámara

Con el propósito de obtener el mejor rendimiento de captura de rostros, es indispensable elegir una cámara con resolución mínima de 640 x 480 píxeles (VGA estándar) y cuya captura introduzca el menor ruido posible a la imagen, permitiendo un pre-procesamiento más rápido y una mejor definición de objetos sobre la imagen.

La cámara digital elegida para este proyecto es una Logitech HD Webcam C270 (Figura 7.2 Logitech HD Webcam C270[37]) la cual tiene un sensor de tipo CMOS con una resolución máxima de 1280 x 720 píxeles. La elección de dicho modelo fue determinada por su bajo costo. Adicionalmente, esta cámara se ha usado con anterioridad en trabajos terminales desarrollados en la Escuela Superior de Cómputo, relacionados con el procesamiento de imágenes con la biblioteca OpenCV.



Figura 7.2 Logitech HD Webcam C270[37]



### 7.3.3 Diagrama de casos de uso

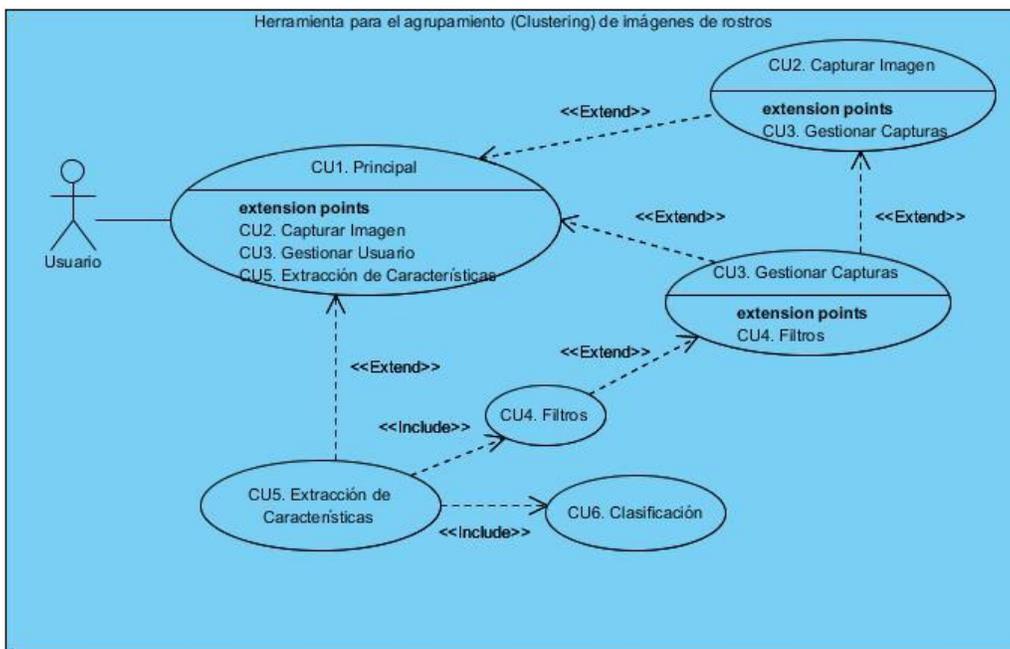


Figura 7.3 Diagrama de casos de uso del prototipo 2

Como se observa en la Figura 7.3 Diagrama de casos de uso del prototipo 2, para éste prototipo se agregaron dos casos de usos los cuales se encargaran del registro de la captura de imágenes del rostro y el otro de la gestión de las capturas de imágenes, estos casos de uso se especifican más a detalle a continuación.

#### 7.3.3.1 Modelo de comportamiento (Trayectorias de casos de uso)

##### C.U.1. Principal

RESUMEN:

Este caso de uso permite al actor se le da una explicación de lo que realiza la herramienta y así posteriormente pueda seleccionar la opción que desee realizar.

DESCRIPCION:

Tabla 7.1 Descripción del CU1 Principal

CASO DE USO	CU 1 Principal
<b>Versión:</b>	1.0
<b>Autor:</b>	Laura Concepción Hernández Castillo
<b>Operación:</b>	Selección
<b>Estatus:</b>	Terminado
<b>Fecha del ultimo estatus:</b>	21-Abril-2015



ATRIBUTOS	
<b>Actores:</b>	Actor
<b>Propósito:</b>	Seleccionar la acción que desea realizar
<b>Entradas:</b>	Ninguna
<b>Salidas:</b>	Ninguna
<b>Precondiciones:</b>	Ninguna
<b>Postcondiciones:</b>	Interna. Se redirecciona al actor a la pantalla IUR2 Capturar Imagen. Interna. Se redirecciona al actor a la pantalla IUR3 Gestionar Capturas.
<b>Reglas de negocio:</b>	Ninguna
<b>Mensajes:</b>	Ninguno
<b>Tipo:</b>	Secundario, extiende del caso de uso CU2 Capturar Imagen. Secundario, extiende del caso de uso CU3 Gestionar Capturas. Secundario, extiende del caso de uso CU5 Extracción de Características.

## TRAYECTORIAS DEL CASO DE USO

Trayectoria principal: Principal

-  Ejecuta la Herramienta para el agrupamiento (*Clustering*) de imágenes de rostros dentro del IDE Qt.
-  Muestra la pantalla IUR1 Principal.
-  Solicita la captura de rostros oprimiendo el botón Capturar Usuario de la pantalla IUR1 Principal. [Trayectoria A, B, C]  
.....Fin del caso de uso.

Trayectoria alternativa A:

Condición: El actor solicita Salir de la aplicación.

-  Solicita Salir de la Aplicación oprimiendo el botón Salir de pantalla IUR1 Principal.
-  Cierra la ventana que se visualizaba.
-  Termina la ejecución del Programa.  
.....Fin de la trayectoria.

Trayectoria alternativa B:

Condición: El actor solicita Gestionar las Capturas.



B-1  Solicita la gestión de rostros oprimiendo el botón Gestionar Capturas de la pantalla IUR1 Principal.

B-2  Redirecciona a la pantalla IUR3 Gestionar Capturas.  
.....Fin de la trayectoria.

Trayectoria alternativa C:

Condición: El actor solicita Clasificación.

C-1  Solicita clasificar los rostros oprimiendo el botón CLasificación de la pantalla IUR1 Principal.

C-2  Redirecciona a la pantalla IUR5 Clasificación.  
.....Fin de la trayectoria.

### *Puntos de extensión:*

Causa de la extensión: El actor selecciona el botón de Capturar Imagen de la Pantalla IUR1 Principal.

Región de la trayectoria: Continúa con el paso 3 de la trayectoria principal.

Extiende a: CU2 Capturar Imagen.

Causa de la extensión: El actor selecciona el botón de Gestionar Capturas de la Pantalla IUR1 Principal.

Región de la trayectoria: Continúa con el paso 3 de la trayectoria principal.

Extiende a: CU3 Gestionar Capturas.

Causa de la extensión: El actor selecciona el botón de Clasificación de la Pantalla IUR5 Clasificación.

Región de la trayectoria: Continúa con el paso 3 de la trayectoria principal.

Extiende a: CU5 Extracción de Características.



## C.U.2. Capturar Imagen

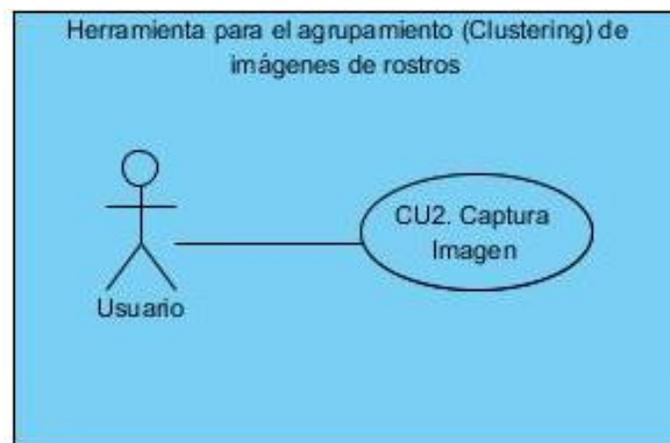


Figura 7.4 Diagrama de caso de uso del prototipo 2 Captura Imagen

### RESUMEN:

Este caso de uso permite la selección de un dispositivo de captura de imágenes. El actor podrá capturar 4 imágenes de un rostro en diferentes posiciones.

### DESCRIPCION:

Tabla 7.2 Descripción del CU2 Capturar Imagen

CASO DE USO	CU2 CAPTURAR IMAGEN
<b>Versión:</b>	1.0
<b>Autor:</b>	Nayeli Hernández Ramírez
<b>Operación:</b>	Selección y Captura
<b>Estatus:</b>	Terminado
<b>Fecha del ultimo estatus:</b>	27-Abril-2015
<b>ATRIBUTOS</b>	
<b>Actores:</b>	Actor
<b>Propósito:</b>	Capturar imágenes de rostros
<b>Entradas:</b>	Conexión. Dispositivos detectados y seleccionados. Imagen. Lo obtiene de la captura de la cámara.
<b>Salidas:</b>	Imagen. Lo obtiene de la captura de la cámara.
<b>Precondiciones:</b>	Interna: Que se seleccione un dispositivo para la captura.
<b>Postcondiciones:</b>	Interna. Se redirecciona al actor a la pantalla IUR2 Gestionar Usuario.
<b>Reglas de negocio:</b>	<p><b>BR01</b> Ambiente controlado para el funcionamiento deseado de la captura.</p> <p>La cámara que proporcionará las capturas de rostros deberá de tener un ambiente controlado.</p> <p><b>BR02</b> Cámaras conectadas al ordenador.</p> <p>La herramienta debe de ser capaz de identificar las cámaras que</p>



	<p>se encuentren conectadas a la computadora donde la herramienta funcionará. En caso de no encontrar cámaras conectadas deberá mostrar un mensaje MSG1 No hay dispositivos conectados a la PC.</p> <p><b>BR03</b> Conexión con la cámara.</p> <p>Si el usuario selecciona una cámara para obtener la captura de rostros se debe de realizar la conexión con el dispositivo si no se realiza correctamente mostrar el mensaje de error MSG2 Conexión fallida.</p> <p><b>BR04</b> Conexión entre la cámara y la PC.</p> <p>El dispositivo de captura debe de estar conectado a la computadora y ambos deben de mantenerse encendidos durante la captura de rostros.</p> <p><b>BR05</b> Ejemplo de captura de Rostros.</p> <p>La herramienta debe mostrar las imágenes sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen mostrando al actor las posiciones (Frente, perfil derecho, perfil izquierdo, hacia abajo) que debe de seguir para capturar su rostro.</p> <p><b>BR06</b> Captura de Rostros.</p> <p>Para poder capturar una imagen de rostro el actor deberá presionar una tecla, la herramienta deberá mostrar un mensaje MSG3 Presione la tecla ESC para capturar imagen.</p> <p><b>BR07</b> Registro de Rostros.</p> <p>Para poder registrar los rostros, éste debe de ser tomado de acuerdo a las características de nuestro ambiente controlado en tiempo real, si no se llegaron a realizar las 4 capturas de los rostros, se mostrará un mensaje de error MSG4 No se han realizado todas las capturas.</p> <p><b>BR08</b> Formato de imagen.</p> <p>La herramienta deberá de guardar las capturas en el formato jpg.</p>
<b>Mensajes:</b>	<p>MSG1 No hay dispositivos conectados a la PC: Se muestra sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen indicando al actor que no se encontró ningún dispositivo.</p> <p>MSG2 Conexión Fallida: Se muestra en la pantalla IUR2 Capturar Imagen cuando no se pudo realizar la conexión.</p> <p>MSG3 Presione la tecla ESC para capturar imagen: Se muestra en la pantalla IUR2 Capturar Imagen cuando el actor requiere capturar un rostro.</p> <p>MSG4 No se han realizado todas las capturas: Se muestra en la pantalla IUR2 Capturar Imagen especificando al actor que el número de fotos capturadas no cumple con el número especificado de capturas.</p> <p>MSG5 Está seguro que desea eliminar esta captura: se muestra sobre</p>



	la pantalla IUR2 Capturar Imagen, confirmando al actor que la operación que esta por ejecutarse es eliminar la captura seleccionada.
<b>Tipo:</b>	Secundario, extiende del caso de uso CU3 Gestionar Capturas.

## TRAYECTORIAS DEL CASO DE USO

### Trayectoria principal

1.  Solicita la captura de rostros.
2.  Muestra la pantalla IUR2 Capturar Imagen.
3.  Muestra los dispositivos conectadas al ordenador en el ComboBox de la pantalla IUR2 Capturar Imagen. [Trayectoria A]
4.  Selecciona un dispositivo del ComboBox para la captura de su rostro de la pantalla IUR2 Capturar Imagen [Trayectoria B].
5.  Oprime el botón Aceptar de la pantalla IUR2 Capturar Imagen.
6.  Verifica que el dispositivo seleccionado realice la conexión [Trayectoria C]
7.  Muestra las imágenes de las diferentes posiciones en que debe tomar el rostro
8.  Habilita los botones de Capturar en la pantalla IUR2 Capturar Imagen
9.  Solicita la captura de su rostro en la Posición Frontal oprimiendo el botón Capturar de la pantalla IUR2 Capturar Imagen.
10.  Muestra el MSG3 Presione la tecla ESC para capturar imagen sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen.
11.  Muestra una ventana emergente donde se muestra la imagen en tiempo real
12.  Captura la imagen de su rostro en la posición frontal presionando la tecla ESC
13.  Muestra la foto capturada sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen. [Trayectoria D]
14.  Deshabilita el botón Captura de la imagen Posición Frontal.
15.  Solicita la captura de su rostro en la Posición Perfil Derecho oprimiendo el botón Capturar de la pantalla IUR2 Capturar Imagen.
16.  Muestra el MSG3 Presione la tecla ESC para capturar imagen sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen.
17.  Muestra una ventana emergente donde se muestra la imagen en tiempo real
18.  Captura la imagen de su rostro en la posición de perfil derecho presionando la tecla ESC



19.  Muestra la foto capturada sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen. [Trayectoria E]
20.  Deshabilita el botón Captura de la Posición Perfil Derecho.
21.  Solicita la captura de su rostro en la Posición Perfil Izquierdo oprimiendo el botón Capturar de la pantalla IUR2 Capturar Imagen.
22.  Muestra una ventana emergente donde se muestra la imagen en tiempo real
23.  Captura la imagen de su rostro en la posición de perfil izquierdo presionando la tecla ESC
24.  Muestra la foto capturada sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen. [Trayectoria F]
25.  Deshabilita el botón Captura de la Posición Perfil Izquierdo.
26.  Solicita la captura de su rostro en la Posición hacia abajo oprimiendo el botón Capturar de la pantalla IUR2 Capturar Imagen.
27.  Muestra una ventana donde se muestra una imagen en tiempo real
28.  Captura la imagen de su rostro en la posición hacia abajo presionando la tecla ESC
29.  Muestra la foto capturada sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen. [Trayectoria G]
30.  Deshabilita el botón Captura de la Posición hacia abajo.
31.  Solicita guardar las imágenes de su rostro oprimiendo el botón Guardar de la pantalla IUR2 Capturar Imagen [Trayectoria H, L]
32.  Guarda el registro de las 4 fotos en la base de datos  
.....Fin del caso de uso.

Trayectoria alternativa A:

Condición: No existen cámaras conectadas al ordenador.

A-1  Muestra el mensaje MSG1 No hay dispositivos conectados a la PC sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen. La herramienta debe de ser capaz de identificar las cámaras que se encuentren conectadas a la computadora donde la herramienta funcionará.

A-2  El actor confirma presionando el botón de Aceptar.

A-3  Continúa con el paso 2 de la Trayectoria Principal.  
.....Fin de trayectoria.



#### Trayectoria alternativa B:

Condición: El actor desea salir de la pantalla IUR2 Capturar Imagen.

B-1  Solicita salir de la pantalla IUR2 Capturar Imagen oprimiendo el botón SALIR de la pantalla IUR2 Capturar Imagen.

B-2  Regresa a la pantalla IUR1 Principal.  
.....Fin de trayectoria.

#### Trayectoria alternativa C:

Condición: La Conexión fallida de un dispositivo.

C-1  Muestra el mensaje MSG2 Conexión fallida sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen, si el usuario selecciona una cámara para obtener la captura de rostros se debe de realizar la conexión con el dispositivo correctamente.

C-2  El actor confirma presionando el botón de Aceptar.

C-3  Continúa con el paso 2 de la Trayectoria Principal.  
.....Fin de trayectoria.

#### Trayectoria alternativa D:

Condición: El actor requiere modificar una captura de su rostro.

D-1  Oprime el botón de la esquina superior derecha de la captura del rostro para eliminarla.

D-2  Muestra el mensaje MSG5 Está seguro que desea eliminar esta captura, sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen, confirmando al actor que la operación que esta por ejecutarse es eliminar la imagen seleccionada.

D-3  Oprime el botón de Si para confirmar que se desea eliminar la imagen. [Trayectoria E]

D-4  Elimina la imagen Seleccionada

D-5  Habilita el botón de Capturar

D-6  Continúa con el paso 9 de la Trayectoria Principal.  
.....Fin de trayectoria.

#### Trayectoria alternativa E:

Condición: No desea eliminar la foto seleccionada

E-1  Oprime el botón de No para que se evite que la imagen se borre.

E-2  Continúa con el paso 13 de la trayectoria principal.  
.....Fin de trayectoria.



#### Trayectoria alternativa F:

Condición: El actor requiere modificar una captura de su rostro.

F-1  Oprime el botón de la esquina superior derecha de la captura de rostro para eliminarla.

F-2  Muestra el mensaje MSG5 Está seguro que desea eliminar esta captura, sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen, confirmando al actor que la operación que esta por ejecutarse es eliminarla imagen seleccionada.

F-3  Oprime el botón de Si para confirmar que se desea eliminar la imagen. [Trayectoria G]

F-4  Elimina la imagen Seleccionada

F-5  Habilita el botón de Capturar

F-6  Continúa con el paso 15 de la trayectoria principal.  
.....Fin de trayectoria.

#### Trayectoria alternativa G:

Condición: No desea eliminar la foto seleccionada

G-1  Oprime el botón de No para que se evite que la imagen se borre.

G-2  Continúa con el paso 19 de la trayectoria principal.  
.....Fin de trayectoria.

#### Trayectoria alternativa H:

Condición: El actor requiere modificar una captura de su rostro.

H-1  Oprime el botón de la esquina superior derecha de la captura de rostro para eliminarla.

H-2  Muestra el mensaje MSG5 Está seguro que desea eliminar esta captura, sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen, confirmando al actor que la operación que esta por ejecutarse es eliminarla imagen seleccionada.

H-3  Oprime el botón de Si para confirmar que se desea eliminar la imagen. [Trayectoria I]

H-4  Elimina la imagen Seleccionada

H-5  Habilita el botón de Capturar

H-6  Continúa con el paso 21 de la trayectoria principal.  
.....Fin de trayectoria.



#### Trayectoria alternativa I:

Condición: No desea eliminar la foto seleccionada

I-1  Oprime el botón de No para que se evite que la imagen se borre.

I-2  Continúa con el paso 24 de la trayectoria principal.  
.....Fin de trayectoria.

#### Trayectoria alternativa J:

Condición: El actor requiere modificar una captura de su rostro.

J-1  Oprime el botón de la esquina superior derecha de la captura de rostro para eliminarla.

J-2  Muestra el mensaje MSG5 Está seguro que desea eliminar esta captura, sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen, confirmando al actor que la operación que esta por ejecutarse es eliminarla imagen seleccionada.

J-3  Oprime el botón de Si para confirmar que se desea eliminar la imagen. [Trayectoria K]

J-4  Elimina la imagen Seleccionada

J-5  Continúa con el paso 26 de la trayectoria principal.  
.....Fin de trayectoria.

#### Trayectoria alternativa K:

Condición: No desea eliminar la foto seleccionada

K-1  Oprime el botón de No para que se evite que la imagen se borre.

K-2  Continúa con el paso 29 de la trayectoria principal.  
.....Fin de trayectoria.

#### Trayectoria alternativa L:

Condición: No se puede guardar los rostros capturados.

L-1  Muestra el mensaje MSG4 No se han realizado todas las capturas, sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen, para poder registrar los rostros en la herramienta se deben de capturar 4 rostros éstos deben de ser tomados de acuerdo a las características de nuestro ambiente controlado en tiempo real.

L-3  Oprime el botón de Aceptar, mostrándole la pantalla IUR2 Capturar Imagen.

L-4  Continúa con el paso 8 de la trayectoria principal.  
.....Fin de trayectoria.



*Puntos de extensión:*

Causa de la extensión: El actor desea salir de la pantalla IUR2 Capturar Imagen.

Región de la trayectoria: Continúa con el paso 4 de la trayectoria principal.

Extiende a: CU1 Principal.

*C.U.3 Gestionar Capturas*

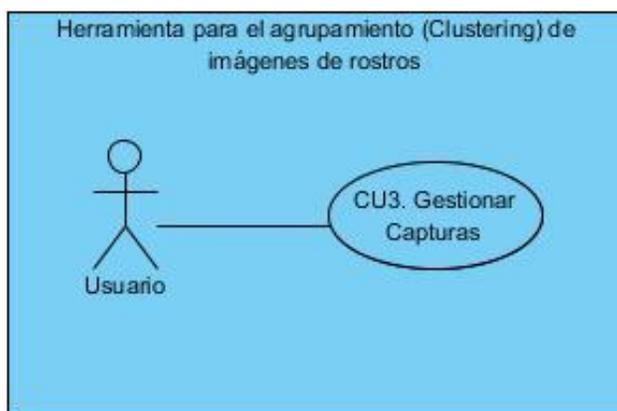


Figura 7.5 Diagrama de caso de uso prototipo 2 Gestionar Capturas

RESUMEN:

Este caso de uso permite al actor la gestión (mostrar, eliminar, modificar y registrar rostros) a partir de las 4 imágenes de los usuarios que han capturado sus rostros.

DESCRIPCION:

Tabla 7.3 Descripción del CU3 Gestionar Capturas

CASO DE USO	CU3 GESTIONAR CAPTURAS
<b>Versión:</b>	1.0
<b>Autor:</b>	Erick Frank Flores Nava
<b>Operación:</b>	Gestión
<b>Estatus:</b>	Terminado
<b>Fecha del ultimo estatus:</b>	27-Abril-2015
<b>ATRIBUTOS</b>	
<b>Actores:</b>	Actor
<b>Propósito:</b>	Gestionar imágenes de rostros
<b>Entradas:</b>	Ninguna
<b>Salidas:</b>	Imágenes. Lo obtiene de la herramienta
<b>Precondiciones:</b>	Interna: Que existan rostros almacenados.
<b>Postcondiciones:</b>	Interna. Se redirecciona a la pantalla IUR1 Capturar Imagen



<b>Reglas de negocio:</b>	<p><b>BR09</b> Visualización de registros. La herramienta deberá mostrar todos los rostros registrados sobre la pantalla IUR3 Gestionar Capturas para que el actor pueda solicitar las operaciones de eliminar, modificar o registrar, si no existen registros de rostros se mostrará un mensaje de error MSG7 No existen registros.</p> <p><b>BR10</b> Seleccionar filtro. La herramienta debe ser flexible a los cambios en los filtros que se aplicarán a las imágenes de capturas de rostros, se deberá mostrar un mensaje MSG9 Filtro aplicado correctamente, cuando estos sean aplicados.</p> <p><b>BR11</b> Procesamiento de imagen. La herramienta debe generar las imágenes en las que se presenten los rostros con los filtros aplicados.</p>
<b>Mensajes:</b>	<p>MSG6 Está seguro que desea eliminar todas las capturas: se muestra sobre la pantalla IUR3 Gestionar Capturas, confirmando al actor que la operación que esta por ejecutarse es eliminar todas las capturas.</p> <p>MSG7 No existen registros: se muestra sobre la pantalla IUR3 Gestionar Capturas, alertando al actor que no existen datos en la base de datos.</p> <p>MSG8 Está seguro que desea modificar todas las capturas: se muestra sobre la pantalla IUR3 Gestionar Capturas, confirmando al actor que la operación que esta por ejecutarse modificará todas las capturas.</p> <p>MSG9 Filtro aplicado correctamente: Se muestra sobre la pantalla IUR2 Gestionar Capturas indicando al actor que se ha aplicado el filtro seleccionado de manera correcta.</p>
<b>Tipo:</b>	Secundario, extiende del caso de uso CU4 Filtros

## TRAYECTORIAS DEL CASO DE USO

### Trayectoria principal

1.  Solicita la pantalla de Gestionar Capturas
2.  Muestra la pantalla IUR3 Gestionar Capturas. [Trayectoria A, B]
3.  Presiona el botón “load” para visualizar las capturas. [Trayectoria C,D,E,F]
4.  Extrae todas las capturas de imágenes de los rostros registrados de la base de datos
5.  Llena la tabla sobre la pantalla IUR3 Gestionar Capturas con todos los registros de las capturas de imágenes de los rostros registrados.



6.  Selecciona el filtro deseado
7.  Aplica el filtro a todas las capturas de los rostros obtenidos
8.  Muestra las capturas de los rostros en la tabla de la base de datos.  
.....Fin del caso de uso.

Trayectoria alternativa A:

Condición: El actor solicita Regresar de la aplicación.

- A-1  Solicita Regresar a la Aplicación oprimiendo el botón regresar de pantalla IUR3 Gestionar Capturas.
- A-2  Cierra la ventana que se visualizaba.
- A-3  Regresa a la pantalla IUR1 Principal.  
.....Fin de trayectoria.

Trayectoria alternativa B:

Condición: El actor solicita ir a la pantalla IUR5 Filtros.

- B-1  Solicita ir a la pantalla IUR5 Filtros oprimiendo el botón filtros de pantalla IUR3 Gestionar Capturas.
- B-2  Cierra la ventana que se visualizaba.
- B-3  Va a la pantalla IUR5 Filtros.  
.....Fin de trayectoria.

Trayectoria alternativa C:

Condición: El actor solicita Modificar la fila de fotos.

- B-1  Solicita Modificar todo un registro oprimiendo el botón Modificar de la pantalla IUR3 Gestionar Capturas.
- B-2  Muestra el mensaje MSG8 Está seguro que desea modificar todas las capturas sobre la pantalla IUR3 Gestionar Capturas
- B-3  Oprime el botón Aceptar del MSG8.
- B-4  Muestra la pantalla IUR2 Capturar Imagen.  
.....Fin de trayectoria.



#### Trayectoria alternativa D:

Condición: El actor solicita Eliminar el registro.

D-1  Solicita eliminar todo un registro oprimiendo el botón Eliminar de la pantalla IUR3 Gestionar Capturas

D-2  Muestra el mensaje MSG6 Está seguro que desea eliminar todas las capturas sobre la pantalla IUR3 Gestionar Capturas

D-3  Oprime el botón Aceptar del MSG6.

D-4  Elimina todas las capturas del rostro perteneciente a un usuario de la base de datos.

D-4  Continúa con el paso 3 de la Trayectoria Principal  
.....Fin de trayectoria.

#### Trayectoria alternativa E:

Condición: El actor solicita Registrar nuevos rostros.

E-1  Solicita Registrar nuevos rostros oprimiendo el botón Registrar de la pantalla IUR3 Gestionar Usuario

E-2  Muestra la pantalla IUR2 Capturar Imagen.  
.....Fin de trayectoria.

#### Trayectoria alternativa F:

Condición: El actor solicita Modificar las capturas.

F-1  Solicita modificar una de las capturas oprimiendo el botón Modificar de pantalla IUR3 Gestionar Usuario

F-2  Muestra sobre la pantalla IUR3 Gestionar Usuario un apartado para modificar las capturas del usuario seleccionado.

F-3  Oprime el botón de la esquina superior derecha de la captura del rostro para eliminarla.

F-4  Muestra el mensaje MSG5 Está seguro que desea eliminar esta captura, sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen, confirmando al actor que la operación que esta por ejecutarse es eliminar la imagen seleccionada.

F-5  Oprime el botón de Si para confirmar que se desea eliminar la imagen. [Trayectoria G]

F-6  Elimina la imagen Seleccionada

F-7  Habilita el botón de Capturar



F-8  Solicita la captura de su rostro oprimiendo el botón Capturar de la pantalla IUR3 Gestionar Capturas.

F-9  Muestra una ventana donde se muestra una imagen en tiempo real

F-10  Captura la imagen de su rostro en la posición hacia abajo presionando la tecla ESC

F-11  Muestra la foto capturada sobre la pantalla IUR3 Gestionar Capturas.

F-13  Solicita guardar las imágenes de su rostro oprimiendo el botón Guardar de la pantalla IUR3 Gestionar Capturas

F-14  Guarda el registro de las 4 fotos en la base de datos

F-15  Continúa con el paso 3 de la Trayectoria Principal

.....Fin de trayectoria.

Trayectoria alternativa G:

Condición: No desea eliminar la foto seleccionada

G-1  Oprime el botón de No para que se evite que la imagen se borre.

G-2  Continúa con el paso 3 de la Trayectoria Principal.

.....Fin de trayectoria.

### *Puntos de extensión:*

Causa de la extensión: El actor desea salir de la pantalla IUR3 Gestionar Capturas.

Región de la trayectoria: Continúa con el paso 2 de la Trayectoria principal.

Extiende a: CU1 Principal.

Causa de la extensión: El actor desea ir a la pantalla IUR4 Filtros.

Región de la trayectoria: Continúa con el paso 2 de la Trayectoria principal.

Extiende a: CU4 Filtros.



## 7.4 Diseño

### 7.4.1 Pantallas de la herramienta

#### 7.4.1.1 IUR1 Principal

##### Objetivo

Esta pantalla permite al actor seleccionar alguna de las opciones que éste desee realizar, para que así se redirecciones a las pantallas especificadas o simplemente salir de la herramienta.

##### Diseño

En la Figura 7.6 IUR1 Principal se muestra la pantalla IUR1 Principal, muestra las imágenes de las instituciones involucradas para el desarrollo de la herramienta, de igual manera se observa el nombre de ésta y una pequeña descripción del objetivo que se pretende alcanzar y lo que necesita hacer el usuario. En la parte posterior se ven los botones de acuerdo a lo que quiera realizar el usuario.



Figura 7.6 IUR1 Principal



## Comandos

- **Capturar Imagen** : Permite al actor dirigirse a la pantalla IUR2 Capturar Usuario.
- **Gestionar Capturas** : Permite al actor dirigirse a la pantalla IUR3 Gestionar Capturas.
- **Clasificación** : Permite al actor dirigirse a la pantalla IUR5 Extraer Características.
- **salir** : Permite al actor salir de la herramienta.

### 7.4.1.2 IUR2 Capturar Imagen

#### Objetivo

Esta pantalla permite al actor seleccionar la cámara con la que desea tomar la imagen, siempre y cuando se haya detectado su conectividad, capturar las imágenes y guardarlas posteriormente.

#### Diseño

En la Figura 7.7 IUR2 Capturar Imagen muestra los dispositivos de captura disponibles y así tomar la captura de los rostros.

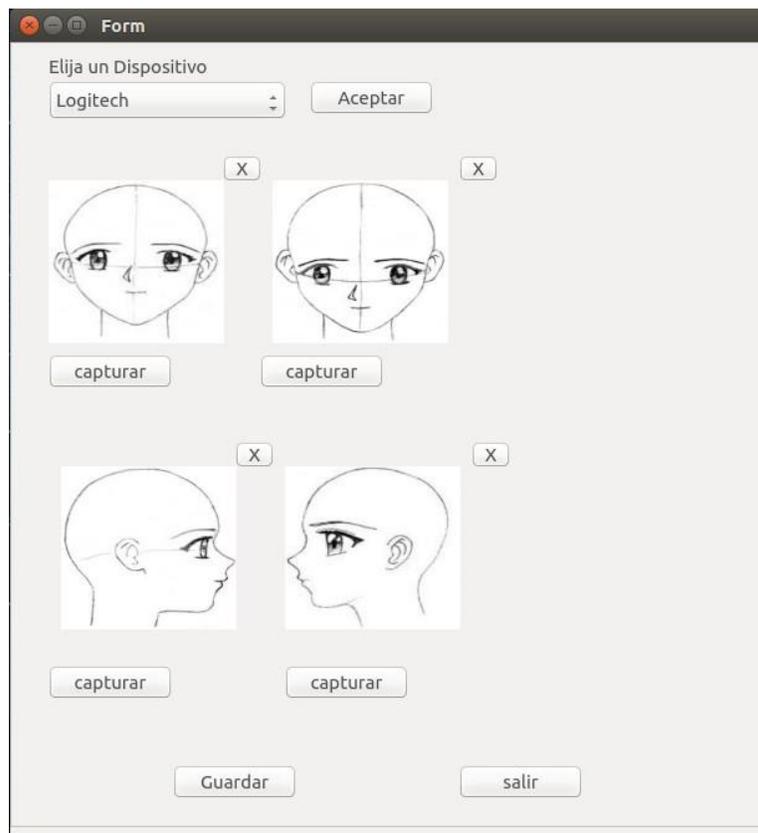


Figura 7.7 IUR2 Capturar Imagen



## Comandos

- : Permite al actor confirmar el dispositivo de captura que ha seleccionado, habilita los botones posteriores.
- : Permite al actor habilitar la ventana para visualizar la imagen a capturar.
- : Permite al actor guardar las imágenes capturadas, siempre y cuando cumpla con el BR06
- : Permite al actor salir de la herramienta.

## Mensajes

**MSG1 No hay dispositivos conectados a la PC:** Se muestra sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen indicando al actor que no se encontró ningún dispositivo.

**MSG2 Conexión Fallida:** Se muestra en la pantalla IUR2 Capturar Imagen cuando no se pudo realizar la conexión.

**MSG3 Presione la tecla ESC para capturar imagen:** Se muestra en la pantalla IUR2 Capturar Imagen cuando el actor requiere capturar un rostro.

**MSG4 No se han realizado todas las capturas:** Se muestra en la pantalla IUR2 Capturar Imagen especificando al actor que el número de fotos capturadas no cumple con el número especificado de capturas.

**MSG5 Está seguro que desea eliminar esta captura:** se muestra sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen, confirmando al actor que la operación que esta por ejecutarse es eliminar la imagen seleccionada.

### 7.4.1.3 IUR3 Gestionar Capturas

#### Objetivo

Esta pantalla permite al actor el gestionar las imágenes obtenidas, específicamente eliminar todas las imágenes o una sola y poder registrar más rostros.

#### Diseño

En la Figura 7.8 se muestra la pantalla IUR2 Gestionar Capturas, muestra todos los rostros que se han capturado, de igual manera podrá eliminar y poder registrar nuevos rostros.

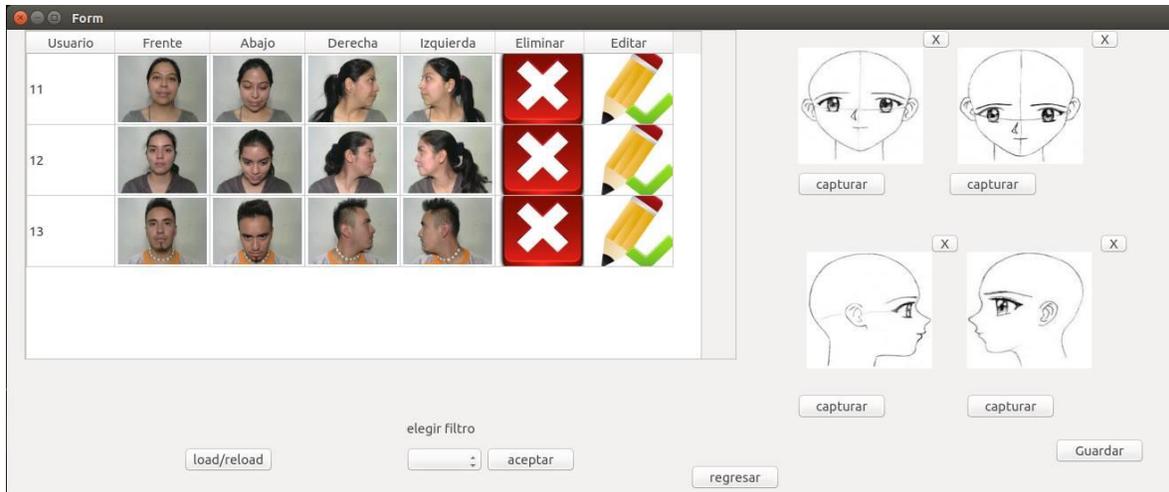


Figura 7.8 IUR3. Gestionar Capturas

## Comandos

- : Permite al actor cargar todas las imágenes de los rostros capturados previamente.
- : Permite al actor eliminar toda la fila de las imágenes de rostros capturados.
- : Permite al actor modificar toda la fila de las imágenes de rostros capturados.
- : Permite al actor confirmar el filtro seleccionado para aplicarse.
- : Permite al actor registrar nuevas imágenes de rostros, enviando la pantalla IUR1 Principal.
- : Permite al actor habilitar la ventana para visualizar la imagen a capturar.
- : Permite al actor guardar las imágenes capturadas, siempre y cuando cumpla con el BR06

## Mensajes

**MSG6 Está seguro que desea eliminar todas las capturas:** Se muestra sobre la pantalla IUR2 Gestionar Capturas indicando al actor que se ha eliminado todas las imágenes que había en la fila.

**MSG7 No existen registros:** se muestra sobre la pantalla IUR3 Gestionar Capturas, alertando al actor que no existen datos en la base de datos.

**MSG8 Está seguro que desea modificar todas las capturas:** Se muestra sobre la pantalla IUR2 Gestionar Capturas indicando al actor que se modificarán toda la fila de imágenes.

**MSG9 Filtro aplicado correctamente:** Se muestra sobre la pantalla IUR2 Gestionar Capturas indicando al actor que se ha aplicado el filtro seleccionado de manera correcta.



## 7.4.2 Diagrama de clases

### 7.4.2.1 Diagrama general de clases

El diagrama de clases, no permite modelar la estructura de un sistema por medio de sus clases en programación orientada a objetos, esto con la finalidad de visualizar las relaciones entre éstas y como es la relación de los objetos dentro de la herramienta. Está compuesto por clases y relaciones.

En la siguiente imagen se muestra el diagrama general de clases del prototipo 2, en él se observan las clases separadas en tres paquetes que son: modelo, vista y controlador. Esto ayudará a separar toda la lógica de negocio de las interfaces graficas de usuario teniendo como intermediario a un controlador encargado de administrar las peticiones del usuario a través de la vista.

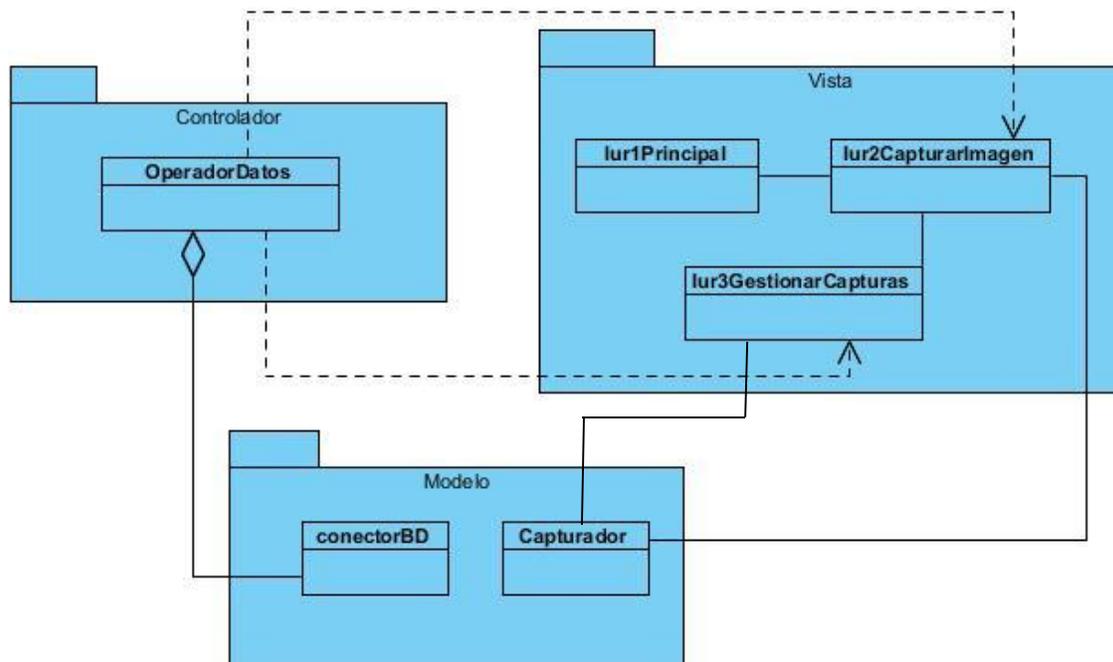


Figura 7.9 Diagrama de clases del prototipo 2



### 7.4.2.2 Clases del paquete modelo

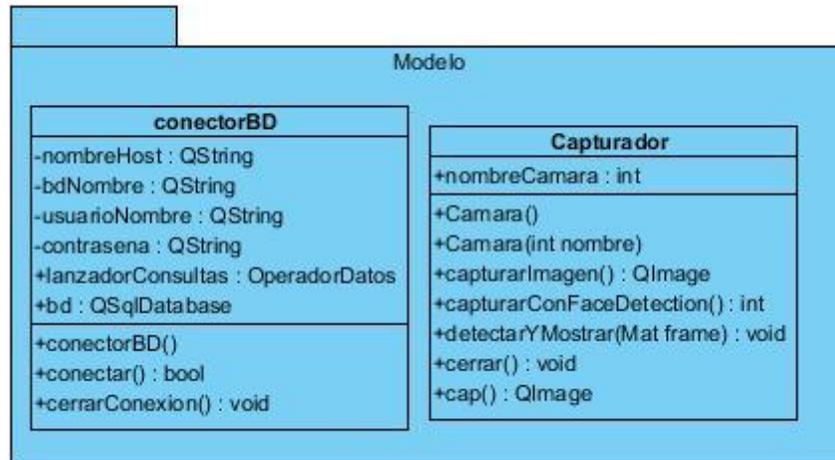


Figura 7.10 Diagrama de clases (Modelo) del Prototipo 2

En este paquete presentamos las clases encargadas de modelar la lógica de negocio necesaria para este prototipo de la herramienta de software. Para el desarrollo de estas clases consideramos los métodos definidos por las clases de nuestra librería de captura OpenCV.



### 7.4.2.3 Clases del paquete vista

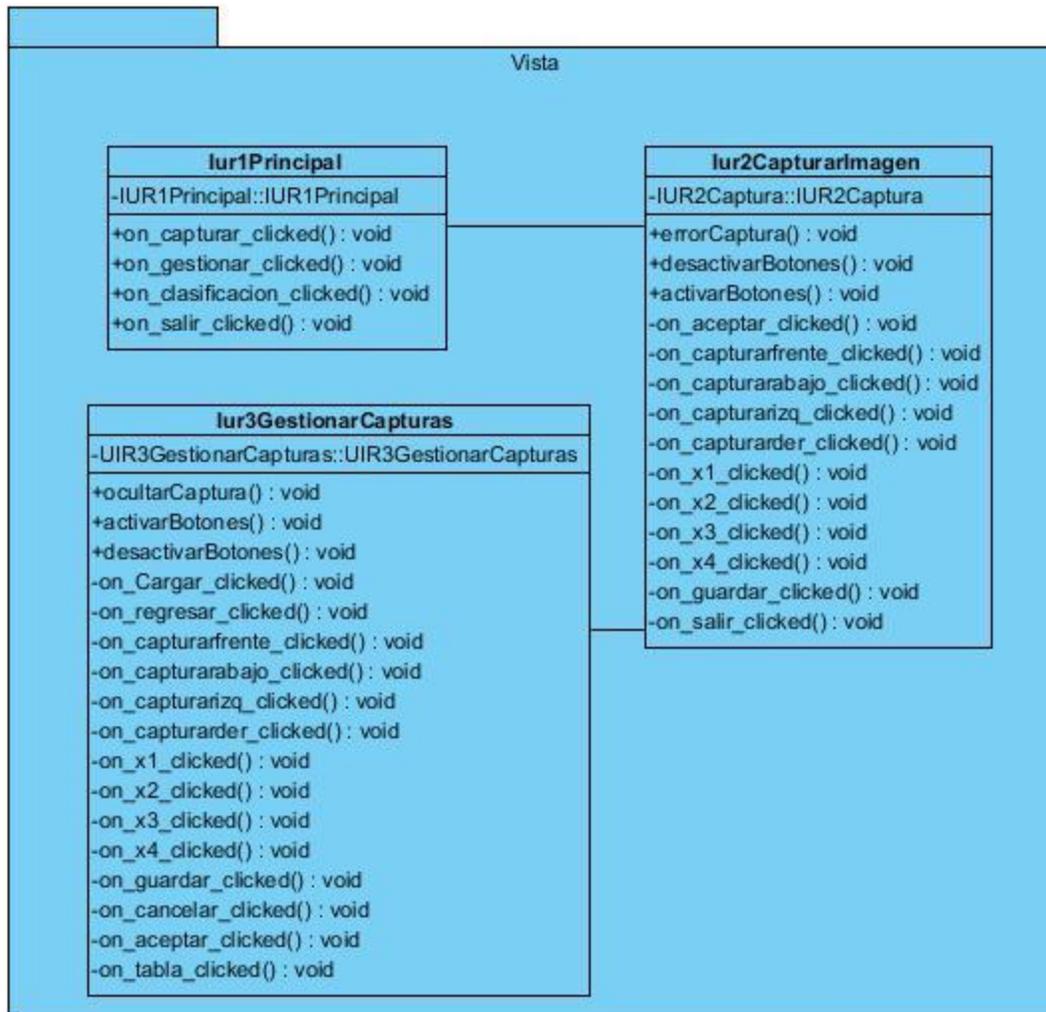


Figura 7.11 Diagrama de clases (Vista) del Prototipo 2

Debido a que en el prototipo 2 se contempló el diseño de las interfaces gráficas para el actor mostramos a continuación la clase de la vista del proyecto, únicamente el paquete vista está definido por la clase Iur1Principal, Iur2CapturasImagen e Iur3GestionarCapturas.



#### 7.4.2.4 Clases del paquete controlador

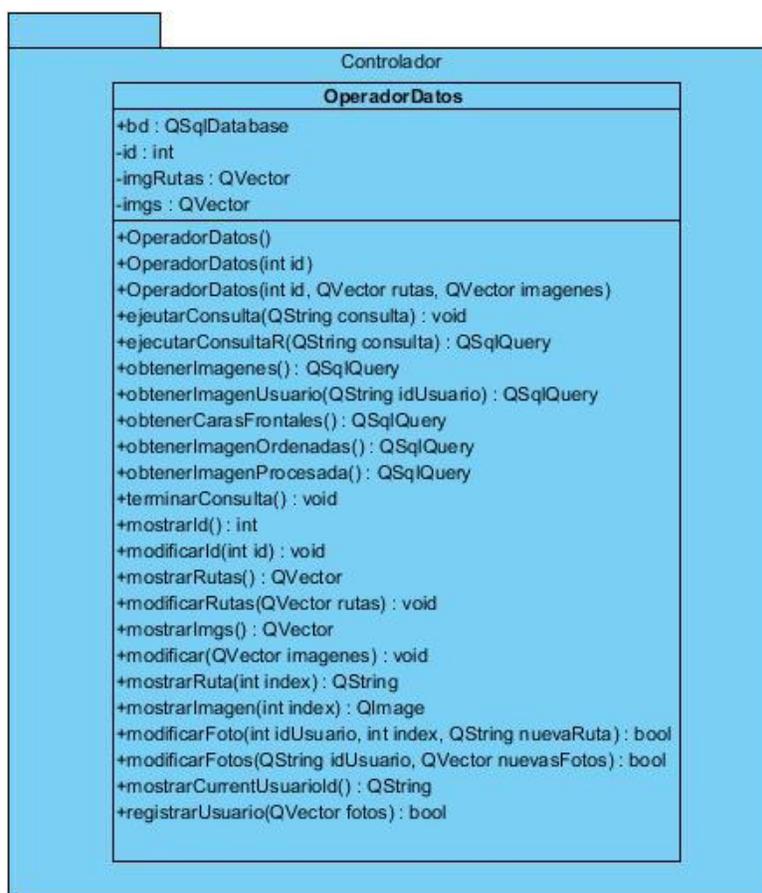


Figura 7.12 Diagrama de clases (Controlador) del Prototipo 2

En las clases del paquete controlador únicamente tenemos la clase OperadorDatos que es la encargada de realizar las operaciones del modelo de conectorBD correspondiente para visualizar los resultados en la vista.

### 7.4.3 Diagramas de secuencia

Los diagramas de secuencia es una manera de describir más detalladamente los pasos y procesos a ejecutar para poder cubrir con los puntos de funcionalidad de cada caso de uso. A continuación se presentan los diagramas de secuencia del caso de uso Principal.

#### 7.4.3.1 Diagramas de secuencia para el C.U.2 Capturar Imagen

En la siguiente figura se muestra el diagrama de secuencia del proceso concurrente Capturar Imagen, el cual se encarga de ver la interacción de la herramienta con el usuario y cuáles son las posibles opciones que puede seguir.

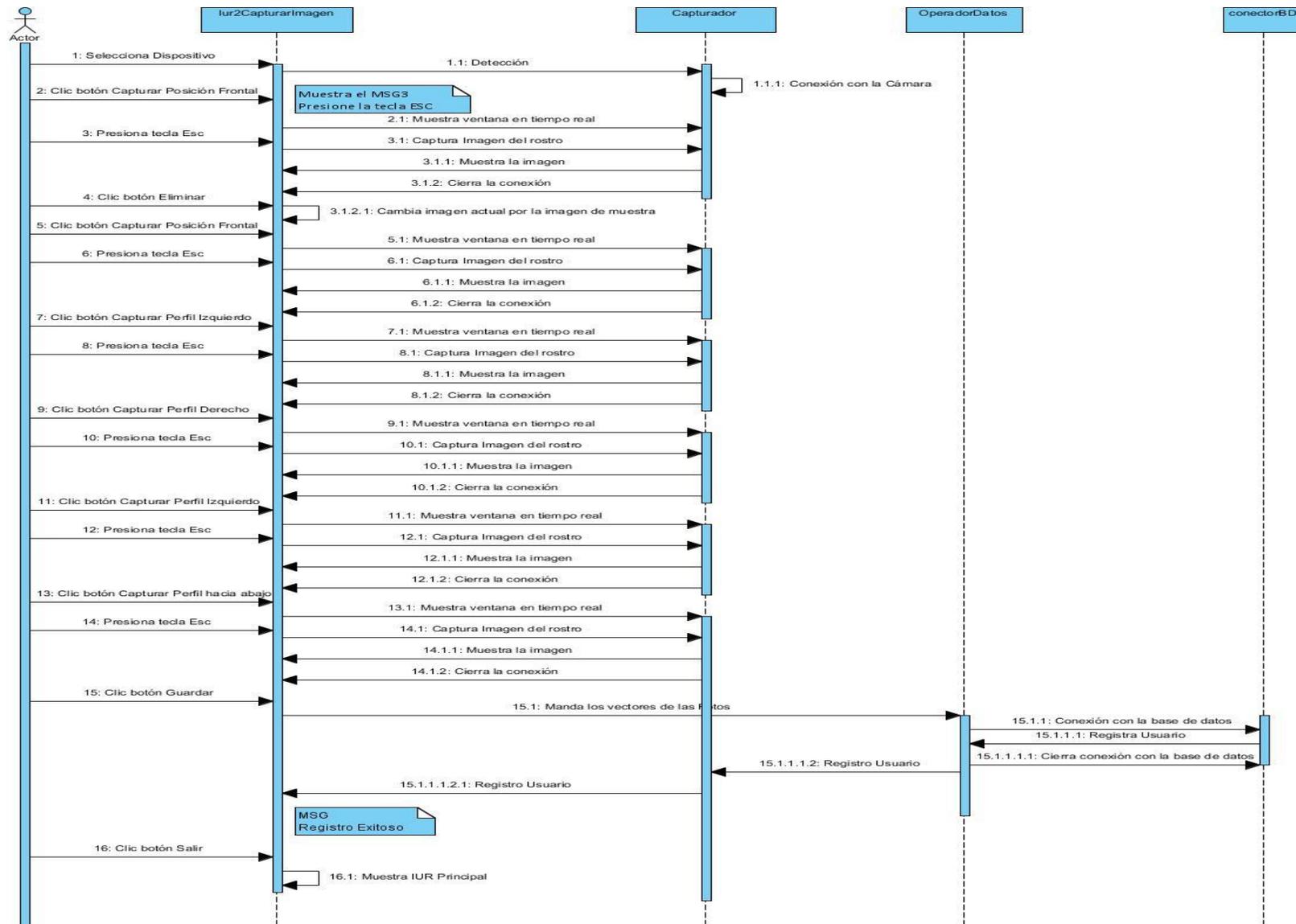


Figura 7.13 Diagrama de Secuencia para el proceso Capturar Imagen



### 7.4.3.2 Diagramas de secuencia para el C.U.3 Gestionar Capturas

En la siguiente figura se muestra el diagrama de secuencia del proceso concurrente Gestionar Capturas, el cual se encarga de ver la interacción de la herramienta con el usuario como es la detección de la cámara y el proceso de la captura de los rostros.

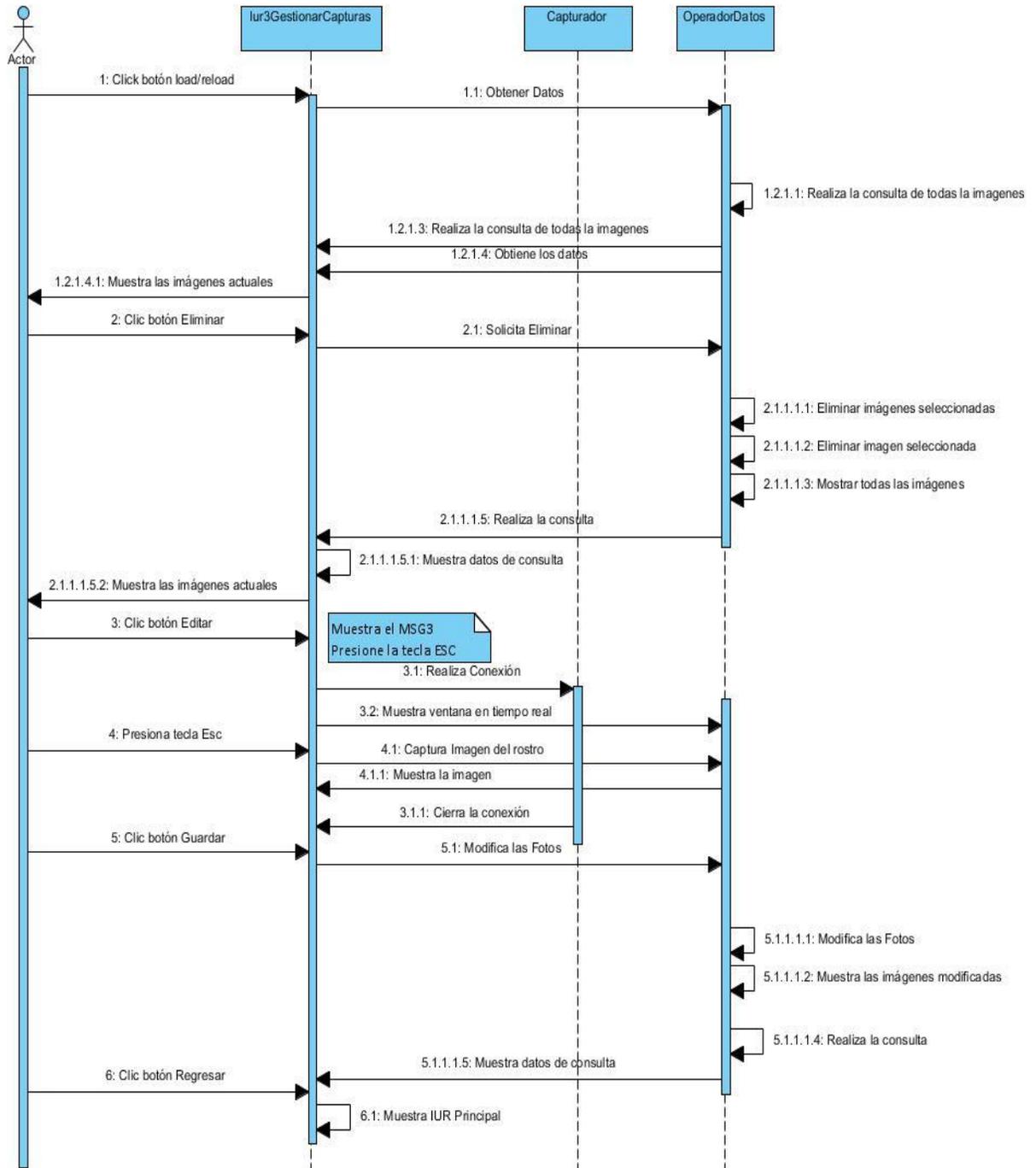


Figura 7.14 Diagrama de Secuencia para el proceso Gestionar Capturas



## 7.5 Pruebas

Para el segundo prototipo de la herramienta se aplicaron pruebas de funcionalidad.

Este tipo de pruebas examina si el sistema cubre sus necesidades de funcionamiento, acorde a las especificaciones de diseño. En ellas se debe verificar si el sistema lleva a cabo correctamente todas las funciones requeridas, se debe verificar la validación de los datos y se deben realizar pruebas de comportamiento ante los distintos escenarios.

Estas pruebas deben estar enfocadas a tareas, a límites del sistema, a condiciones planeadas de error ya que nos interesa saber si funciona o no, independientemente de la forma en que lo haga.

### 7.5.1.1 Pruebas de la IUR2 Capturar Imagen

Cuando el actor selecciona la opción de capturar imagen de la IUR1 Principal debe aparecer la pantalla IUR2 Capturar Imagen con el módulo de las capturas deshabilitado hasta que el usuario haya escogido un dispositivo, en caso de que no exista ningún dispositivo conectado al ordenador muestra un mensaje de error MSG1 No hay dispositivos conectados a la PC sobre la IUR2 Capturar Imagen.

En caso de que no escoja un dispositivo la herramienta utilizará una cámara por default que por ejemplo puede ser la cámara web de una laptop.

En caso de que la cámara seleccionada no realice bien la conexión con el ordenador lanza un mensaje de error de conexión MSG2 Conexión Fallida sobre la IUR2 Capturar Imagen.

Cuando el actor haya seleccionado el dispositivo de captura a utilizar y este realice bien la conexión la herramienta habilita el módulo para las capturas del rostro en diferentes posiciones.

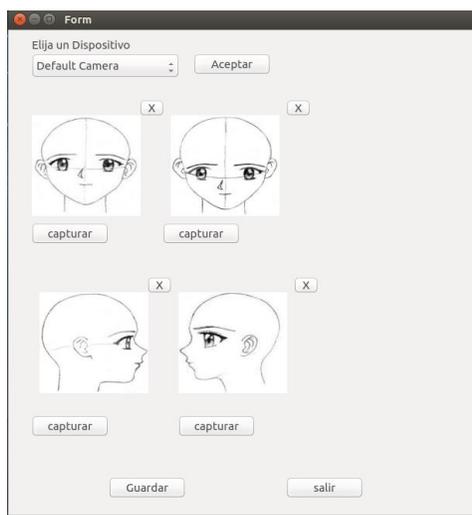
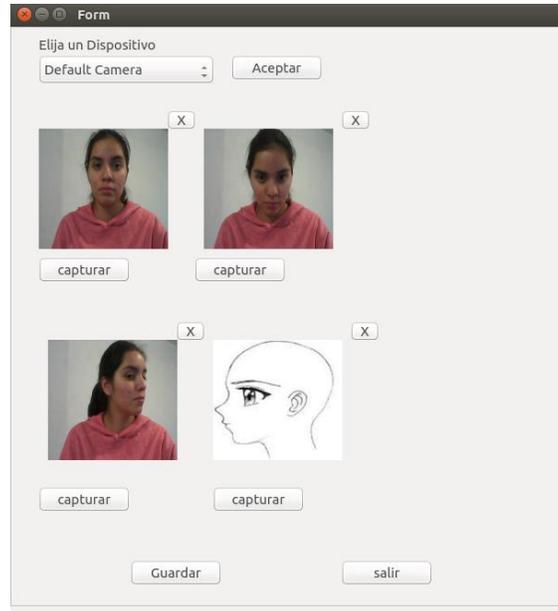


Figura 7.15 IUR2 Capturar imagen

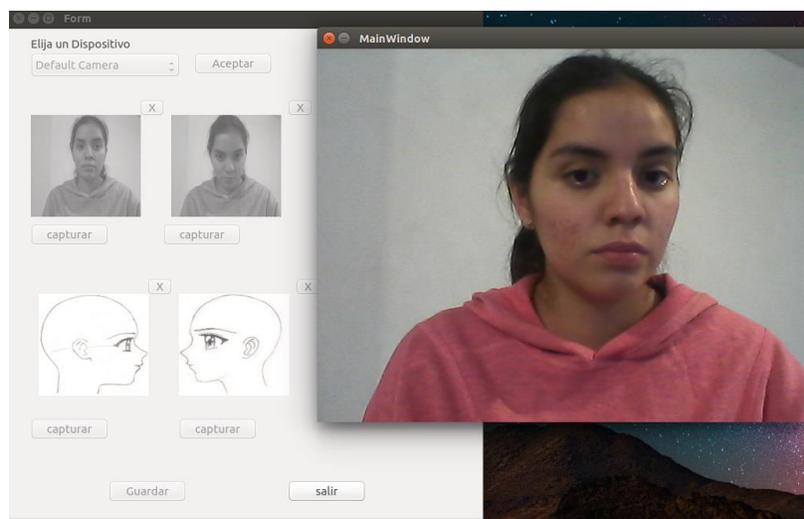


Dentro del módulo de captura del rostro el actor solo puede capturar su rostro como las imágenes de ejemplo le indican, cuando el usuario selecciona el botón de capturar sobre la pantalla IUR2 Capturar imagen lanza un mensaje de advertencia MSG3 Presione la tecla ESC para capturar imagen sobre la IUR2 Capturar Imagen.



**Figura 7.16 Capturas de Rostro**

El actor tiene la posibilidad de eliminar cualquiera de las cuatro capturas y modificarla por una nueva que puede capturarse en tiempo real, cuando el actor selecciona eliminar la captura a modificar muestra un mensaje de confirmación MSG5 Está seguro que desea eliminar esta captura sobre la IUR2 Capturar Imagen.



**Figura 7.17 Modificación de una captura**



Para guardar las capturas de los rostros en la base de datos el actor debe capturar las 4 fotos como está indicado en la pantalla IUR2 Capturar Imagen, si no se cumple con esta regla de negocio BR07 Registro de Rostros, la herramienta muestra un mensaje de error MSG4 No se han realizado todas las capturas sobre la IUR2 Capturar Imagen, de lo contrario guarda el registro y muestra un mensaje de confirmación.

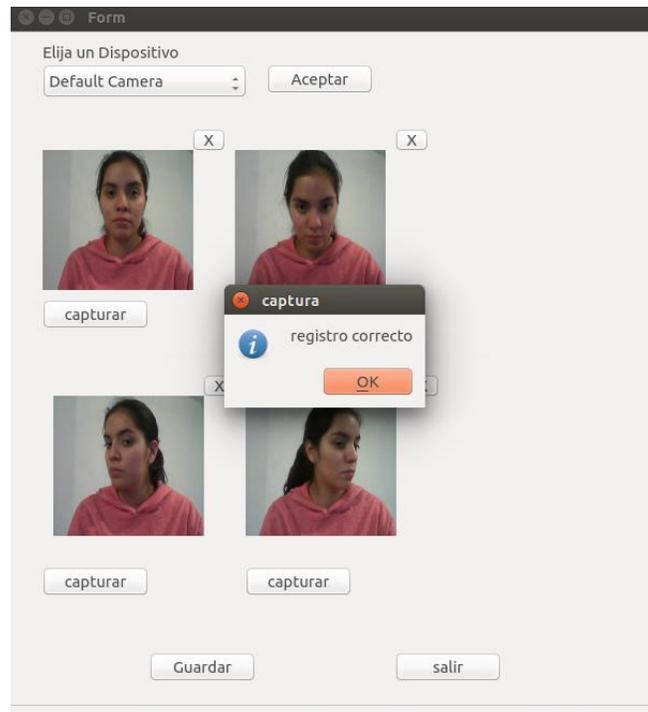


Figura 7.18 Registro de las 4 capturas

### 7.5.1.2 Pruebas de la IUR3 Gestionar Capturas

Cuando el actor selecciona la opción de Gestionar Capturas de la IUR1 Principal debe aparecer la pantalla IUR3 Gestionar Capturas mostrando en la tabla las 4 fotos de todos los usuarios registrados en la base de datos.

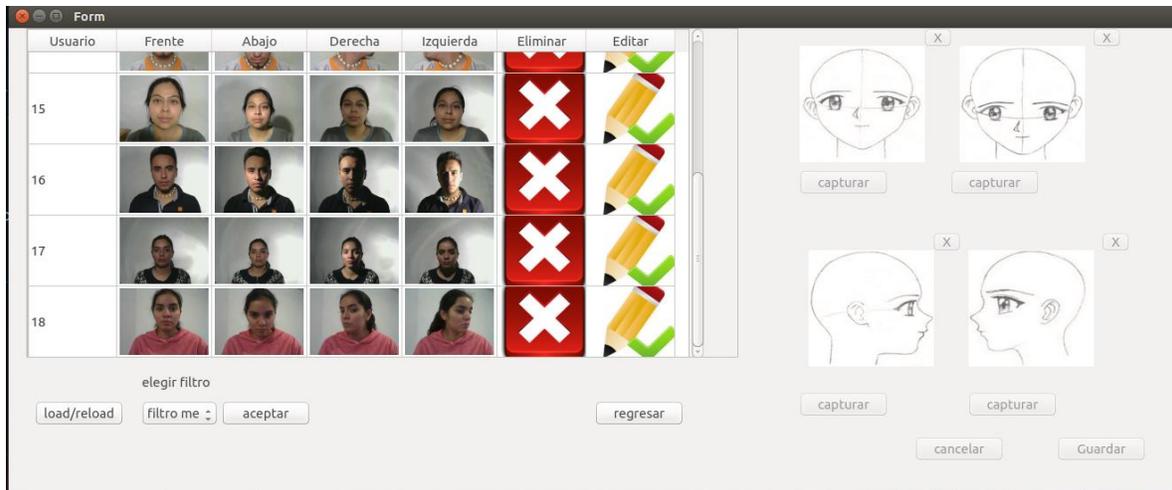


Figura 7.19 IUR3 Gestionar Captura

Cuando el usuario seleccione el botón editar aparecerá un mensaje MSG8 Está seguro que desea modificar todas las sobre la pantalla IUR3 Gestionar Capturas y si el usuario acepta, entonces se habilitara el módulo para la modificación de fotos, reemplazando las fotos de ejemplo por las del usuario a modificar.



Figura 7.20 Modificar capturas de usuario

El usuario puede eliminar cualquier captura y capturar un nuevo rostro en tiempo real.

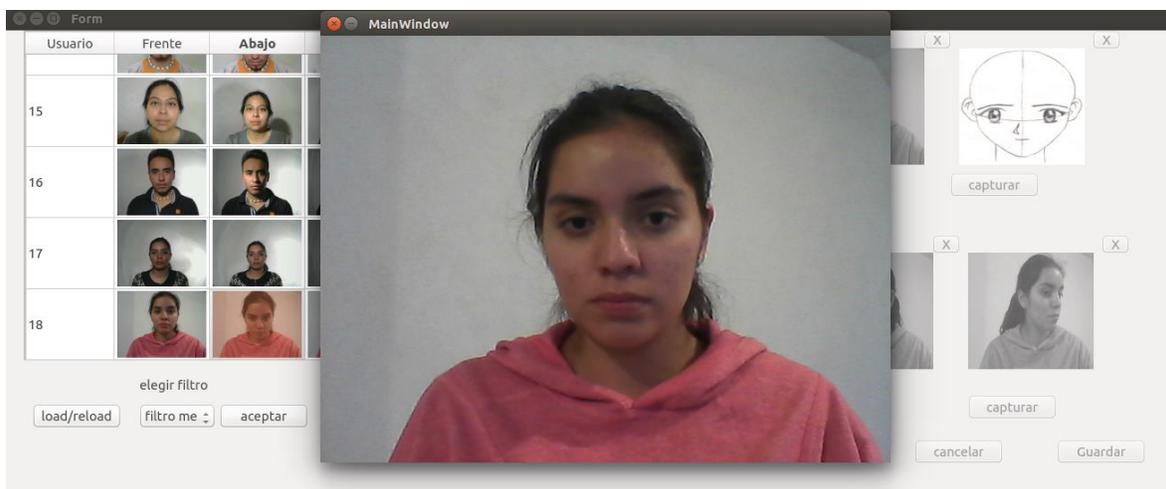


Figura 7.21 Captura en tiempo real

Cuando el usuario seleccione el botón de eliminar aparecerá un mensaje MSG6 Está seguro que desea eliminar todas las capturas sobre la pantalla IUR3 Gestionar Capturas y si el usuario confirma esta operación eliminar las 4 fotos del usuario registrado.

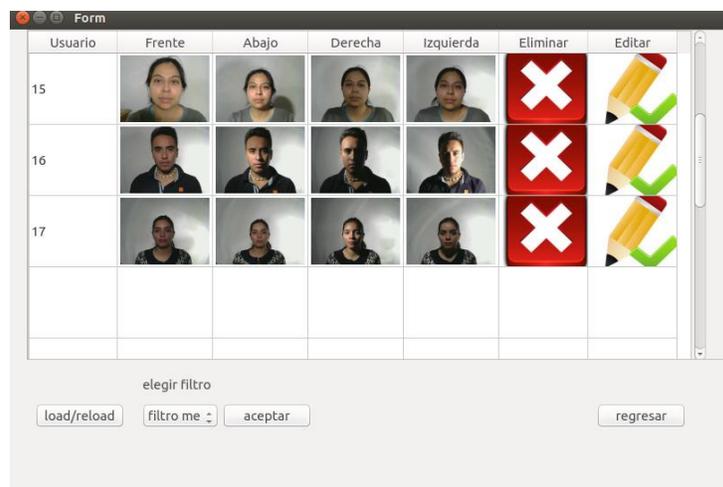


Figura 7.22 Operación de eliminar

## 7.5.2 Resultados de pruebas

Una prueba funcional es una prueba basada en la ejecución, revisión y retroalimentación de las funcionalidades previamente diseñadas para el software.

Las pruebas funcionales se dividen en las siguientes fases:

Análisis de requisitos (Planificación). En esta fase se elaboró un modelo jerárquico de requisitos de prueba. Se hizo un análisis de las operaciones más importantes a las menos importantes de la herramienta para después analizar paso a paso como es que funciona y sus trayectorias.



Diseño del plan de pruebas (Preparación). En esta fase se identificó y especifico los atributos y características de calidad que se van a probar. Se hizo una lista de la funcionalidad de las pantallas que este prototipo contiene revisando los casos de uso, reglas de negocio, mensajes, etc., para después poder revisar paso a paso cada una de estas.

Ejecución. En esta fase se ejecutaron los casos de prueba anteriormente diseñados de forma manual. Es decir se procedió a probar cada una de las funcionalidades de las pantallas con todas las opciones posibles que la herramienta soporta para hacer un análisis profundo.

Gestión de incidencias (Defectos). En esta fase del proyecto se obtuvieron resultados que no esperados como falta de aparición de algunos mensajes en la herramienta o la interfaz no era lo suficientemente detallados para el uso con el actor, estos resultados fueron localizados, analizados y solucionados.



## 8 Tercer prototipo de la herramienta: Pre-Procesamiento

### 8.1 Resumen

El prototipo 3 tiene la función de aplicar una configuración de filtros de inicio o en su defecto una configuración deseada por el usuario a las imágenes capturadas proporcionadas por la cámara, esto con el objetivo de realizar un pre-procesamiento en ellas que permita mejorar algunas características anómalas y eliminar algún tipo de ruido que puedan presentar, debido a que esto facilitará notablemente las tareas de detección de características de las etapas posteriores.

### 8.2 Alcances

Con el desarrollo de este prototipo se cubren algunos de los objetivos particulares planteados durante la definición de este proyecto, entre ellos el determinar los filtros necesarios para el pre-procesamiento de las imágenes de rostros.

Gracias al desarrollo de este prototipo se pudo implementar algunos de los algoritmos más utilizados para el filtrado de las imágenes y mejorar sus características. De igual manera, este prototipo permitirá definir y diseñar la interfaz gráfica de toda la herramienta.

### 8.3 Análisis

#### 8.3.1 Diagrama de casos de uso

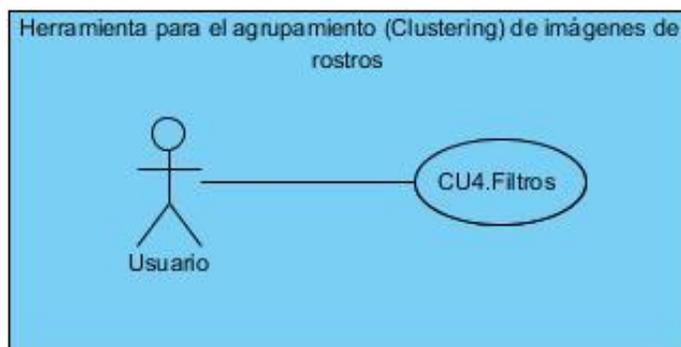


Figura 8.1 Diagrama de casos de uso del prototipo 3

Como se observa en la Figura 8.1 Diagrama de casos de uso del prototipo 3 para éste prototipo se agregó un caso de uso el cual se encargaran de modificar una configuración de filtros que tendrá que aplicar dicha configuración a los pixeles de la captura de la imagen, este caso de uso se especifica más a detalle a continuación.



### 8.3.1.1 Modelo de comportamiento (Trayectorias de casos de uso)

#### C.U.4 Filtros

##### RESUMEN:

Este caso de uso permite al actor darle una explicación de lo que realiza la herramienta y así posteriormente pueda seleccionar la opción que desee realizar.

##### DESCRIPCION:

Tabla 8.1 Descripción del CU4Filtros

CASO DE USO	CU 4 Filtros
<b>Versión:</b>	1.0
<b>Autor:</b>	Laura Concepción Hernández Castillo
<b>Operación:</b>	Selección
<b>Estatus:</b>	Terminado
<b>Fecha del ultimo estatus:</b>	8-Mayo-2015
<b>ATRIBUTOS</b>	
<b>Actores:</b>	Actor
<b>Propósito:</b>	Permitirle al usuario la configuración de los filtros que serán aplicados a los pixeles de la captura de la imagen para su tratamiento posterior.
<b>Entradas:</b>	Imágenes de rostros previamente capturadas.
<b>Salidas:</b>	Imágenes de rostros filtrados.
<b>Precondiciones:</b>	Interna. Seleccionar la opción load de la ventana Filtros para cargar imagen de rostro.
<b>Postcondiciones:</b>	Imágenes de rostros procesados.
<b>Reglas de negocio:</b>	<b>BR10</b> Seleccionar filtro. La herramienta debe ser flexible a los cambios en los filtros que se aplicarán a las imágenes de capturas de rostros, se deberá mostrar un mensaje MSG9 Filtro aplicado correctamente, cuando estos sean aplicados. <b>BR11</b> Procesamiento de imagen. La herramienta debe generar las imágenes en las que se presenten los rostros con los filtros aplicados.
<b>Mensajes:</b>	MSG9 Filtro aplicado correctamente, cuando estos sean aplicados.
<b>Tipo:</b>	Secundario, se redirecciona al CU5 Extracción de Características



## TRAYECTORIAS DEL CASO DE USO

Trayectoria principal: Filtros

4.  Solicita la pantalla Filtros.
5.  Muestra la pantalla IUR4 Filtros.
6.  Solicita cargar una imagen oprimiendo el botón load.
7.  Muestra una ventana emergente, donde aparecen todas las imágenes capturadas
8.  Selecciona una imagen.
9.  Carga la imagen del rostro seleccionado.
10.  Selecciona el botón de greyscale.
11.  Aplica el algoritmo de Escala de Grises.
12.  Muestra la imagen original y la imagen a la que se le aplico Escala de Grises
13.  Solicita aplicar la mediana cruz, oprimiendo el botón mediana cruz. [Trayectoria A, B, C, D, E, F, G, H, I]
14.  Aplica el algoritmo de la Mediana Cruz.
15.  Muestra la imagen original y la imagen a la que se le aplicó Escala de Grises y a su vez la mediana cruz.
16.  Solicita aplicar la mediana completa, oprimiendo el botón mediana completo.
17.  Aplica el algoritmo de la Mediana Completo.
18.  Muestra la imagen original y la imagen a la que se le aplicó Escala de Grises, a su vez la mediana cruz y completo.

.....Fin de la Trayectoria.

Trayectoria alternativa A:

Condición: El actor solicita hacer una nueva consulta

- A-1  Solicita realizar una nueva consulta
- A-2  Realiza la consulta solicitada
- A-3  Continúa con el paso 13 de la Trayectoria Principal.

.....Fin de trayectoria.



#### Trayectoria alternativa B:

Condición: El actor solicita aplicar laplacioano1

- B-1  Solicita aplicar el algoritmo de la laplacioano1
- B-2  Aplica el algoritmo de la laplacioano1.
- B-3  Muestra la imagen original y la imagen a la que se le aplicaron Escala de Grises y a su vez la laplacioano1.
- B-4  Continúa con el paso 13 de la Trayectoria Principal.  
.....Fin de trayectoria.

#### Trayectoria alternativa C:

Condición: El actor solicita aplicar laplacioano2

- C-1  Solicita aplicar el algoritmo de la laplacioano2
- C-2  Aplica el algoritmo de la laplacioano2.
- C-3  Muestra la imagen original y la imagen a la que se le aplicaron Escala de Grises y a su vez la laplacioano2.
- C-4  Continúa con el paso 13 de la Trayectoria Principal.  
.....Fin de trayectoria.

#### Trayectoria alternativa D:

Condición: El actor solicita aplicar laplacioano3

- D-1  Solicita aplicar el algoritmo de la laplacioano3
- D-2  Aplica el algoritmo de la laplacioano3.
- D-3  Muestra la imagen original y la imagen a la que se le aplicaron Escala de Grises y a su vez la laplacioano3.
- D-4  Continúa con el paso 13 de la Trayectoria Principal.  
.....Fin de trayectoria.

#### Trayectoria alternativa E:

Condición: El actor solicita aplicar laplacioano4

- E-1  Solicita aplicar el algoritmo del menos Laplaciano
- E-2  Aplica el algoritmo del menos laplacioano
- E-3  Muestra la imagen original y la imagen a la que se le aplicaron Escala de Grises y a su vez el menos laplacioano.



E-4  Continúa con el paso 13 de la Trayectoria Principal.  
.....Fin de trayectoria.

Trayectoria alternativa F:

Condición: El actor solicita aplicar Direccional Vertical

F-1  Solicita aplicar el algoritmo de Direccional Vertical

F-2  Aplica el algoritmo de Direccional Vertical.

F-3  Muestra la imagen original y la imagen a la que se le aplicaron Escala de Grises y a su vez la Direccional Vertical.

F-4  Continúa con el paso 13 de la Trayectoria Principal.  
.....Fin de trayectoria.

Trayectoria alternativa G:

Condición: El actor solicita aplicar Direccional Horizontal

G-1  Solicita aplicar el algoritmo de Direccional Horizontal

G-2  Aplica el algoritmo de Direccional Horizontal.

G-3  Muestra la imagen original y la imagen a la que se le aplicaron Escala de Grises y a su vez Direccional Horizontal.

G-4  Continúa con el paso 13 de la Trayectoria Principal.  
.....Fin de trayectoria.

Trayectoria alternativa H:

Condición: El actor solicita aplicar cSobel

H-1  Solicita aplicar el algoritmo de cSobel

H-2  Aplica el algoritmo de cSobel.

H-3  Muestra la imagen original y la imagen a la que se le aplico Escala de Grises y a su vez cSobel.

H-4  Solicita aplicar el algoritmo de fSobel

H-5  Aplica el algoritmo de fSobel.

H-6  Muestra la imagen original y la imagen a la que se le aplico Escala de Grises, a su vez cSobel y fSobel.

H-7  Solicita aplicar el algoritmo de Sobel

H-8  Aplica el algoritmo de Sobel.



H-9  Muestra la imagen original y la imagen a la que se le aplicó Escala de Grises, a su vez cSobel, fSobel y el Sobel final.

H-10  Continúa con el paso 13 de la Trayectoria Principal.  
.....Fin de trayectoria.

Trayectoria alternativa I:

Condición: El actor solicita Extraer las Características de los rostros

I-1  Solicita Extraer las Características de los rostros oprimiendo el botón Clasificar.

I-2  Cierra la ventana que se visualizaba.

I-3  Va a la pantalla IUR5 Clasificación.

I-4  Continúa con el paso 13 de la Trayectoria Principal.  
.....Fin de trayectoria.

## 8.4 Diseño

### 8.4.1 Pantallas de la herramienta

#### 8.4.1.1 IUR4 Filtros

##### Objetivo

Esta pantalla permite al actor seleccionar alguno de las opciones de filtros que se programaron para aplicarlos a las imágenes capturadas.

##### Diseño

En la Figura 8.2 IUR4. Filtros se muestra la pantalla IUR4 Filtros, muestra En la parte izquierda los botones para cargar las imágenes de la base de datos o una imagen en específico, de igual manera los filtros que se ocuparán.

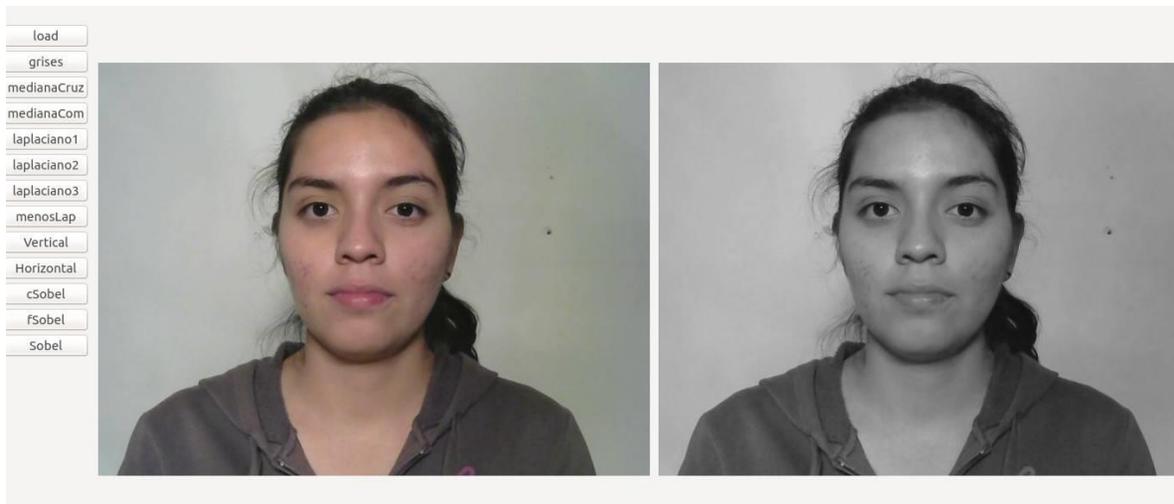


Figura 8.2 IUR4. Filtros

## Comandos

- **load**: Permite al actor cargar una imagen en específico.
- **grises**: Permite al actor probar la escala de grises
- **medianaCruz**: Permite al actor probar la mediana con una matriz con los valores

0	1/9	0
1/9	1/9	1/9
0	1/9	0

- **medianaCom**: Permite al actor probar la mediana con una matriz con los valores

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

- **laplaciano1**: Permite al actor probar el laplaciano con una matriz con los siguientes valores

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

- **laplaciano2**: Permite al actor probar el laplaciano con una matriz con los siguientes valores

0	1	0
1	-8	1



0	1	0
---	---	---

- **laplaciano3**: Permite al actor probar el laplaciano con una matriz con los siguientes valores

-1	2	-2
2	-4	2
-1	2	-1

- **menosLap**: Permite al actor probar el menos laplaciano (pasa altos) para mejorar el contraste, utiliza una matriz con los siguientes valores

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

- **Vertical**: Permite al actor probar el laplaciano vertical, para resaltar las líneas verticales, usando una matriz con los siguientes valores

1	1	1
1	-2	1
-1	-1	-1

- **Horizontal**: Permite al actor probar el laplaciano horizontal, para resaltar las líneas horizontales, usando una matriz con los siguientes valores

-1	1	1
-1	-2	1
-1	1	1

- **cSobel**: Permite al actor calcular las aproximaciones a las derivadas de las líneas horizontales

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

- **fSobel**: Permite al actor calcular las aproximaciones a las derivadas de las líneas verticales

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

- **Sobel**: Permite al actor probar el Sobel, el cual calcula la dirección del gradiente mediante la magnitud de las derivadas



## Mensajes

**MSG9 Filtro aplicado correctamente:** Se muestra sobre la pantalla IUR4 Filtros indicando al actor cuando estos sean aplicados.

### 8.4.2 Diagrama de clases

#### 8.4.2.1 Diagrama general de clases

En la siguiente imagen se muestra el diagrama general de clases del prototipo 3, en él se observan las clases separadas en tres paquetes que son: modelo, vista y controlador. Esto ayudará a separar toda la lógica de negocio de las interfaces graficas de usuario teniendo como intermediario a un controlador encargado de administrar las peticiones del usuario a través de la vista. Como se puede observar se agregaron

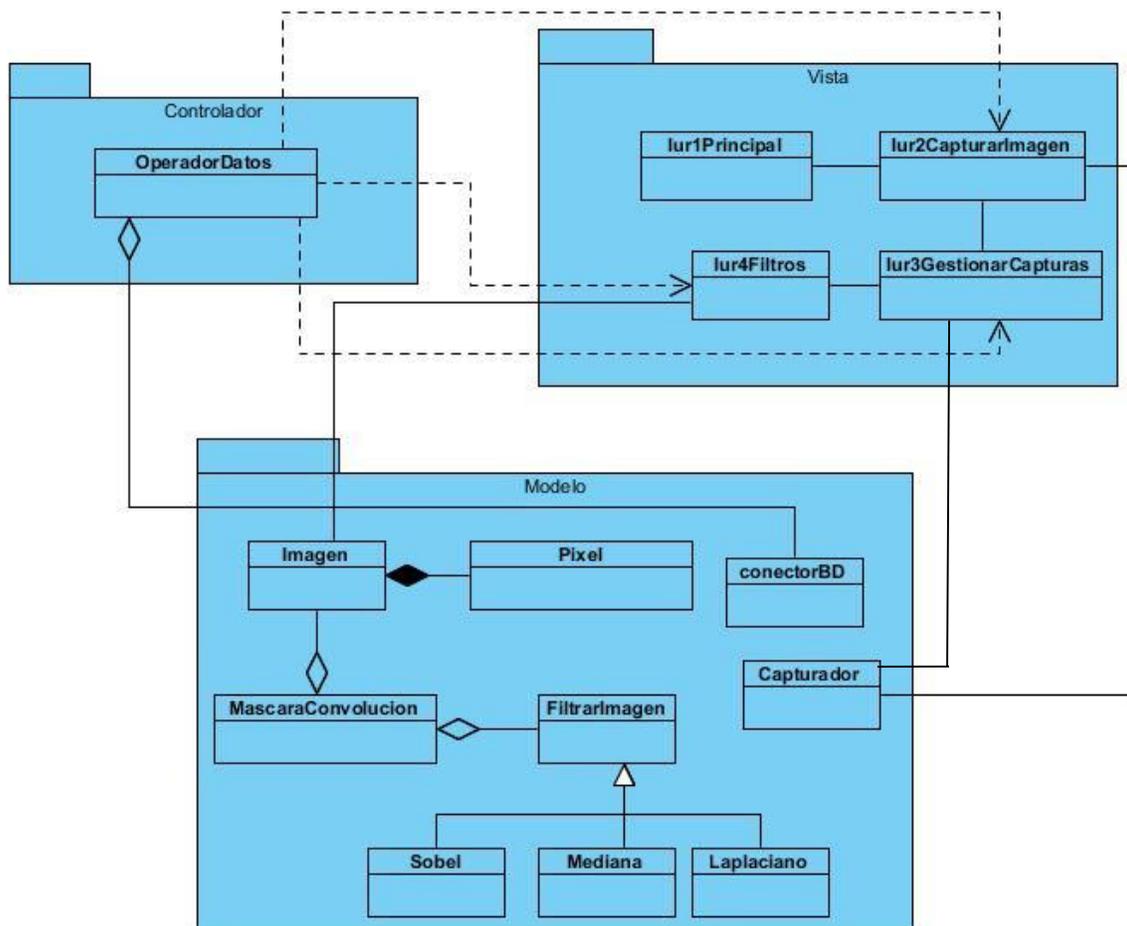


Figura 8.3 Diagrama de clases del prototipo 3



### 8.4.2.2 Clases del paquete modelo

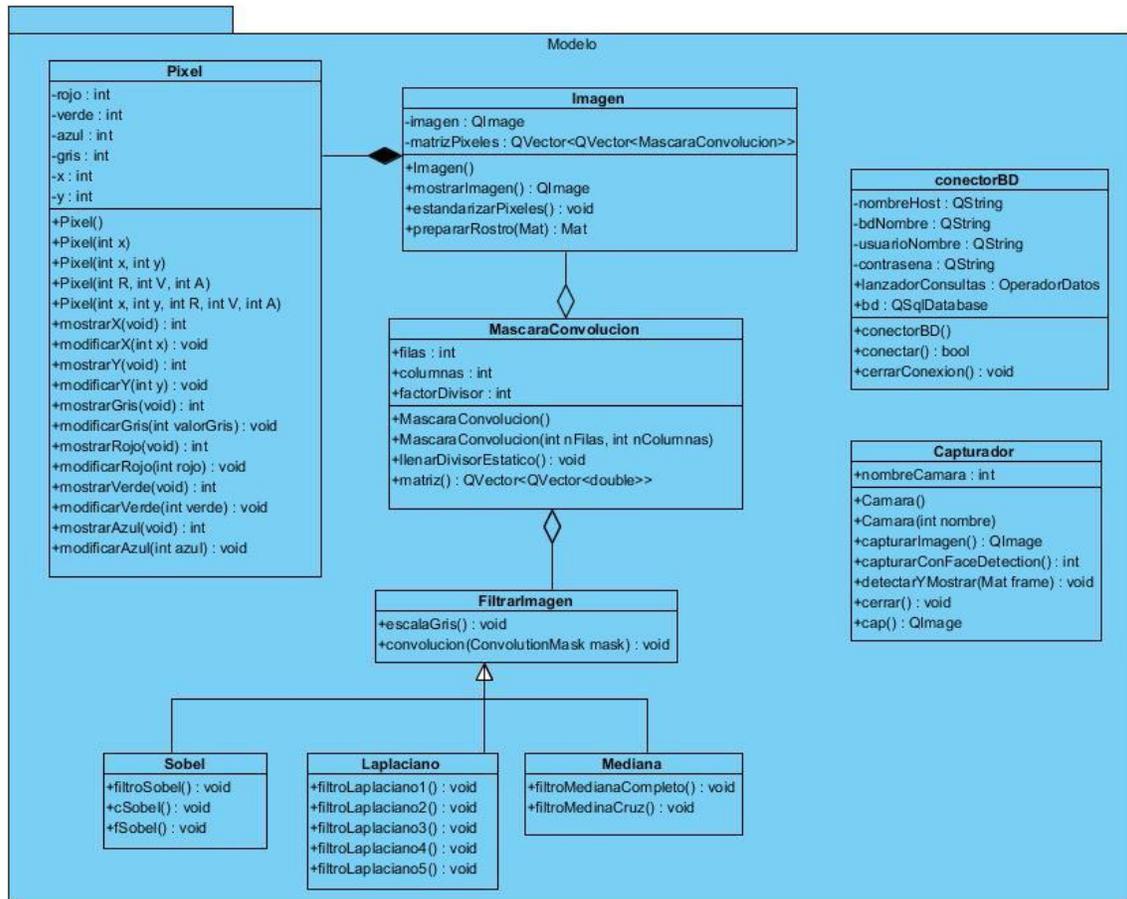


Figura 8.4 Diagrama de clases (Modelo) del Prototipo 3

En este paquete presentamos las clases encargadas de modelar la lógica de negocio necesaria para este prototipo de la herramienta de software. Para el desarrollo de estas clases consideramos los métodos definidos por las clases de nuestra biblioteca de captura OpenCV. Se le agrego las clases Pixel, Imagen, MascarConvolucion, FiltrarImagen, Sobel, Laplaciano y Mediana.



### 8.4.2.3 Clases del paquete vista

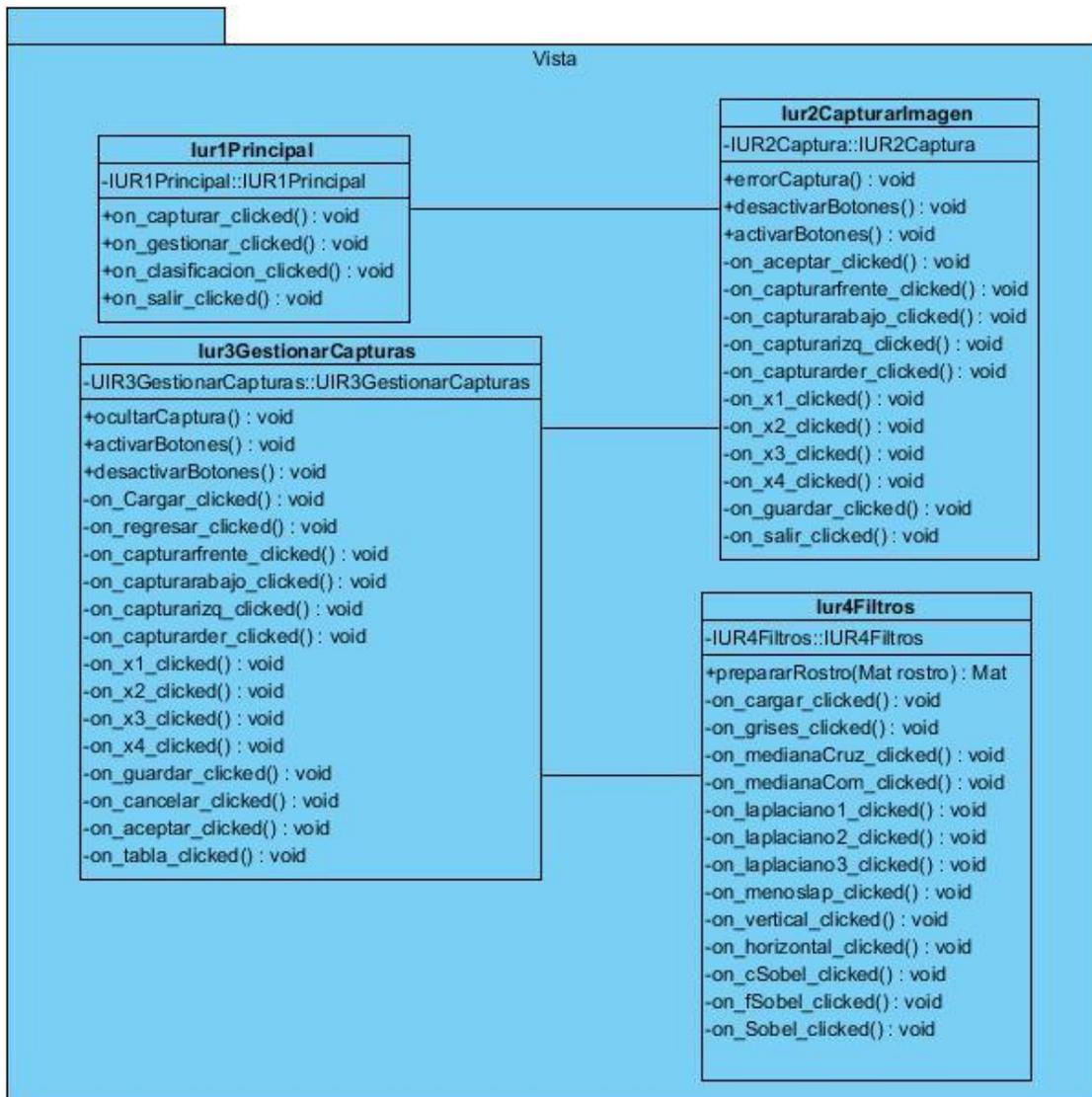


Figura 8.5 Diagrama de clases (Vista) del Prototipo 3

En el prototipo se le agregó la vista Iur4Filtros, en donde se realizará en pre-procesamiento de la imagen.



#### 8.4.2.4 Clases del paquete controlador

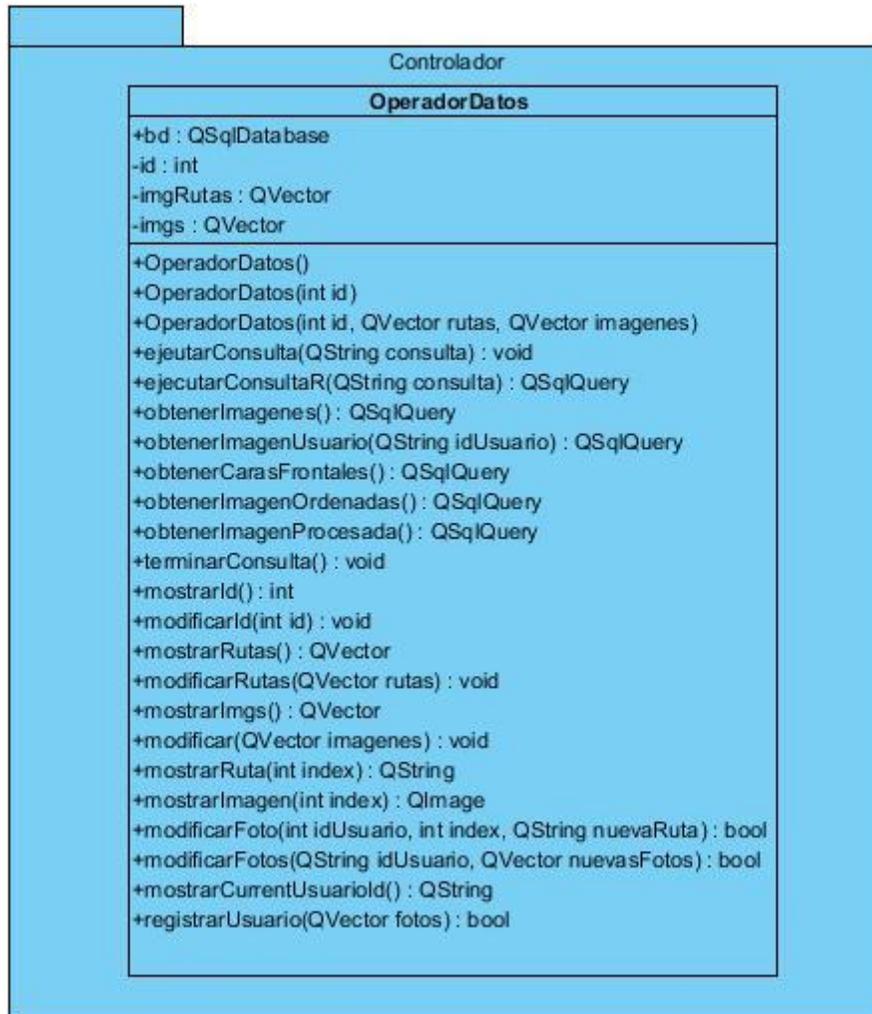


Figura 8.6 Diagrama de clases (Controlador) del Prototipo 3

En este apartado no se le agregó ninguna otra clase.

### 8.4.3 Diagramas de secuencia

Los diagramas de secuencia es una manera de describir más detalladamente los pasos y procesos a ejecutar para poder cubrir con los puntos de funcionalidad de cada caso de uso. A continuación se presentan los diagramas de secuencia del caso de uso Principal.

#### 8.4.3.1 Diagramas de secuencia para el C.U.4 Filtros

En la siguiente figura se muestra el diagrama de secuencia del proceso concurrente Filtros, el cual se encarga de ver la interacción de la herramienta con el usuario y cuáles son las posibles opciones que puede seguir.

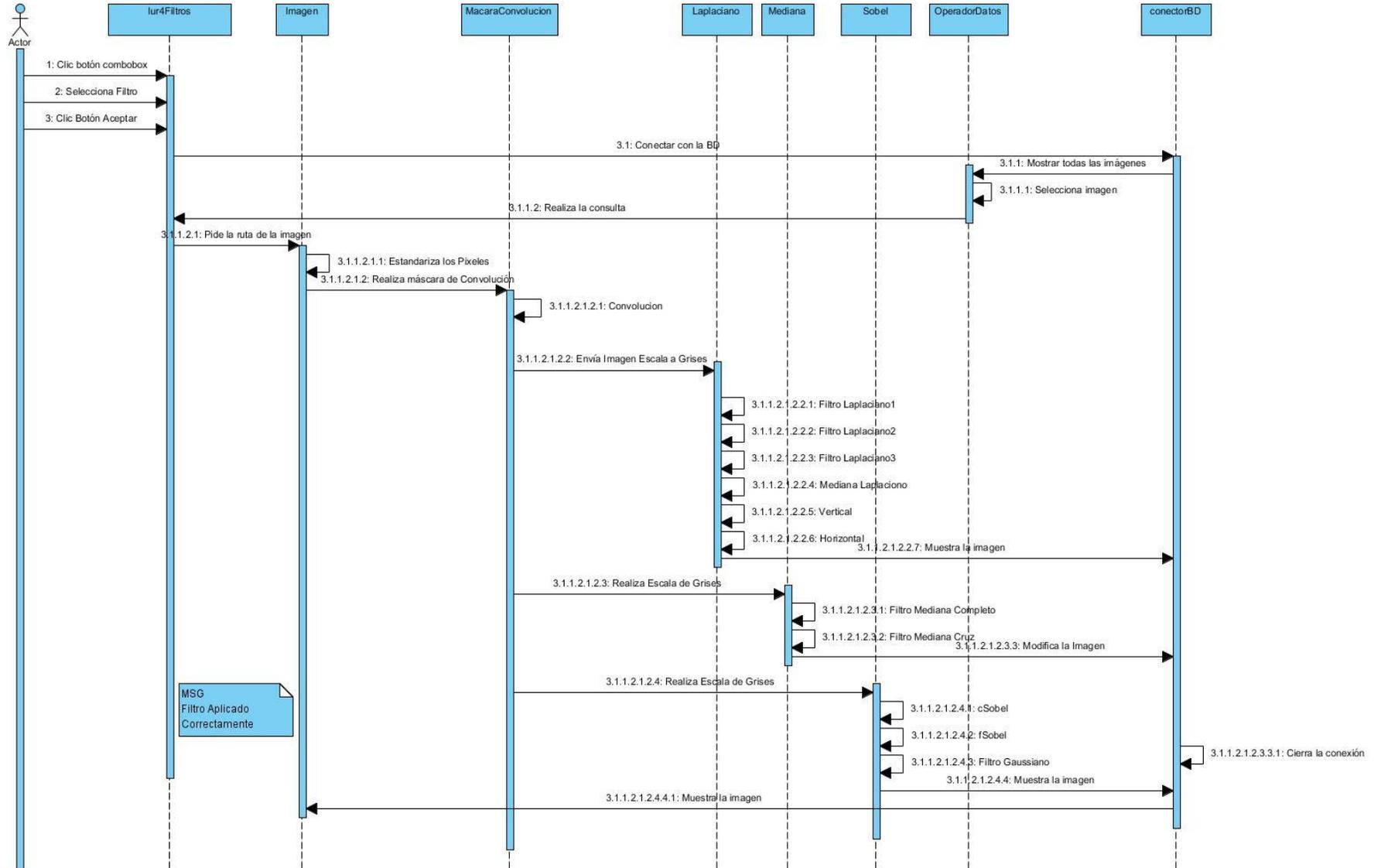


Figura 8.7 Diagrama de Secuencia para el proceso de Filtros.



## 8.5 Pruebas

### 8.5.1 Filtros de suavizado

Las operaciones de suavizado tienen por objeto reducir el ruido que pueden presentarse en una imagen durante su captura, digitalización y/o transmisión, tales como el ruido blanco o sal y pimienta. Su utilización es normalmente necesaria antes de la aplicación de un filtro detector de contornos.

Las pruebas se realizaron a 1 imagen extraída del sistema capturado en el ambiente definido.



Figura 8.8 Imagen Original

#### 8.5.1.1 Escala a Grises

La escala de grises es la representación de una imagen en la que cada píxel se dibuja usando un valor numérico individual que representa su luminancia, en una escala que se extiende entre blanco y negro. Se aplica al modo de color en el que cada elemento (píxel o de otro tipo) se describe dentro de una serie limitada de valores de un mismo tono neutro.



Figura 8.9 Escala a grises



### 8.5.1.2 Filtro Mediana

Los píxeles de la nueva imagen se generan calculando la mediana del conjunto de píxeles del entorno de vecindad del píxel correspondiente a la imagen origen. De esta forma se homogeneizan los píxeles de intensidad muy diferente con respecto a la de los vecinos. Este tipo de filtro es bastante indicado cuando se tiene ruido aleatorio.

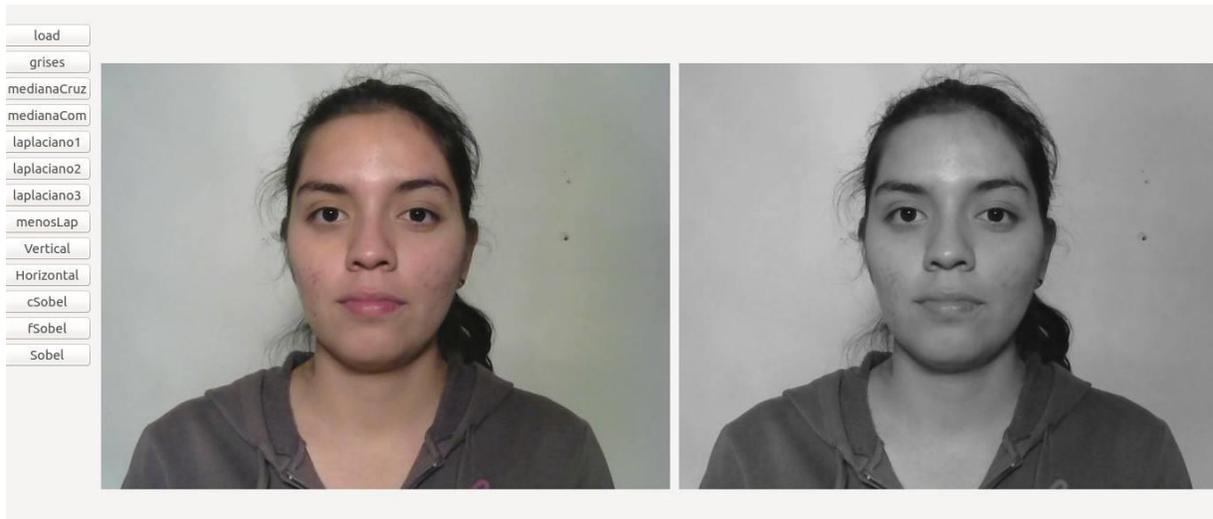


Figura 8.10 Prueba filtro mediana

### 8.5.1.3 Filtro Sobel

El operador Sobel es utilizado en procesamiento de imágenes, especialmente en algoritmos de detección de bordes. Técnicamente es un operador diferencial discreto que calcula una aproximación al gradiente de la función de intensidad de una imagen. Para cada punto de la imagen a procesar, el resultado del operador Sobel es tanto el vector gradiente correspondiente como la norma de éste vector.

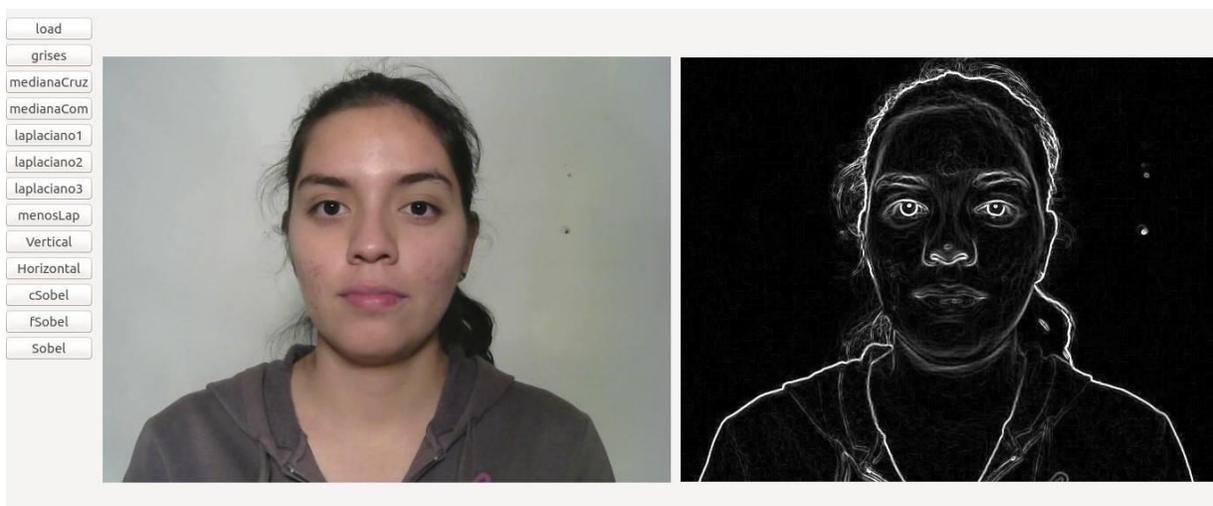


Figura 8.11 Prueba filtro sobel



## 8.5.2 Filtros de detección de contornos

Los métodos clásicos de detección de contorno implica el uso de filtros bidimensionales, El Laplaciano de una imagen destaca las regiones donde hay cambios bruscos de intensidad y por tanto se suele utilizar para detección de contornos.

El Laplaciano se aplica frecuentemente a una imagen que previamente ha sido suavizada mediante un filtro Gaussiano de suavizado, con el fin de reducir su sensibilidad al ruido.

### 8.5.2.1 Filtro laplaciano

Los filtros laplacianos no existen para la primera derivada. El Laplaciano es un operador de tipo escalar formado por las segundas derivadas de ambas direcciones (X e Y). Por lo tanto es capaz de detectar contornos.

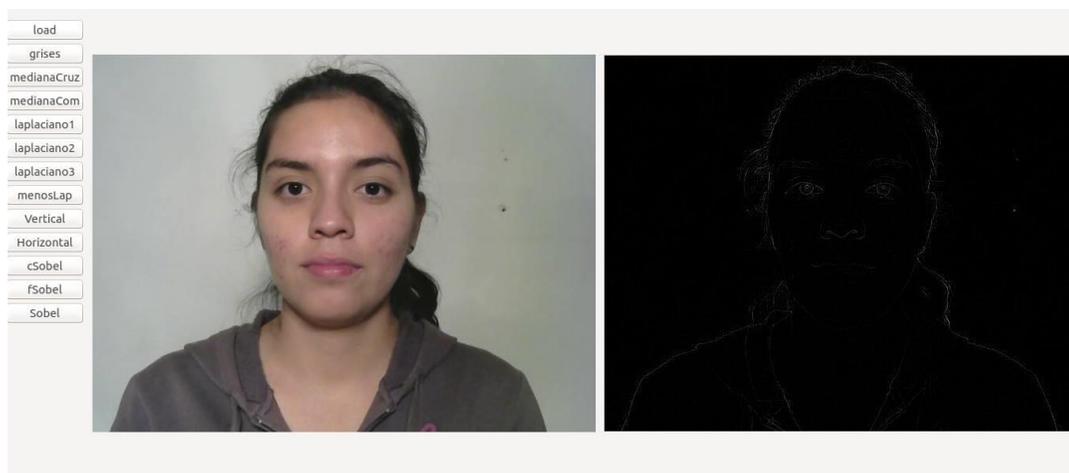


Figura 8.12 Prueba filtro laplaciano

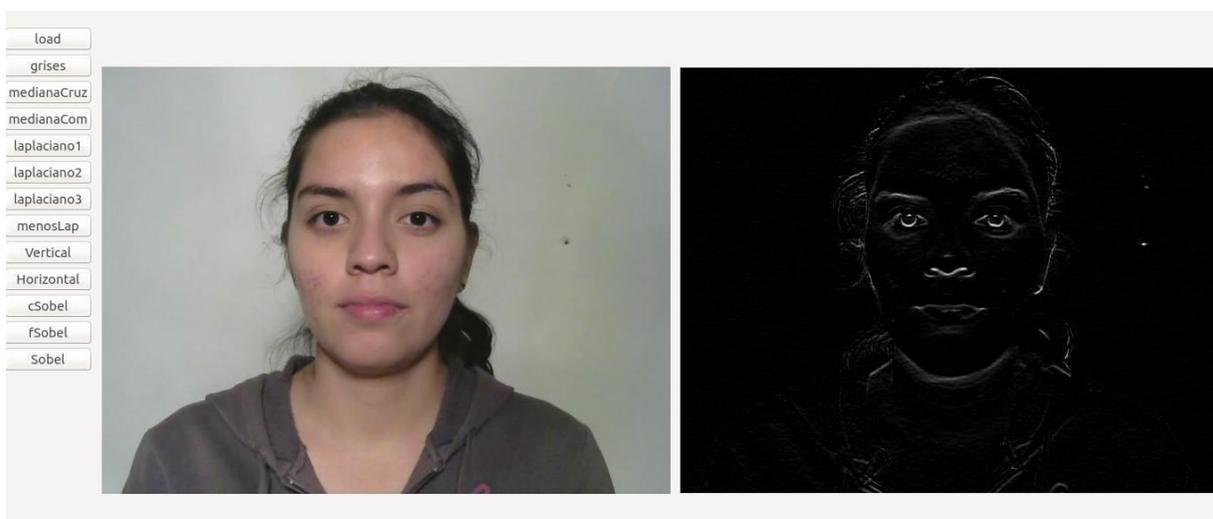


Figura 8.13 Prueba menos laplaciano

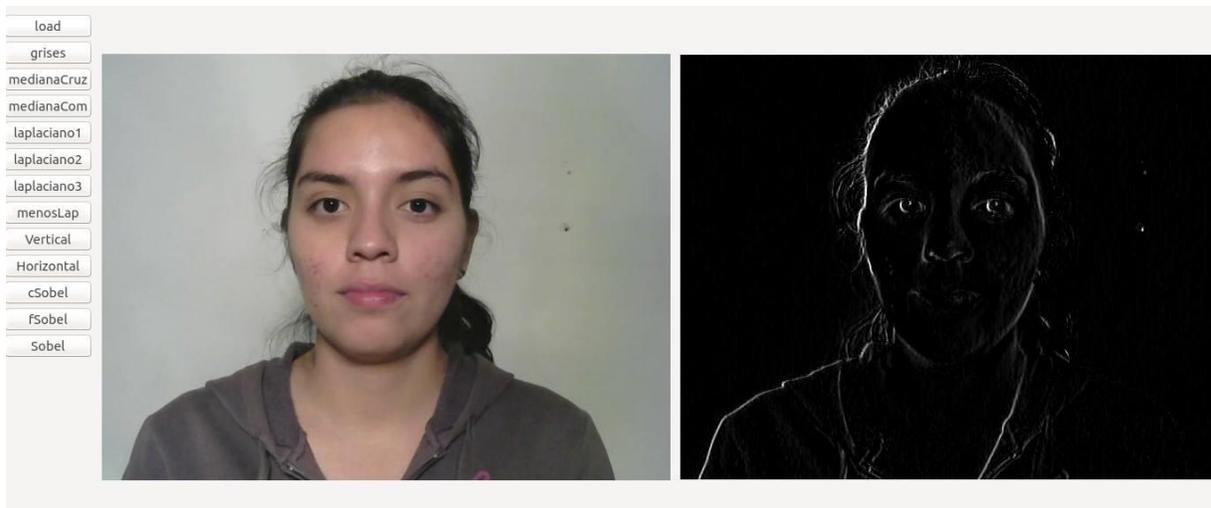


Figura 8.14 Prueba filtro vertical laplaciano

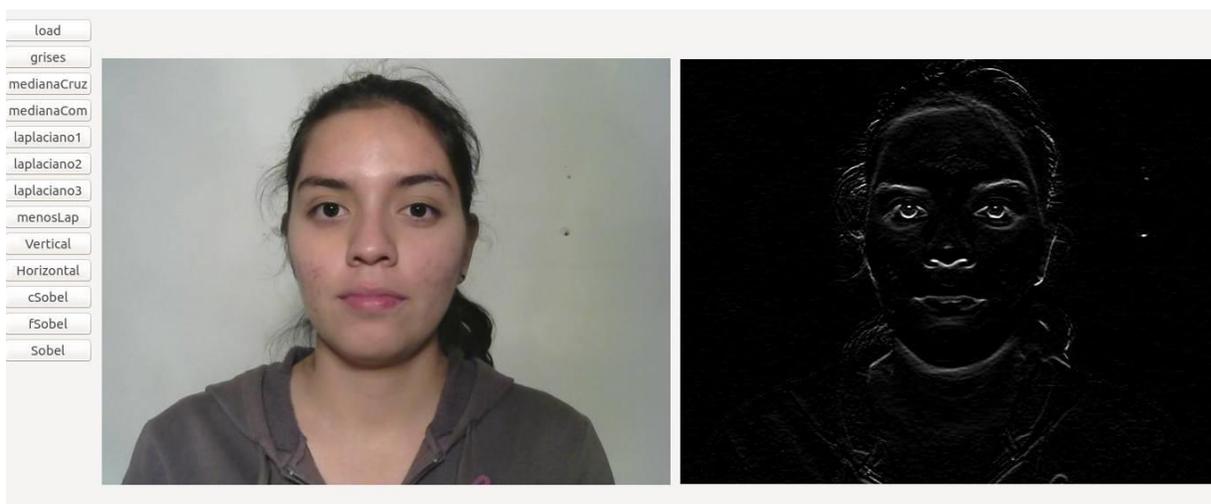


Figura 8.15 Prueba filtro horizontal laplaciano

## 8.6 Resultados de pruebas

Las pruebas de los filtros de suavizado permitirán definir los filtros que se emplearán por defecto en el sistema para la eliminación de ruidos inherentes a la captura de rostros. Dichos filtros se aplicaran en el siguiente orden.

1. Filtro mediana
2. Laplaciano

De igual forma estos pueden ser aplicados en conjunto con la sustracción de fondo para crear una imagen que contenga únicamente características de interés y bordes bien definidos.

3. Filtro de Sobel



El filtro mediana permitirá eliminar el ruido generado por el ambiente, como polvo, manchas y suciedad en el lente de la cámara.

El filtro Sobel permitirá calcular el gradiente de la intensidad de una imagen en cada punto (píxel). Así, para cada punto, este operador da la magnitud del mayor cambio posible, la dirección de éste y el sentido desde oscuro a claro. El resultado muestra cómo de abruptamente o suavemente cambia una imagen en cada punto analizado y, en consecuencia, cuán probable es que éste represente un borde en la imagen y, también, la orientación a la que tiende ese borde. En la práctica, el cálculo de la magnitud -probabilidad de un borde- es más fiable y sencillo de interpretar que el cálculo de la dirección y sentido.

Los filtros laplacianos ayudarán a identificar los contornos de los rostros de las personas que capturamos.

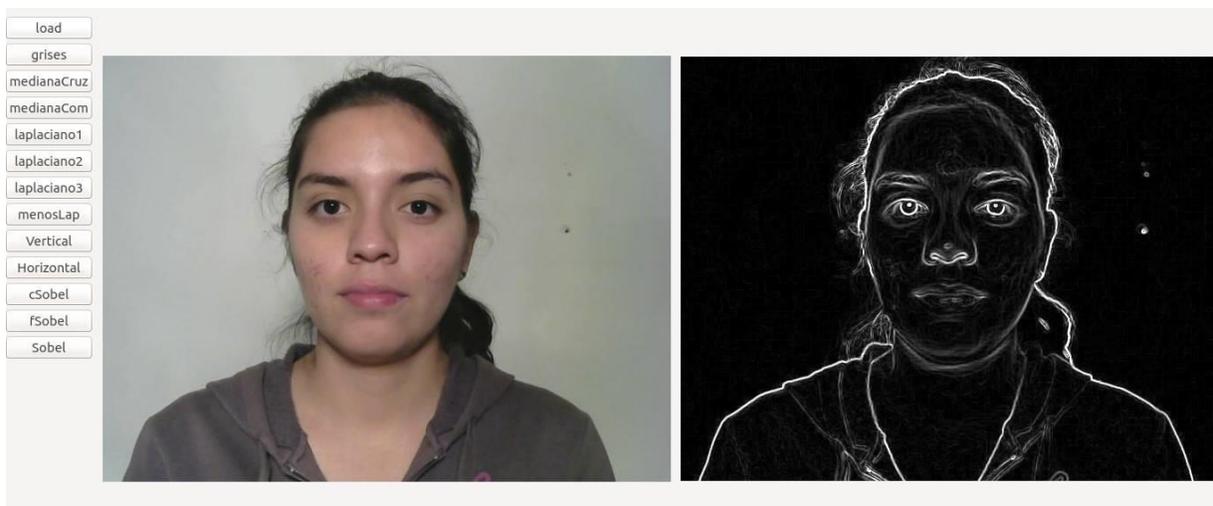


Figura 8.16 Resalte de bordes



## 9 Cuarto prototipo de la herramienta: Extracción de características

### 9.1 Resumen

El prototipo 4 tiene la función de aplicar la técnica del Análisis de Componentes Principales (PCA), esto con el objetivo de reducir la dimensionalidad del conjunto de datos de la imagen obtenida para la detección de características del rostro.

### 9.2 Alcances

Con el desarrollo de este prototipo se cubren algunos de los objetivos particulares planteados durante la definición de este proyecto, entre ellos estudiar y seleccionar los atributos que describirán a las imágenes de rostros.

Gracias al desarrollo de este prototipo se pudo implementar algunos de los métodos más utilizados para la detección de características de un rostro.

### 9.3 Análisis

#### 9.3.1 Diagrama de casos de uso

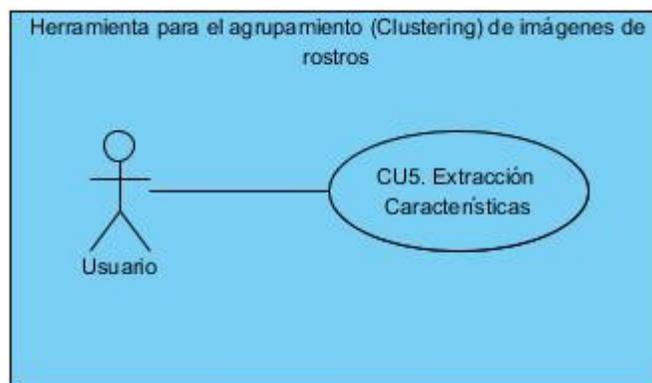


Figura 9.1 Diagrama de casos de uso del prototipo 4

#### 9.3.1.1 Modelo de comportamiento (Trayectorias de casos de uso)

##### *C.U.5 Extracción de Características*

##### RESUMEN:

Este caso de uso permite al actor distinguir las características principales del rostro de la imagen previamente capturada, para si la extracción se está haciendo de manera adecuada se



probó con Distancias Euclidianas, así obteniendo la clasificación del rostro al que más se parece.

DESCRIPCION:

Tabla 9.1 Descripción del CU5 Extracción de Características

CASO DE USO	CU 5 Extracción de Características
<b>Versión:</b>	1.0
<b>Autor:</b>	Laura Concepción Hernández Castillo
<b>Operación:</b>	Extracción de Características
<b>Estatus:</b>	Terminado
<b>Fecha del ultimo estatus:</b>	29-Septiembre-2015
<b>ATRIBUTOS</b>	
<b>Actores:</b>	Actor
<b>Propósito:</b>	Permitir al actor extraer las características de la imagen de un rostro, por medio del método de PCA, para su clasificación con Distancias Euclideanas.
<b>Entradas:</b>	Imágenes de rostros previamente capturadas y pre-procesadas.
<b>Salidas:</b>	Ninguna.
<b>Precondiciones:</b>	<b>Interna. Seleccionar la opción load</b>
<b>Postcondiciones:</b>	Interna. Características de las Imágenes de rostros registradas.
<b>Reglas de negocio:</b>	<b>BR12</b> Extracción de características. La herramienta extraerá los vectores de los atributos correspondientes a cada imagen pre-procesada.
<b>Mensajes:</b>	<p>MSG10 No se ha calculado el vector de Características: se muestra sobre la pantalla IUR5 Clasificación, indicando al actor que se ha calculado el vector de características de la captura del rostro.</p> <p>MSG11 Error en el cálculo del vector: se muestra sobre la pantalla IUR5 Clasificación, indicando al actor que ha ocurrido un error al calcular el vector de características.</p> <p>MSG12 El rostro se ha identificado: se muestra sobre la pantalla IUR5 Clasificación, indicando al actor que se ha realizado la clasificación correctamente.</p> <p>MSG13 El rostro no se ha identificado: se muestra sobre la pantalla IUR5 Clasificación, indicando al actor que no se ha encontrado ningún rostro similar.</p>
<b>Tipo:</b>	Secundario, incluye CU4 Filtros Secundario, incluye CU6 Clasificación



## TRAYECTORIAS DEL CASO DE USO

Trayectoria principal: Extracción de Características

1.  Solicita la pantalla Extracción de Características.
  2.  Muestra la pantalla IUR5 Clasificación.
  3.  Solicita cargar una imagen oprimiendo el botón de Examinar. [Trayectoria A]
  4.  Muestra una ventana emergente, donde el actor puede seleccionar cualquier imagen de rostro desde sus archivos.
  5.  Oprime el botón Inicializar, para la extracción de características.
  6.  Muestra el MSG10 No se ha calculado el vector de Características indicando al actor que se ha calculado el vector de características de la captura del rostro. [Trayectoria B]
  7.  Almacena el Vector en el archivo “vector.txt”
  8.  Oprime el botón Clasificar foto.
  9.  Compara las fotos de la base de datos con la foto actual, por medio de Distancias Euclidianas.
  10.  Muestra MSG12 El rostro se ha identificado, indicando al actor que se ha realizado la clasificación correctamente. [Trayectoria C]
  11.  Muestra en la tabla de la pantalla IUR5 Clasificación las fotos de la persona que más se parece.
- .....Fin de trayectoria.

Trayectoria alternativa A:

Condición: El actor oprime el botón Capturar Foto

- A-1  Solicita Capturar rostro oprimiendo el botón con la Imagen de la Cámara.
- A-2  Muestra el MSG3 Presione la tecla ESC para capturar imagen sobre la pantalla IUR5 Clasificación.
- A-3  Muestra una ventana emergente donde se muestra la imagen en tiempo real
- A-4  Captura la imagen de su rostro en la posición frontal presionando la tecla ESC
- A-5  Muestra la foto capturada sobre la pantalla IUR5 Clasificación.
- A-6  Continúa con el paso 5 de la Trayectoria Principal.

.....Fin de trayectoria.



Trayectoria alternativa B:

Condición: El actor oprime el botón Inicializar

B-1  Muestra el MSG11 Error en el cálculo del vector, indicando al actor que ha ocurrido un error al calcular el vector de características.

B-2  Oprime botón Aceptar

B-5  Continúa con el paso 5 de la Trayectoria Principal.

.....Fin de trayectoria.

Trayectoria alternativa C:

Condición: El actor oprime el botón Clasificar foto

C-1  Muestra el MSG13 El rostro no se ha identificado, indicando al actor que no se ha encontrado ningún rostro similar.

C-2  Oprime botón Aceptar

C-5  Continúa con el paso 8 de la Trayectoria Principal.

.....Fin de trayectoria.

## 9.4 Diseño

### 9.4.1 Pantallas de la herramienta

#### 9.4.1.1 IUR5 Clasificación

##### Objetivo

Verificar que el método de PCA funciona de manera correcta. Se implementó una pantalla que permite al actor extraer las características del rostro, por medio del método mencionado y corroborar el vector obtenido por medio de Distancias Euclidianas.

##### Diseño

En la Figura 9.2 IUR5 Clasificación se muestra la pantalla IUR5 Clasificación, podemos observar botones en la parte superior para seleccionar y tomar una foto, debajo nos mostrará la imagen seleccionada, tenemos dos botones más, uno para inicializar la extracción de características y el otro para clasificar. Al final encontraremos una tabla.

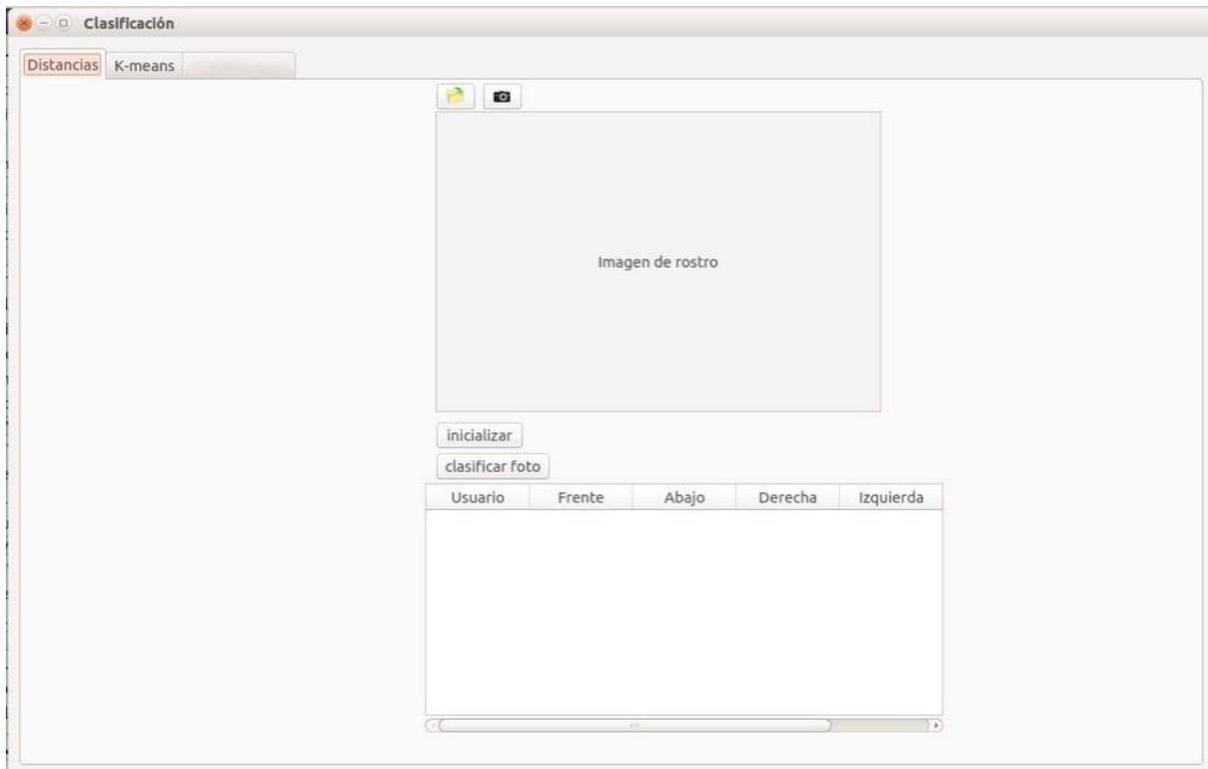


Figura 9.2 IUR5 Clasificación

## Comandos

-  : Permite al actor cargar una imagen en específico.
-  : Permite al actor tomar una nueva foto
-  : Permite al actor inicializar la extracción de características, es decir, inicializo el PCA
-  : Permite al actor clasificar por medio de distancias Euclidianas a que rostro pertenece.

## Mensajes

**MSG10 No se ha calculado el vector de Características:** se muestra sobre la pantalla IUR5 Clasificación, indicando al actor que se ha calculado el vector de características de la captura del rostro.

**MSG11 Error en el cálculo del vector:** se muestra sobre la pantalla IUR5 Clasificación, indicando al actor que ha ocurrido un error al calcular el vector de características.

**MSG12 El rostro se ha identificado:** se muestra sobre la pantalla IUR5 Clasificación, indicando al actor que se ha realizado la clasificación correctamente.



**MSG13 El rostro no se ha identificado:** se muestra sobre la pantalla IUR5 Clasificación, indicando al actor que no se ha encontrado ningún rostro similar.

## 9.4.2 Diagrama de clases

### 9.4.2.1 Diagrama general de clases

En la siguiente imagen se muestra el diagrama general de clases del prototipo 4, en él se observan las clases separadas en tres paquetes que son: modelo, vista y controlador. Esto ayudará a separar toda la lógica de negocio de las interfaces graficas de usuario teniendo como intermediario a un controlador encargado de administrar las peticiones del usuario a través de la vista. Como se puede observar se agregaron

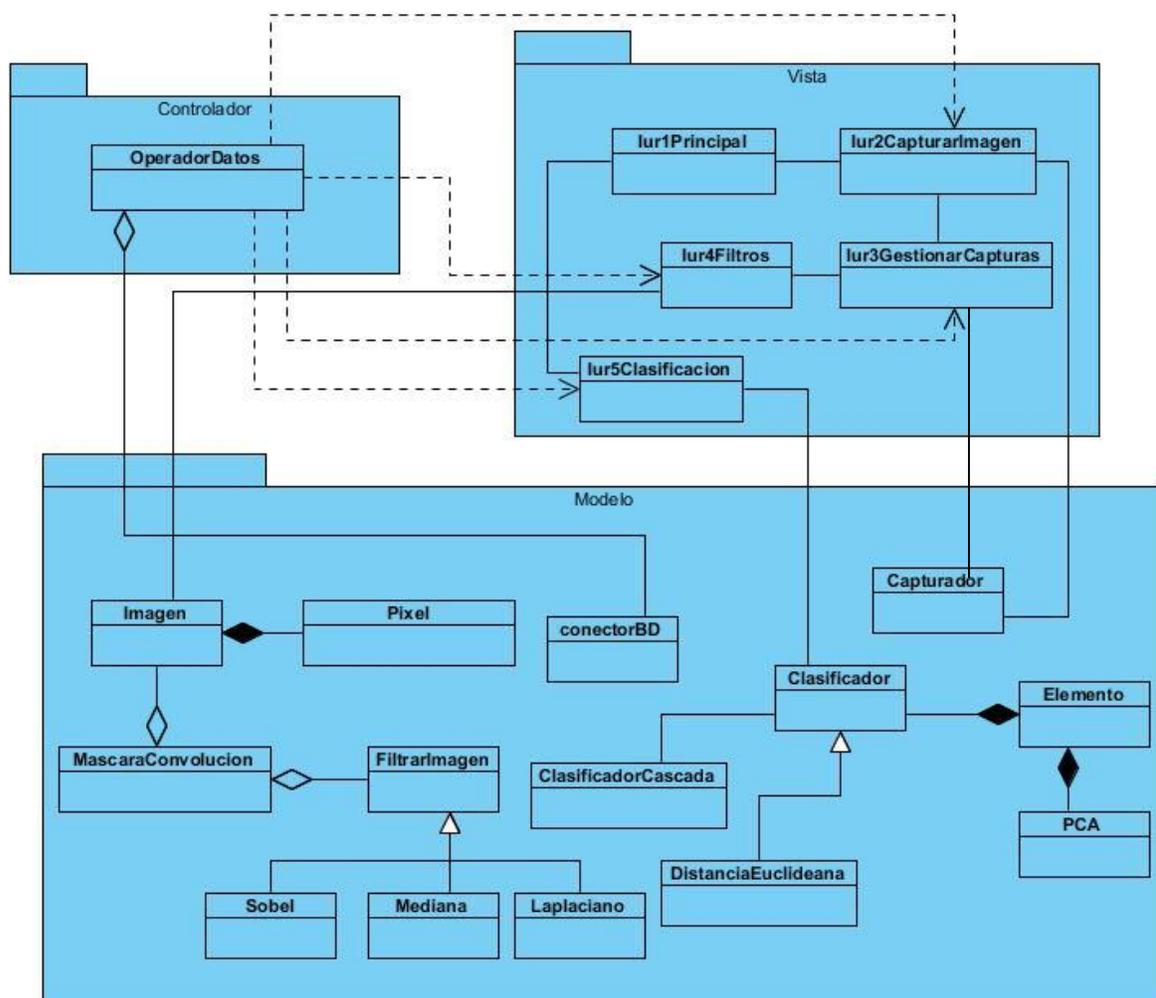


Figura 9.3 Diagrama de clases del prototipo 4



### 9.4.2.2 Clases del paquete modelo

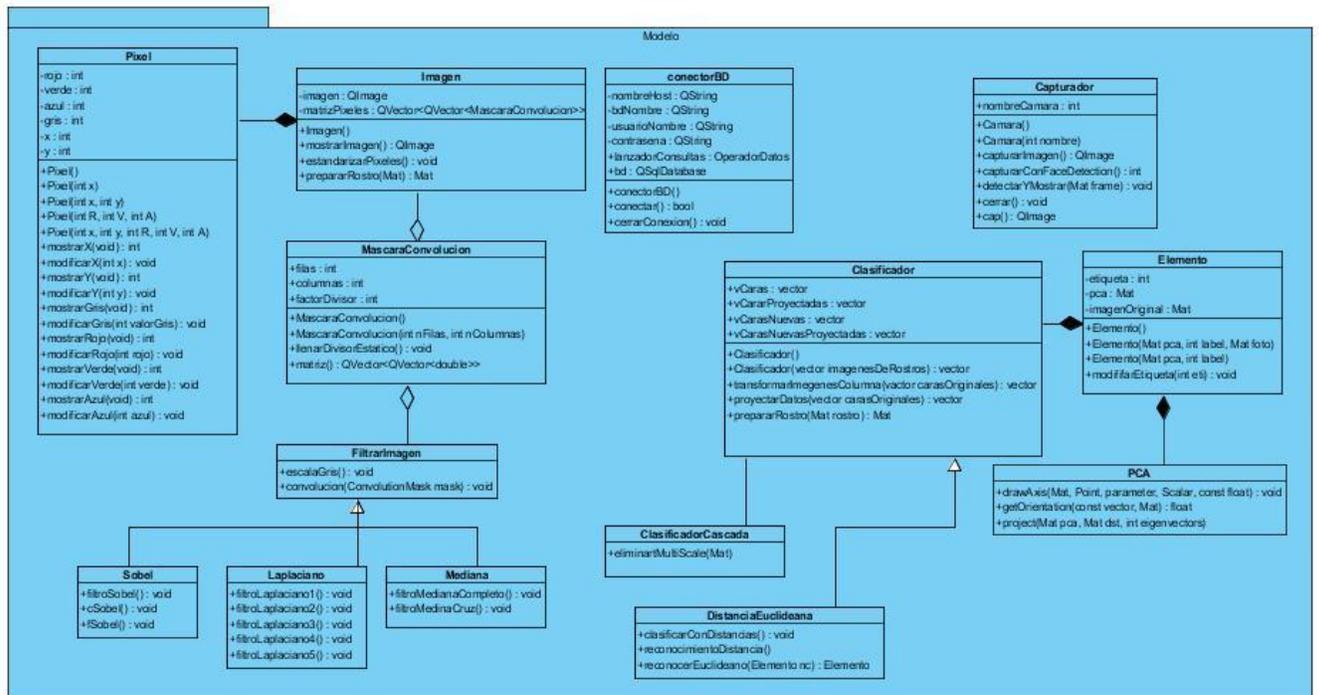


Figura 9.4 Diagrama de clases (Modelo) del Prototipo 4

En este paquete presentamos las clases encargadas de modelar la lógica de negocio necesaria para este prototipo. Se le agregó la clase Clasificador, PCA, Elemento, DistanciaEuclidea y ClasificadorCascada las cuales se considero por la biblioteca de OpenCV.



### 9.4.2.3 Clases del paquete vista

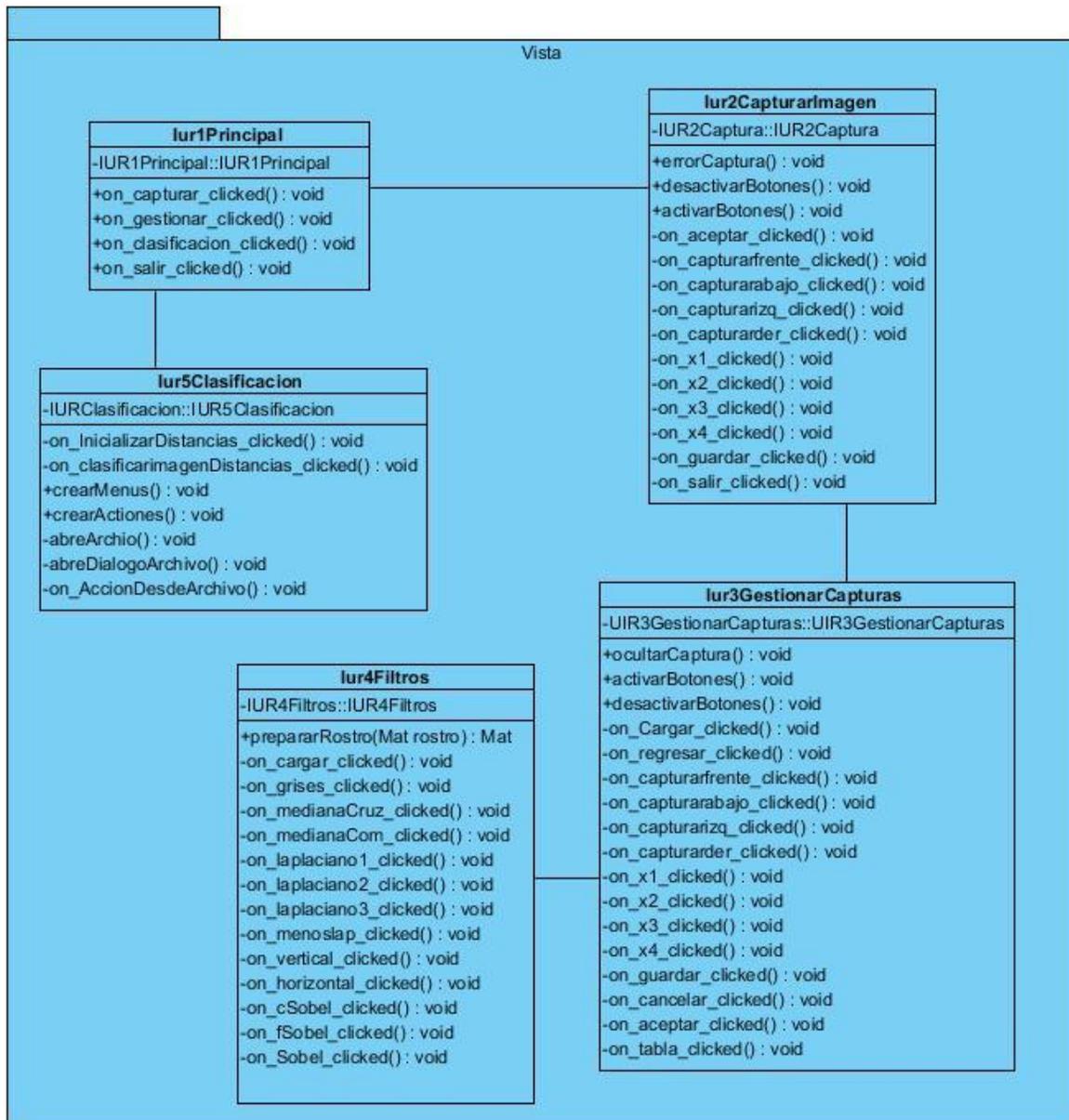


Figura 9.5 Diagrama de clases (Vista) del Prototipo 4

En el prototipo 4 Extracción de Características se agregó una clase denominada Iur5Clasificacion, la cual se encargará de verificar que la extracción de las características funcione.



#### 9.4.2.4 Clases del paquete controlador

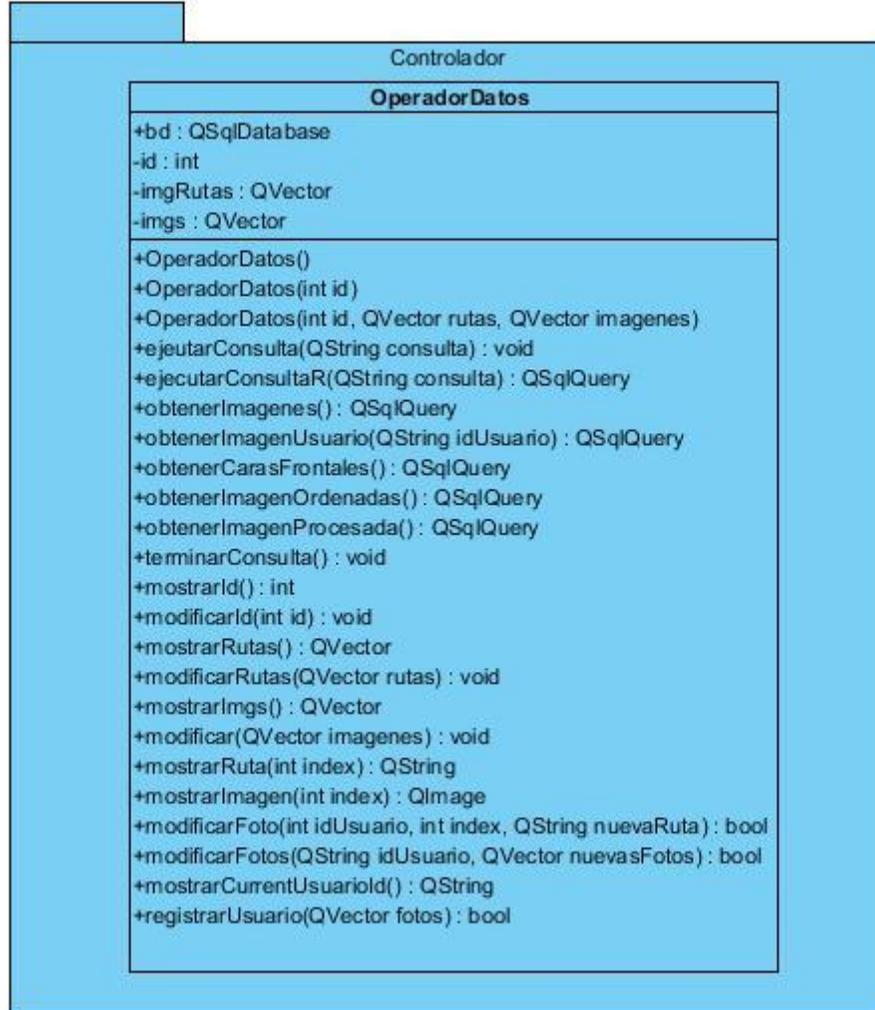


Figura 9.6 Diagrama de clases (Controlador) del Prototipo 4

En este apartado no se le agregó ninguna otra clase.

### 9.4.3 Diagramas de secuencia

Los diagramas de secuencia es una manera de describir más detalladamente los pasos y procesos a ejecutar para poder cubrir con los puntos de funcionalidad de cada caso de uso. A continuación se presentan los diagramas de secuencia del caso de uso Principal.

#### 9.4.3.1 Diagramas de secuencia para el C.U.5 Extracción de Características

En la siguiente figura se muestra el diagrama de secuencia del proceso concurrente de Extracción de Características, el cual se encarga de ver la interacción de la herramienta con el usuario y cuáles son las posibles opciones que puede seguir.

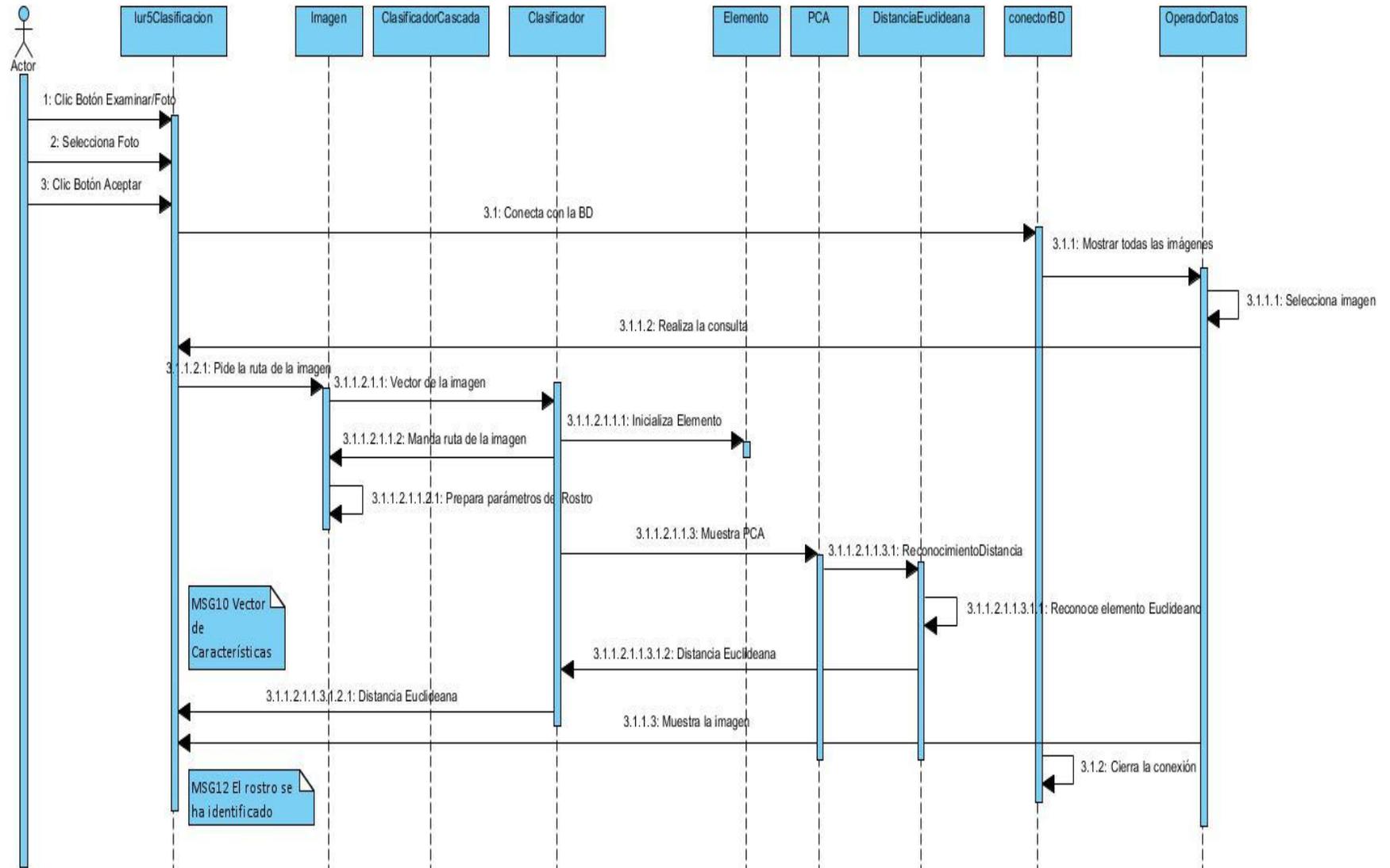


Figura 9.7 Diagrama de Secuencia Prototipo 4



## 9.5 Pruebas

### 9.5.1 PCA

En identificación de caras, como en la mayoría de los problemas de procesamiento de imágenes, se extraen ciertas características de cada imagen antes de ser clasificadas. Se busca seleccionar aquellas características relevantes para poder discriminar la imagen, de modo de no trabajar con la imagen original. El trabajo con la imagen cruda presenta principalmente dos problemas: alta variabilidad inclusive para una misma persona y muy alta dimensionalidad. Sin embargo, uno no conoce a priori cuáles son esas características relevantes y discriminantes pero computacionalmente hablando es difícil implementarlo. De este problema surgen diversas soluciones posibles, y la solución para este proyecto fue PCA el cual obtiene esas características relevantes de cada imagen de rostro.

0,021	-0,477	0,878	-0,013
-0,714	-0,043	0,004	0,699
-0,647	0,363	0,204	-0,639
0,268	0,799	0,432	0,321

Figura 9.8 Vector característico

### 9.5.2 PCA y distancias Euclidianas

Es bien sabido que los sistemas de reconocimiento facial necesitan de forma precisa las posiciones de las características faciales (ojos, boca, etc.). El objetivo de los métodos de normalización y de extracción de características consiste en localizar de forma precisa las regiones faciales. Para atacar este problema en este proyecto se implementó un método automático de cropping a las imágenes de rostro que se encuentran almacenadas en la base de datos y que previamente se capturaron bajo el entorno controlado que está definido en el primer prototipo de la herramienta, dejando así en la imagen solo el rostro de la persona.

Con PCA, para la extracción, la galería de imágenes debe ser del mismo tamaño y deben ser normalizadas previamente, es decir la imagen debe estar preprocesada a escala de grises. El método de cropping que se aplica a las imágenes de rostro, convierte una imagen RGB a escala de grises.



Figura 9.9 Imagen con el resultado del método de cropping

La aproximación de PCA es luego utilizado para reducir la dimensión de los datos por medio de fundamentos de compresión de datos y revela la más efectiva estructura de baja dimensión de los patrones faciales. Esta reducción en las dimensiones quita información que no es útil y descompone de manera precisa la estructura facial en componentes ortogonales (no correlativos), Cada imagen facial puede ser representada como una suma ponderada (vector de rasgo).

Para afirmar que el vector de rasgos obtenido por la técnica de PCA fuera el correcto, se implementó el método de clasificación por distancias Euclidianas para probar la veracidad de los vectores de rasgos.

En matemáticas, la distancia euclidiana o euclídea es la distancia "ordinaria" (que se mediría con una regla) entre dos puntos de un espacio euclídeo, la cual se deduce a partir del teorema de Pitágoras.

Por ejemplo, en un espacio bidimensional, la distancia euclidiana entre dos puntos  $P_1$  y  $P_2$ , de coordenadas cartesianas  $(x_1, y_1)$  y  $(x_2, y_2)$  respectivamente, es:

$$d_E(P_1, P_2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad 9.1$$

En el proyecto se implementó el método por distancias euclidianas para el reconocimiento de rostro mediante la foto de frente de una persona, con este método podemos calcular una distancia entre dos o más vectores de características en sistemas multidimensionales.

La distancia euclidiana en una imagen (IMED) considera la relación espacial entre los píxeles de imágenes diferentes y puede ser fácilmente incorporado en los algoritmos de



reconocimiento de imágenes que se basan en la distancia euclídea existente. IMED utiliza el conocimiento previo que los píxeles situados cerca uno del otro tienen poca variación en los valores de escala de grises, y define una matriz métrica de acuerdo con la distancia espacial entre los píxeles. La tarea de calcular el IMED de imágenes se ha demostrado ser equivalente a dos pasos. El primer paso es realizar una transformación lineal en las imágenes originales, y el segundo paso es calcular la distancia euclídea tradicional entre las imágenes transformadas. Es por eso que IMED puede ser fácilmente incrustada en muchos clasificadores de patrones existentes como PCA.

La pantalla de la Figura 9.10 Resultado de la clasificación por distancias Euclidianas muestra la salida de las distancias euclidianas, el usuario se toma una foto de frente para después procesarla con el método de cropping seguido de aplicarle PCA para obtener su vector característico para así posteriormente hacer una comparación con distancias euclidianas con todas las fotos almacenadas en la base de datos y determinar que fotos son las que más se parecen al usuario.

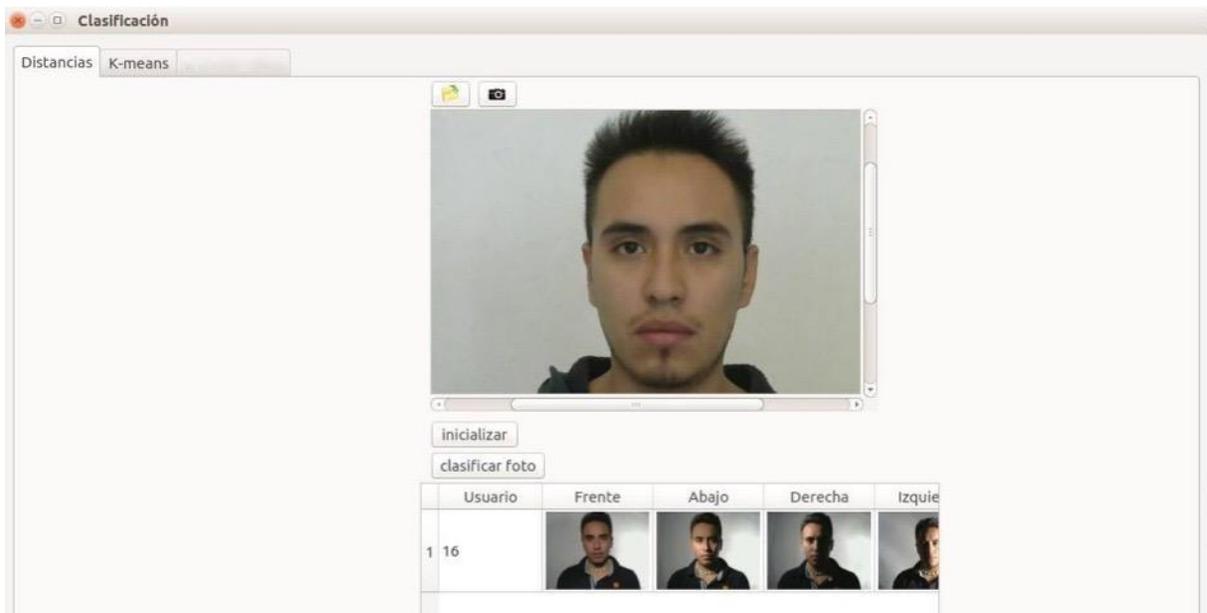


Figura 9.10 Resultado de la clasificación por distancias Euclidianas



## 10 Quinto prototipo de la herramienta: Agrupamiento

### 10.1 Resumen

El prototipo 5 establece que mediante un método de clustering, se hará la clasificación no supervisada de los rostros utilizando los vectores del módulo anterior para formar grupos (*Clusters*) de manera no supervisada, que compartan características similares.

### 10.2 Alcances

Con el desarrollo de este prototipo se cubren algunos de los objetivos particulares planteados durante la definición de este proyecto, entre ellos estudiar y seleccionar el método basado en el enfoque de clasificación no supervisada a utilizar para realizar el Agrupamiento (Clustering)

Gracias al desarrollo de este prototipo se pudo implementar un método para la clasificación de las imágenes de rostros capturadas.

### 10.3 Análisis

#### 10.3.1 Diagrama de casos de uso

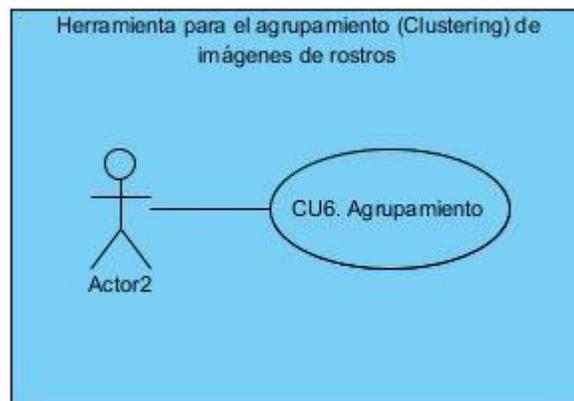


Figura 10.1 Diagrama de casos de uso del prototipo 5

#### 10.3.1.1 Modelo de comportamiento (Trayectorias de casos de uso)

##### *C.U.6 Agrupamiento*

##### RESUMEN:

Este caso de uso permite al actor ver si el método de Agrupamiento (*Clustering*) está clasificando de manera correcta el rostro, de acuerdo a la extracción de características previamente realizada, así obteniendo la clasificación del rostro al que más se parece.



## DESCRIPCION:

Tabla 10.1 Descripción del CU6 Agrupamiento

CASO DE USO	CU6 Agrupamiento
<b>Versión:</b>	1.0
<b>Autor:</b>	Nayeli Jannethe Hernández Ramírez
<b>Operación:</b>	Agrupamiento
<b>Estatus:</b>	Terminado
<b>Fecha del ultimo estatus:</b>	22-Octubre-2015
<b>ATRIBUTOS</b>	
<b>Actores:</b>	Actor
<b>Propósito:</b>	Permitirle al actor inicializar el método de Agrupamiento ( <i>Clustering</i> ), para así ver el número de grupos que se detectaron.
<b>Entradas:</b>	Imágenes de rostros previamente capturadas, pre-procesadas y con la extracción de características.
<b>Salidas:</b>	Agrupamiento de imágenes de rostros.
<b>Precondiciones:</b>	<b>Interna. Seleccionar la opción inicializar</b>
<b>Postcondiciones:</b>	Ninguno.
<b>Reglas de negocio:</b>	<b>BR13</b> Agrupamiento. La herramienta aplicará un método de agrupamiento basado en una red neuronal con aprendizaje no supervisado a todas las imágenes registradas.
<b>Mensajes:</b>	MSG13 El rostro no se ha identificado: se muestra sobre la pantalla IUR5 Clasificación, indicando al actor que no se ha encontrado ningún rostro similar.  MSG14 El rostro pertenece a la clase: se muestra sobre la pantalla IUR5 Clasificación, indicando al actor a que clase pertenece.
<b>Tipo:</b>	Secundario, incluye CU4 Filtros Secundario, incluye CU6 Clasificación

## TRAYECTORIAS DEL CASO DE USO

Trayectoria principal: Agrupamiento

-  Solicita la pantalla Agrupamiento.
-  Muestra la pantalla IUR5 Clasificación.
-  Solicita la pestaña de K-means.
-  Solicita cargar una imagen oprimiendo el botón de Examinar. [Trayectoria A]
-  Muestra una ventana emergente, donde el actor puede seleccionar cualquier imagen de rostro desde sus archivos.
-  Oprime el botón Aceptar, para seleccionar la imagen del rostro.



7.  Muestra la imagen del rostro capturada en la pantalla IUR5 Clasificación.
8.  Oprime el botón Clasificar.
9.  Compara las fotos de la base de datos con la foto actual, por medio del método de K-means.
10.  Muestra MSG14 El rostro se ha identificado, indicando al actor que se ha realizado la clasificación correctamente. [Trayectoria B]
11.  Muestra en la tabla de la pantalla IUR5 Clasificación las fotos de la persona que más se parece.  
.....Fin de trayectoria.

Trayectoria alternativa A:

Condición: El actor oprime el botón Capturar Foto

- A-1  Solicita Capturar rostro oprimiendo el botón con la Imagen de la Cámara.
- A-2  Muestra el MSG3 Presione la tecla ESC para capturar imagen sobre la pantalla IUR5 Clasificación.
- A-3  Muestra una ventana emergente donde se muestra la imagen en tiempo real
- A-4  Captura la imagen de su rostro en la posición frontal presionando la tecla ESC
- A-5  Muestra la foto capturada sobre la pantalla IUR5 Clasificación.
- A-6  Continúa con el paso 7 de la Trayectoria Principal.  
.....Fin de trayectoria.

Trayectoria alternativa B:

Condición: El actor oprime el botón Clasificar foto

- B-1  Muestra el MSG13 El rostro no se ha identificado, indicando al actor que no se ha encontrado ningún rostro similar.
- B-2  Oprime botón Aceptar
- B-5  Continúa con el paso 2 de la Trayectoria Principal.  
.....Fin de trayectoria.



## 10.4 Diseño

### 10.4.1 Pantallas de la herramienta

#### 10.4.1.1 IUR5 Clasificación

##### Objetivo

Esta pantalla permite al actor realizar el Agrupamiento de Rostros, por medio del método de extracción de características denominado PCA y por medio del algoritmo de K-means.

##### Diseño

En la Figura 9.2 IUR5 Clasificación se muestra la pantalla IUR5 Clasificación, podemos observar botones en la parte superior para seleccionar y tomar una foto, debajo nos mostrará la imagen seleccionada, tenemos un botón más para inicializar el Agrupamiento. Al final encontraremos una tabla.

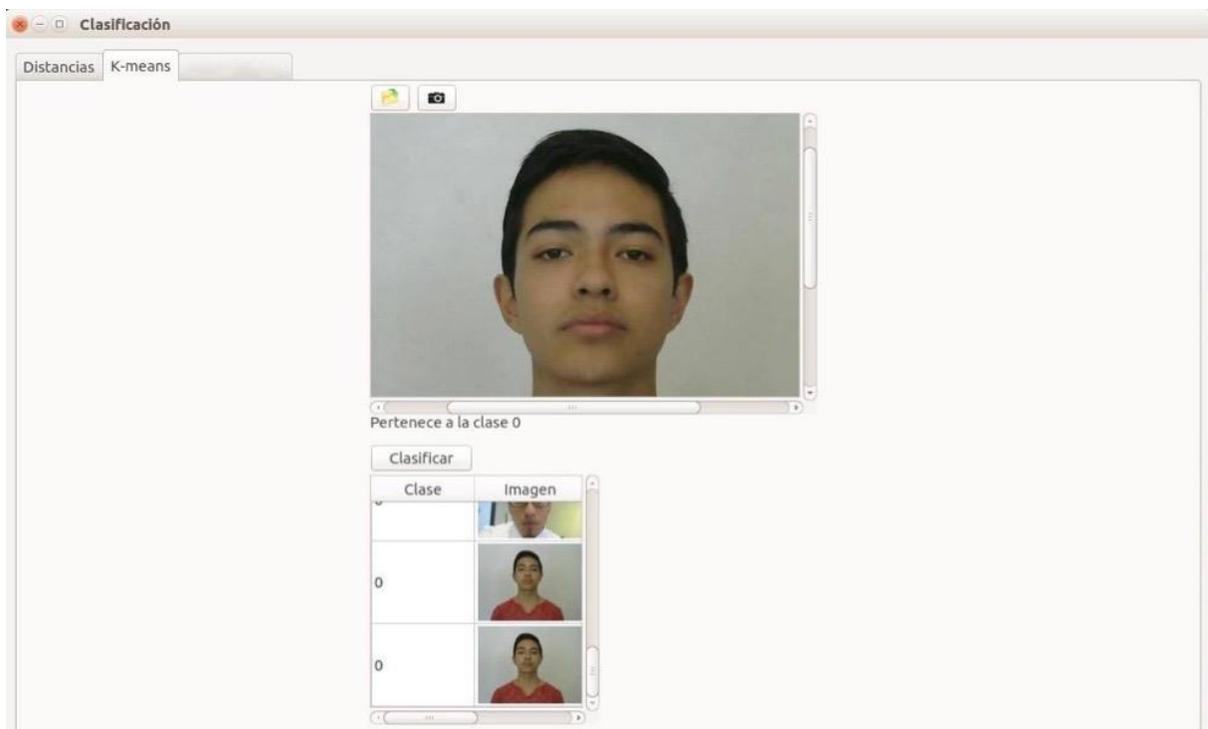


Figura 10.2 IUR5 Clasificación



## Comandos

-  : Permite al actor cargar una imagen en específico.
-  : Permite al actor tomar una nueva foto
-  : Permite al actor clasificar por medio de distancias Euclidianas a que rostro pertenece.

## Mensajes

**MSG13 El rostro no se ha identificado:** se muestra sobre la pantalla IUR5 Clasificación, indicando al actor que no se ha encontrado ningún rostro similar.

**MSG14 El rostro pertenece a la clase:** se muestra sobre la pantalla IUR5 Clasificación, indicando al actor a que clase pertenece.

## 10.4.2 Diagrama de clases

### 10.4.2.1 Diagrama general de clases

En la siguiente imagen se muestra el diagrama general de clases del prototipo 5, en él se observan las clases separadas en tres paquetes que son: modelo, vista y controlador. Esto ayudará a separar toda la lógica de negocio de las interfaces gráficas de usuario teniendo como intermediario a un controlador encargado de administrar las peticiones del usuario a través de la vista. Como se puede observar se agregaron

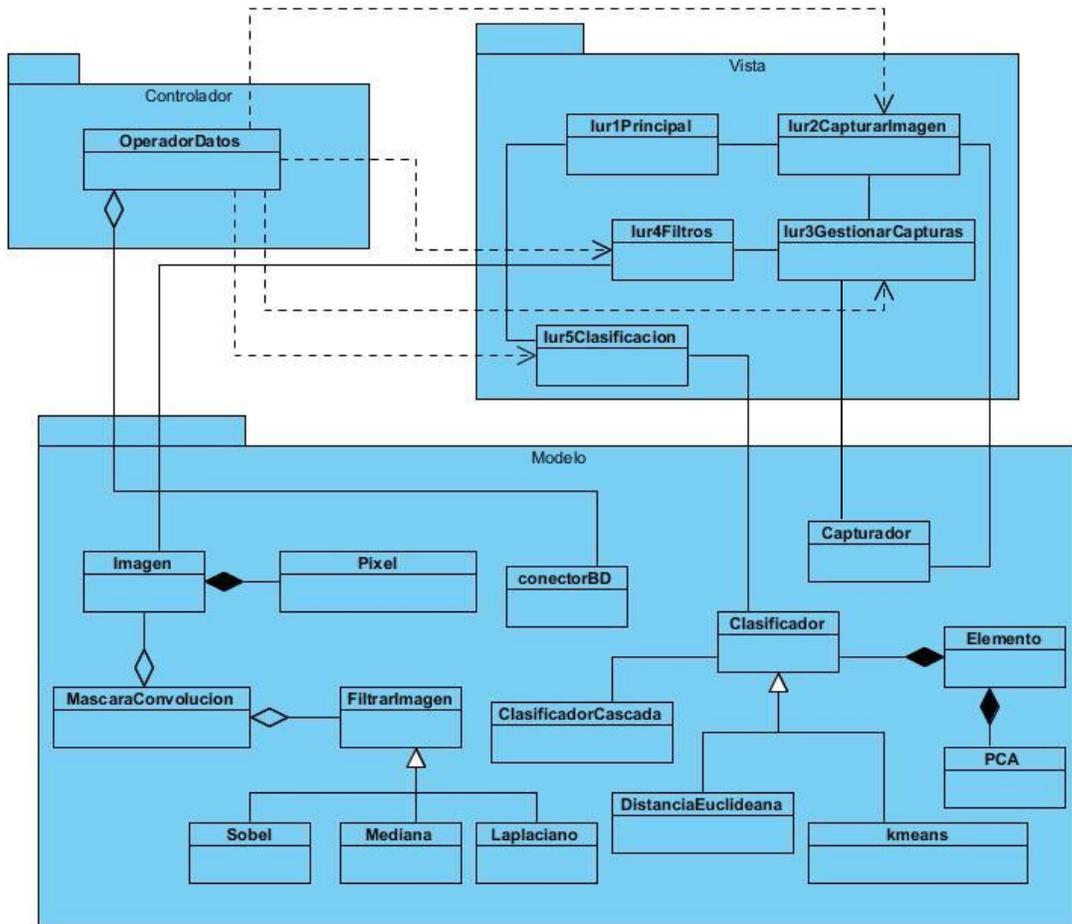


Figura 10.3 Diagrama de clases del prototipo 5



## 10.4.2.2 Clases del paquete modelo

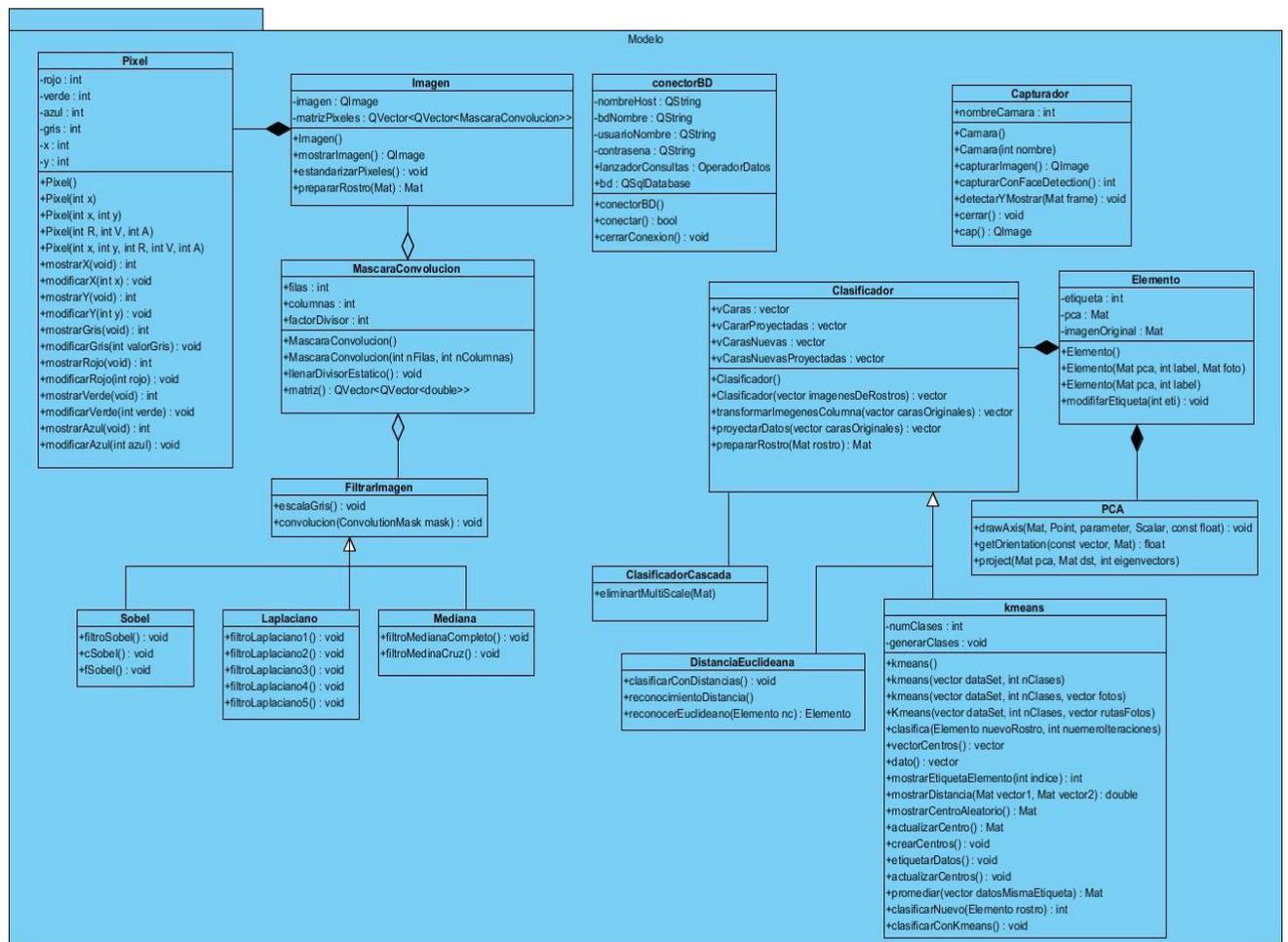


Figura 10.4 Diagrama de clases (Modelo) del Prototipo 5

En este paquete presentamos las clases encargadas de modelar la lógica de negocio necesaria para este prototipo. Se le agrego la clase Kmeans, la cual nos ayuda a realizar el agrupamiento de los rostros.



### 10.4.2.3 Clases del paquete vista

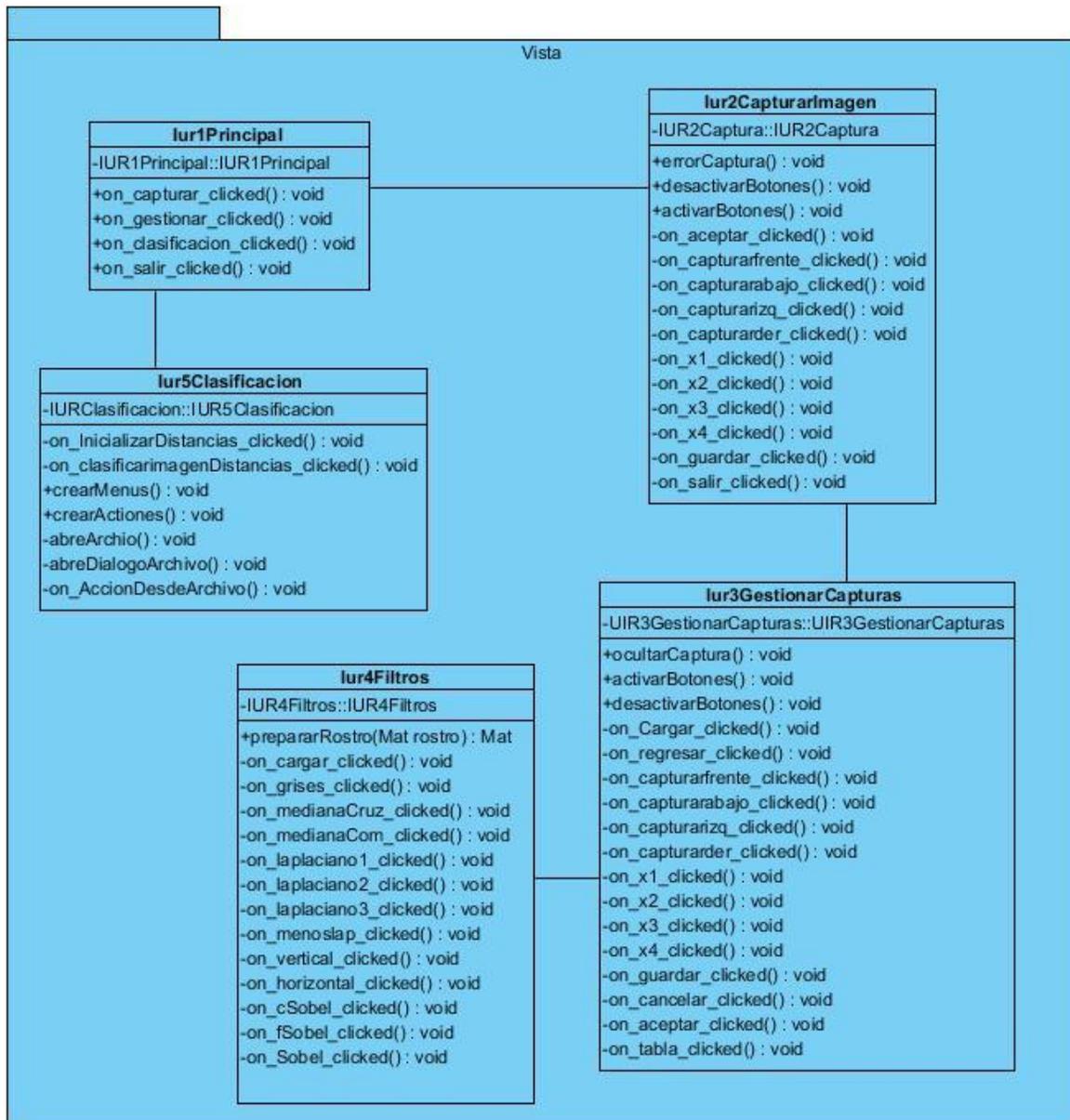


Figura 10.5 Diagrama de clases (Vista) del Prototipo 5

En el Prototipo 5 Agrupamiento se utiliza la clase denominada Iur5Clasificacion, la cual también se encargará del agrupamiento de los rostros.



#### 10.4.2.4 Clases del paquete controlador

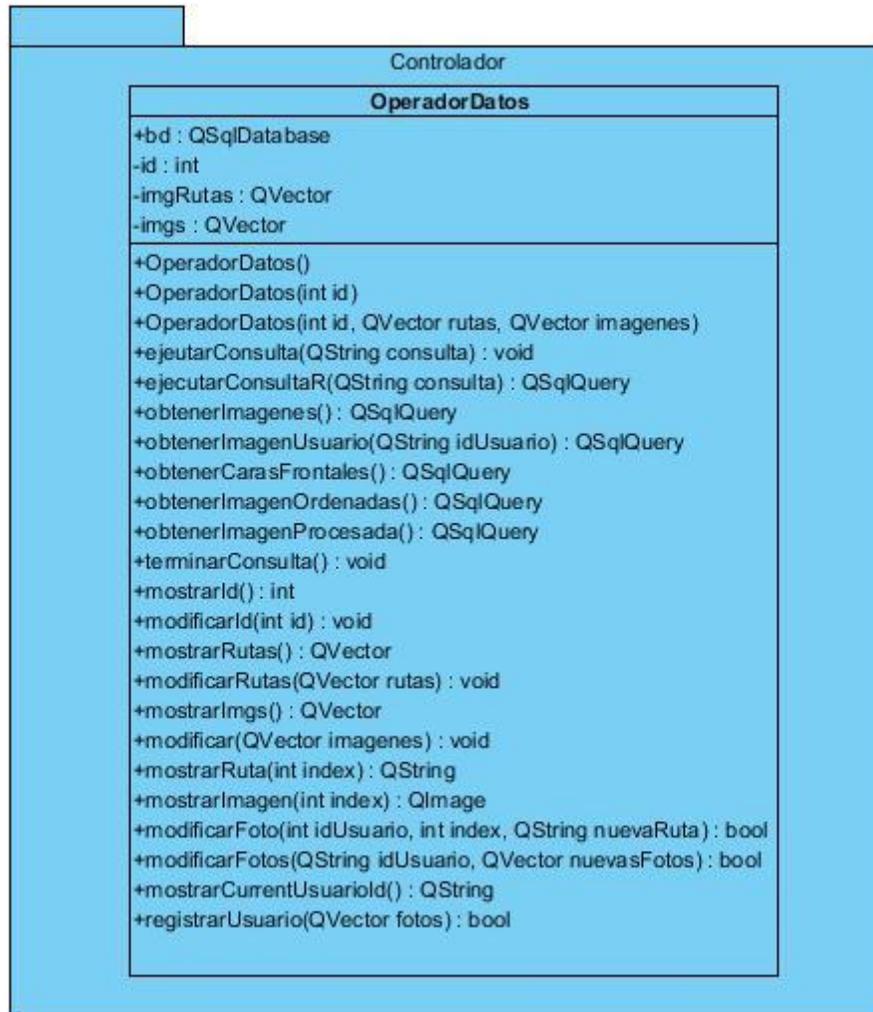


Figura 10.6 Diagrama de clases (Controlador) del Prototipo 5

En este apartado no se le agregó ninguna otra clase.

#### 10.4.3 Diagramas de secuencia

Los diagramas de secuencia es una manera de describir más detalladamente los pasos y procesos a ejecutar para poder cubrir con los puntos de funcionalidad de cada caso de uso. A continuación se presentan los diagramas de secuencia del caso de uso Principal.

##### 10.4.3.1 Diagramas de secuencia para el C.U.6 Agrupamiento

En la siguiente figura se muestra el diagrama de secuencia del proceso concurrente del Agrupamiento, el cual se encarga de ver la interacción de la herramienta con el usuario y cuáles son las posibles opciones que puede seguir.

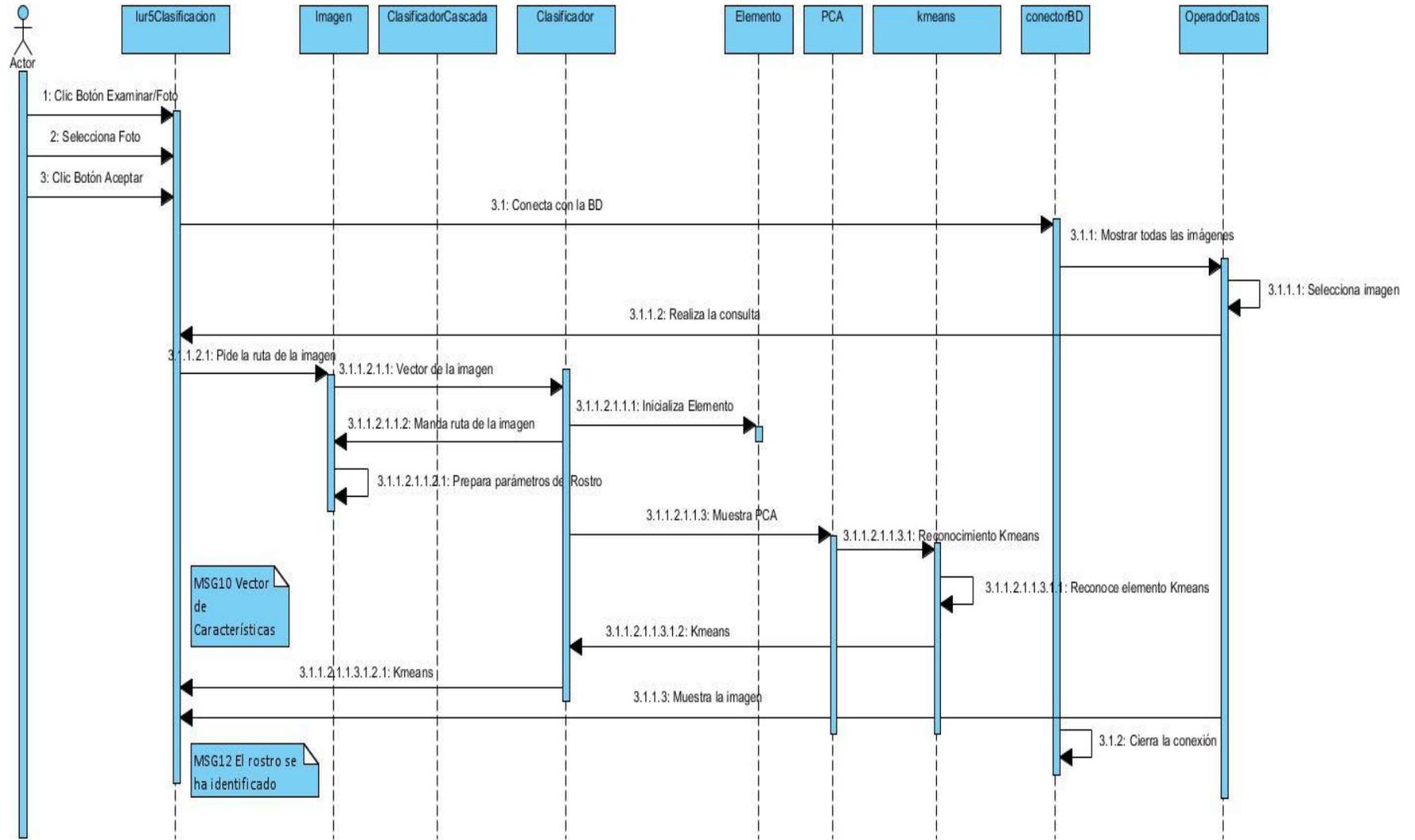


Figura 10.7 Diagrama de Secuencia del Prototipo



## 10.5 Pruebas

K -means es un método de agrupamiento, que tiene como objetivo la partición de un conjunto de  $n$  observaciones en  $k$  grupos en el que cada observación pertenece al grupo más cercano a la media. Es un método utilizado en clasificación.

Toma como parámetro  $K$  que es el número de clusters que forma.

Selecciona  $K$  elementos aleatoriamente, los cuales representan el centro o media de cada cluster. A cada objeto restante se le asigna el cluster con el cual más se parece, basándose en una distancia entre el objeto y la media del cluster. Después calcula la nueva media del cluster e itera hasta no cambiar de medias.

Para el sistema se programo este algoritmo de clustering llamado k-means en el cual se le asigna el número de grupos que quiere que se clasifique para que como salida nos de el número de grupos pedidos con los rostros más parecidos.

K-means con 2 grupos:

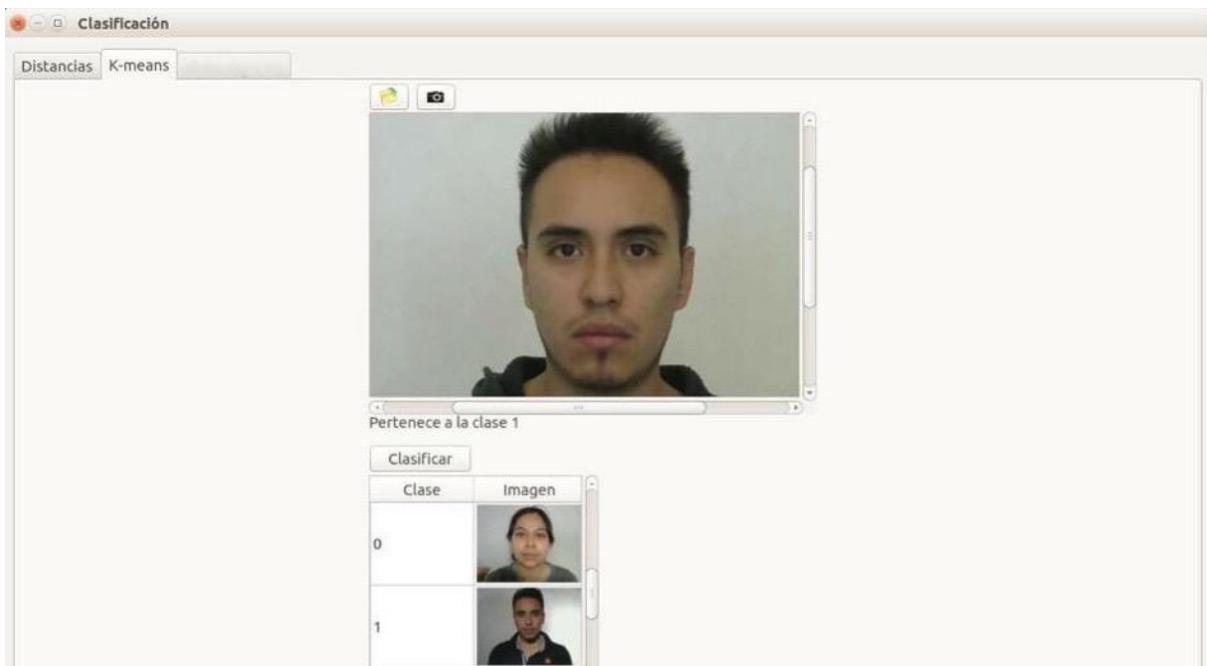


Figura 10.8 IUR5 Clasificación

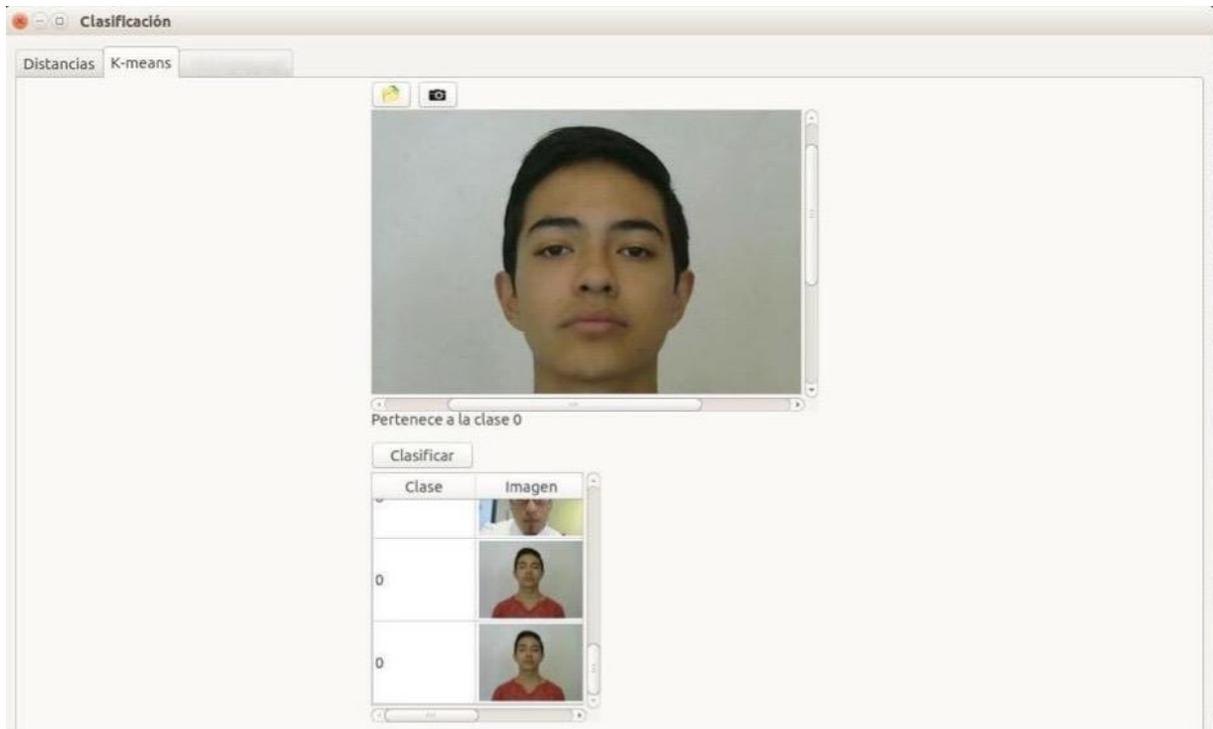


Figura 10.9 IUR5 Clasificación

K-means con 3 grupos:

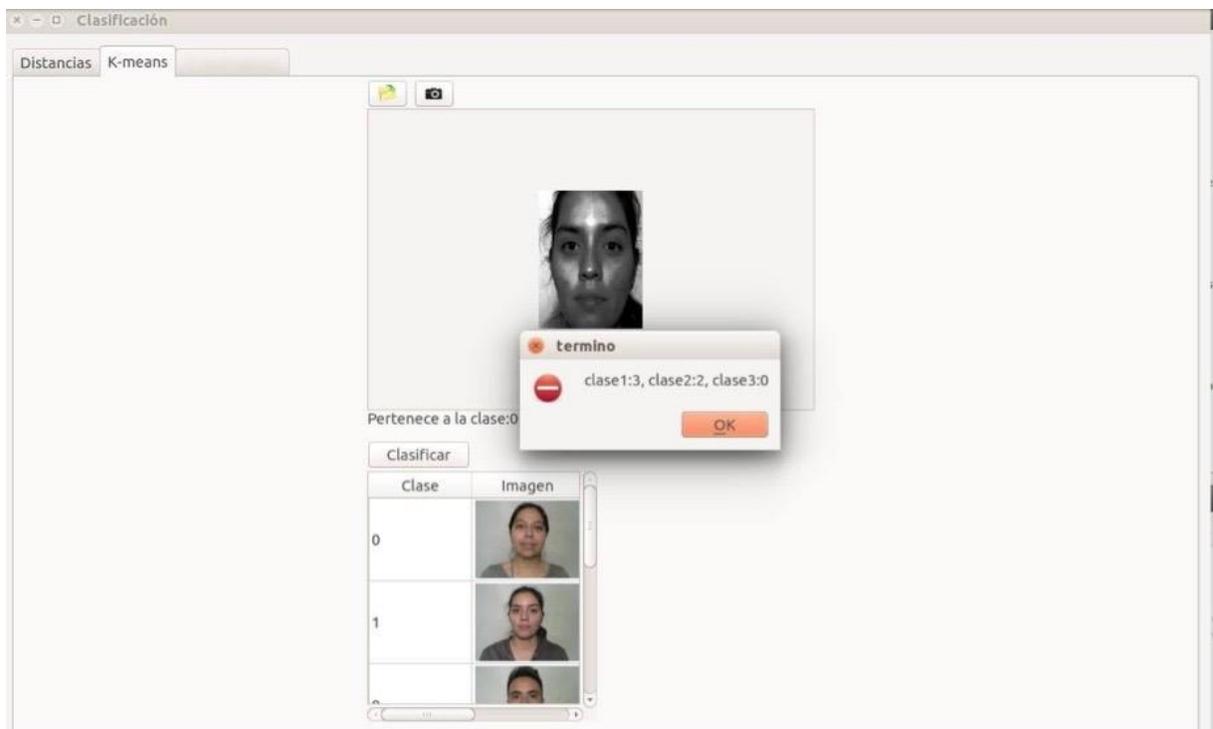


Figura 10.10 IUR5 Clasificación



## 11 Sexto prototipo de la herramienta: Evaluación

### 11.1 Resumen

El prototipo 6 Evaluación de clúster se refiere a los procedimientos que evalúan los resultados del análisis de los grupos formados en forma cuantitativa y objetiva. Una estructura de agrupación es “válida” si es “Inusual” en algún sentido.

Una de las cuestiones más importantes en el análisis de clustering es la evaluación de los resultados de la agrupación para encontrar la partición que mejor se adapte a los datos subyacentes.

### 11.2 Alcances

Con el desarrollo de este prototipo se cubren algunos de los objetivos particulares planteados durante la definición de este proyecto, entre ellos, el evaluar e interpretar el resultado obtenido de los grupos formados por el método de cluster seleccionado (K-MEANS).

### 11.3 Análisis

El objetivo de los métodos de la agrupación es descubrir grupos significativos presentes en un conjunto de datos. En general, deben buscar grupos cuyos miembros son cerca uno del otro (en otras palabras, tienen un alto grado de similitud) y bien separadas. Un problema al que nos enfrentamos en la agrupación es decidir el número óptimo de las agrupaciones que se ajuste a un conjunto de datos.

En las evaluaciones experimentales mayoría de los algoritmos "conjuntos de datos 2D se utilizan con el fin de que el lector puede verificar visualmente la validez de los resultados (es decir, qué tan bien el algoritmo de agrupamiento descubrió los grupos del conjunto de datos). Está claro que la visualización del conjunto de datos es una verificación crucial de los resultados de la agrupación. En el caso de grandes conjuntos de datos multidimensionales (por ejemplo, más de tres dimensiones) de visualización efectiva del conjunto de datos sería difícil. Además, la percepción de los grupos que utilizan herramientas de visualización disponibles es una tarea difícil para los seres humanos que no están acostumbrados a espacios de dimensiones superiores.

Los diversos algoritmos de agrupamiento se comportan de una manera diferente en función de:

las características del conjunto de datos (geometría y distribución de la densidad de clusters), los parámetros de entrada los valores

Por ejemplo, supongamos que el conjunto de datos en la Figura 11.1 Grupo de datos con 3 clusters[39]. Es obvio que podemos descubrir tres grupos en el conjunto de datos dado. Sin embargo, si consideramos un algoritmo de agrupamiento (por ejemplo, K- Means) con ciertos



valores de los parámetros (en el caso de K- significa el número de grupos) para dividir el conjunto de datos en cuatro grupos, el resultado de proceso de agrupamiento sería el esquema de agrupación presenta en la Figura 11.2 Resultado de K-MEANS con 4 clusters [39] . En nuestro ejemplo, el algoritmo de agrupamiento (K -Means) encontró los cuatro mejores grupos en los que nuestro conjunto de datos podría ser dividido. Sin embargo, este no es el particionamiento óptima para el conjunto de datos considerado. Definimos, aquí, el término esquema de agrupamiento "óptima" como el resultado de la ejecución de un algoritmo de agrupamiento (es decir, una partición) que,

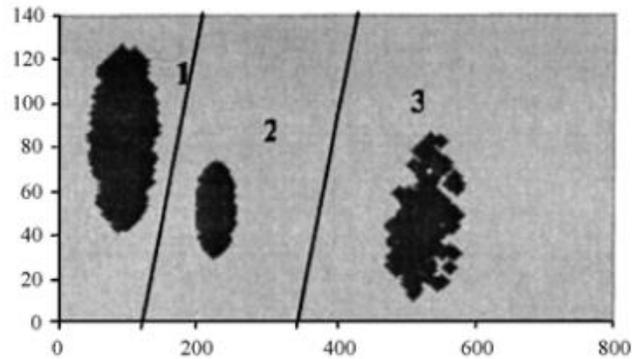


Figura 11.1 Grupo de datos con 3 clusters[39]

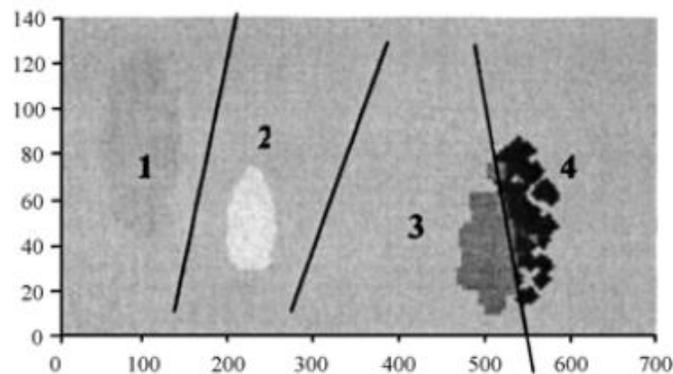


Figura 11.2 Resultado de K-MEANS con 4 clusters [39]

mejor se adapte a las particiones inherentes al conjunto de datos. Es obvio por la Figura 11.2 Resultado de K-MEANS con 4 clusters [39] que el esquema se muestra no es la mejor para el grupo, es decir, el esquema de agrupación se presenta en la Figura 11.2 Resultado de K-MEANS con 4 clusters [39] no encaja bien el conjunto de datos en nuestros datos. La agrupación óptima para nuestro conjunto de datos será un esquema con tres racimos.

Como consecuencia, si los parámetros del algoritmo de agrupamiento se les asignan un valor incorrecto, el método de agrupación puede dar lugar a un esquema de partición que no es óptimo para los datos específicos establecidos que lleva a decisiones equivocadas. Los



problemas de decidir el número de clusters mejor encajan un conjunto, así como la evaluación de los resultados de la agrupación de datos ha sido objeto de varios trabajos de investigación.

En la secuela, se discuten los conceptos fundamentales de la validez de agrupamiento y se presentan los criterios más importantes en el contexto de la evaluación de la validez de agrupamiento.

El procedimiento de evaluación de los resultados de un algoritmo de agrupamiento se conoce bajo la validez clúster plazo. En términos generales, hay tres enfoques para investigar la validez de cluster. El primero se basa en criterios externos. Esto implica que evaluamos los resultados de un algoritmo de agrupamiento basado en una estructura pre-especificado, que se impone a un conjunto de datos y refleja nuestra intuición acerca de la estructura de la agrupación del conjunto de datos. El segundo enfoque se basa en criterios internos. Podemos evaluar los resultados de un algoritmo de agrupamiento en términos de cantidades que involucran a los vectores del conjunto de datos a sí mismos (por ejemplo, matriz de proximidad). El tercer enfoque de validez agrupación se basa en criterios relativos. Aquí, la idea básica es la evaluación de una estructura de agrupación por comparación con otros esquemas de agrupamiento, lo que resulta por el mismo algoritmo pero con diferentes valores de los parámetros. Hay dos criterios propuestos para la agrupación de evaluación y selección de un esquema de agrupamiento optima:

**-La compacidad**, los miembros de cada grupo debe ser lo más cerca entre sí como sea posible. Una medida común de la compacidad es la varianza, que debe ser minimizado.

**-Separación**, los propios grupos debe ser ampliamente espaciados. Hay tres métodos comunes de medición de la distancia entre dos grupos diferentes:

- Vinculación individual: Mide la distancia entre los miembros más cercanos de los racimos.
- Vinculación completa: Mide la distancia entre los miembros más distantes.
- Comparación de los centroides: Mide la distancia entre los centros de los clusters.

Los dos primeros enfoques se basan en pruebas estadísticas y su mayor inconveniente es su elevado coste computacional. Por otra parte, los índices relacionados con estos enfoques tienen por objeto medir el grado en que un conjunto de datos confirma un esquema especificado a-priori. Por otro lado, el tercer enfoque tiene como objetivo encontrar el mejor esquema de agrupamiento que un algoritmo de agrupamiento puede ser definido bajo ciertos supuestos y parámetros.

Un número de índices de validez se han definido y propuesto en la literatura para cada uno de los enfoques anteriores.



## 11.4 Pruebas

### 11.4.1 Resultados de pruebas

Para poder evaluar el funcionamiento del método de clusterización elegido (K-MEANS), se obtuvo una base de datos para muestreo, es decir, se tomaron fotografías a 4 personas diferentes y a cada persona se le tomaron 10 fotos variadas, teniendo así un total de 40 fotos que conforman la base de datos.

Las 10 fotografías que se tomaron fueron en las siguientes posiciones:

1. De frente sin ninguna expresión facial y sin ningún objeto en el rostro
2. Usando Lentes
3. Ojos cerrados
4. Viendo hacia abajo
5. Sonriendo
6. Frunciendo el ceño
7. Con una ceja levantada
8. Usando un gorro
9. Viendo hacia arriba
10. Con la cabeza ladeada

Quedando la base de datos de la siguiente forma:



Tabla 11.1 Base de Datos

Para extraer las características las fotografías antes deben pre-procesarse, para esto las imágenes se pasan a escala de grises, se actualiza el histograma, las fotos quedan enfocadas al rostro y de un tamaño de 100 x 133.

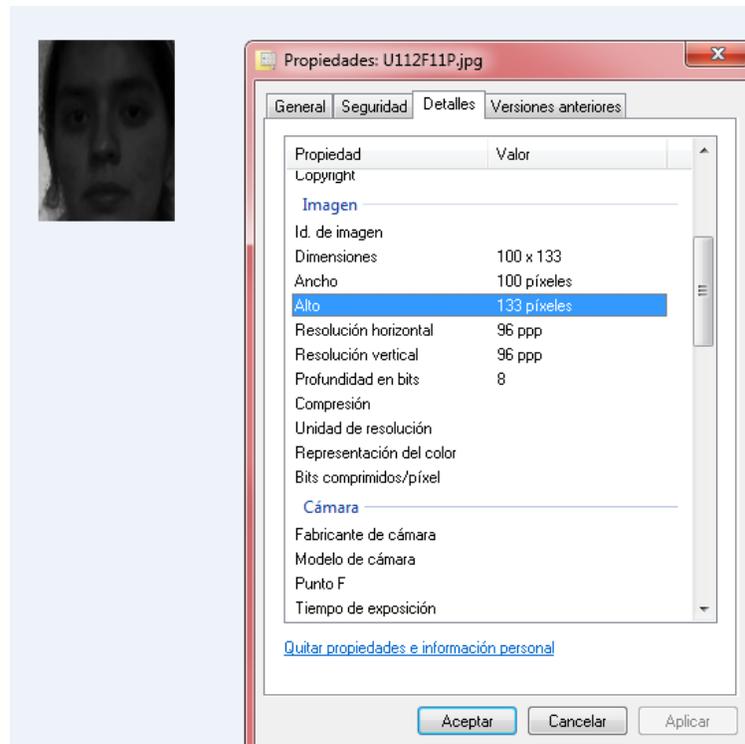


Figura 11.3 Propiedades de foto procesada

Obteniendo las siguientes fotografías que son analizadas por PCA (principal component analysis) el cual obtiene los vectores característicos de cada imagen para así poder ingresarlos a nuestro método de clasificación (k-means) y después evaluarlo.

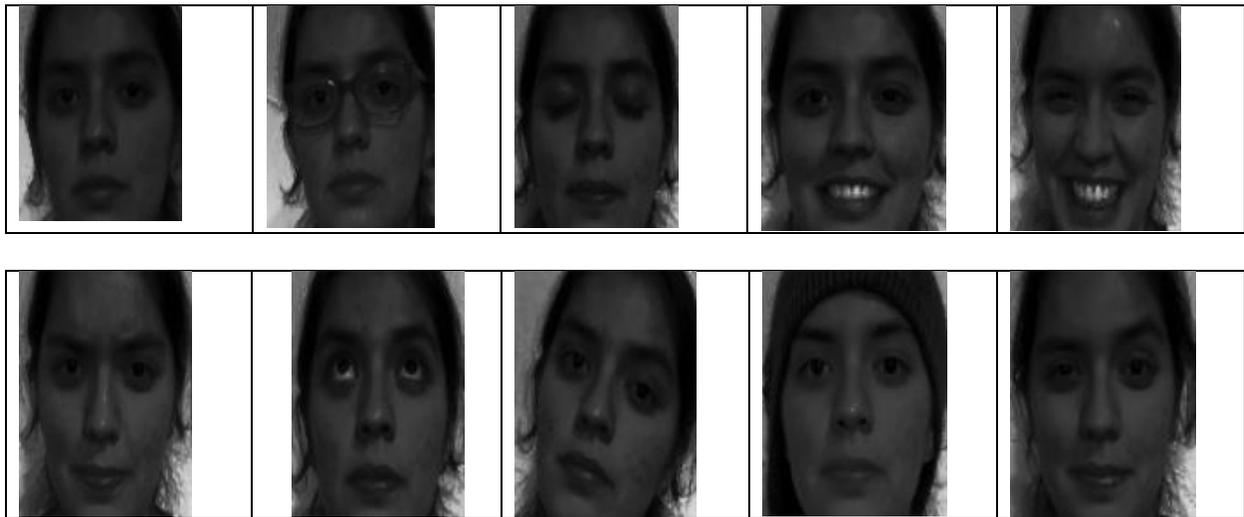


Tabla 11.2 Foto pre-procesadas



Este prototipo tiene el objetivo de evaluar el agrupamiento obtenido, se implementaron varias estrategias de validación de clusters, basada en la estabilidad de los agrupamientos del conjunto de datos a través de variaciones producidas por muestreos que nosotros propusimos.

### Método de Restitución

Consiste en detener el entrenamiento cuando el error en los datos de entrenamiento cumple una cierta condición. (Produce sobreentrenamiento o se produce una medida optimista del error real).

Para evaluar nuestro método de clustering utilizado (K-MEANS) con el método de restitución se hicieron pruebas con las base de datos que se obtuvo de 4 personas, se estuvo variando el número de iteraciones para el k-means y para poder calcular el error máximo y el mínimo se propuso utilizar matrices de confusión.

### Matriz de Confusión

En el campo de la inteligencia artificial una **matriz de confusión** es una herramienta que permite la visualización del desempeño de un algoritmo que se emplea en aprendizaje no supervisado. Cada columna de la matriz representa el número de predicciones de cada clase, mientras que cada fila representa a las instancias en la clase real. Uno de los beneficios de las matrices de confusión es que facilitan ver si el sistema está confundiendo dos clases.

Con la definición anterior y la variación que se le dio al número de iteraciones al K-MEANS se obtuvo lo siguiente:

## CLASES 4

### ITERACIONES 3

	5 Frank	3 Valentín	1 Lau	4 Naye	Total	EFICIENCIA	ERROR
5 Frank	7	1	0	1	9	0.78	0.22
3 Valentín	0	7	2	0	9	0.78	0.22
1 Lau	0	0	9	0	9	1.00	0.00
4 Naye	0	0	0	9	9	1.00	0.00
Total					36		
Total de la Diagonal					32	0.89	

Tabla 11.3 Primer Muestreo

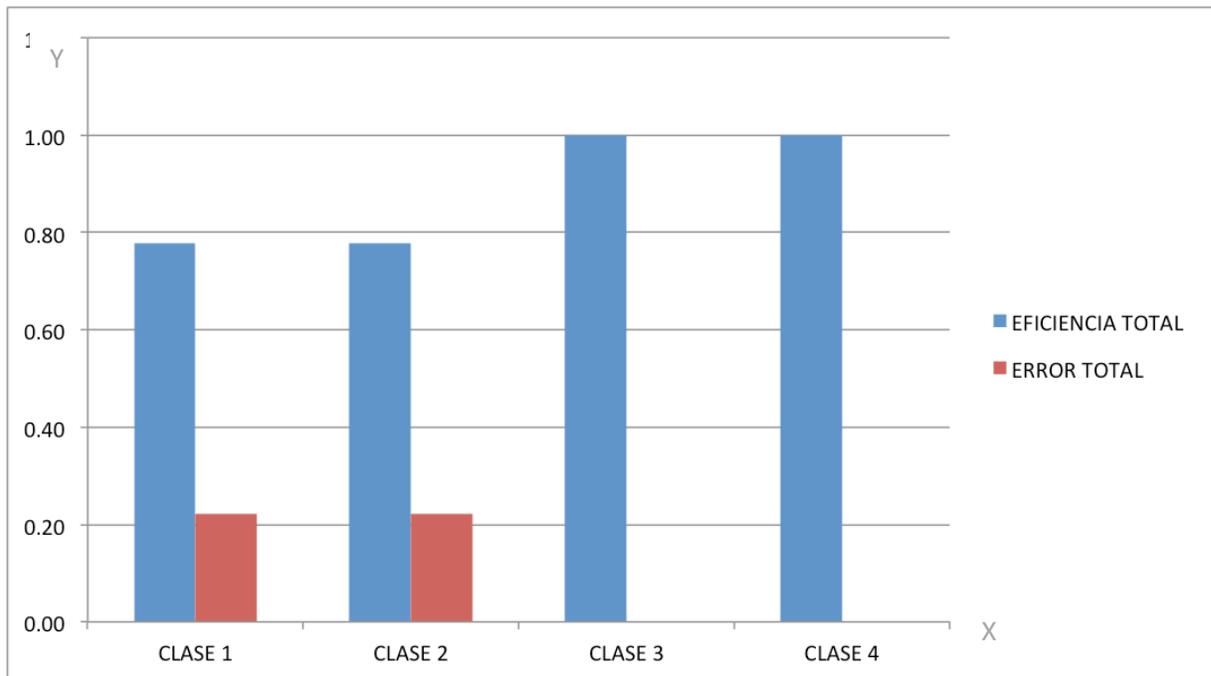


Figura 11.4 Gráfica muestreo 1

## CLASES 4

### ITERACIONES 2

	5 Frank	3 Valentín	1 Lau	4 Naye	Total	EFICIENCIA	ERROR
5 Frank	6	2	0	1	9	0.67	0.33
3 Valentín	7	0	1	1	9	0.00	1.00
1 Lau	0	0	8	1	9	0.89	0.11
4 Naye	0	1	1	7	9	0.78	0.22
Total					36		
Total de la Diagonal					21	0.58	

Tabla 11.4 Segundo Muestreo

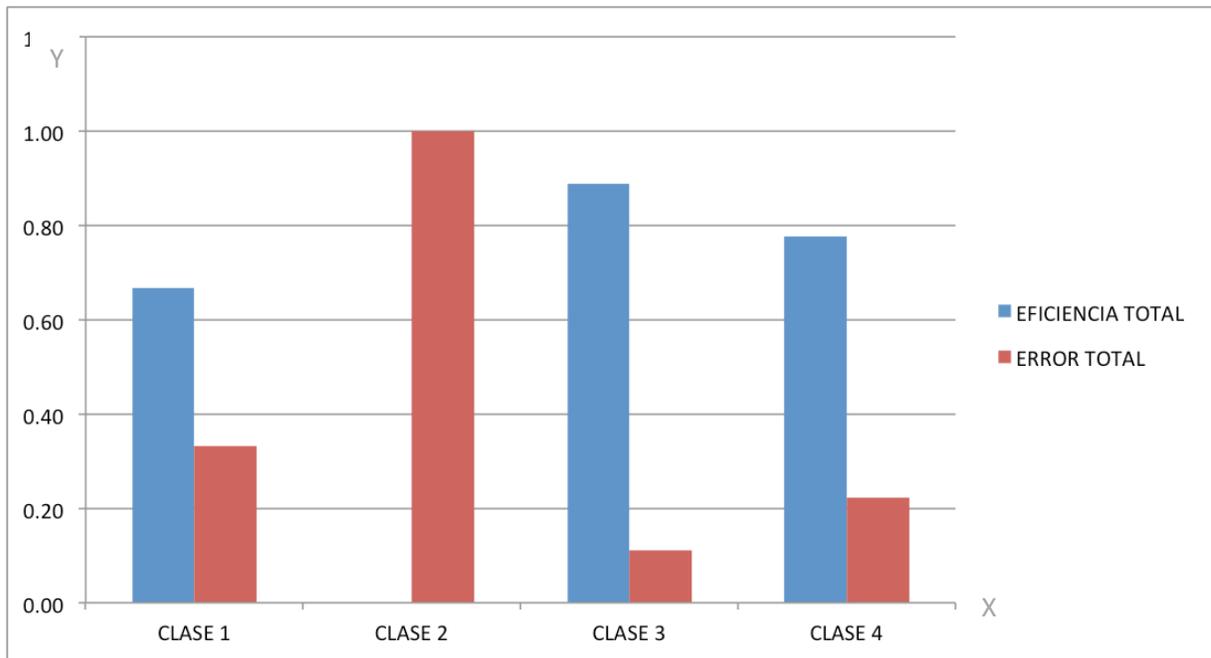


Figura 11.5 Gráfica muestreo 2

## CLASES 4

### ITERACIONES 5

	5 Frank	3 Valentín	1 Lau	4 Naye	Total	EFICIENCIA	ERROR
5 Frank	7	1	1	0	9	0.78	0.22
3 Valentín	0	8	0	1	9	0.89	0.11
1 Lau	0	0	0	9	9	0.00	1.00
4 Naye	0	0	0	9	9	1.00	0.00
Total					36		
Total de la Diagonal					24	0.67	

Tabla 11.5 Tercer muestreo

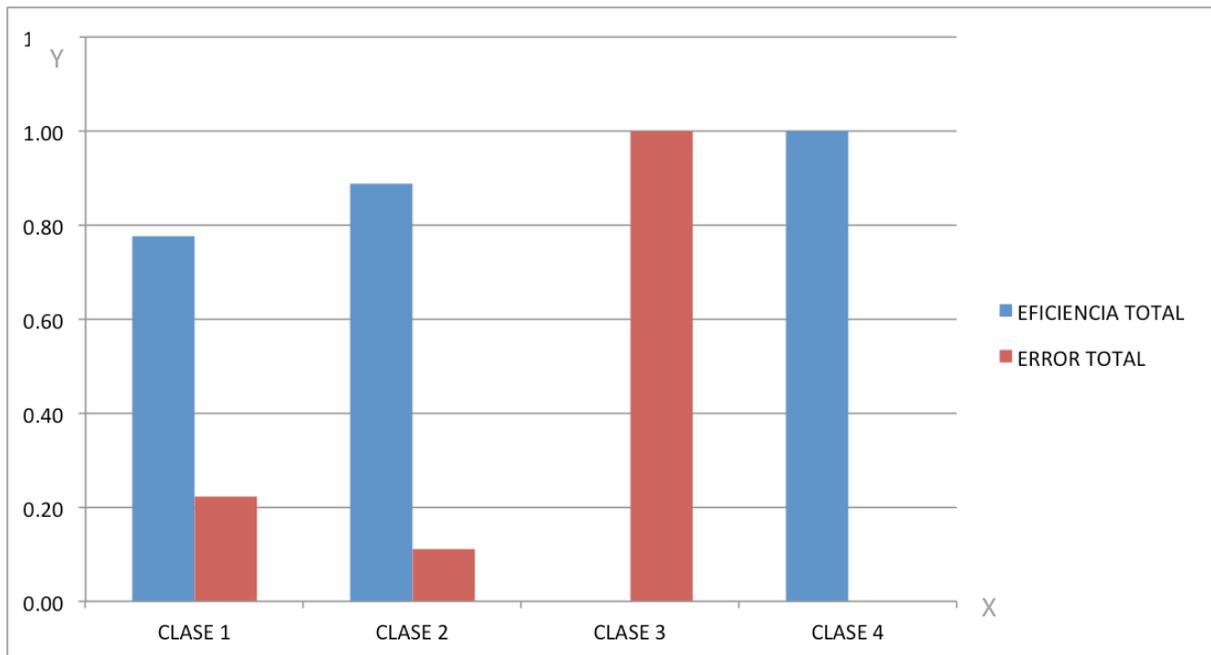


Figura 11.6 Gráfica muestreo 3

## CLASES 4

### ITERACIONES 7

	5 Frank	3 Valentin	1 Lau	4 Naye	Total	EFICIENCIA	ERROR
5 Frank	6	1	1	1	9	0.67	0.33
3 Valentin	1	7	1	0	9	0.78	0.22
1 Lau	0	2	5	2	9	0.56	0.44
4 Naye	0	0	3	6	9	0.67	0.33
Total					36		
Total de la Diagonal					24	0.67	

Tabla 11.6 Cuarto muestreo

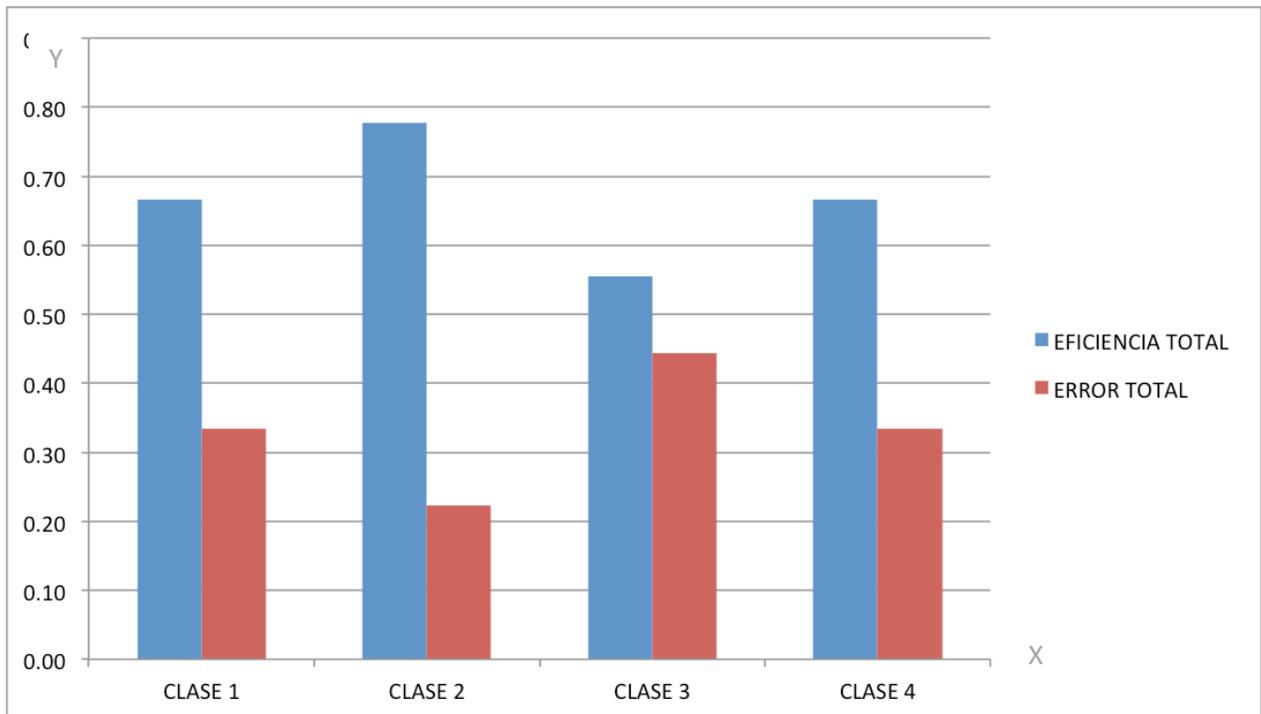


Figura 11.7 Gráfica muestreo 4

K -means es un método de agrupamiento, que tiene como objetivo la partición de un conjunto de  $n$  observaciones en  $k$  grupos en el que cada observación pertenece al grupo más cercano a la media.

El número de iteraciones se utiliza para calcular los centroides de las clases.

Se hicieron varias pruebas con diferentes números de iteraciones, de las cuales solo se tomaron 4 para graficar, pudimos concluir que el valor más óptimo de iteraciones para el k-means fue la tabla 11.3 ya que fue uno de los valores que presentó menor índice de error, el porcentaje total fue de 0.89 casi del 90% en clasificar las fotos correctamente en las clases que corresponden.

Posteriormente se probaron estos valores en la programación y se obtuvo lo siguiente:

Se ingresó como datos, número de clusters: 4, número de iteraciones: 3, posteriormente para probarlo se ingresó la foto de un usuario registrado en el sistema.

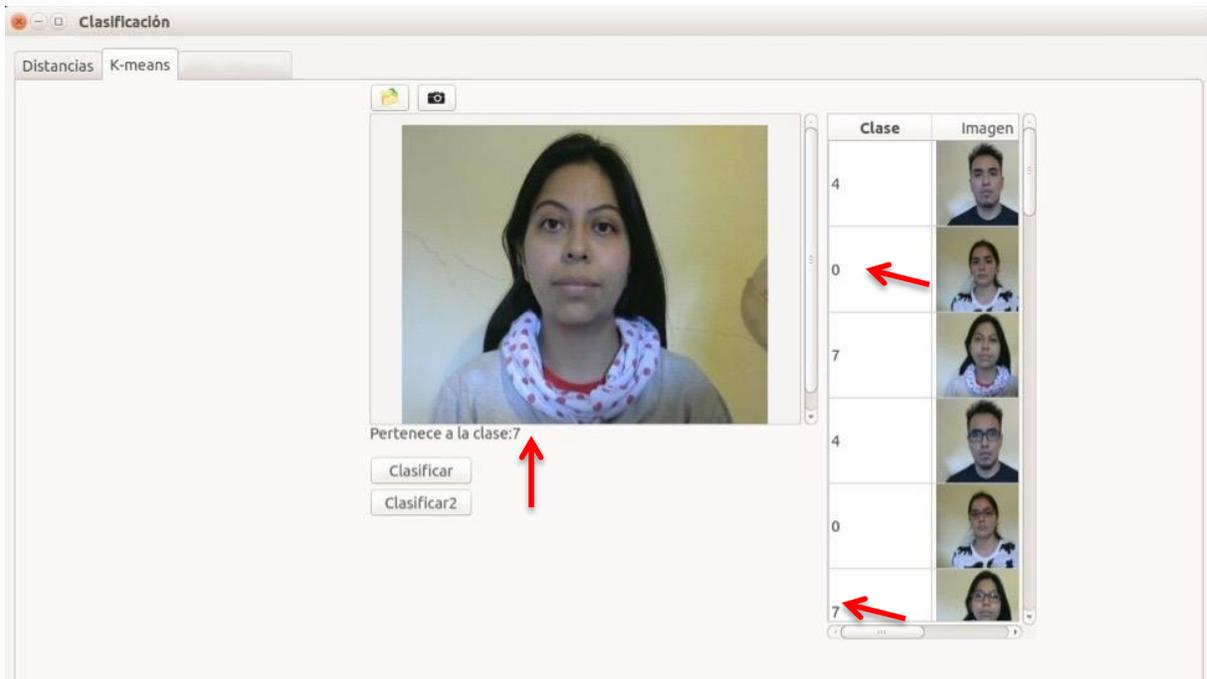


Figura 11.8 Clasificación con 3 iteraciones

Se probó con una foto de un usuario diferente y además podemos observar que los demás usuarios tienen su etiqueta asignada a la clase que corresponden correctamente:

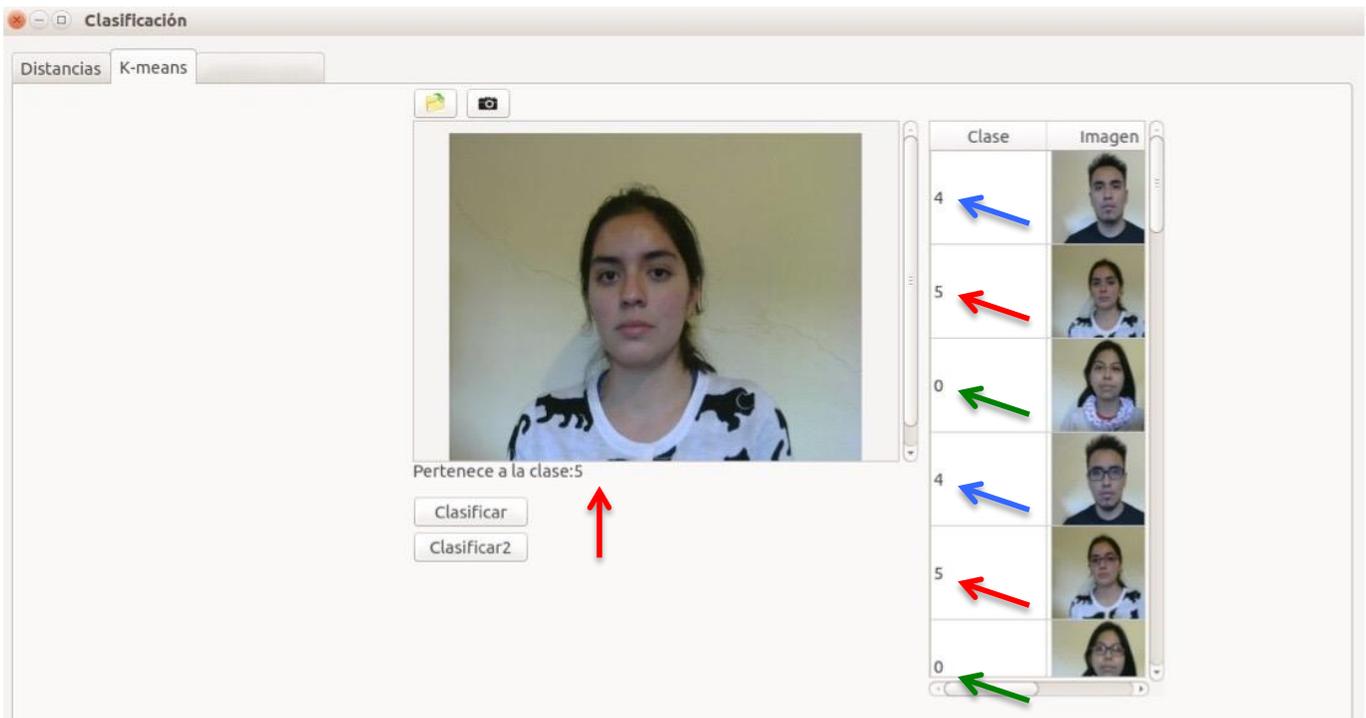


Figura 11.9 Clasificación 3 iteraciones



Con los resultados que anteriormente se probaron se obtuvieron dos tablas las cuales se graficaron para poder analizar mejor como se comporta el algoritmo seleccionado.

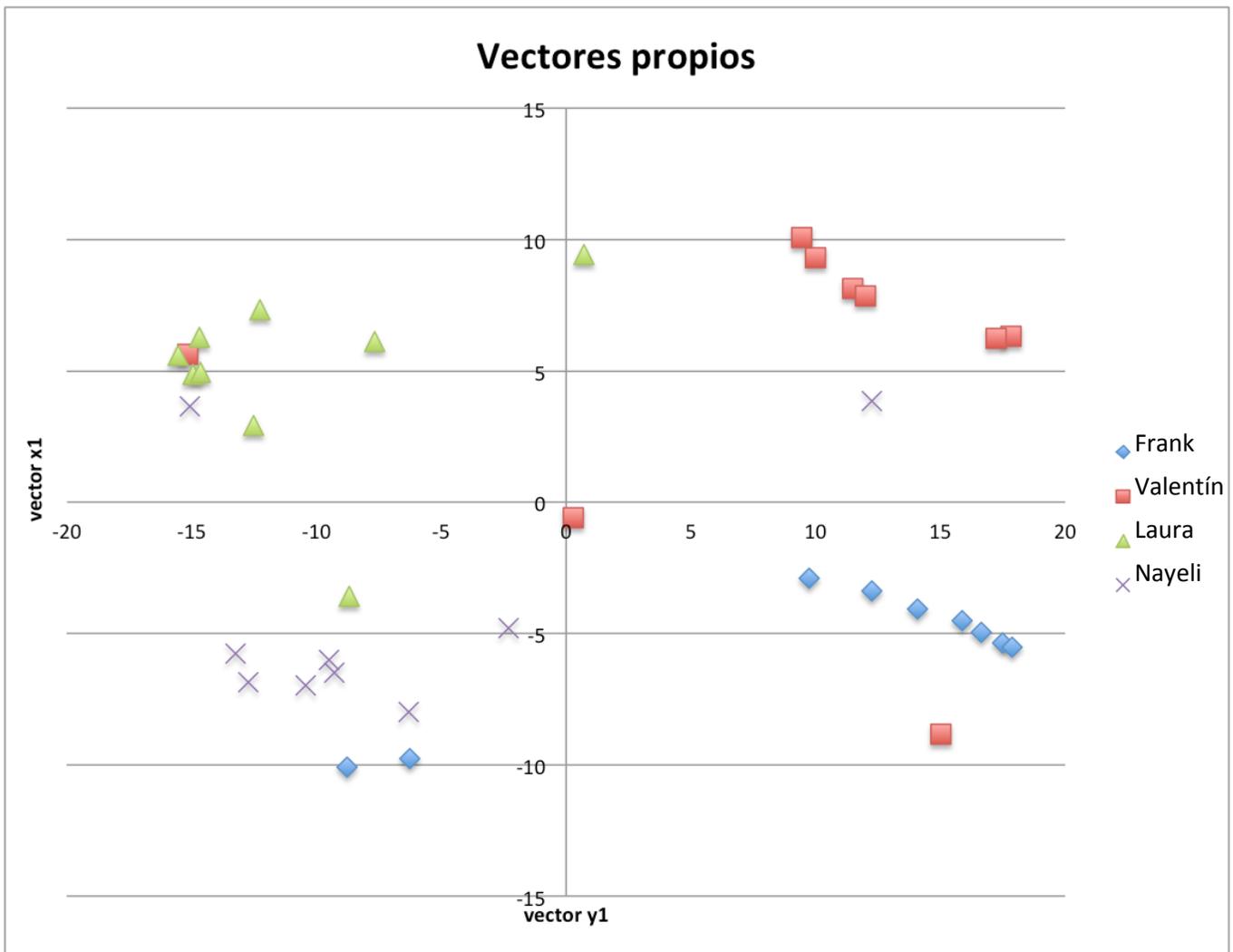
Los vectores obtenidos por el método de PCA es el resultado de el cálculo de la descomposición en autovalores de una matriz de covarianza, normalmente tras centrar los datos en la media de cada atributo, este método programado nos devuelve 10 vectores propios de cada fotografía almacenada en la base de datos; para poder graficar estos vectores solo se tomaron dos vectores característicos de cada foto para poder graficarlo, como lo muestra la tabla 11.7:

Clase	Vector	Vector	Clase	Vector	Vector
F	12.231	-3.38	N	-6.292	-7.97
V	11.47	8.133	N	12.266	3.842
L	-14.967	4.861	F	17.885	-5.511
N	-9.518	-5.999	V	-15.17	5.639
L	-12.277	7.326	F	-6.25	-9.768
F	17.468	-5.383	L	-14.67	4.931
V	17.84	6.306	N	-9.309	-6.478
N	-2.316	-4.807	L	0.705	9.434
L	-15.526	5.593	F	9.726	-2.899
N	-12.742	-6.84	V	0.289	-0.608
V	12.005	7.842	N	-13.246	-5.767
F	15.864	-4.521	L	-8.686	-3.583
F	14.074	-4.063	N	-15.079	3.634
N	-10.434	-6.97	V	15.023	-8.827
V	17.233	6.213	F	-8.773	-10.111
L	-7.668	6.113	L	-14.7	6.285
L	-12.515	2.93	V	9.423	10.056
F	16.624	-4.976	V	10.014	9.323

Tabla 11.7 Vectores propios

A continuación se muestra la gráfica de la representación en un plano 2D de los vectores característicos que se obtuvieron de cada persona:

Podemos observar los datos graficados, separados por color y forma a la clase a la que pertenecen, se puede observar que los vectores característicos que se encuentran más juntos y son del mismo color y pertenecen a una sola persona, en este caso se introdujeron imágenes con algunas variaciones con lo cual se obtuvieron vectores con pocas variaciones, lo que se puede visualizar en la siguiente Figura 11.10.



**Figura 11.10 Vectores propios grafocado en 2D**

Para graficar los centroides que genera aleatoriamente el k-means se obtuvo el valor de los centros generados con 3 iteraciones para 4 clases, lo que se obtiene es un arreglo por clase de 10 valores, los cuales solo tomamos 2 para poderlos graficar en un plano 2D, como lo muestra la tabla 11.8.

Centro	Centro	Centroide
-11.017	-7.299	1
-13.619	5.257	2
14.862	-4.945	3
12.893	7.388	4

**Tabla 11.8 Valor de centroides**



La entrada al k-means son los vectores propios obtenidos del método de PCA, posteriormente este para generar los centros realiza un promedio de los vectores introducidos, genera un centro aleatoriamente y calcula las distancias de los vectores más próximos a ese centro y lo etiqueta. LA gráfica 11.11 muestra los centros obtenidos con 3 iteraciones.

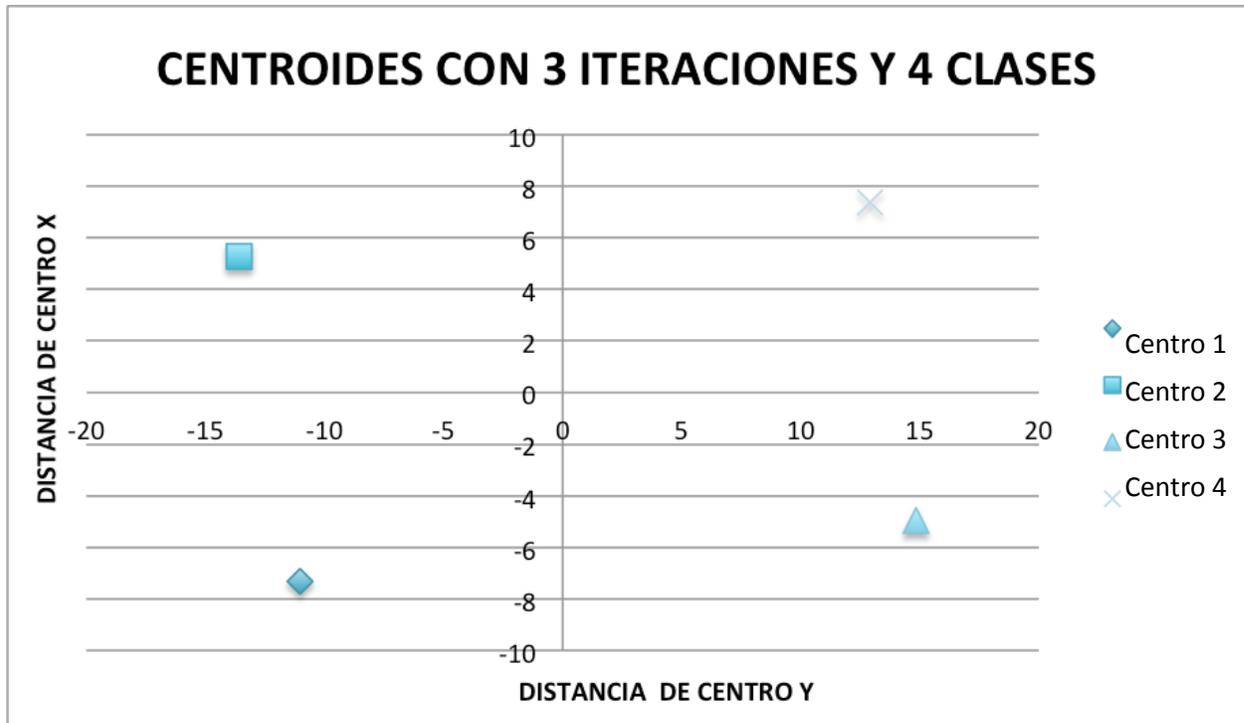


Figura 11.11 Centros K\_MEANS

Concluyendo que la iteración óptima para 4 clases utilizando el método de clusterización k-means son 3, como podemos observar en la tabla 11.9 el porcentaje total de efectividad fue de 0.89% a 1% y obteniendo un índice de error por cada clase de 0.22%.

## CLASES 4

### ITERACIONES 3

	5 Frank	3 Valentín	1 Lau	4 Naye	Total	EFICIENCIA	ERROR
5 Frank	7	1	0	1	9	0.78	0.22
3 Valentín	0	7	2	0	9	0.78	0.22
1 Lau	0	0	9	0	9	1.00	0.00
4 Naye	0	0	0	9	9	1.00	0.00
<b>Total</b>					<b>36</b>		
<b>Total de la Diagonal</b>					<b>32</b>	<b>0.89</b>	<b>0.22</b>

Tabla 11.9 Tabla óptima



Realizando los procesos adecuados que describimos anteriormente para la clasificación se obtuvo la gráfica 11.12, donde podemos observar los datos de las 36 fotografías que se analizaron dispersos en un plano 2D, a demás podemos observar los centroides obtenidos de el procesamiento con 3 iteraciones del k-means y los datos más cercanos a cada centroide que en conclusion son las fotos correspondientes a una clase.

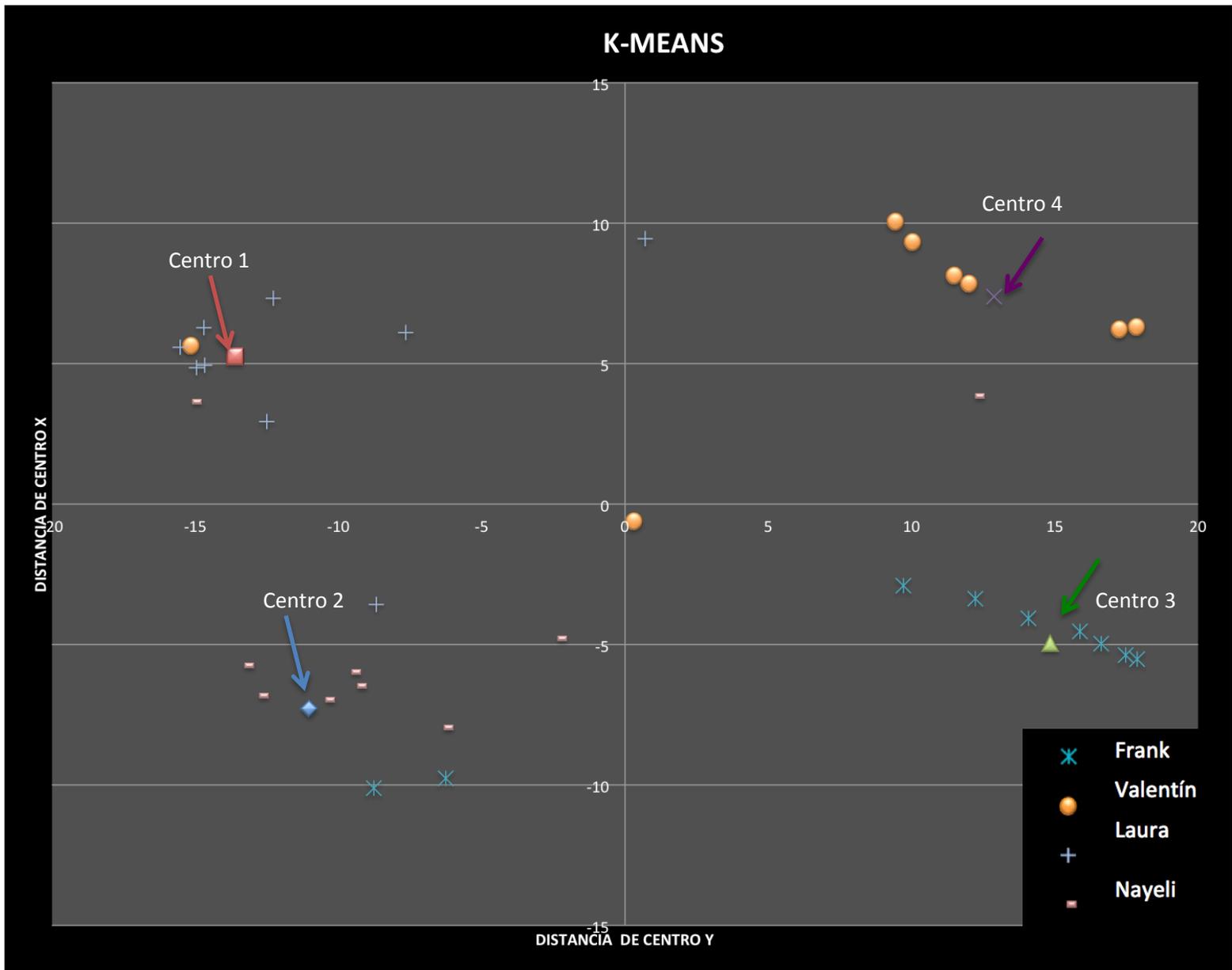


Figura 11.12 Gráfica final



## Validación cruzada dejando uno fuera o *Leave-one-out cross-validation*

La validación cruzada dejando uno fuera o *Leave-one-out cross-validation (LOOCV)* implica separar los datos de forma que para cada iteración tengamos una sola muestra para los datos de prueba y todo el resto conformando los datos de entrenamiento. La evaluación viene dada por el error, y en este tipo de validación cruzada el error es muy bajo, pero en cambio, a nivel computacional es muy costoso, puesto que se tienen que realizar un elevado número de iteraciones, tantas como N muestras tengamos y para cada una analizar los datos tanto de entrenamiento como de prueba.

### Error de la validación cruzada dejando uno fuera

En la validación cruzada dejando uno fuera se realizan tantas iteraciones como muestras (N) tenga el conjunto de datos. De forma que para cada una de las N iteraciones se realiza un cálculo de error. El resultado final lo obtenemos realizando la media aritmética de los N valores de errores obtenidos, según la fórmula:

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E_i.$$

Donde se realiza el sumatorio de los N valores de error y se divide entre el valor de N.

Con la información anterior y la variación que se tuvieron en las iteraciones, se obtuvo lo siguiente:



Primea Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	0	8	0	1
Valentín	2	6	0	1
Laura	0	0	7	2
Nayeli	0	0	2	7



Segunda Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	0	7	2	0
Valentín	1	7	0	1
Laura	0	0	7	2
Nayeli	0	0	2	7



Tercera Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	0	0	1
Valentín	2	7	0	0
Laura	0	0	7	2
Nayeli	0	0	2	7



Cuarta Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	0	0	0
Valentín	2	6	1	0
Laura	0	0	8	1
Nayeli	0	0	2	7



Quinta Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	2	0	0	0
Valentín	1	8	0	0
Laura	0	0	7	2
Nayeli	0	0	1	8



Sexta Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	2	0	0	0
Valentín	1	8	0	0
Laura	0	0	7	2
Nayeli	0	0	1	8



Séptima Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	0	0	1
Valentín	2	7	0	0
Laura	0	0	8	1
Nayeli	0	0	2	7



Octava Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	0	0	1
Valentín	2	6	1	0
Laura	0	0	8	1
Nayeli	0	0	2	7



Novena Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	0	0	1
Valentín	2	6	1	0
Laura	0	0	8	1
Nayeli	0	0	2	7



Décima Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	0	0	1
Valentín	2	6	1	0
Laura	0	0	8	1
Nayeli	0	0	2	7



Onceava Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	7	1	0	1
Valentín	0	8	1	0
Laura	0	1	6	2
Nayeli	0	0	1	8



Doceava Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	1	0	0
Valentín	0	9	0	0
Laura	0	1	8	0
Nayeli	0	0	0	9



Treceava Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	1	0	0
Valentín	0	9	0	0
Laura	0	1	8	0
Nayeli	0	0	0	9



Catorceava Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	9	0	0	0
Valentín	1	8	0	0
Laura	0	0	9	0
Nayeli	0	0	1	8



Quinceava Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	1	0	0
Valentín	1	8	0	0
Laura	0	0	9	0
Nayeli	0	0	1	8



Dieciseisava Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	9	0	0	0
Valentín	1	8	0	0
Laura	0	0	9	0
Nayeli	0	0	1	8



Diecisieteava Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	1	0	0
Valentín	1	8	0	0
Laura	0	0	7	2
Nayeli	0	0	1	8



Dieciochoava Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	1	0	0
Valentín	1	8	0	0
Laura	0	0	9	0
Nayeli	0	0	1	8



Diecinueve Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	9	0	0	0
Valentín	1	8	0	0
Laura	0	0	9	0
Nayeli	0	0	1	8



Veinteava Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	9	0	0	0
Valentín	1	8	0	0
Laura	0	0	9	0
Nayeli	0	0	1	8



Veintiuna Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	0	0	1
Valentín	2	7	0	0
Laura	0	0	7	2
Nayeli	0	0	2	7



Veintidós Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	0	0	1
Valentín	2	7	0	0
Laura	0	0	8	1
Nayeli	0	0	2	7



Veintitrés Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	1	0	0
Valentín	0	9	0	0
Laura	0	1	8	0
Nayeli	0	0	0	9



Veinticuatro Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	1	0	0
Valentín	1	8	0	0
Laura	0	0	9	0
Nayeli	0	0	1	8



Veinticinco Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	1	0	0
Valentín	1	8	0	0
Laura	0	0	7	2
Nayeli	0	0	1	8



Veintiséis Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	0	0	1
Valentín	2	6	1	0
Laura	0	0	8	1
Nayeli	0	0	2	7



Veintisiete Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	2	0	0	0
Valentín	1	8	0	0
Laura	0	0	7	2
Nayeli	0	0	1	8



Veintiocho Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	0	0	1
Valentín	2	6	1	0
Laura	0	0	8	1
Nayeli	0	0	2	7



Veintinueve Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	1	0	0
Valentín	0	9	0	0
Laura	0	1	8	0
Nayeli	0	0	0	9



Treinta Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	1	0	0
Valentín	1	8	0	0
Laura	0	0	9	0
Nayeli	0	0	1	8



Treinta y uno Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	1	0	0
Valentín	1	8	0	0
Laura	0	0	7	2
Nayeli	0	0	1	8



Treinta y dos Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	7	1	0	1
Valentín	0	8	1	0
Laura	0	1	6	2
Nayeli	0	0	1	8



Treinta y tres Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	0	0	1
Valentín	2	7	0	0
Laura	0	0	8	1
Nayeli	0	0	2	7



Treinta y cuatro Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	1	0	0
Valentín	1	8	0	0
Laura	0	0	9	0
Nayeli	0	0	1	8



Treinta y cinco Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	9	0	0	0
Valentín	1	8	0	0
Laura	0	0	9	0
Nayeli	0	0	1	8



Treinta y seis Iteración				
	Frank	Valentín	Laura	Nayeli
Frank	8	1	0	0
Valentín	1	8	0	0
Laura	0	0	7	2
Nayeli	0	0	1	8

Para la herramienta con el método de K-means se tuvo que en la validación cruzada dejando uno afuerase obtuvo una estimación del Error, se pueodrá observar en la siguiente gráfica:

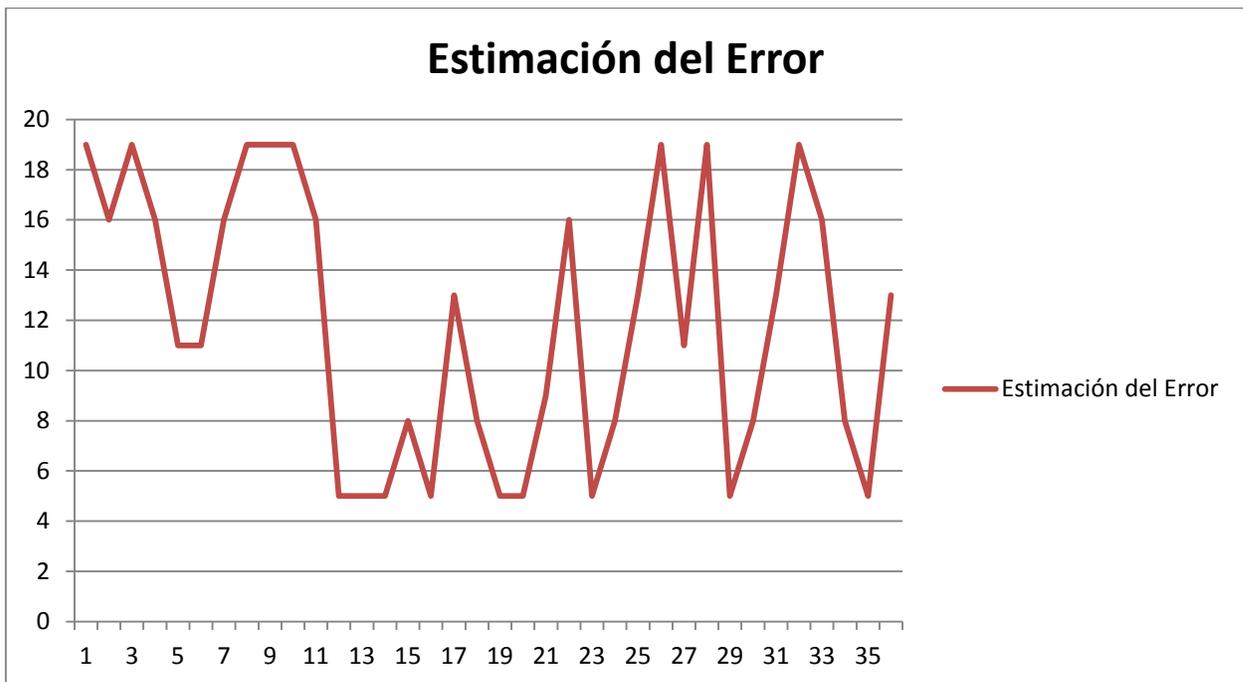


Figura 11.13 Estimación del Error



## 12 Conclusiones

El propósito del trabajo terminal fue el desarrollar una herramienta de reconocimiento de rostros de clasificación no supervisada, debido a que la gran mayoría de los sistemas desarrollados tienen como objetivo trabajar bajo el esquema de clasificación supervisada.

El desarrollo de la herramienta se dividió en 6 prototipos. El primer prototipo “Ambiente Controlado”, donde se investigó y se definió las condiciones con las que debe de contar el entorno, Se constató que al tomar fotografías a las personas usando lentes se podía ver el reflejo de la luz de las lamparas, debido a la posición que tenían. Por esa razón se hicieron varias pruebas para ver la posición en la que debían de encontrarse, así mismo para las sombras que se generaban en los rostros.

En la etapa de Extracción de Características, se utilizó el método de Análisis de Componentes Principales (PCA) y el *Cropping* para hacer el recorte del rostro a una medida de 100x133. Para este proyecto se planteó la captura del rostro en 4 posiciones diferentes, pero al ir avanzando en el análisis y desarrollo, se encontraron limitantes con las posiciones de perfil izquierdo, perfil derecho, debido a que el método del cropping solo reconoce un rostro de frente es decir que reconoce la zona de ojos, nariz y boca por lo que las fotos de perfil no las reconoce. Por lo que se decidió tomar fotos frontales con diversas variaciones para extraer las características de estas.

Se observo de forma experimental que el método de análisis de componentes principales puede analizar las fotografías de perfil y las fotografías donde aparecen los rostros rotados y obtener el vector de características, sin embargo no aplica el método automatizado que se programo (cropping) y en esta etapa de experimentación se realizó manualmente el pre-proceso y reajuste de la imagen a la medida de 100X133.

Para el algoritmo propuesto de agrupamiento se experimento con diferentes iteraciones para así encontrar el valor óptimo en donde el índice de error para clasificador es menor a 30%. También se observo que las iteraciones pueden tener un error mayor si se le da un número grande y así no clasificar de la manera correcta. Esto se debe a la asignación de los centroides de manera aleatoria, por lo que pueden estar ubicados muy lejos de los vectores de las imágenes de rostros.

El k-means dio un buen resultado con las fotografías de frente que se tomaron de distintas personas, sin embargo experimentando con fotografías de usuarios que usan gorra o que tienen la cara rotada el resultado que obtiene el método de clasificación no es el esperado ya que el índice de error es de 70% concluyendo que el método de clasificación k-means no es capaz de clasificar estas fotografías que presentan las características anteriormente mencionadas.

Se logró cumplir con los objetivos específicos planteados al comienzo de este proyecto, llegando así a cumplir con el objetivo general.



### 13 Trabajo a futuro

En este proyecto se implementaron dos algoritmos para lograr realizar el Agrupamiento (Clustering) de imágenes de rostros, el algoritmo de Distancias Euclidianas y el K-means, debido a que son los más utilizados de acuerdo a la literatura revisada para la detección de rostros en imágenes. Sin embargo, pueden ser explorados otros algoritmos, que si bien pudieron haber sido revisados para observar su desempeño, el tiempo de desarrollo no era suficiente para realizar un estudio comparativo de algoritmos de este tipo, por lo tanto no estuvo contemplado dentro de los objetivos del presente trabajo.

En el módulo de Captura se podría obtener de manera automática la obtención del rostro, es decir, que el sistema reconozca cuando el rostro se encuentra en la posición deseada.

En el módulo de pre-procesamiento de imágenes se pueden utilizar otras técnicas para el filtrado de las imágenes, para que en la etapa de Extracción de las Características pueda realizarse de manera efectiva.

En la parte de extracción de características es posible implementar en la herramienta otras técnicas, por ejemplo, el método de ICA con el blanqueo de datos, el método de la Arquitectura de Subespacio Universal la cual está compuesta por las imágenes de entrenamiento.

Adicionalmente se puede abordar más a fondo el problema de la detección en diferentes posiciones o ángulos. De igual forma, es posible mejorar o implementar otro algoritmo de Agrupamiento, como redes neuronales.

En el presente proyecto se probó con personas de la población estudiantil de ESCOM, se supone entonces que la mayoría son personas mexicanas de una edad entre 18 y 25 años, de tez morena. Ahora es cuestión de probar con personas de diferente altura.

Para mejorar la efectividad en la detección del rostro se contempla factible la utilización de una cámara con mejor resolución, lo cual ayudará a obtener imágenes donde las personas se encuentren mejor definidas, mejorando así los rasgos de cada una. Además de que se opta por unas lámparas blancas para eliminar las sombras.



## 14 Glosario

- **Agregación:** Forma especial de asociación que especifica una relación todo parte entre el agregado (el todo) y el componente (la parte).
- **Algoritmo:** Procedimiento lógico-matemático, aplicado para resolver un problema.
- **Análisis:** Proceso de identificación, modelado y descripción de lo que hace un sistema y de cómo trabaja.
- **Asociación:** Una relación entre dos clases tales como una instancia de una clase referencia a una instancia de otra clase.
- **Biblioteca de clases:** Colección organizada de clases que proporciona un conjunto de componentes y abstracciones reutilizables.
- **C++:** Lenguaje de programación orientado a objetos, basado en el lenguaje C.
- **Caso de uso:** Descripción de un conjunto de secuencias de acciones, incluyendo variantes, que ejecuta un sistema para producir un resultado observable.
- **Clase:** Colección encapsulada de datos y operaciones que actúan sobre los datos. El concepto de clase es fundamental en programación orientada a objetos. Una clase consta de métodos y datos. Los métodos de una clase definen el conjunto de operaciones permitidas sobre los datos de una clase (sus atributos). Una clase puede tener muchas instancias de la clase u objetos.
- **Cluster:** es una técnica que consiste en organizar los patrones de una colección en sensibles grupos (*clusters*), los cuales nos van a permitir descubrir similitudes y diferencias entre los patrones y derivar conclusiones de dichos grupos
- **Constructor:** Método especial utilizado para inicializar el estado de un nuevo objeto. El constructor permite crear objetos utilizando el operador new. El constructor tiene exactamente el mismo nombre que la clase que lo contiene. Los constructores se pueden sobrecargar con el objetivo de facilitar la construcción de objetos con diferentes tipos de valores iniciales.
- **Diagrama de Clases:** Una representación gráfica construida utilizando una notación formal para visualizar y documentar las relaciones entre clases de un sistema.
- **Herencia:** Una relación entre clases en que una subclase se extiende desde una superclase.
- **Implementación:** La actividad de escribir, compilar, probar y depurar el código de un programa.
- **Método de la clase:** Sinónimo de método estático. Un método que se puede invocar sin crear una instancia de la clase. Para definir métodos de clases, se ha de poner un modificador static en la declaración del método.
- **Procesamiento digital de imágenes:** es el conjunto de técnicas que se aplican a las imágenes digitales con el objetivo de mejorar la calidad o facilitar la búsqueda de información.
- **Sistema de reconocimiento facial:** es una aplicación dirigida por ordenador que identifica automáticamente a una persona en una imagen digital.



## 15 Catálogo de Mensajes

### **MSG1 No hay dispositivos conectados a la PC**

**Tipo:** Notificación

**Ubicación:** Pantalla. Se muestra dentro de la pantalla IUR2 Capturar Imagen

**Estatus:** Terminado

**Objetivo:** Se muestra sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen notificando al actor que no se encontró ningún dispositivo.

**Redacción:** No hay dispositivos conectados a la PC

### **MSG2 Conexión Fallida**

**Tipo:** Error

**Ubicación:** Pantalla. Se muestra dentro de la pantalla IUR2 Capturar Imagen

**Estatus:** Terminado

**Objetivo:** Se muestra en la pantalla IUR2 Capturar Imagen cuando no se pudo realizar la conexión.

**Redacción:** Conexión Fallida

### **MSG3 Presione la tecla ESC para capturar imagen**

**Tipo:** Notificación

**Ubicación:** Pantalla. Se muestra dentro de la pantalla IUR2 Capturar Imagen

**Estatus:** Terminado

**Objetivo:** Se muestra en la pantalla IUR2 Capturar Imagen cuando el actor requiere capturar un rostro.

**Redacción:** Presione la tecla ESC para capturar imagen

### **MSG4 No se han realizado todas las capturas**

**Tipo:** Error

**Ubicación:** Pantalla. Se muestra dentro de la pantalla IUR2 Capturar Imagen

**Estatus:** Terminado

**Objetivo:** Se muestra en la pantalla IUR2 Capturar Imagen especificando al actor que el número de fotos capturadas no cumple con el número especificado de capturas.

**Redacción:** No se han realizado todas las capturas

### **MSG5 Está seguro que desea eliminar esta captura**

**Tipo:** Advertencia

**Ubicación:** Pantalla. Se muestra dentro de la pantalla IUR2 Capturar Imagen



**Estatus:** Terminado

**Objetivo:** Se muestra sobre la pantalla IUR2 Capturar Imagen, advirtiendo al actor que la operación que esta por ejecutarse es eliminar la imagen seleccionada.

**Redacción:** Está seguro que desea eliminar esta captura

#### **MSG6 Está seguro que desea eliminar todas las capturas**

**Tipo:** Advertencia

**Ubicación:** Pantalla. Se muestra dentro de la pantalla IUR3 Gestionar Capturas

**Estatus:** Terminado

**Objetivo:** Se muestra sobre la pantalla IUR3 Gestionar Usuario, advirtiendo al actor que la operación que esta por ejecutarse es eliminar todas las capturas.

**Redacción:** Está seguro que desea eliminar todas las capturas

#### **MSG7 No existen registros**

**Tipo:** Notificación

**Ubicación:** Pantalla. Se muestra dentro de la pantalla IUR3 Gestionar Capturas

**Estatus:** Terminado

**Objetivo:** Se muestra sobre la pantalla IUR3 Gestionar Usuario, notificando al actor que no existen registros de capturas en la base de datos.

**Redacción:** No existen registros.

#### **MSG8 Está seguro que desea modificar todas las capturas**

**Tipo:** Advertencia

**Ubicación:** Pantalla. Se muestra dentro de la pantalla IUR3 Gestionar Capturas

**Estatus:** Terminado

**Objetivo:** Se muestra sobre la pantalla IUR3 Gestionar Capturas, advirtiendo al actor que la operación que esta por ejecutarse modificará todas las capturas.

**Redacción:** Está seguro que desea modificar todas las capturas.

#### **MSG9 Filtro aplicado correctamente**

**Tipo:** Notificación

**Ubicación:** Pantalla. Se muestra dentro de la pantalla IUR3 Gestionar Capturas

**Estatus:** Terminado

**Objetivo:** Se muestra sobre la pantalla IUR2 Gestionar Capturas notificando al actor que se ha aplicado el filtro seleccionado de manera correcta.

**Redacción:** Filtro aplicado correctamente



### **MSG10 Vector de Características**

**Tipo:** Notificación

**Ubicación:** Pantalla. Se muestra dentro de la IUR5 Clasificación

**Estatus:** Terminado

**Objetivo:** se muestra sobre la pantalla IUR5 Clasificación indicando al actor que se ha calculado el vector de características de la captura del rostro.

**Redacción:** Vector de Características

### **MSG11 Error de cálculo del vector**

**Tipo:** Error

**Ubicación:** Pantalla. Se muestra dentro de la IUR5 Clasificación

**Estatus:** Terminado

**Objetivo:** se muestra sobre la pantalla IUR5 Clasificación indicando al actor que ha ocurrido un error al calcular el vector de características.

**Redacción:** Error de cálculo del vector

### **MSG12 El rostro se ha identificado**

**Tipo:** Notificación

**Ubicación:** Pantalla. Se muestra dentro de la IUR5 Clasificación

**Estatus:** Terminado

**Objetivo:** se muestra sobre la pantalla IUR5 Clasificación indicando al actor que se ha realizado la clasificación correctamente.

**Redacción:** El rostro se ha identificado

### **MSG13 El rostro no se ha identificado**

**Tipo:** Error

**Ubicación:** Pantalla. Se muestra dentro de la IUR5 Clasificación

**Estatus:** Terminado

**Objetivo:** se muestra sobre la pantalla IUR5 Clasificación, indicando al actor que no se ha encontrado ningún rostro similar.

**Redacción:** Error de indentificación

### **MSG14 El rostro pertenece a la clase**

**Tipo:** Notificación

**Ubicación:** Pantalla. Se muestra dentro de la IUR5 Clasificación

**Estatus:** Terminado

**Objetivo:** se muestra sobre la pantalla IUR5 Clasificación, indicando al actor a que clase pertenece.

**Redacción:** El rostro pertenece a la clase:



## 16 Bibliografía

- [1] Nils T Siebel « <http://www.siebel-research.de>. » People Tracking for Visual Surveillance . [En línea] Available: [http://www.siebel-research.de/people\\_tracking/](http://www.siebel-research.de/people_tracking/)
- [2] El androide libre «<http://www.elandroidelibre.com/>» Lo último en seguridad de Google: Reconocimiento facial en ICS y una app para que lo pruebes. [En línea] Available: <http://www.elandroidelibre.com/2011/10/lo-ultimo-en-seguridad-de-google-reconocimiento-facial-en-ics-y-una-app-para-que-lo-pruebes.html>
- [3] Microsoft.«Xbox 360 Kinect Sensor manual». [En línea]. Available: <http://support.xbox.com/es-MX/xbox-360/system/manual-specs>
- [4] IEE XPLORE, «[www.http://ieeexplore.ieee.org](http://ieeexplore.ieee.org)», Study of Artificial Neural Network Model Based on Fuzzy Clustering, 2006[En línea].Available: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=1712857&queryText%3Dartificial+neural+network>
- [5] IEEE Xplore. «[www.ieeexplore.ieee.org](http://www.ieeexplore.ieee.org) » Face Recognition Using Support Vector Machines with the Robust Feature, 2003. [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1251793>
- [6] Face Recognition.« <http://www.face-rec.org>». Discriminant analysis for recognition of human face images, 1997. [En línea]. Available: <http://www.face-rec.org/algorithms/LDA/discriminant-analysis-for-recognition.pdf>
- [7] Face Recognition.« <http://www.face-rec.org>». Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition using Class Specific Linear Projection,1996. [En línea]. Available: <http://www.face-rec.org/algorithms/LDA/belhumeur96eigenfaces.pdf>
- [8] Face Recognition, «<http://www.face-rec.orgx>», ALGORITHMS, 2008.[En línea].Available: <http://www.face-rec.org/algorithms/PCA/jcn.pdf>
- [9] Face Recognition, «<http://www.face-rec.orgx>», ALGORITHMS, 2008. [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?>
- [10] IEEE Xplore. «[www.ieeexplore.ieee.org](http://www.ieeexplore.ieee.org) » An Automatic Human Face Detection Method, . [En línea]. Available <http://eprints.fri.uni-lj.si/64/1/cvww99.pdf>
- [11] IEEE Xplore. «[www.ieeexplore.ieee.org](http://www.ieeexplore.ieee.org) » Face Recognition from Face Profile Using Dynamic Time Warping, . [En línea]. Available <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=1333820&url=http%3A%2F%2Fi>



eeexplore.ieee.org%2Fiel5%2F9258%2F29388%2F01333820.pdf%3Farnumber%3D1333820

- [12] IEEE Xplore. «[www.ieeeexplore.ieee.org](http://www.ieeeexplore.ieee.org) » Asymmetric 3D/2D face recognition based on LBP facial representation and canonical correlation analysis, . [En línea]. Available [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5413901&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs\\_all.jsp%3Farnumber%3D5413901](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5413901&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5413901)
- [13] NEUROtechnology «[www.neurotechnology.com](http://www.neurotechnology.com) » VeriLook SDK, 2014 . [En línea]. Available <http://www.neurotechnology.com/verilook.html>
- [14] TVC «[www.tvc.mx](http://www.tvc.mx) » ZK IFACE800, 2015 . [En línea]. Available [http://www.tvc.mx/shop/catalog/product\\_info.php?products\\_id=4247](http://www.tvc.mx/shop/catalog/product_info.php?products_id=4247)
- [15] Face Crypt Data Vault «[www.facecrypt.com](http://www.facecrypt.com) » Face Crypt , 2013 . [En línea]. Available <http://facecrypt.com/>
- [16] Cognitec «<http://www.cognitec.com/>» Cognitec Systems GmbH, 2014. [En línea]. Available <http://www.cognitec.com/>
- [17] J. F. P. Grau, Técnicas de análisis de imagen, Maite Simón, 2010.
- [18] C. P. Maria Petrou, Image Processing- The Fundamentals, Wiley, 2010.
- [19] M. F. Zanuy, Tratamiento Digital de Voz e Imagen y aplicación a la multimedia, Marcombo.
- [20] Universidad Politecnica Salesia Ecuador, "<http://dspace.ups.edu.ec/>," 2004. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/220/3/Capitulo%202.pdf>.
- [21] D. G. Aguilera, "Introducción al análisis de imágenes," Universidad de Salamanca, Salamanca.
- [22] R. W. P. González, Procesamiento digital de imágenes., Addison-, 1996.
- [23] Universidad Autonoma de Ciudad Juárez, "Procesamiento digital de imágenes," 2008.
- [24] B. E. Ramírez, "Procesamiento Digital de Imágenes," 2006.
- [25] G. Passariello, Imágenes médicas. Adquisición, Analisis, Procesamiento e Interpretación, Venezuela: Universidad Simón Bolívar, 1995.
- [26] M. Currás Martínez and L. Traba Martínez, "Visión Artificial," 2012.
- [27] *Clustering: An introduction* «<http://home.deib.polimi.it>» *Clustering*, [En línea] Available: [http://home.deib.polimi.it/matteucc/Clustering/tutorial\\_html/](http://home.deib.polimi.it/matteucc/Clustering/tutorial_html/)



- [28] Mauricio Delbracio, Matías Mateu, "Trabajo Final de Reconocimiento de Patrones: Identificación utilizando PCA, ICA y LDA.", 8 de marzo de 2006
- [29] *Tejido Nervioso* «<http://escuela.med.puc.cl>» *Sinapsis*, [En línea] Available: <http://escuela.med.puc.cl/paginas/cursos/segundo/histologia/histologiaweb/paginas/ne37022.html>
- [30] *Iluminación*, [En línea] Available: <http://www.dzoom.org.es/como-iluminar-tus-retratos-descubre-los-5-modos-mas-utilizados/>
- [31] *Sombras* «<http://es.wikipedia.org>» *Calculo de sombras*, [En línea] Available: <http://es.wikipedia.org/wiki/Sombra>
- [32] *Ley de la Reflexión* «<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu> » *Rayo de incidencia*, [En línea] Available: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/fermat.html>
- [33] *Instituto Nacional de Estadística y Geografía* «<http://www.inegi.org.mx>» *Número de habitantes*, [En línea] Available: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/poblacion/>
- [34] *Ramírez Q. Juan A. y Chacón M. Mario I. (JULIO 2011.). Redes neuronales artificiales para el procesamiento de imágenes, una revisión de la última década. REVISTA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN, Vol. 9, 15.*
- [35] *S. Grossberg, "Competitive learning: from interative activation to adaptive theory", Cognitive science, vol. 11, no. 1, pp. 23-63, Jan 1987.*
- [36] *Grossberg S and Carpenter G, "Adaptive Resonance Theory", Cambridge, Massachusetts : The Handbook of Brain Theory and Neural Networks, no.2, (1-12), 1998.*
- [37] *Pedro Isasi Viñuela, Inés M. Galván León. (2004). Redes de neuronas artificiales. España: Pearson Educación - Prentice Hall.*
- [38] *Logitech* «<http://www.logitech.com>» *HD webCam C270*, [En línea] Available: <http://www.logitech.com/es-mx/product/hd-webcam-c270>
- [39] *Pal, N.R. and Biswas, J. ( 1997). Cluster Validation Using Graph Theoretic Concepts. Pattern Recognition, 30(6), 847–857.*