



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Diseño e implementación de una solución para el conteo de personas a partir de imágenes terrestres.

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR: Cabrera Cabrera, Luis Alfredo

DIRECTOR: Aguirre Reyes, Daniel Fernando, Ph.D.

LOJA – ECUADOR

2017



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2017

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ph.D.

Daniel Fernando Aguirre Reyes.

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: “**Diseño e implementación de una solución para el conteo de personas a partir de imágenes terrestres**”, realizado por **Cabrera Cabrera Luis Alfredo**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, septiembre de 2017

f)

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Cabrera Cabrera Luis Alfredo**, declaro ser autor del presente trabajo de titulación: “Diseño e implementación de una solución para el conteo de personas a partir de imágenes terrestres”, de la Titulación de Electrónica y Telecomunicaciones, siendo **Daniel Fernando Aguirre Reyes** director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f.

Autor: Cabrera Cabrera Luis Alfredo

Cédula: 1105076838

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, de manera especial a mi madre Estilista Flora Inés Cabrera Yanza, que supo cumplir el rol de padre y madre mostrándome el camino de la verdad, que con su amor y cariño fortaleció mi espíritu para lograr esta meta.

A mis hermanos Jéssica, Jennifer y Sebastián por su cariño y amistad, que han sido mi fuerza para seguir adelante.

A mis amigos y demás familiares por brindarme su apoyo incondicional durante todo mi proceso académico.

Luis Cabrera

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la vida y la fuerza que me ha dado, a mis padres por ser ese ejemplo lleno de valores que me han inspirado a hacer de mí un ejemplo de vida, por el sacrificio que han hecho a lo largo de toda mi existencia para ayudarme a conseguir la profesión que he elegido.

A mis hermanos por haberse convertido en mi punto de apoyo y sostenimiento en los momentos más duros que hasta hoy he podido superar.

Al Sr. Miguel Ángel Inga Guillén por su apoyo incondicional y sus buenos consejos que me guiaron durante todo mi ciclo académico.

A mi director de trabajo de fin de carrera, Daniel Aguirre, que con su paciencia supo compartir sus conocimientos y ofrecerme consejos que resultaron esenciales en el desarrollo de este trabajo académico.

Finalmente quiero dejar sentado también mi agradecimiento al Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Técnica Particular de Loja, por proporcionarme todas las facilidades para llevar a feliz término esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	1
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I.....	4
1.1 Reconocimiento Facial y Detección de objetos.....	5
1.2 Selección de Algoritmos.....	5
1.3 Algoritmos a implementar.....	7
1.3.1 Algoritmo Viola-Jones.....	7
1.3.2 Detección de rostros usando clasificadores en cascada.....	7
1.3.3 Detección de piel.....	7
1.3.4 Tabla de características de los algoritmos implementados.....	8
CAPÍTULO II.....	10
2.1 Esquema metodológico.....	11
2.2 Adquisición de imágenes terrestres tomadas desde una cámara de teléfono móvil.....	12
2.3 Programa MATLAB.....	12
2.4 Técnicas para la detección de Objetos.....	12
2.5 Búsqueda e implementación de algoritmos referenciales a la detección de personas.....	13
2.5.1 Viola-Jones con modelo FrontalFaceCART.....	13
2.5.2 Clasificador en Cascada con método de entrenamiento.....	13
2.5.2.1 Consideraciones para la etapa de entrenamiento durante el Clasificador en Cascada.....	16
2.5.3 Detección de piel basado en el color, segmentación y operaciones morfológicas de la piel.....	17
2.5.3.1 Color de la piel.....	17
2.5.3.1.1 RGB.....	18
2.5.3.1.2 YCbCr.....	18

2.5.3.2 Segmentación.....	18
2.5.3.3 Transformaciones morfológicas.....	19
2.6 Diseño de un nuevo algoritmo de detección de personas para realizar su conteo.....	20
CAPÍTULO III.....	22
3.1 Descripción de los experimentos realizados.....	23
3.1.1 Resultados del Algoritmo Viola-Jones.....	23
3.1.2 Resultados del Algoritmo Clasificador en Cascada con método de Entrenamiento.....	24
3.1.3 Resultados del Algoritmo Detección de Piel.....	25
3.1.4 Resultados del Algoritmo LACC.....	26
3.2 Tabla general del conteo de personas con los 4 algoritmos implementados en los 7 escenarios.....	27
3.3 Tabla de resultados con verdaderos positivos, verdaderos negativos, falsos positivos y falsos negativos en los distintos escenarios.....	33
3.3.1 Algoritmo Viola-Jones.....	33
3.3.2 Algoritmo Clasificador en Cascada con Entrenamiento.....	39
3.3.3 Algoritmo Detección de Piel.....	45
3.3.4 Algoritmo LACC.....	50
3.4 Resultados del Conteo de Personas.....	56
3.5 Comparación de resultados entre una imagen posando con una en movimiento.....	58
3.5.1 Rostros detectados con algoritmo Viola-Jones.....	58
3.5.2 Rostros detectados con algoritmo Entrenamiento.....	59
3.5.3 Rostros detectados con algoritmo Detección de Piel.....	59
3.5.4 Rostros detectados con algoritmo LACC.....	60
3.5.5 Rostros detectados con algoritmo Viola-Jones.....	64
3.5.6 Rostros detectados con algoritmo de Entrenamiento.....	65
3.5.7 Rostros detectados con algoritmo Detección de Piel.....	65
3.5.8 Rostros detectados con algoritmo LACC.....	66
3.6 Análisis de resultados.....	68
CAPÍTULO IV.....	74
4.1 Ventajas, Desventajas e Inconvenientes de los Algoritmos.....	75
4.1.1 Algoritmo Viola-Jones con modelo FrontalFaceCART.....	75
4.1.2 Algoritmo Clasificador en Cascada con método de entrenamiento.....	75
4.1.3 Algoritmo Detección de Piel combinado con el color, segmentación y operaciones morfológicas de la Piel.....	75
4.2 Análisis de la Solución Propuesta.....	76
CAPÍTULO V.....	79

CONCLUSIONES.....	80
RECOMENDACIONES.....	81
BIBLIOGRAFÍA.....	82
ANEXOS.....	84
ANEXO 1. TABLA DE RESULTADOS DEL ALGORITMO VIOLA-JONES CON LAS 200 IMÁGENES DE MUESTRA EN LOS DISTINTOS ESCENARIOS.	85
ANEXO 2. TABLA DE RESULTADOS DEL ALGORITMO CLASIFICADOR EN CASCADA CON METODO DE ENTRENAMIENTO CON LAS 200 IMÁGENES DE MUESTRA EN LOS DISTINTOS ESCENARIOS.	89
ANEXO 3. TABLA DE RESULTADOS DEL ALGORITMO DETECCIÓN DE PIEL CON LAS 200 IMÁGENES DE MUESTRA EN LOS DISTINTOS ESCENARIOS.	94
ANEXO 4. TABLA DE RESULTADOS DEL ALGORITMO LACC CON LAS 200 IMÁGENES DE MUESTRA EN LOS DISTINTOS ESCENARIOS.	99
ANEXO 5. CÓDIGO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN PARA EL CONTEO DE PERSONAS A PARTIR DE IMÁGENES TERRESTRES.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del desarrollo de la investigación.	11
Figura 2. Esquema de un Clasificador en Cascada.	14
Figura 3. Etapas de un Clasificador en Cascada.	16
Figura 4. Segmentación de imagen.	19
Figura 5. Diseño de la Implementación de la fusión del algoritmo Viola-Jones y Detección de Piel.	20
Figura 6. Resultados del Algoritmo Viola-Jones.	24
Figura 7. Resultados del Algoritmo Clasificador en Cascada con método de Entrenamiento.	25
Figura 8. Resultados del Algoritmo Detección de Piel.	26
Figura 9. Resultados del Algoritmo LACC.	27
Figura 10. Verdaderos Positivos (V.P.), Verdaderos Negativos(V.N.), Falsos Positivos(F.P.) y Falsos Negativos (F.N.), del algoritmo Viola-Jones.	39
Figura 11. Verdaderos Positivos (V.P.), Verdaderos Negativos(V.N.), Falsos Positivos(F.P.) y Falsos Negativos (F.N.), del algoritmo Entrenamiento.	44
Figura 12. Verdaderos Positivos (V.P.), Verdaderos Negativos(V.N.), Falsos Positivos(F.P.) y Falsos Negativos (F.N.), del algoritmo Detección de Piel.	50
Figura 13. Verdaderos Positivos (V.P.), Verdaderos Negativos(V.N.), Falsos Positivos(F.P.) y Falsos Negativos (F.N.), del algoritmo LACC.	56
Figura 14. Resultados del Conteo de Personas.	56
Figura 15. Cantidad Rostros Reconocidos.	57
Figura 16. Imagen de personas posando para la foto.	58
Figura 17. Rostros detectados con algoritmo Viola – Jones de personas posando para la foto.	59
Figura 18. Rostros detectados con algoritmo de Entrenamiento de personas posando para la foto.	59
Figura 19. Rostros detectados con algoritmo Detección de Piel de personas posando para la foto.	60
Figura 20. Rostros detectados con el algoritmo LACC de personas posando para la foto. ...	60
Figura 21. Imagen de personas caminando por la calle.	64
Figura 22. Rostros detectados con algoritmo Viola Jones de personas caminando por la calle.	64
Figura 23. Rostros detectados con algoritmo de Entrenamiento de personas caminando por la calle.	65
Figura 24. Rostros detectados con algoritmo Detección de Piel de personas caminando por la calle.	65
Figura 25. Rostros detectados con algoritmo LACC de personas caminando por la calle.	66
Figura 26. Proceso de una imagen para Detección y Conteo de Rostros.	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de los Algoritmos.....	5
Tabla 2. Ventajas y Desventajas de los algoritmos implementados.....	8
Tabla 3. Técnicas para detectar Objetos.....	12
Tabla 4. Consideraciones para la etapa de entrenamiento durante el Clasificador en Cascada.....	17
Tabla 5. Resultados del Algoritmo Viola-Jones.....	23
Tabla 6. Resultados del Algoritmo Clasificador en Cascada con método de Entrenamiento.....	24
Tabla 7. Resultados del Algoritmo Detección de Piel.....	25
Tabla 8. Resultados del Algoritmo LACC.....	26
Tabla 9. Tabla general del conteo de personas con los cuatro algoritmos implementados en los siete escenarios.....	28
Tabla 10. Resultados Verdaderos Positivos-Negativos y Falsos Positivos-Negativos del Algoritmo Viola-Jones.....	33
Tabla 11. Resultados Verdaderos Positivos-Negativos y Falsos Positivos-Negativos del Algoritmo por Entrenamiento.....	39
Tabla 12. Resultados Verdaderos Positivos-Negativos y Falsos Positivos-Negativos del Algoritmo Detección de Piel.....	45
Tabla 13. Resultados Verdaderos Positivos-Negativos y Falsos Positivos-Negativos del Algoritmo LACC.....	50
Tabla 14. Resultados del Conteo de Personas.....	57
Tabla 15. Cantidad de Rostros Reconocidos con una imagen de personas posando.....	58
Tabla 16. Tabla general de la cantidad de rostros reconocidos en imágenes de personas posando.....	61
Tabla 17. Cantidad de Rostros Reconocidos cuando las personas están en movimiento.....	63
Tabla 18. Tabla general de la cantidad de rostros reconocidos cuando las personas están en movimiento.....	66
Tabla 19. Resultados Verdaderos Positivos-Negativos y Falsos Positivos-Negativos del Algoritmo LACC.....	68

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad encontrar una solución, o acercarse a ella, para realizar un conteo de personas a través de la adquisición de imágenes terrestres en el casco urbano de Loja, con el fin de mejorar el control de afluencia de personas en establecimientos públicos. Para encontrar esta solución se utilizó el programa MATLAB en el que se realizó y analizó tres algoritmos distintos, con el objetivo de proponer un cuarto algoritmo que dé solución al problema planteado.

Para llevar a cabo el conteo de personas se creó una base de datos con 200 imágenes en distintos escenarios, tales como: día soleado, nublado, lluvioso, en la noche, en el día, cuando existe aglomeración de personas y cuando no.

Finalmente, con la obtención de resultados se analiza y compara con otra base de datos, con los otros tres algoritmos, y además con imágenes tomadas desde cámaras de diferente calidad.

PALABRAS CLAVES: Detección de personas, conteo de peatones, algoritmo de reconocimiento facial.

ABSTRACT

The present research aims to find a solution, or approaching it, in order to perform a count of people through the acquisition of terrestrial pictures in the Loja urban area, in order to improve the control of influx of people in public establishments. To find this solution we had used the MATLAB program in which three different algorithms were performed and analyzed, with the objective of proposing a fourth algorithm to solve the problem.

Therefore, to count people, a database was created with 200 pictures in different scenarios, such as a cloudy day, rainy, at night, during the day, when there is plenty of people as well as when there is not anyone.

Finally, with the obtaining of results, it is analyzed and compared with another database, with the other three algorithms, and also with pictures taken from cameras of different quality.

KEYWORDS: People's detection, pedestrian count, facial recognition algorithm.

INTRODUCCIÓN

El objetivo fundamental de este trabajo consiste en el diseño e implementación de una solución para el conteo de personas a través de la adquisición de imágenes terrestres en el casco urbano de Loja para mejorar el control de afluencia de personas en establecimientos abiertos al público.

La finalidad de los objetivos específicos es entregar información visual al usuario que se complementa con el nuevo algoritmo para con el conteo y detección mejorar la afluencia de personas. Además, emplear la búsqueda e implementación de algoritmos referenciales para la detección de rostros y diseñar un sistema de conteo de personas mediante imágenes terrestres en la plataforma MATLAB.

Para cumplir con los objetivos planteados se analiza ocho algoritmos basados en la detección y reconocimiento de rostros, de los cuales se escogió tres: algoritmo Viola-Jones, detección de personas por Clasificador en Cascada y Detección de Piel para ser implementados, adicional se crea un algoritmo nuevo que apoyado en los tres anteriormente nombrados mejore el conteo y detección de rostros en una imagen.

En el Capítulo I se redacta el estado del arte, se da una breve explicación de algoritmos bases para llevar a cabo el nuevo algoritmo principal propuesto por el autor para solucionar el problema planteado.

En el Capítulo II se describe los métodos de los tres algoritmos seleccionados y se implementa un cuarto algoritmo apoyado en los anteriores, para lograr un conteo de personas en su totalidad o al menos lograr un alto porcentaje de avance.

En el Capítulo III se recoge y analiza los resultados obtenidos del trabajo.

En el Capítulo IV se presenta una discusión con los problemas, ventajas y desventajas de los algoritmos contrastados y el análisis de la solución propuesta.

Finalmente, en el Capítulo V se presenta la conclusión y recomendaciones a considerarse sobre este trabajo.

CAPÍTULO I
ESTADO DEL ARTE

1.1 Reconocimiento Facial y Detección de objetos.

Con el pasar de los años se han ido desarrollando e implementando muchos algoritmos de reconocimiento facial y detección de personas, basándose en las características de un rostro como su forma, silueta, apariencia y simetría. Además, Soetedjo (Soetedjo, 2016) menciona que la detección de rostros es un tema de investigación importante en el área de procesamiento de imágenes debido a que se puede implementar este proceso en el campo biométrico dentro de una empresa.

1.2 Selección de Algoritmos.

Se escogió ocho algoritmos que hacen referencia al reconocimiento facial, a la detección de objetos y a la detección de peatones. Cabe recalcar que adicional a los algoritmos encontrados se analiza diversos modelos y métodos para efectuar su funcionamiento, entre ellos destacan el modelo FrontalFaceCART (MathWorks, 2017), el modelo Upper body (MathWorks, 2017), Clasificador en Cascada con método de entrenamiento (MathWorks, 2016), la umbralización (González, A, Martínez, F, Pernía, A, Alba, F, Catejón, M, Ordieres, J, Vergara, 2006), segmentación de piel (Fernández, 2014), escala gris a binario (Nora, Serna, Ulises, & Concha, 2009) y operaciones morfológicas (Fernández, 2014).

En la Tabla 1 se resume las características de ocho algoritmos que se escogieron para luego continuar con la selección de tres para su implementación.

Tabla 1. Características de los Algoritmos.

Algoritmo	Características
Viola-Jones	Este algoritmo es altamente capaz de funcionar en un entorno robusto, lo que significa que debe detectar todas las caras visibles en cualquier imagen concebible (Pratim, Kumar, & Kumar, 2015).
Detección de rostros usando clasificadores en cascada	Transforma la imagen de entrada generando una nueva, llamada imagen integral, luego extrae características usando filtros con base Haar y usa boosting para la clasificación en cascada (M.Guevara, J. Echeverri, 2008). Utiliza el método de entrenamiento con el filtro Haar para proporcionar calidad del clasificador (Koç, Bartan, Gundogdu, Çukur, & Ozaktas, 2017).
K-means	Es un algoritmo de agrupamiento que permite clasificar o agrupar objetos en función de ciertos atributos. Por tanto, cada clase estará formada por elementos similares entre sí y que a su vez son distintos al resto de elementos que forman las otras clases (Khan & Ahmad, 2004).
Algorithmic State Machine (ASM)	El modelo ASM es un buen método estadístico basado en la forma del objeto. Para ajustar un objeto determinado en una

	<p>nueva imagen se realizan deformaciones de forma iterativa (Li & Chutatape, 2003).</p> <p>Los puntos de referencia están localizados, generalmente, en los contornos del objeto, es decir, mientras más iteraciones exista mayores puntos de referencia se encuentran.</p>
Elastic Bunch Graph Matching (EBGM)	<p>Utiliza algunos puntos de interés en la cara asignados por el usuario.</p> <p>Ajusta grafos de puntos principales a la cara del individuo.</p> <p>Extrae características locales en dichos puntos y halla distancia entre el grafo y los descriptores al grafo almacenado de la persona a identificar (Albiol, Monzo, Martin, Sastre, & Albiol, 2008).</p>
Método Scale-invariant feature transform (SIFT) en detección de objetos	<p>Este método utiliza descriptores de características locales que presentan las siguientes propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Invarianza completa a cambios de escala y orientación. • Buen comportamiento frente a transformaciones afines y cambios de perspectiva inferiores a 60 píxeles para objetos planares, por lo general 2D. • Invarianza a cambios de iluminación (Chen & Shang, 2016). <p>Presentan gran inmunidad al ruido. La cantidad de descriptores SIFT que se generan en una imagen es muy alta, lo que permite el reconocimiento de objetos que se encuentren parcialmente ocultos (Zhang, Chen, & Jia, 2017).</p>
Transformada de Karhunen-Loeve (KLT) y filtro Kalman	<p>Este método basa su aplicación en el seguimiento de objetos en un video en tiempo real. Rastrea diferentes miembros del cuerpo superior en un entorno interior que puede manejar los retos de seguimiento (Bagherpour, Ali, & Mokji, 2012), es decir, utiliza las características extraídas por la imagen para realizar su seguimiento.</p>
Detección de Piel	<p>En el método propuesto, el objetivo es detectar la presencia de caras en una imagen utilizando el modelo de color de piel basado en los valores de crominancia de la muestra, la segmentación y operaciones morfológicas para detectar las caras uniformes y no la escena (Chandrappa, 2011).</p>

Fuente: Tomado de (Pratim et al., 2015), (M.Guevara, J. Echeverri, 2008), (Koç et al., 2017), (Khan & Ahmad, 2004), (Li & Chutatape, 2003), (Albiol et al., 2008), (Chen & Shang, 2016), (Zhang et al., 2017), (Bagherpour et al., 2012), (Chandrappa, 2011).

Elaboración: Autor.

1.3 Algoritmos a implementar.

A continuación, se detallan los algoritmos que más se asemejan a la detección de personas para realizar su conteo.

1.3.1 Algoritmo Viola-Jones.

Este es uno de los primeros algoritmos que se desarrollaron para detección de objetos en tiempo real y fue propuesto en 2001 por Pablo Viola y Michael Jones (Pratim et al., 2015). Adicional a este algoritmo se añade el modelo FrontalFaceCART (MathWorks, 2017), el cual detecta las caras que se enfrentan en posición vertical y hacia adelante.

FrontalFaceCART se compone de clasificadores débiles, basado en el análisis de árboles de clasificación y regresión (CART). Estos clasificadores utilizan características Haar para codificar los rasgos faciales. Los clasificadores basados en CART proporcionan la capacidad de modelar las dependencias de orden superior entre los rasgos faciales (MathWorks, 2017).

1.3.2 Detección de rostros usando clasificadores en cascada.

El método de detección de rostros está basado en la extracción de características con filtros Haar y clasificadores en cascada (M.Guevara, J. Echeverri, 2008). Utiliza el método de entrenamiento con el filtro Haar para proporcionar calidad del clasificador (Kuo, Yang, & Yen, 2012).

El Clasificador en cascada requiere de un conjunto de muestras positivas y un conjunto de imágenes negativas. Debe proporcionar un conjunto de imágenes positivas con las regiones de interés especificados para ser utilizados como muestras positivas. Para conseguir una precisión detectora aceptable es necesario ajustar el número de etapas, el tipo de función, y otros parámetros de la función *trainCascadeObjectDetector* de la plataforma MATLAB (MathWorks, 2016).

1.3.3 Detección de piel.

La detección de rostros se considera en este trabajo basado en la combinación de un modelo estadístico de color de piel y características geométricas de la cara (Kherchaoui, Houacine, Alia, & Ezzouar, 2010).

Este algoritmo propone una técnica novedosa para la detección de caras en imágenes a color utilizando el modelo de color de la piel combinado con la segmentación de piel, operaciones morfológicas y coincidencia de plantillas (Chandrappa, 2011).

El algoritmo colorea las imágenes con el color de la piel en el espacio de color cromático y puro YcrCb (Chandrappa, 2011), que separa los componentes de luminancia y crominancia. Se estima una densidad de probabilidad gaussiana a partir de muestras de piel, recogidas de

diferentes grupos étnicos, a través del criterio de máxima verosimilitud. Además, utiliza el Umbral adaptativo para la segmentación y poder localizar las caras dentro de las regiones de piel detectadas. Los operadores morfológicos matemáticos se utilizan para eliminar las regiones ruidosas y rellenar agujeros en la región del color de la piel, por lo que se pueden extraer las regiones candidatas de la cara humana. Este sistema permite lograr alta precisión de detección, alta velocidad de detección y reducir la tasa de detección falsa (Aiping, Lian, Yaobin, & Ning, 2010).

1.3.4 Tabla de características de los algoritmos implementados.

En la Tabla 2 se muestra características, ventajas y desventajas de los tres algoritmos que se implementó para realizar el análisis del conteo de personas.

Tabla 2. Ventajas y Desventajas de los algoritmos implementados.

Algoritmos	Características	Ventajas	Desventajas
Viola-Jones	<ul style="list-style-type: none"> Robusto, tiempo real, sólo detección facial. 	<ul style="list-style-type: none"> Selección eficiente de funciones. Detector de escalas e invariantes de localización. 	<ul style="list-style-type: none"> Sensible a condiciones de iluminación. El detector es más eficaz sólo en imágenes frontales de caras.
Clasificador en cascada	<ul style="list-style-type: none"> Extrae características de rostros con la ayuda del filtro Haar. Clasificador en cascada que se entrena para reconocimiento de objetos. 	<ul style="list-style-type: none"> Utiliza muestras positivas y negativas para que el clasificador pueda reconocer la forma del objeto que desea. 	<ul style="list-style-type: none"> La detección de peatones es más compleja que la detección de objetos. Las muestras varían debido a que el cuerpo humano no es un objeto rígido. Al poseer varias etapas se debe cumplir el orden establecido para evitar tiempo de retardo.

<p>Detección de Piel</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Combina el modelo de color de piel con la segmentación y operaciones morfológicas de la piel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Con las operaciones morfológicas elimina regiones ruidosas y rellena agujeros en la región del color de la piel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reconoce la piel en el cuerpo independientemente de que extremidad sea.
--------------------------	---	--	---

Fuente: Tomado de: (Pratim et al., 2015), (Kuo et al., 2012), (Aiping et al., 2010).

Elaboración: Autor.

Para diseñar el algoritmo de trabajo de titulación se implementaron los algoritmos Viola-Jones con modelo FrontalFaceCART, y la detección y segmentación de Piel. La finalidad es crear un nuevo algoritmo que, basado en los tres anteriormente nombrados, acoja sus ventajas y características para realizar el conteo de personas a través de la adquisición de imágenes capturadas desde un teléfono móvil para mejorar el control de afluencia de personas en establecimientos abiertos al público. El nuevo algoritmo pretende ayudar a la contabilización de personas en establecimientos de gran tamaño como supermercados y empresas. Busca solucionar el tráfico de personas en horas pico como al medio día u hora de salida de las empresas con la finalidad de que no existan hurtos por parte de terceras personas o amigos de lo ajeno. Con la ayuda del nuevo algoritmo el beneficiario principal sería el peatón debido a que se sentiría seguro y dentro de una empresa la persona a cargo podrá manejar el control de personas dentro de ella. En la ciudad de Loja existen lugares como el Mercado Centro Comercial en donde se ve la aglomeración de personas, a la salida del colegio, los estudiantes por lo general acuden al parque y existe aglomeración, pues el nuevo algoritmo pretende colaborar con la seguridad de peatones que circulen a diario por estos lugares.

CAPÍTULO II
MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se detallan las herramientas y métodos requeridos para combinar los tres algoritmos anteriores en un cuarto algoritmo con la finalidad de alcanzar mejores resultados.

2.1 Esquema metodológico.

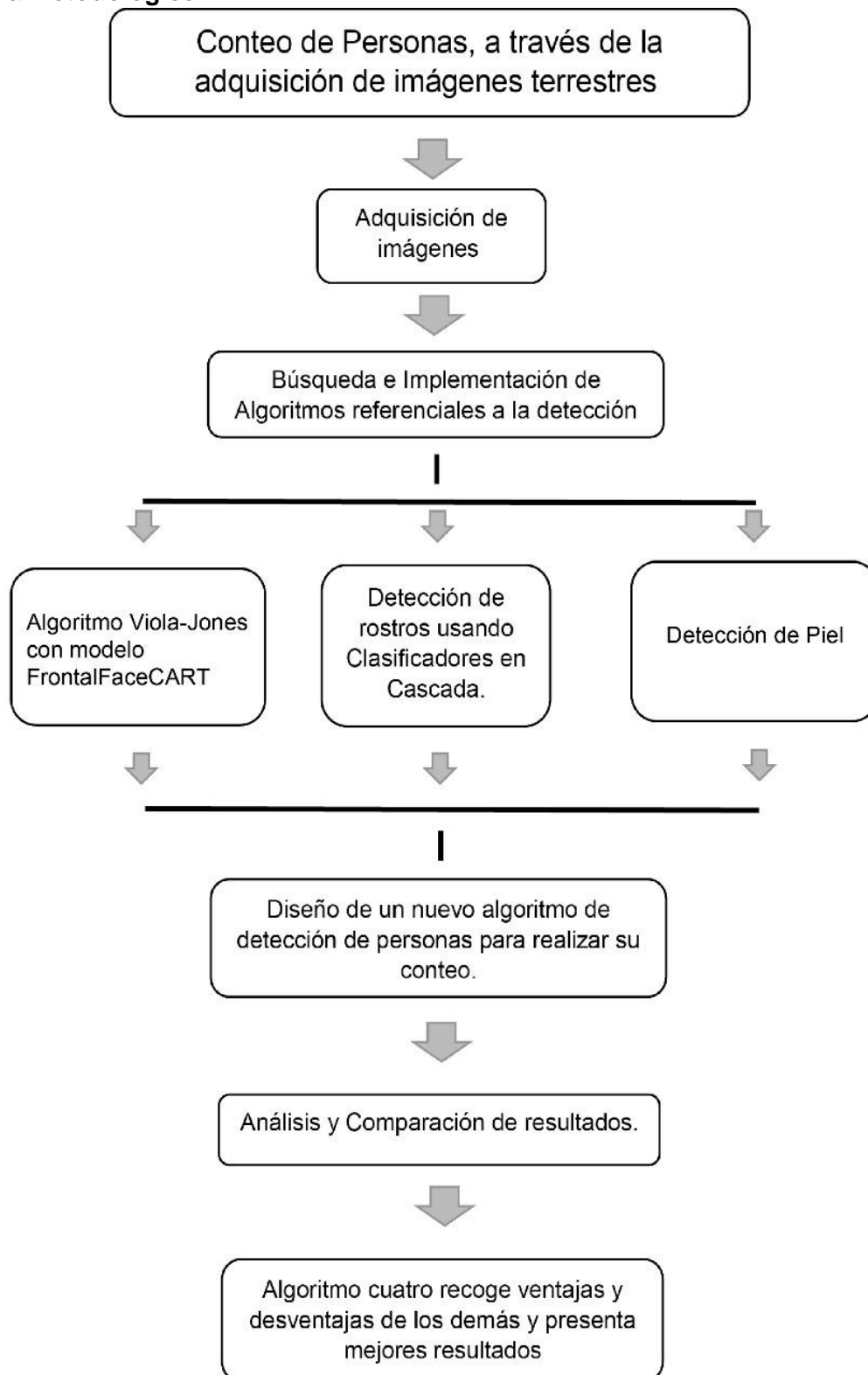


Figura 1. Esquema del desarrollo de la investigación.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

2.2 Adquisición de imágenes terrestres tomadas desde una cámara de teléfono móvil.

Para cumplir con el objetivo planteado se recolectó doscientas imágenes terrestres tomadas desde la cámara de un teléfono móvil. Las imágenes fueron tomadas en distintos escenarios: el día, con sol, con lluvia, nublado, de noche, cuando existe aglomeración de personas en el día y cuando no.

La finalidad de la recolección fue diseñar un algoritmo que se adecúe de mejor manera a la detección de personas en todos los escenarios posibles. Cabe recalcar que las imágenes fueron tomadas desde una vista frontal y de perfil en las personas para emplear la fusión de los algoritmos de Viola-Jones y Detección de Piel el reconocimiento y conteo.

2.3 Programa MATLAB.

Los algoritmos están elaborados sobre la plataforma MATLAB. Esta herramienta está optimizada para resolver problemas de ingeniería (Language & Computing, 2014). El lenguaje MATLAB posee un entorno amigable para el usuario y además cuenta con una interfaz gráfica para representar algoritmos.

2.4 Técnicas para la detección de Objetos.

La detección de objetos es una tarea laboriosa cuando se tratan de escenarios urbanos donde hay gran cantidad de objetos de características muy variadas, los entornos son muy diversos y las condiciones de iluminación son cambiantes, por lo que la intensidad de las imágenes varía en función de la luz.

A continuación, se detallan tres técnicas para detectar objetos.

Tabla 3. Técnicas para detectar Objetos.

<i>Adaptive Boosting</i>	<i>Support Vector Machines (SVM)</i>	Redes Neuronales
Las técnicas de Boosting son métodos iterativos que obtienen clasificadores muy precisos mediante la combinación de muchos clasificadores base no tan precisos. Estos clasificadores base se distribuyen en grupos y, a su vez, estos grupos denominados etapas se	Las Máquinas de Vectores de Soporte (SVM) son un conjunto de algoritmos de aprendizaje supervisado empleados para la clasificación y la regresión desarrollados por Vladimir Vapnik (Chapelle, Haffner, & Vapnik, 1999). Dado un conjunto de ejemplos de muestras podemos	Las redes neuronales son un método de reconocimiento de objetos basado en los sistemas neuronales biológicos a través de modelos matemáticos. Una red neuronal se compone de unidades que reciben el nombre de neuronas. Cada una de estas

enlazan formando una cascada, dando lugar al clasificador final de Paul Viola y Michael Jones (Viola & Jones, 2001).	etiquetar las clases y entrenar una SVM para construir un modelo que prediga la clase de una nueva muestra.	neuronas recibe una serie de entradas a través de interconexiones, proporcionando una salida (Jiménez O, 2015).
--	---	---

Fuente: Tomado de (Jiménez O, 2015)
Elaboración: Autor.

2.5 Búsqueda e implementación de algoritmos referenciales a la detección de personas.

Existe una gran variedad de algoritmos para el reconocimiento y detección de personas, de los ocho analizados tres fueron escogidos por sus características y ventajas para ser implementados, debido a la similitud que poseen estos algoritmos respecto al tema planteado.

A continuación, se implementó en la plataforma MATLAB el algoritmo Viola-Jones, el Clasificador en Cascada y Detección de Piel para con sus características fusionarlos y lograr el objetivo planteado.

2.5.1 Viola-Jones con modelo FrontalFaceCART.

El algoritmo de Viola-Jones permite la detección de rostros en tiempo real. Este algoritmo supone un gran avance dentro de los algoritmos de detección debido a su gran rapidez, y además porque la clasificación se realiza mediante características en vez de píxel a píxel, lo que permite una cierta abstracción del algoritmo respecto al resultado (Viola, Way, & Jones, 2004).

El algoritmo contiene un modelo de clasificación, FaceFrontalCART que tiene las siguientes características: el tamaño de la imagen se utiliza para entrenar un vector de dos elementos con altura=20 cm y ancho=20 cm, el factor de escala es 1.1 píxeles y el nivel de intensidad es 4 de una escala de 256 en imágenes de 8 bits (Series, 2014).

2.5.2 Clasificador en Cascada con método de entrenamiento.

Para la detección de rostros se usó clasificadores en cascada, específicamente el filtro Haar el cual permitió en la fase de entrenamiento separar las imágenes positivas de imágenes negativas y así, elegir dentro de la imagen lo que se quiere buscar en este caso el rostro de personas.

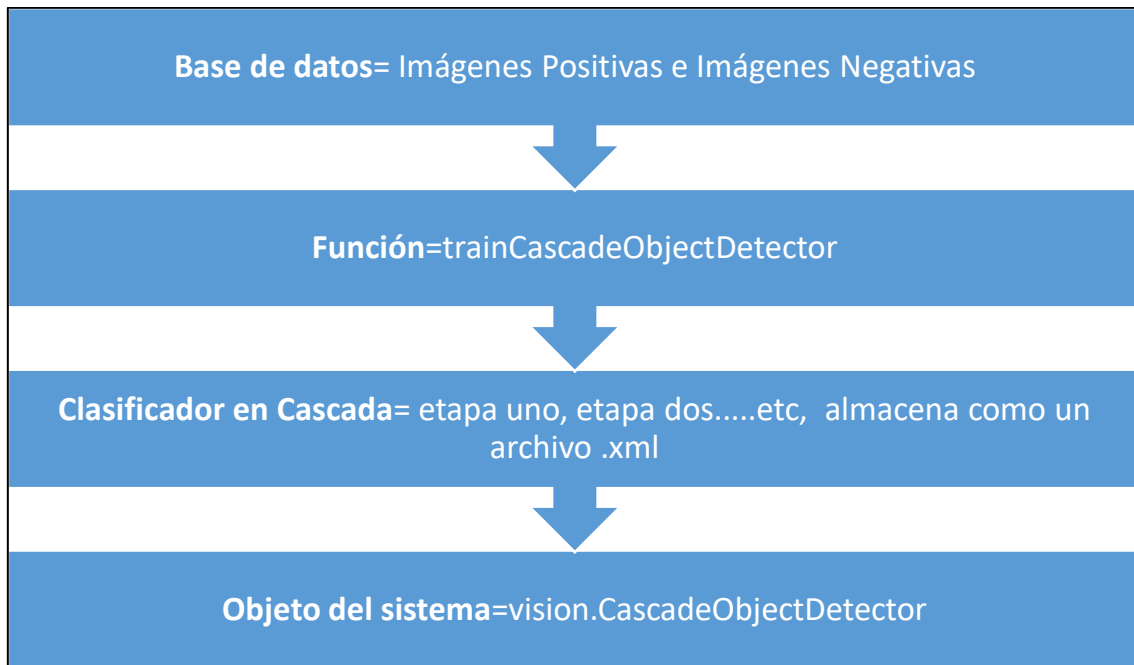


Figura 2. Esquema de un Clasificador en Cascada.

Fuente: Tomado de (MathWorks, 2016).

Elaboración: Autor.

El detector de objetos en cascada utiliza el algoritmo de Viola-Jones junto con la función ***vision.CascadeObjectDetector*** de la plataforma MATLAB para detectar caras frontales, las caras de perfil, narices, ojos, y la parte superior del cuerpo. Sin embargo, estos clasificadores no siempre son suficientes para una aplicación particular. El Sistema de Visión por Ordenador de Herramientas proporciona la función ***trainCascadeObjectDetector*** para entrenar un clasificador personalizado (MathWorks, 2016).

El detector de objetos en cascada ***Computer Vision System Toolbox*** puede detectar categorías de objetos cuya relación de aspecto no varía significativamente, es decir detecta los objetos cuya relación de aspecto permanece fijo incluye caras, las señales de alto, y los coches vistos desde un lado.

La función ***vision.CascadeObjectDetector*** de la plataforma MATLAB detecta objetos en imágenes deslizando una ventana sobre la imagen. El detector a continuación, utiliza un clasificador cascada para decidir si la ventana contiene el objeto de interés (MathWorks, 2016).

El tamaño de la ventana varía para detectar objetos a diferentes escalas, pero su relación de aspecto permanece fija. El detector es muy sensible a la rotación fuera del plano, debido a la relación de aspecto de cambios para la mayoría de los objetos 3D. Por lo tanto, es necesario capacitar a un detector para cada orientación del objeto, por lo contrario, el entrenamiento de un solo detector para manejar todas las orientaciones no funcionará (MathWorks, 2016).

El clasificador en cascada consta de etapas, donde cada etapa es un conjunto de muestras que necesita el algoritmo. Cada etapa del clasificador de etiquetas de la región está definida por la ubicación actual de la ventana deslizante como positivo o negativo.

Positivo indica que se encontró un objeto y negativo indica que no se encontraron objetos. Si la etiqueta es negativa, la clasificación de esta región se ha completado, y el detector desliza la ventana a la siguiente ubicación. Si la etiqueta es positiva, el clasificador pasa la región a la siguiente etapa. El detector informa de un objeto encontrado en la ubicación actual de la ventana cuando la etapa final clasifica la región como positivo (MathWorks, 2016).

Las etapas están diseñadas para rechazar las muestras negativas lo más rápido posible. El supuesto es que la gran mayoría de las ventanas no contienen el objeto de interés. Por el contrario, los verdaderos positivos son raros y vale la pena tomarse el tiempo para verificar.

- **Un verdadero positivo** se produce cuando una muestra positiva se clasifica correctamente (MathWorks, 2016).
- **Un verdadero negativo** se produce cuando una muestra negativa se clasifica erróneamente (MathWorks, 2016).
- **Un falso positivo** se produce cuando una muestra negativa se clasifica erróneamente como positivo (MathWorks, 2016).
- **Un falso negativo** se produce cuando una muestra positiva se clasifica erróneamente como negativo (MathWorks, 2016).

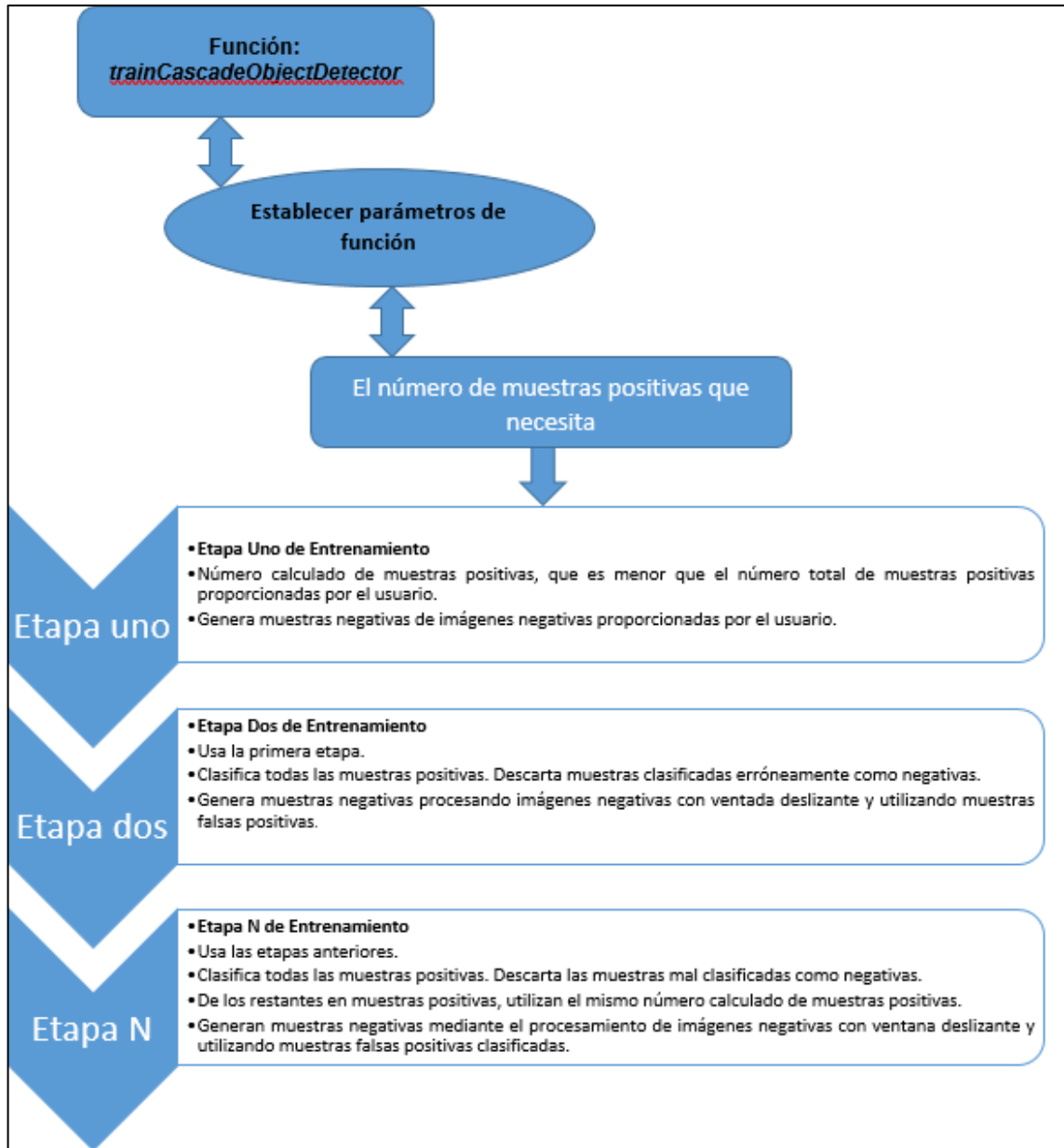


Figura 3. Etapas de un Clasificador en Cascada.

Fuente: Tomado de (MathWorks, 2016).

Elaboración: Autor.

2.5.2.1 Consideraciones para la etapa de entrenamiento durante el Clasificador en Cascada.

En la Tabla 4 se muestra las consideraciones que se debe tener en cuenta para cada condición durante la fase de entrenamiento en un Clasificador en Cascada.

Tabla 4. Consideraciones para la etapa de entrenamiento durante el Clasificador en Cascada.

Condición	Consideraciones
Un conjunto de entrenamiento grande (miles de imágenes).	Aumentar el número de etapas y establecer una tasa de falso positivo más alto para cada etapa.
Un pequeño conjunto de entrenamiento (imágenes seleccionadas).	Reducir el número de etapas y establecer una tasa de falsos positivos inferior para cada etapa.
Para reducir la probabilidad de perder un objeto (personas).	Aumentar la tasa de verdaderos positivos. Sin embargo, una alta tasa positiva verdadera puede impedir que logre la tasa de falsos positivos deseada por etapa, haciendo que el detector tenga más probabilidades de producir falsas detecciones.
Para reducir el número de falsas detecciones.	Aumentar el número de etapas o disminuir la tasa de falsas alarmas por etapa.

Fuente: Tomado de (MathWorks, 2016).

Elaboración: Autor.

2.5.3 Detección de piel basado en el color, segmentación y operaciones morfológicas de la piel.

La detección de rostros es un desafío dentro del procesamiento de imágenes. Este algoritmo propone una técnica novedosa para detección de caras en imágenes de color utilizando el modelo de color de la piel combinado con la segmentación y operaciones morfológicas.

2.5.3.1 Color de la piel.

El color de piel humana se ha utilizado y ha demostrado ser una función eficaz en muchas aplicaciones de detección de rostros por seguimiento.

Muchos métodos han sido propuestos para construir un modelo de color de la piel. El modelo más simple es definir una región de tono de la piel usando los valores de color cromático Cr , y color puro Cb , es decir, $R(Cr, Cb)$, y la luminancia (Y) a partir de muestras de píxeles del color de la piel. Con umbrales elegidos cuidadosamente, $[Cr_2 Cr_1]$ y $[Cb_2 Cb_1]$ un píxel se

clasifica como tono de piel si los valores (Cr,Cb) pertenecen a de los intervalos, es decir, $Cr_1 \leq Cr \leq Cr_2$ y $Cb_1 \leq Cb \leq Cb_2$ (Laguna, 2011).

Para la aplicación presentada en este trabajo, se llevó a cabo un estudio preliminar sobre los espacios de color más adecuados, habiéndose realizado experimentación con los siguientes espacios de color: RGB y YCrCb.

A continuación, se da un breve resumen de dichos espacios y sus características principales.

2.5.3.1.1 RGB.

Es el espacio de color que surge de la combinación de tres colores (rojo, verde y azul) y es uno de los más ampliamente utilizado para la transformación y el almacenamiento digital de los datos de la imagen. Los algoritmos que se utilizan en este trabajo se obtienen a partir de este espacio de color (Josefina et al., 2009).

2.5.3.1.2 YCbCr.

YCrCb es una señal no lineal codificada del RGB, usada por estudios europeos de televisión y para la compresión de imágenes. El color es representado por luma (que es la luminancia), calculada del RGB, construido como una suma ponderada de los valores del RGB, y dos valores diferentes de color Cr y Cb que se forman restando del luma los componentes del RGB rojos y azules (Josefina et al., 2009).

En el espacio RGB, la componente triple (r, g, b) representa no sólo el color, sino también la luminancia. La luminancia puede variar a través de la cara de una persona debido a la iluminación ambiental y no es una medida confiable para separar la piel de la región no piel. Con el fin de segmentar las regiones de la piel humana de las regiones no piel sobre la base de color existe la necesidad de un modelo confiable de color de la piel que es adaptable a personas de diferentes colores de la piel ya diferentes condiciones de iluminación. La luminancia tiene que ser eliminada de la representación de color en el espacio de color cromático. Los colores cromáticos, también conocidos como colores "puros" en ausencia de luminancia, se definen mediante un proceso de normalización que se muestra a continuación (Chandrappa, 2011):

$$r=R/(R+G+B) \quad (1)$$

$$g=G/(R+G+B) \quad (2)$$

$$b=B/(R+G+B) \quad (3)$$

2.5.3.2 Segmentación.

La segmentación es la subdivisión de una imagen en sus partes constituyentes u objetos, con el fin de separar las partes de interés del resto de la imagen, por lo tanto, el nivel al que se le lleva a cabo esta subdivisión depende del problema a resolver. En el proceso de detectar las

partes en una imagen se identifican bordes de la imagen, o se segmenta esta en regiones, líneas o curvas (Nora et al., 2009).

Los algoritmos de segmentación de imágenes monocromáticas generalmente se basan en dos propiedades básicas de los valores del nivel gris: discontinuidad y similitud.

- **Discontinuidad:** el método consiste en dividir una imagen basándose en los cambios bruscos del nivel de gris basado en la detección de puntos aislados, detección de líneas, detección de bordes.
- **Similitud:** este método presenta la regularidad en los valores del nivel de gris, basado en umbralización, crecimiento de región, división y fusión de regiones (Fernández, 2014).

En la Figura 4 se muestra la segmentación de una imagen.

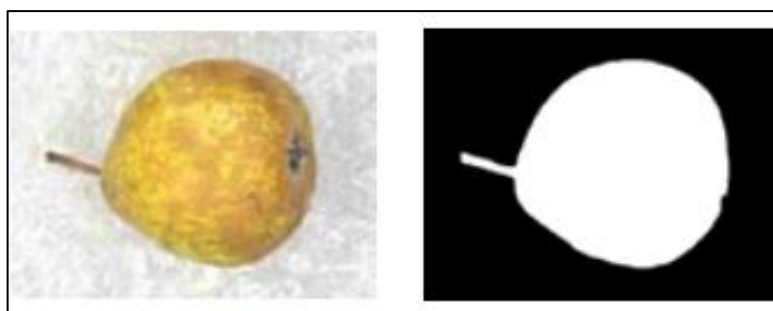


Figura 4. Segmentación de imagen.
Fuente: Tomada de (Nora et al., 2009)
Autor: (Nora et al., 2009).

2.5.3.3 Transformaciones morfológicas.

Las transformaciones morfológicas se encargan de cambiar la forma y estructura de los objetos. Estas herramientas matemáticas permiten obtener componentes que dan una idea de la forma y estructura de los objetos que forman la imagen. Además, permiten modificar estas formas para separar los objetos unos de otros, obtener contornos primarios, descomponer formas complejas en formas simples, obtener contornos dentro de entornos ruidosos o reconstruir elementos distorsionados (González, A, Martínez, F, Pernía, A, Alba, F, Catejón, M, Ordieres, J, Vergara, 2006).

Las distintas operaciones morfológicas que se pueden realizar se detallan a continuación (González, A, Martínez, F, Pernía, A, Alba, F, Catejón, M, Ordieres, J, Vergara, 2006):

- **Dilatación:** esta operación morfológica aumenta el tamaño de un objeto, dependiendo de la elección del elemento estructural. Una de las aplicaciones es la unión de píxeles relacionados.

- **Erosión:** es el proceso inverso a la dilatación, el cuál combina dos conjuntos usando el concepto de inclusión. Esta transformación disminuye el tamaño de los objetos, siendo usado para la eliminación de detalles que son irrelevantes en la imagen.
- **Apertura:** es la operación de erosionar y luego dilatar una imagen. La apertura no es una operación inversa a la erosión.
- **Cierre:** es el proceso de dilatar y luego erosionar una imagen, siendo una operación inversa a la apertura.

2.6 Diseño de un nuevo algoritmo de detección de personas para realizar su conteo.

Gracias a los tres algoritmos implementados, se diseñó un cuarto algoritmo, que recoge las falencias de los anteriores y da solución al problema planteado. Adicionalmente, en el nuevo algoritmo se realizó el conteo de personas.

En la Figura 5 se muestra un esquema de cómo se llegó a crear el nuevo algoritmo basado en los tres algoritmos anteriormente nombrados.

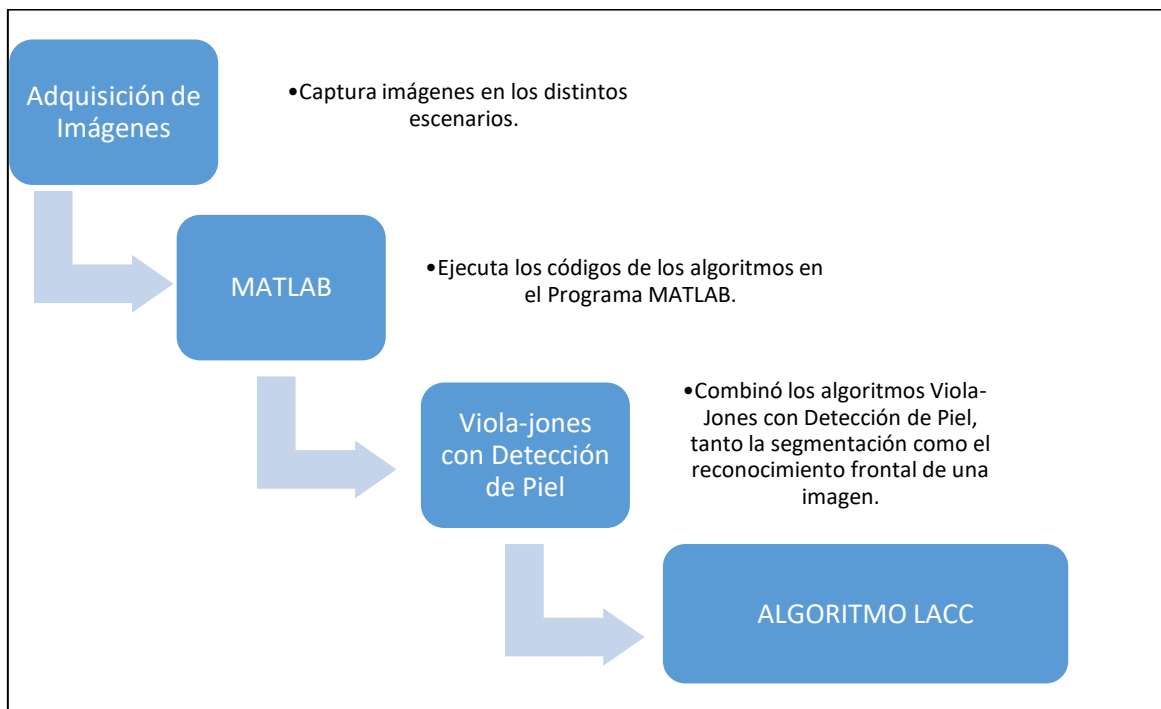


Figura 5. Diseño de la Implementación de la fusión del algoritmo Viola-Jones y Detección de Piel.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

Anteriormente, se describió los métodos que posee cada algoritmo. Para el algoritmo 4 se utilizó la función de MATLAB **facetedetector=vision.CascadeObjectDetector()**. El algoritmo 4 se bautizó con el nombre de Algoritmo LACC debido a que es un algoritmo propio del autor basado en la combinación de la segmentación de piel, detección de bordes, escala de grises

a binario y operaciones morfológicas para rellenar agujeros se obtuvo un alto porcentaje de reconocimiento de personas en las imágenes a color (Ver Anexo 5).

Para efectuar el conteo de imágenes se parte de las condiciones como la forma de la cara y se la relaciona con el aspecto y propiedades de la misma, adicional se emplea el condicionante *if* para detectar el rostro, con la función ***boundingbox*** se rellena los agujeros en la imagen para realizar el conteo.

A continuación, se redacta las condiciones que se tuvo en cuenta para realizar el conteo:

- **Factor de forma:** mide la regularidad de una región. Las caras son más o menos circulares, por lo que su factor de forma debería tender a 1. Sin embargo al detectar los píxeles de piel es muy probable que también se detecten zonas de cuello por lo que la forma de la región será más parecida a una elipse, por ello el factor de forma se reduce. Probando con diversas imágenes externas a las bases de datos y modificando el valor del factor de forma mínimo que deben tener las regiones para ser consideradas caras, finalmente se ha fijado en 0.1.
- **Relación de aspecto:** es la relación entre el diámetro mayor y el diámetro menor de la región. Haciendo diferentes estudios sobre un conjunto extra de imágenes se obtuvo que el valor mínimo de esta propiedad debe ser 0.3 para las regiones que son caras.
- **Número de agujeros:** indica el número de agujeros que tiene una región en función de su número de Euler. Ya que se busca una cara, la región tiene que contener varios agujeros, aunque se ha comprobado experimentalmente, que hay veces que estos se eliminan con los operadores morfológicos. Por ello se ha elegido que el número mínimo de agujeros sea 1, de tal manera que otras zonas, como ropa, manos o fondo, que no tienen agujeros, sean eliminadas.
- **Solidez:** indica qué porcentaje de la región está dentro del cerco convexo de la misma. El cerco convexo es la mínima región convexa que contiene a la región. Se asume que su valor debe ser alto para caras, por lo que su valor mínimo se fija arbitrariamente en 0.7.

Finalmente se ejecuta el nuevo algoritmo con las doscientas imágenes de los distintos escenarios para obtener resultados y compararlos con los otros métodos mencionados.

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Descripción de los experimentos realizados.

En este capítulo se detallan la descripción y resultados obtenidos en base a los procedimientos descritos en el capítulo anterior. Las imágenes fueron tomadas desde una vista frontal y de perfil en las personas. Dentro del algoritmo 4 el programa cuenta solo las personas reconocidas en la imagen.

3.1.1 Resultados del Algoritmo Viola-Jones.

El primer algoritmo que se implementó fue el algoritmo Viola-Jones con modelo FrontalFaceCART, el cual arrojó resultados medianamente aceptables en cuanto se refiere al reconocimiento de personas en los distintos escenarios.

Tabla 5. Resultados del Algoritmo Viola-Jones.

VIOLA-JONES				
ESCENARIO	NRO. IMÁGENES	PORCENTAJE	RECONOCIDAS	PORCENTAJE
DÍA	30	15 %	19	20 %
SOL	30	15 %	19	20 %
AGLOMERACIÓN	25	13 %	11	12 %
LLUVIA	21	11 %	7	8 %
NUBLADO	24	12 %	10	11 %
NOCHE	35	18 %	27	29 %
VACÍO	35	18 %	0	0 %
TOTAL	200	100 %	93	100 %

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

Este algoritmo obtuvo mejores resultados en el escenario de la noche, reconociendo más del 50 % de las personas en cada imagen. Por otro lado, en el escenario de la lluvia se observó que el algoritmo no tuvo gran acogida y reconoció el 8 % de su totalidad a rostros de personas en las imágenes. El escenario vacío hace referencia a que no existen personas en las muestras por lo que, si se encuentra al 0 %, quiere decir que el algoritmo es bueno y no reconoce personas donde no las hay.

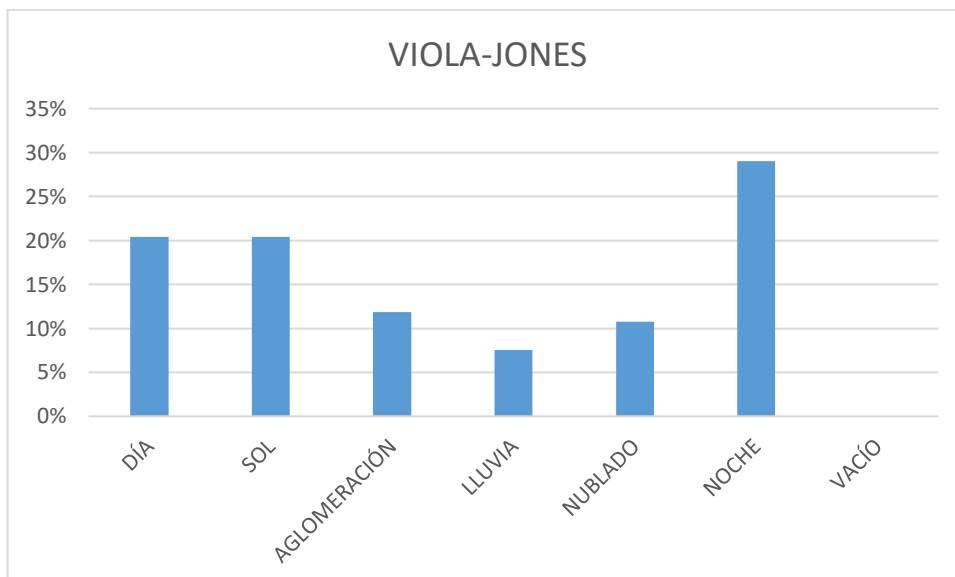


Figura 6. Resultados del Algoritmo Viola-Jones.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

3.1.2 Resultados del Algoritmo Clasificador en Cascada con método de Entrenamiento.

Los resultados de este algoritmo no son tan buenos debido que para realizar la fase de entrenamiento el programa requiera una mayor cantidad de imágenes para poder detectar rostros y descartar errores. Es decir, mientras mayor cantidad de imágenes posea el algoritmo menos errores arroja.

Tabla 6. Resultados del Algoritmo Clasificador en Cascada con método de Entrenamiento.

ENTRENAMIENTO				
ESCENARIO	NRO. IMÁGENES	PORCENTAJE	RECONOCIDAS	PORCENTAJE
DÍA	30	15 %	5	11 %
SOL	30	15 %	10	23 %
AGLOMERACIÓN	25	13 %	1	2 %
LLUVIA	21	11 %	4	9 %
NUBLADO	24	12 %	14	32 %
NOCHE	35	18 %	10	23 %
VACÍO	35	18 %	0	0 %
TOTAL	200	100 %	44	100 %

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

Debido a que el algoritmo requiere separar imágenes positivas de imágenes negativas, el algoritmo presentó mejores resultados en el escenario nublado. En la aglomeración este algoritmo no detectó rostros por lo que fue poco fiable para este escenario.

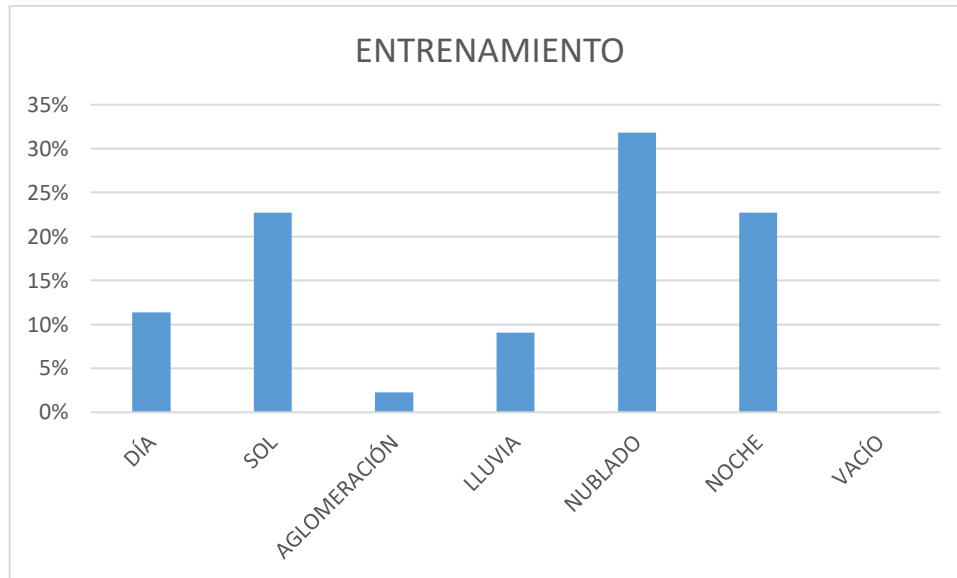


Figura 7. Resultados del Algoritmo Clasificador en Cascada con método de Entrenamiento.
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

3.1.3 Resultados del Algoritmo Detección de Piel.

Los resultados de este algoritmo son aceptables, este algoritmo funcionó de mejor manera en el escenario del día soleado. En las imágenes de aglomeración este algoritmo no tuvo mucho alcance debido a que existen varias personas que muestran muchas regiones de la piel descubiertas.

Tabla 7. Resultados del Algoritmo Detección de Piel.

DETECCIÓN DE PIEL				
ESCENARIO	NRO. IMÁGENES	PORCENTAJE	RECONOCIDAS	PORCENTAJE
DÍA	30	15 %	7	13 %
SOL	30	15 %	16	30 %
AGLOMERACIÓN	25	13 %	6	11 %
LLUVIA	21	11 %	10	19 %
NUBLADO	24	12 %	8	15 %
NOCHE	35	18 %	7	13 %
VACÍO	35	18 %	0	0 %
TOTAL	200	100 %	54	100 %

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

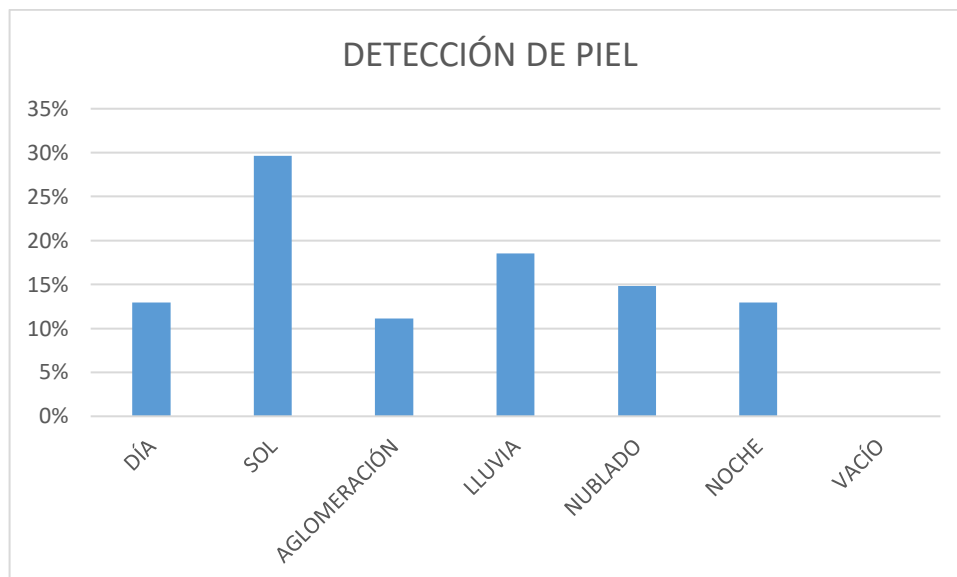


Figura 8. Resultados del Algoritmo Detección de Piel.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

3.1.4 Resultados del Algoritmo LACC.

Este algoritmo acogió tanto las ventajas como falencias de los algoritmos anteriores, para dar salida a un nuevo algoritmo, el mismo que presentó mejores resultados en todos los escenarios. En la Figura 9 se indica los siete escenarios y la buena aceptación que obtuvo este algoritmo para el conteo de personas.

Tabla 8. Resultados del Algoritmo LACC.

ALGORITMO LACC				
ESCENARIO	NRO. IMÁGENES	PORCENTAJE	RECONOCIDAS	PORCENTAJE
DÍA	30	15 %	26	21 %
SOL	30	15 %	23	19 %
AGLOMERACIÓN	25	13 %	22	18 %
LLUVIA	21	11 %	13	10 %
NUBLADO	24	12 %	14	11 %
NOCHE	35	18 %	26	21 %
VACÍO	35	18 %	0	0 %
TOTAL	200	100 %	124	100 %

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

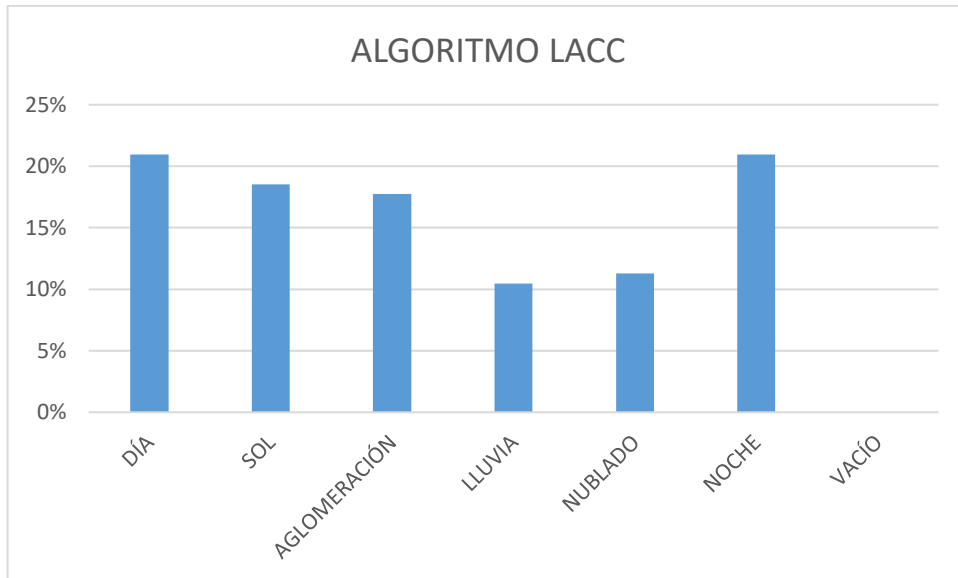


Figura 9. Resultados del Algoritmo LACC.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

Hay que tener en cuenta que los resultados de los algoritmos varían según el escenario, es decir; no es lo mismo realizar el conteo el día que en la noche, o en el sol y la lluvia. Por lo tanto, el cuarto algoritmo se diseñó con el propósito de ser el que más personas cuente en los distintos escenarios.

3.2 Tabla general del conteo de personas con los 4 algoritmos implementados en los 7 escenarios.

Para realizar el análisis de todas las imágenes en los algoritmos seleccionados, se empleó las condiciones del máximo entero en donde:

El máximo entero es un número real x , denotado por $[[x]] = n$, donde: n es el mayor entero, menor o igual a x , es decir:

$$[[x]] = n \quad \longleftrightarrow \quad [[x]] = \max\{n \in \mathbb{Z} / n \leq x\}$$

Por ejemplo, para $x=7/2=3.5$ tendremos el conjunto:

$$X_{3.5} = \{n \in \mathbb{Z} / n \leq 3.5\} = \{\dots -2, -1, 0, 2, 3\}$$

Es decir:

$$[[3.5]] = \max(X_{3.5}) = 3$$

Basados en la expresión anterior se tiene:

Color Verde: $[[x]] = n$, donde n es igual al número de rostros en la imagen.

Color Amarillo: $\lceil \frac{x}{2} \rceil = \max\{n \in \mathbb{Z} / 2 \text{ y } n-1\}$, donde n es igual al número de rostros en la imagen comprendido entre el número de rostros en la imagen dividido para dos y el número de rostros en la imagen menos uno.

Color Rojo: $\lfloor \frac{x}{2} \rfloor < n \Leftrightarrow x < n$, donde n el es número de rostros en la imagen que comprende valores menores que la mitad de n.

ES IGUAL O SE APROXIMA AL NÚMERO DE ROSTROS EN LA IMAGEN	
MAS O MENOS	
MALO/DETECTA POCOS	

Tabla 9. Tabla general del conteo de personas con los cuatro algoritmos implementados en los siete escenarios.

CANTIDAD DE ROSTROS RECONOCIDOS						
ESCENARIO	NOMBRE IMAGEN	NRO. ROSTROS EN LA IMAGEN	VIOLACIONES	ENTRENAMIENTO	DETECCIÓN DE PIEL	LACC
DÍA	Imag0	11	7	7	8	8
	Imag1	8	6	5	5	5
	Imag2	9	7	5	4	8
	Imag3	4	4	2	3	4
	Imag4	12	12	6	10	12
	Imag5	9	9	8	9	9
	Imag6	5	5	2	3	5
	Imag7	4	4	2	4	3
	Imag8	9	7	4	7	7
	Imag9	4	1	1	2	3
	Imag10	6	4	2	2	5
	Imag11	5	3	2	2	3
	Imag12	7	0	1	0	3
	Imag13	4	1	0	1	1
	Imag14	7	7	6	6	7
	Imag15	5	3	4	1	3
	Imag16	7	4	4	3	5
	Imag17	6	6	3	1	6
	Imag18	4	3	2	3	4
	Imag19	5	3	3	2	4
	Imag20	5	4	3	2	5
	Imag21	2	2	1	1	2
	Imag22	6	5	5	4	5
	Imag23	5	4	2	2	4

	Imag24	5	1	1	3	3
	Imag25	5	5	3	4	5
	Imag26	7	6	7	4	6
	Imag27	3	3	3	3	3
	Imag28	5	4	3	3	4
	Imag29	6	6	5	2	6
SOL	Imag30	16	14	9	14	14
	Imag31	3	3	1	3	3
	Imag32	5	3	2	1	3
	Imag33	5	0	3	5	1
	Imag34	13	11	6	9	11
	Imag35	2	2	1	1	2
	Imag36	4	1	2	2	2
	Imag37	4	0	1	2	2
	Imag38	4	3	1	2	3
	Imag39	5	2	0	4	3
	Imag40	5	4	3	4	4
	Imag41	4	4	3	4	4
	Imag42	7	1	3	4	3
	Imag43	7	5	3	3	6
	Imag44	5	1	3	3	1
	Imag45	3	3	2	3	3
	Imag46	5	3	5	3	3
	Imag47	5	5	2	3	5
	Imag48	6	1	4	3	1
	Imag49	3	3	3	2	3
	Imag50	5	1	1	4	2
	Imag51	3	0	3	2	0
	Imag52	4	4	3	3	4
	Imag53	3	3	3	3	3
	Imag54	6	5	1	4	6
	Imag55	3	0	2	2	1
	Imag56	4	3	2	2	3
	Imag57	4	3	2	2	3
	Imag58	5	4	2	2	4
	Imag59	3	3	3	2	3
AGLOMERACIÓN	Imag60	15	11	9	9	11
	Imag61	10	10	7	8	10
	Imag62	11	11	7	7	11
	Imag63	10	0	2	2	3
	Imag64	40	34	30	34	36
	Imag65	8	0	2	2	3
	Imag66	12	2	2	2	3
	Imag67	14	9	7	7	11

	Imag68	13	11	5	5	11
	Imag69	13	10	5	9	10
	Imag70	14	10	6	10	10
	Imag71	8	0	2	2	3
	Imag72	11	3	3	4	4
	Imag73	11	0	0	0	1
	Imag74	10	2	1	3	5
	Imag75	15	5	15	5	5
	Imag76	17	17	14	9	17
	Imag77	24	18	9	20	19
	Imag78	17	1	6	11	15
	Imag79	42	38	24	33	41
	Imag80	11	4	3	6	4
	Imag81	6	6	5	5	6
	Imag82	17	13	9	3	16
	Imag83	62	15	8	20	38
	Imag84	7	7	3	5	7
LLUVIA	Imag85	8	5	2	3	6
	Imag86	1	0	0	0	0
	Imag87	2	1	0	0	1
	Imag88	3	2	1	1	2
	Imag89	1	0	0	0	1
	Imag90	4	0	1	1	1
	Imag91	1	0	0	0	0
	Imag92	2	2	1	0	2
	Imag93	3	0	0	0	1
	Imag94	3	0	0	1	1
	Imag95	3	0	1	1	0
	Imag96	3	0	0	1	0
	Imag97	6	1	1	3	0
	Imag98	5	0	0	0	0
	Imag99	5	3	2	3	3
	Imag100	2	0	0	0	0
	Imag101	2	0	0	0	1
Imag102	1	0	0	0	0	
Imag103	3	0	0	1	1	
Imag104	1	0	0	1	0	
Imag105	1	0	0	0	0	
NUBLADO	Imag106	5	1	3	1	1
	Imag107	3	2	0	1	2
	Imag108	6	5	2	2	5
	Imag109	7	5	3	3	6
	Imag110	11	6	3	7	10
	Imag111	5	0	1	2	0

	Imag112	5	4	1	3	4
	Imag113	5	2	1	1	4
	Imag114	5	3	2	1	4
	Imag115	5	0	1	3	0
	Imag116	5	3	1	1	3
	Imag117	5	1	2	1	4
	Imag118	3	0	1	0	0
	Imag119	4	2	2	2	2
	Imag120	4	1	0	1	2
	Imag121	5	0	1	3	0
	Imag122	2	0	2	1	1
	Imag123	3	0	1	0	0
	Imag124	4	0	1	2	0
	Imag125	2	0	1	1	0
	Imag126	6	3	5	3	3
	Imag127	8	6	2	4	6
	Imag128	2	2	2	1	2
	Imag129	2	0	1	1	0
NOCHE	Imag130	11	9	3	8	8
	Imag131	8	8	5	6	8
	Imag132	3	3	2	2	3
	Imag133	3	2	1	2	1
	Imag134	4	4	2	2	4
	Imag135	5	2	1	0	3
	Imag136	6	2	4	2	2
	Imag137	5	4	3	1	5
	Imag138	4	2	3	4	2
	Imag139	4	3	0	2	3
	Imag140	6	4	4	1	4
	Imag141	4	3	4	2	2
	Imag142	7	6	4	2	6
	Imag143	6	4	3	1	4
	Imag144	3	1	2	2	1
	Imag145	8	7	3	0	6
	Imag146	7	6	1	1	5
	Imag147	4	3	3	0	3
	Imag148	2	1	1	0	1
	Imag149	5	5	2	5	4
	Imag150	7	5	2	4	5
	Imag151	5	5	2	3	5
	Imag152	2	2	1	2	2
	Imag153	7	7	2	5	7
	Imag154	2	2	2	1	2
	Imag155	5	4	1	3	4

	Imag156	2	2	0	1	2
	Imag157	5	5	4	4	5
	Imag158	6	5	5	0	5
	Imag159	3	2	1	1	2
	Imag160	2	0	0	1	0
	Imag161	3	3	2	2	3
	Imag162	8	7	6	3	7
	Imag163	6	6	5	6	6
	Imag164	5	1	2	2	1
VACÍO	Imag165	0	0	0	0	0
	Imag166	0	0	0	0	0
	Imag167	0	0	0	0	0
	Imag168	0	0	0	0	0
	Imag169	0	0	0	0	0
	Imag170	0	0	0	0	0
	Imag171	0	0	0	0	0
	Imag172	0	0	0	0	0
	Imag173	0	0	0	0	0
	Imag174	0	0	0	0	0
	Imag175	0	0	0	0	0
	Imag176	0	0	0	0	0
	Imag177	0	0	0	0	0
	Imag178	0	0	0	0	0
	Imag179	0	0	0	0	0
	Imag180	0	0	0	0	0
	Imag181	0	0	0	0	0
	Imag182	0	0	0	0	0
	Imag183	0	0	0	0	0
	Imag184	0	0	0	0	0
	Imag185	0	0	0	0	0
	Imag186	0	0	0	0	0
	Imag187	0	0	0	0	0
	Imag188	0	0	0	0	0
	Imag189	0	0	0	0	0
	Imag190	0	0	0	0	0
	Imag191	0	0	0	0	0
	Imag192	0	0	0	0	0
	Imag193	0	0	0	0	0
	Imag194	0	0	0	0	0
	Imag195	0	0	0	0	0
	Imag196	0	0	0	0	0
	Imag197	0	0	0	0	0
	Imag198	0	0	0	0	0
	Imag199	0	0	0	0	0

	Imag200	0	0	0	0	0
--	---------	---	---	---	---	---

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

3.3 Tabla de resultados con verdaderos positivos, verdaderos negativos, falsos positivos y falsos negativos en los distintos escenarios.

Para realizar el análisis se empleó las siguientes condiciones:

Color verde: representa la cantidad de rostros detectados en la imagen, es decir los verdaderos positivos.

Color amarillo: representa el menor porcentaje de error, en donde indica que mientras menos verdaderos negativos, falsos positivos y falsos negativos tenga la imagen, el algoritmo es mejor.

Color rojo: representa el mayor porcentaje de error, en donde indica que mientras más falsos positivos, falsos negativos y verdaderos negativos existan en la imagen el algoritmo es menos eficiente.

VERDADEROS POSITIVOS	
MENOR CANTIDAD DE V.N, F.P, F.N.	
MAYOR CANTIDAD DE V.N, F.P, F.N.	

En cuanto al escenario Vacío, en cada algoritmo se observa que no detecta rostros, pero en algunos existen falsos positivos y verdaderos negativos.

3.3.1 Algoritmo Viola-Jones.

En la Tabla 10 se muestra los Verdaderos Positivos, Verdaderos Negativos, Falsos Positivos y Falsos Negativos de las 200 imágenes de prueba.

Tabla 10. Resultados Verdaderos Positivos-Negativos y Falsos Positivos-Negativos del Algoritmo Viola-Jones.

ALGORITMO VIOLA-JONES							
ESCENARIO	NOMBRE IMAGEN	NRO. ROSTROS EN LA IMAGEN	Verdaderos Positivos	Falsos Positivos	Verdaderos Negativos	Falsos Negativos	CANTIDAD DE ROSTROS RECONOCIDOS
DÍA	Imag0	11	7	1	4	4	7
	Imag1	8	6	4	2	2	6
	Imag2	9	7	0	2	2	7
	Imag3	4	4	1	0	0	4
	Imag4	12	12	3	0	0	12

	Imag5	9	9	8	0	0	9
	Imag6	5	5	9	0	0	5
	Imag7	4	3	9	2	2	4
	Imag8	9	7	11	2	2	7
	Imag9	4	1	0	3	3	1
	Imag10	6	4	3	2	2	4
	Imag11	5	3	1	2	2	3
	Imag12	7	0	0	7	7	0
	Imag13	4	1	1	3	3	1
	Imag14	7	7	6	0	0	7
	Imag15	5	3	1	2	2	3
	Imag16	7	4	0	3	3	4
	Imag17	6	6	0	0	0	6
	Imag18	4	3	0	1	1	3
	Imag19	5	3	1	2	2	3
	Imag20	5	4	0	1	1	4
	Imag21	2	2	0	0	0	2
	Imag22	6	5	0	1	1	5
	Imag23	5	4	0	1	1	4
	Imag24	5	1	0	4	4	1
	Imag25	5	5	1	0	0	5
	Imag26	7	6	1	1	1	6
	Imag27	3	3	1	0	0	3
	Imag28	5	4	1	1	1	4
	Imag29	6	6	1	0	0	6
SOL	Imag30	16	14	8	2	2	14
	Imag31	3	3	4	0	0	3
	Imag32	5	3	0	2	2	3
	Imag33	5	0	1	0	0	0
	Imag34	13	11	4	2	2	11
	Imag35	2	2	1	0	0	2
	Imag36	4	1	5	3	3	1
	Imag37	4	0	1	4	4	0
	Imag38	4	3	4	1	1	3
	Imag39	5	2	7	3	3	2
	Imag40	5	4	0	1	1	4
	Imag41	4	4	0	0	0	4
	Imag42	7	1	2	6	6	1
	Imag43	7	5	0	2	2	5
	Imag44	5	1	0	4	4	1
	Imag45	3	3	1	0	0	3

	lmag46	5	3	1	2	2	3
	lmag47	5	5	1	0	0	5
	lmag48	6	1	0	5	5	1
	lmag49	3	3	1	0	0	3
	lmag50	5	1	1	4	4	1
	lmag51	3	0	0	3	3	0
	lmag52	4	4	1	0	0	4
	lmag53	3	3	0	0	0	3
	lmag54	6	5	1	1	1	5
	lmag55	3	0	0	3	3	0
	lmag56	4	3	0	1	1	3
	lmag57	4	3	1	1	1	3
	lmag58	5	4	0	1	1	4
	lmag59	3	3	1	0	0	3
AGLOMERACIÓN	lmag60	15	11	24	4	4	11
	lmag61	10	10	3	0	0	10
	lmag62	11	11	22	0	0	11
	lmag63	10	0	0	10	10	0
	lmag64	40	34	52	6	6	34
	lmag65	8	0	0	8	8	0
	lmag66	12	2	8	10	10	2
	lmag67	14	9	33	5	5	9
	lmag68	13	11	0	2	2	11
	lmag69	13	10	0	3	3	10
	lmag70	14	10	1	4	4	10
	lmag71	8	0	0	8	8	0
	lmag72	11	3	8	8	8	3
	lmag73	11	0	0	11	11	0
	lmag74	10	2	1	8	8	2
	lmag75	15	5	1	10	10	5
	lmag76	17	17	0	0	0	17
	lmag77	24	18	0	6	6	18
	lmag78	16	1	0	15	15	1
	lmag79	42	38	1	4	4	38
	lmag80	11	4	0	7	7	4
	lmag81	6	6	1	0	0	6
	lmag82	17	13	0	3	3	13
	lmag83	62	15	2	47	47	15
	lmag84	7	7	0	0	0	7
	LLUVIA	lmag85	8	5	17	3	3
lmag86		1	0	0	1	1	0

	lmag87	2	1	6	1	1	1
	lmag88	3	2	10	1	1	2
	lmag89	1	0	5	1	1	0
	lmag90	4	0	1	4	4	0
	lmag91	1	0	0	1	1	0
	lmag92	2	2	7	0	0	2
	lmag93	3	0	1	3	3	0
	lmag94	3	0	0	3	3	0
	lmag95	3	0	0	3	3	0
	lmag96	3	0	0	3	3	0
	lmag97	6	1	7	5	5	1
	lmag98	5	0	6	5	5	0
	lmag99	5	3	4	2	2	3
	lmag100	2	0	0	2	2	0
	lmag101	2	0	3	2	2	0
	lmag102	1	0	5	1	1	0
	lmag103	3	0	0	3	3	0
	lmag104	1	0	0	1	1	0
	lmag105	1	0	2	1	1	0
NUBLADO	lmag106	5	1	0	4	4	1
	lmag107	3	2	0	1	1	2
	lmag108	6	5	0	1	1	5
	lmag109	7	5	2	2	2	5
	lmag110	11	6	1	5	5	6
	lmag111	5	0	9	2	2	0
	lmag112	5	4	9	1	1	4
	lmag113	5	2	1	3	3	2
	lmag114	5	3	1	2	2	3
	lmag115	5	0	2	5	5	0
	lmag116	5	3	1	2	2	3
	lmag117	5	1	1	4	4	1
	lmag118	3	0	3	3	3	0
	lmag119	4	2	0	2	2	2
	lmag120	4	1	3	3	3	1
	lmag121	5	0	3	5	5	0
	lmag122	2	0	4	2	2	0
	lmag123	3	0	3	3	3	0
	lmag124	4	0	10	4	4	0
	lmag125	2	0	7	2	2	0
	lmag126	6	3	4	3	3	3
	lmag127	8	6	6	2	2	6

	l _{mag} 128	2	2	1	0	0	2
	l _{mag} 129	2	0	1	2	2	0
NOCHE	l _{mag} 130	11	9	0	2	2	9
	l _{mag} 131	8	8	2	0	0	8
	l _{mag} 132	3	3	0	0	0	3
	l _{mag} 133	3	2	1	1	1	2
	l _{mag} 134	4	4	0	0	0	4
	l _{mag} 135	5	2	0	3	3	2
	l _{mag} 136	6	2	0	4	4	2
	l _{mag} 137	5	4	0	1	1	4
	l _{mag} 138	4	2	1	2	2	2
	l _{mag} 139	4	3	1	1	1	3
	l _{mag} 140	6	4	0	2	2	4
	l _{mag} 141	4	3	0	1	1	3
	l _{mag} 142	7	6	0	1	1	6
	l _{mag} 143	6	4	0	2	2	4
	l _{mag} 144	3	1	1	2	2	1
	l _{mag} 145	8	7	2	1	1	7
	l _{mag} 146	7	6	2	1	1	6
	l _{mag} 147	4	3	0	1	1	3
	l _{mag} 148	2	1	0	1	1	1
	l _{mag} 149	5	5	4	0	0	5
	l _{mag} 150	7	5	0	2	2	5
	l _{mag} 151	5	5	0	0	0	5
	l _{mag} 152	2	2	1	0	0	2
	l _{mag} 153	7	7	2	0	0	7
	l _{mag} 154	2	2	2	0	0	2
	l _{mag} 155	5	4	1	1	1	4
	l _{mag} 156	2	2	0	0	0	2
	l _{mag} 157	5	5	1	0	0	5
	l _{mag} 158	6	5	1	1	1	5
	l _{mag} 159	3	2	0	1	1	2
	l _{mag} 160	2	0	1	2	2	0
	l _{mag} 161	3	3	1	0	0	3
l _{mag} 162	8	7	3	1	1	7	
l _{mag} 163	6	6	2	0	0	6	
l _{mag} 164	5	1	0	4	4	1	
VACÍO	l _{mag} 165	0	0	0	0	0	0
	l _{mag} 166	0	0	0	0	0	0
	l _{mag} 167	0	0	1	0	0	0
	l _{mag} 168	0	0	0	0	0	0

Imag169	0	0	0	0	0	0
Imag170	0	0	1	0	0	0
Imag171	0	0	0	0	0	0
Imag172	0	0	2	0	0	0
Imag173	0	0	0	0	0	0
Imag174	0	0	2	0	0	0
Imag175	0	0	2	0	0	0
Imag176	0	0	0	0	0	0
Imag177	0	0	3	0	0	0
Imag178	0	0	4	0	0	0
Imag179	0	0	5	0	0	0
Imag180	0	0	0	0	0	0
Imag181	0	0	3	0	0	0
Imag182	0	0	1	0	0	0
Imag183	0	0	0	0	0	0
Imag184	0	0	0	0	0	0
Imag185	0	0	0	0	0	0
Imag186	0	0	0	0	0	0
Imag187	0	0	2	0	0	0
Imag188	0	0	0	0	0	0
Imag189	0	0	4	0	0	0
Imag190	0	0	0	0	0	0
Imag191	0	0	0	0	0	0
Imag192	0	0	0	0	0	0
Imag193	0	0	0	0	0	0
Imag194	0	0	0	0	0	0
Imag195	0	0	0	0	0	0
Imag196	0	0	0	0	0	0
Imag197	0	0	0	0	0	0
Imag198	0	0	0	0	0	0
Imag199	0	0	0	0	0	0
Imag200	0	0	0	0	0	0

Fuente: Autor.
 Elaboración: Autor.

En la Figura 10 se presenta los Verdaderos Positivos (V.P.), Verdaderos Negativos (V.N.), Falsos Positivos (F.P.) y Falsos Negativos (F.N.), del algoritmo Viola-Jones, en donde existe un buen porcentaje de Verdaderos positivos, pero también se observa un alto índice de falsos positivos.

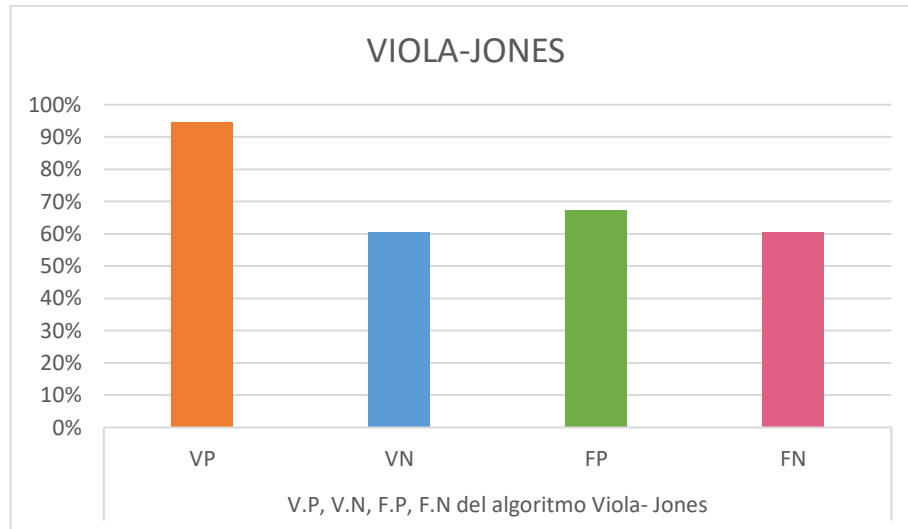


Figura 10. Verdaderos Positivos (V.P.), Verdaderos Negativos(V.N.), Falsos Positivos(F.P.) y Falsos Negativos (F.N.), del algoritmo Viola-Jones.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

3.3.2 Algoritmo Clasificador en Cascada con Entrenamiento.

Tabla 11. Resultados Verdaderos Positivos-Negativos y Falsos Positivos-Negativos del Algoritmo por Entrenamiento.

ALGORITMO POR ENTRENAMIENTO							
ESCENARIO	NOMBRE IMAGEN	NRO. ROSTROS EN LA IMAGEN	Verdaderos Positivos	Falsos Positivos	Verdaderos Negativos	Falsos Negativos	CANTIDAD DE ROSTROS RECONOCIDOS
DÍA	Imag0	11	7	0	4	4	7
	Imag1	8	5	4	3	3	5
	Imag2	9	5	1	4	4	5
	Imag3	4	2	2	2	2	2
	Imag4	12	6	3	6	6	6
	Imag5	9	8	3	1	1	8
	Imag6	5	2	5	3	3	2
	Imag7	4	2	1	2	2	2
	Imag8	9	4	3	5	5	4
	Imag9	4	1	1	3	3	1
	Imag10	6	2	2	4	4	2
	Imag11	5	2	0	3	3	2
	Imag12	7	1	0	6	6	1
	Imag13	4	0	1	4	4	0
	Imag14	7	6	2	1	1	6
	Imag15	5	4	2	1	1	4
	Imag16	7	4	1	3	3	4

	Imag17	6	3	1	3	3	3
	Imag18	4	2	0	2	2	2
	Imag19	5	3	1	2	2	3
	Imag20	5	3	3	2	2	3
	Imag21	2	1	0	1	1	1
	Imag22	6	5	1	1	1	5
	Imag23	5	2	1	3	3	2
	Imag24	5	1	1	4	4	1
	Imag25	5	3	3	2	2	3
	Imag26	7	7	1	0	0	7
	Imag27	3	3	0	0	0	3
	Imag28	5	3	3	2	2	3
	Imag29	6	5	1	1	1	5
SOL	Imag30	16	9	0	7	7	9
	Imag31	3	1	2	2	2	1
	Imag32	5	2	0	3	3	2
	Imag33	5	3	1	2	2	3
	Imag34	13	6	2	7	7	6
	Imag35	2	1	2	1	1	1
	Imag36	4	2	1	2	2	2
	Imag37	4	1	1	3	3	1
	Imag38	4	1	2	3	3	1
	Imag39	5	0	3	5	5	0
	Imag40	5	3	0	2	2	3
	Imag41	4	3	1	1	1	3
	Imag42	7	3	0	4	4	3
	Imag43	7	3	0	4	4	3
	Imag44	5	3	0	2	2	3
	Imag45	3	2	0	1	1	2
	Imag46	5	5	0	0	0	5
	Imag47	5	2	1	3	3	2
	Imag48	6	4	2	2	2	4
	Imag49	3	3	0	0	0	3
	Imag50	5	1	2	4	4	1
	Imag51	3	3	1	0	0	3
	Imag52	4	3	0	1	1	3
	Imag53	3	3	0	0	0	3
	Imag54	6	1	0	5	5	1
	Imag55	3	2	0	1	1	2
	Imag56	4	2	0	2	2	2
	Imag57	4	2	1	2	2	2
	Imag58	5	2	2	3	3	2

	Imag59	3	3	2	0	0	3
AGLOMERACIÓN	Imag60	15	9	1	6	6	9
	Imag61	10	7	3	3	3	7
	Imag62	11	7	0	4	4	7
	Imag63	10	2	0	8	8	2
	Imag64	40	30	3	10	10	30
	Imag65	8	2	2	6	6	2
	Imag66	12	2	0	10	10	2
	Imag67	14	7	1	7	7	7
	Imag68	13	5	0	8	8	5
	Imag69	13	5	0	8	8	5
	Imag70	14	6	1	8	8	6
	Imag71	8	2	0	6	6	2
	Imag72	11	3	2	8	8	3
	Imag73	11	0	1	11	11	0
	Imag74	10	1	2	9	9	1
	Imag75	15	15	2	0	0	15
	Imag76	17	14	2	3	3	14
	Imag77	24	9	0	15	15	9
	Imag78	16	6	2	10	10	6
	Imag79	42	24	5	18	18	24
	Imag80	11	3	1	8	8	3
	Imag81	6	5	2	1	1	5
	Imag82	17	9	3	8	8	9
	Imag83	62	8	1	54	54	8
Imag84	7	3	0	4	4	3	
LLUVIA	Imag85	8	2	0	6	6	2
	Imag86	1	0	0	1	1	0
	Imag87	2	0	0	2	2	0
	Imag88	3	1	0	2	2	1
	Imag89	1	0	0	1	1	0
	Imag90	4	1	0	3	3	1
	Imag91	1	0	0	1	1	0
	Imag92	2	1	0	1	1	1
	Imag93	3	0	0	3	3	0
	Imag94	3	0	1	3	3	0
	Imag95	3	1	0	2	2	1
	Imag96	3	0	0	3	3	0
	Imag97	6	1	0	5	5	1
	Imag98	5	0	1	5	5	0
	Imag99	5	2	0	3	3	2
	Imag100	2	0	0	2	2	0

	Imag101	2	0	0	2	2	0
	Imag102	1	0	1	1	1	0
	Imag103	3	1	0	2	2	0
	Imag104	1	0	1	1	1	0
	Imag105	1	0	0	1	1	0
NUBLADO	Imag106	5	3	2	2	2	3
	Imag107	3	0	1	3	3	0
	Imag108	6	2	0	4	4	2
	Imag109	7	3	0	4	4	3
	Imag110	11	3	0	8	8	3
	Imag111	5	1	0	4	4	1
	Imag112	5	1	1	4	4	1
	Imag113	5	1	0	4	4	1
	Imag114	5	2	1	3	3	2
	Imag115	5	1	2	4	4	1
	Imag116	5	1	0	4	4	1
	Imag117	5	2	2	3	3	2
	Imag118	3	1	1	2	2	1
	Imag119	4	2	1	2	2	2
	Imag120	4	0	0	4	4	0
	Imag121	5	1	2	4	4	1
	Imag122	2	2	3	0	0	2
	Imag123	3	1	1	2	2	1
	Imag124	4	1	1	3	3	1
	Imag125	2	1	1	1	1	1
Imag126	6	5	0	1	1	5	
Imag127	8	2	1	6	6	2	
Imag128	2	2	1	0	0	2	
Imag129	2	1	1	1	1	1	
NOCHE	Imag130	11	3	1	8	8	3
	Imag131	8	5	0	3	3	5
	Imag132	3	2	2	1	1	2
	Imag133	3	1	1	2	2	1
	Imag134	4	2	1	2	2	2
	Imag135	5	1	2	4	4	1
	Imag136	6	4	1	2	2	4
	Imag137	5	3	1	2	2	3
	Imag138	4	3	0	1	1	3
	Imag139	4	0	3	4	4	0
	Imag140	6	4	0	2	2	4
	Imag141	4	4	2	0	0	4
	Imag142	7	4	1	3	3	4

	Imag143	6	3	0	3	3	3
	Imag144	3	2	2	1	1	2
	Imag145	8	3	1	5	5	3
	Imag146	7	1	0	6	6	1
	Imag147	4	3	0	1	1	3
	Imag148	2	1	0	1	1	1
	Imag149	5	2	1	3	3	2
	Imag150	7	2	0	5	5	2
	Imag151	5	2	0	3	3	2
	Imag152	2	1	2	1	1	1
	Imag153	7	2	0	5	5	2
	Imag154	2	2	0	0	0	2
	Imag155	5	1	0	4	4	1
	Imag156	2	0	1	2	2	0
	Imag157	5	4	0	1	1	4
	Imag158	6	5	2	1	1	5
	Imag159	3	1	0	2	2	1
	Imag160	2	0	1	2	2	0
	Imag161	3	2	2	1	1	2
	Imag162	8	6	1	2	2	6
	Imag163	6	5	1	1	1	5
	Imag164	5	2	1	3	3	2
VACÍO	Imag165	0	0	0	0	0	0
	Imag166	0	0	0	0	0	0
	Imag167	0	0	0	0	0	0
	Imag168	0	0	0	0	0	0
	Imag169	0	0	0	0	0	0
	Imag170	0	0	0	0	0	0
	Imag171	0	0	0	0	0	0
	Imag172	0	0	0	0	0	0
	Imag173	0	0	0	0	0	0
	Imag174	0	0	0	0	0	0
	Imag175	0	0	0	0	0	0
	Imag176	0	0	0	0	0	0
	Imag177	0	0	0	0	0	0
	Imag178	0	0	0	0	0	0
	Imag179	0	0	0	0	0	0
	Imag180	0	0	0	0	0	0
	Imag181	0	0	0	0	0	0
	Imag182	0	0	0	0	0	0
	Imag183	0	0	0	0	0	0
	Imag184	0	0	0	0	0	0

Imag185	0	0	0	0	0	0
Imag186	0	0	0	0	0	0
Imag187	0	0	0	0	0	0
Imag188	0	0	0	0	0	0
Imag189	0	0	0	0	0	0
Imag190	0	0	0	0	0	0
Imag191	0	0	0	0	0	0
Imag192	0	0	0	0	0	0
Imag193	0	0	0	0	0	0
Imag194	0	0	0	0	0	0
Imag195	0	0	0	0	0	0
Imag196	0	0	0	0	0	0
Imag197	0	0	0	0	0	0
Imag198	0	0	0	0	0	0
Imag199	0	0	0	0	0	0
Imag200	0	0	0	0	0	0

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

En la Figura 11 se observa un alto porcentaje de Verdaderos negativos y falsos positivos, lo que indica que existe un margen de error bastante grande en las imágenes.

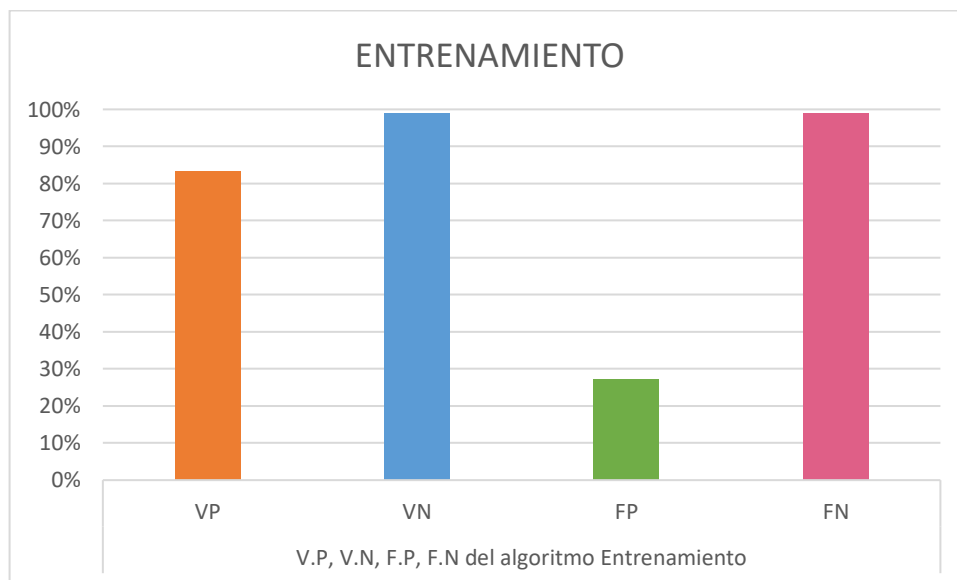


Figura 11. Verdaderos Positivos (V.P.), Verdaderos Negativos(V.N.), Falsos Positivos(F.P.) y Falsos Negativos (F.N.), del algoritmo Entrenamiento.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

3.3.3 Algoritmo Detección de Piel.

Tabla 12. Resultados Verdaderos Positivos-Negativos y Falsos Positivos-Negativos del Algoritmo Detección de Piel.

Algoritmo Detección de Piel							
ESCENARIO	NOMBRE IMAGEN	NRO. ROSTROS EN LA IMAGEN	Verdaderos Positivos	Falsos Positivos	Verdaderos Negativos	Falsos Negativos	CANTIDAD DE ROSTROS RECONOCIDOS
DÍA	Imag0	11	8	0	3	3	8
	Imag1	8	5	4	3	3	5
	Imag2	9	4	6	5	5	4
	Imag3	4	3	4	1	1	3
	Imag4	12	10	8	2	2	10
	Imag5	9	9	8	0	0	9
	Imag6	5	3	10	2	2	3
	Imag7	4	4	7	0	0	4
	Imag8	9	7	6	2	2	7
	Imag9	4	2	2	2	2	2
	Imag10	6	2	1	4	4	2
	Imag11	5	2	5	3	3	2
	Imag12	7	0	2	7	7	0
	Imag13	4	1	1	3	3	1
	Imag14	7	6	6	1	1	6
	Imag15	5	1	2	4	4	1
	Imag16	7	3	3	4	4	3
	Imag17	6	1	0	5	5	1
	Imag18	4	3	0	1	1	3
	Imag19	5	2	3	3	3	2
	Imag20	5	2	4	3	3	2
	Imag21	2	1	0	1	1	1
	Imag22	6	4	1	2	2	4
	Imag23	5	2	0	3	3	2
	Imag24	5	3	2	2	2	3
	Imag25	5	4	1	1	1	4
	Imag26	7	4	3	3	3	4
	Imag27	3	3	2	0	0	3
	Imag28	5	3	2	2	2	3
	Imag29	6	2	0	4	4	2
SOL	Imag30	16	14	10	2	2	14
	Imag31	3	3	10	0	0	3
	Imag32	5	1	0	4	4	1

	Imag33	5	5	8	0	0	5
	Imag34	13	9	6	4	4	9
	Imag35	2	1	0	1	1	1
	Imag36	4	2	6	2	2	2
	Imag37	4	2	2	2	2	2
	Imag38	4	2	6	2	2	2
	Imag39	5	4	7	1	1	4
	Imag40	5	4	1	1	1	4
	Imag41	4	4	6	0	0	4
	Imag42	7	4	4	3	3	4
	Imag43	7	3	1	4	4	3
	Imag44	5	3	2	2	2	3
	Imag45	3	3	1	0	0	3
	Imag46	5	3	2	2	2	3
	Imag47	5	3	1	2	2	3
	Imag48	6	3	1	3	3	3
	Imag49	3	2	1	1	1	2
	Imag50	5	4	2	1	1	4
	Imag51	3	2	5	1	1	2
	Imag52	4	3	5	1	1	3
	Imag53	3	3	2	0	0	3
	Imag54	6	4	4	2	2	4
	Imag55	3	2	1	1	1	2
	Imag56	4	2	3	2	2	2
	Imag57	4	2	1	2	2	2
	Imag58	5	2	1	3	3	2
	Imag59	3	2	0	1	1	2
AGLOMERACIÓN	Imag60	15	9	6	6	6	9
	Imag61	10	8	5	2	2	8
	Imag62	11	7	4	4	4	7
	Imag63	10	2	0	8	8	2
	Imag64	40	34	9	6	6	34
	Imag65	8	2	0	6	6	2
	Imag66	12	2	5	10	10	2
	Imag67	14	7	9	7	7	7
	Imag68	13	5	1	8	8	5
	Imag69	13	9	3	4	4	9
	Imag70	14	10	3	4	4	10
	Imag71	8	2	0	6	6	2
	Imag72	11	4	7	7	7	4
	Imag73	11	0	3	11	11	0
	Imag74	10	3	4	7	7	3

	Imag75	15	5	6	10	10	5
	Imag76	17	9	0	8	8	9
	Imag77	24	20	3	4	4	20
	Imag78	16	11	3	5	5	11
	Imag79	42	33	2	9	9	33
	Imag80	11	6	1	5	5	6
	Imag81	6	5	1	1	1	5
	Imag82	17	3	0	14	14	3
	Imag83	62	20	0	42	42	20
	Imag84	7	5	5	2	2	5
LLUVIA	Imag85	8	3	2	5	5	3
	Imag86	1	0	0	1	1	0
	Imag87	2	0	1	2	2	0
	Imag88	3	1	2	2	2	1
	Imag89	1	0	3	1	1	0
	Imag90	4	1	2	3	3	1
	Imag91	1	0	0	1	1	0
	Imag92	2	0	4	2	2	0
	Imag93	3	0	0	3	3	0
	Imag94	3	1	1	2	2	1
	Imag95	3	1	0	2	2	1
	Imag96	3	1	0	2	2	1
	Imag97	6	3	3	3	3	3
	Imag98	5	0	0	5	5	0
	Imag99	5	3	7	2	2	3
	Imag100	2	0	1	2	2	0
	Imag101	2	0	0	2	2	0
Imag102	1	0	1	1	1	0	
Imag103	3	1	1	2	2	1	
Imag104	1	1	1	0	0	1	
Imag105	1	0	1	1	1	0	
NUBLADO	Imag106	5	1	0	4	4	1
	Imag107	3	1	0	2	2	1
	Imag108	6	2	3	4	4	2
	Imag109	7	3	1	4	4	3
	Imag110	11	7	5	4	4	7
	Imag111	5	2	3	3	3	2
	Imag112	5	3	5	2	2	3
	Imag113	5	1	0	4	4	1
	Imag114	5	1	3	4	4	1
	Imag115	5	3	6	2	2	3
	Imag116	5	1	1	4	4	1

	Imag117	5	1	1	4	4	1
	Imag118	3	0	0	3	3	0
	Imag119	4	2	0	2	2	2
	Imag120	4	1	2	3	3	1
	Imag121	5	3	5	2	2	3
	Imag122	2	1	4	1	1	1
	Imag123	3	0	0	3	3	0
	Imag124	4	2	5	2	2	2
	Imag125	2	1	6	1	1	1
	Imag126	6	3	7	3	3	3
	Imag127	8	4	3	4	4	4
	Imag128	2	1	1	1	1	1
	Imag129	2	1	1	1	1	1
	Imag130	11	8	4	6	6	8
	Imag131	8	6	2	2	2	6
	Imag132	3	2	1	1	1	2
	Imag133	3	2	2	1	1	2
	Imag134	4	2	2	2	2	2
	Imag135	5	0	3	5	5	0
	Imag136	6	2	1	4	4	2
	Imag137	5	1	2	4	4	1
	Imag138	4	4	0	0	0	4
	Imag139	4	2	0	2	2	2
	Imag140	6	1	0	5	5	1
	Imag141	4	2	5	2	2	2
	Imag142	7	2	1	5	5	2
	Imag143	6	1	1	5	5	1
	Imag144	3	2	5	1	1	2
	Imag145	8	0	0	8	8	0
	Imag146	7	1	2	6	6	1
	Imag147	4	0	0	4	4	0
	Imag148	2	0	0	2	2	0
	Imag149	5	5	5	0	0	5
	Imag150	7	4	2	3	3	4
	Imag151	5	3	5	2	2	3
	Imag152	2	2	3	0	0	2
	Imag153	7	5	8	2	2	5
	Imag154	2	1	7	1	1	1
	Imag155	5	3	2	2	2	3
	Imag156	2	1	3	1	1	1
	Imag157	5	4	4	1	1	4
	Imag158	6	0	0	6	6	0

NOCHE

	Imag159	3	1	0	2	2	1
	Imag160	2	1	4	1	1	1
	Imag161	3	2	4	1	1	2
	Imag162	8	3	4	5	5	3
	Imag163	6	6	7	0	0	6
	Imag164	5	2	3	3	3	2
VACÍO	Imag165	0	0	0	0	0	0
	Imag166	0	0	0	0	0	0
	Imag167	0	0	0	0	0	0
	Imag168	0	0	0	0	0	0
	Imag169	0	0	0	0	0	0
	Imag170	0	0	0	0	0	0
	Imag171	0	0	0	0	0	0
	Imag172	0	0	0	0	0	0
	Imag173	0	0	1	0	0	0
	Imag174	0	0	0	0	0	0
	Imag175	0	0	0	0	0	0
	Imag176	0	0	1	0	0	0
	Imag177	0	0	0	0	0	0
	Imag178	0	0	0	0	0	0
	Imag179	0	0	0	0	0	0
	Imag180	0	0	0	0	0	0
	Imag181	0	0	1	0	0	0
	Imag182	0	0	0	0	0	0
	Imag183	0	0	0	0	0	0
	Imag184	0	0	0	0	0	0
	Imag185	0	0	2	0	0	0
	Imag186	0	0	0	0	0	0
	Imag187	0	0	0	0	0	0
	Imag188	0	0	0	0	0	0
	Imag189	0	0	0	0	0	0
	Imag190	0	0	0	0	0	0
	Imag191	0	0	0	0	0	0
	Imag192	0	0	0	0	0	0
	Imag193	0	0	0	0	0	0
	Imag194	0	0	0	0	0	0
	Imag195	0	0	0	0	0	0
	Imag196	0	0	0	0	0	0
	Imag197	0	0	0	0	0	0
Imag198	0	0	0	0	0	0	
Imag199	0	0	0	0	0	0	
Imag200	0	0	0	0	0	0	

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

En la Figura 12 se presenta los Verdaderos Positivos (V.P.), Verdaderos Negativos (V.N.), Falsos Positivos (F.P.) y Falsos Negativos (F.N.), del algoritmo Detección de Piel, en donde existe un buen porcentaje de Verdaderos positivos, pero también se observa un alto índice de Verdaderos negativos y falsos negativos.

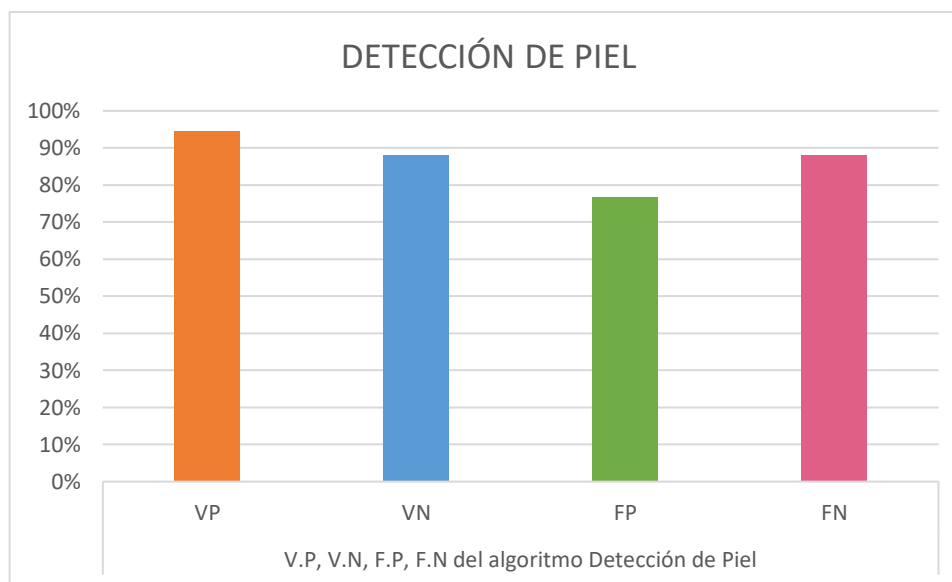


Figura 12. Verdaderos Positivos (V.P.), Verdaderos Negativos(V.N.), Falsos Positivos(F.P.) y Falsos Negativos (F.N.), del algoritmo Detección de Piel.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

3.3.4 Algoritmo LACC

La Tabla 13 muestra los resultados de Verdaderos Positivos, Falsos Positivos, Verdaderos Negativos y Falsos Negativos de las 200 imágenes de prueba.

Tabla 13. Resultados Verdaderos Positivos-Negativos y Falsos Positivos-Negativos del Algoritmo LACC.

ALGORITMO LACC							
ESCENARIO	NOMBRE IMAGEN	NRO. ROSTROS EN LA IMAGEN	Verdaderos Positivos	Falsos Positivos	Verdaderos Negativos	Falsos Negativos	CANTIDAD DE ROSTROS RECONOCIDOS
DÍA	Imag0	11	8	0	3	3	8
	Imag1	8	5	2	3	3	5
	Imag2	9	8	2	1	1	8
	Imag3	4	4	0	0	0	4
	Imag4	12	12	2	0	0	12
	Imag5	9	9	3	0	0	9

	Imag6	5	5	2	0	0	5
	Imag7	4	3	5	1	1	3
	Imag8	9	7	8	2	2	7
	Imag9	4	3	0	1	1	3
	Imag10	6	5	0	1	1	5
	Imag11	5	3	3	2	2	3
	Imag12	7	3	0	4	4	3
	Imag13	4	1	0	3	3	1
	Imag14	7	7	1	0	0	7
	Imag15	5	3	0	2	2	3
	Imag16	7	5	0	2	2	5
	Imag17	6	6	0	0	0	6
	Imag18	4	4	0	0	0	4
	Imag19	5	4	0	1	1	4
	Imag20	5	5	1	0	0	5
	Imag21	2	2	0	0	0	2
	Imag22	6	5	0	1	1	5
	Imag23	5	4	0	1	1	4
	Imag24	5	3	0	2	2	3
	Imag25	5	5	0	0	0	5
	Imag26	7	6	0	1	1	6
	Imag27	3	3	0	0	0	3
	Imag28	5	4	0	1	1	4
	Imag29	6	6	0	0	0	6
SOL	Imag30	16	14	1	2	2	14
	Imag31	3	3	0	0	0	3
	Imag32	5	3	0	2	2	3
	Imag33	5	1	1	4	4	1
	Imag34	13	11	2	2	2	11
	Imag35	2	2	1	0	0	2
	Imag36	4	2	1	2	2	2
	Imag37	4	2	0	2	2	2
	Imag38	4	3	1	1	1	3
	Imag39	5	3	3	2	2	3
	Imag40	5	4	0	1	1	4
	Imag41	4	4	0	0	0	4
	Imag42	7	3	0	4	4	3
	Imag43	7	6	0	1	1	6
	Imag44	5	1	0	4	4	1
	Imag45	3	3	1	0	0	3
	Imag46	5	3	0	2	2	3
	Imag47	5	5	1	0	0	5

	Imag48	6	1	0	5	5	1
	Imag49	3	3	0	0	0	3
	Imag50	5	2	0	3	3	2
	Imag51	3	0	0	3	3	0
	Imag52	4	4	1	0	0	4
	Imag53	3	3	0	0	0	3
	Imag54	6	6	1	0	0	6
	Imag55	3	1	1	2	2	1
	Imag56	4	3	0	1	1	3
	Imag57	4	3	0	1	1	3
	Imag58	5	4	1	1	1	4
	Imag59	3	3	1	0	0	3
AGLOMERACIÓN	Imag60	15	11	5	4	4	11
	Imag61	10	10	1	0	0	10
	Imag62	11	11	8	0	0	11
	Imag63	10	3	0	7	7	3
	Imag64	40	36	12	4	4	36
	Imag65	8	3	0	5	5	3
	Imag66	12	3	4	9	9	3
	Imag67	14	11	8	3	3	11
	Imag68	13	11	0	2	2	11
	Imag69	13	10	1	3	3	10
	Imag70	14	10	0	4	4	10
	Imag71	8	3	0	5	5	3
	Imag72	11	4	8	7	7	4
	Imag73	11	1	0	10	10	1
	Imag74	10	5	0	5	5	5
	Imag75	15	5	0	10	10	5
	Imag76	17	17	0	0	0	17
	Imag77	24	19	0	5	5	19
	Imag78	16	15	0	1	1	15
	Imag79	42	41	1	1	1	41
Imag80	11	4	0	7	7	4	
Imag81	6	6	0	0	0	6	
Imag82	17	16	0	0	0	16	
Imag83	62	38	0	24	24	38	
Imag84	7	7	0	0	0	7	
LLUVIA	Imag85	8	6	8	2	2	6
	Imag86	1	0	0	1	1	0
	Imag87	2	1	3	1	1	1
	Imag88	3	2	5	1	1	2
	Imag89	1	1	2	0	0	1

	Imag90	4	1	1	3	3	1
	Imag91	1	0	0	1	1	0
	Imag92	2	2	5	0	0	2
	Imag93	3	1	2	2	2	1
	Imag94	3	1	0	2	2	1
	Imag95	3	0	0	3	3	0
	Imag96	3	0	0	3	3	0
	Imag97	6	0	3	6	6	0
	Imag98	5	0	4	5	5	0
	Imag99	5	3	3	2	2	3
	Imag100	2	0	0	2	2	0
	Imag101	2	1	0	1	1	1
	Imag102	1	0	1	1	1	0
	Imag103	3	1	0	2	2	1
	Imag104	1	0	0	1	1	0
	Imag105	1	0	0	1	1	0
	Imag106	5	1	1	4	4	1
	Imag107	3	2	0	1	1	2
	Imag108	6	5	1	1	1	5
	Imag109	7	6	1	1	1	6
	Imag110	11	10	1	1	1	10
	Imag111	5	0	2	5	5	0
	Imag112	5	4	7	1	1	4
	Imag113	5	4	1	1	1	4
	Imag114	5	4	0	1	1	4
	Imag115	5	0	1	5	5	0
	Imag116	5	3	2	2	2	3
	Imag117	5	4	1	1	1	4
	Imag118	3	0	2	3	3	0
	Imag119	4	2	0	2	2	2
	Imag120	4	2	0	2	2	2
	Imag121	5	0	0	5	5	0
	Imag122	2	1	5	1	1	1
	Imag123	3	0	0	3	3	0
	Imag124	4	0	4	4	4	0
	Imag125	2	0	3	2	2	0
	Imag126	6	3	3	3	3	3
	Imag127	8	6	3	2	2	6
	Imag128	2	2	0	0	0	2
	Imag129	2	0	0	2	2	0
	Imag130	11	8	0	3	3	8
	Imag131	8	8	0	0	0	8
NUBLADO							
NOCHE							

	Imag132	3	3	0	0	0	3
	Imag133	3	1	0	2	2	1
	Imag134	4	4	1	0	0	4
	Imag135	5	3	1	2	2	3
	Imag136	6	2	0	4	4	2
	Imag137	5	5	0	0	0	5
	Imag138	4	2	1	2	2	2
	Imag139	4	3	0	1	1	3
	Imag140	6	4	0	2	2	4
	Imag141	4	2	0	2	2	2
	Imag142	7	6	0	1	1	6
	Imag143	6	4	0	2	2	4
	Imag144	3	1	0	2	2	1
	Imag145	8	6	0	2	2	6
	Imag146	7	5	0	2	2	5
	Imag147	4	3	0	1	1	3
	Imag148	2	1	1	1	1	1
	Imag149	5	4	2	1	1	4
	Imag150	7	5	0	2	2	5
	Imag151	5	5	0	0	0	5
	Imag152	2	2	1	0	0	2
	Imag153	7	7	2	0	0	7
	Imag154	2	2	1	0	0	2
	Imag155	5	4	0	1	1	4
	Imag156	2	2	0	0	0	2
	Imag157	5	5	0	0	0	5
	Imag158	6	5	0	1	1	5
	Imag159	3	2	0	1	1	2
	Imag160	2	0	0	2	2	0
	Imag161	3	3	0	0	0	3
	Imag162	8	7	2	1	1	7
	Imag163	6	6	0	0	0	6
	Imag164	5	1	0	4	4	1
VACÍO	Imag165	0	0	0	0	0	0
	Imag166	0	0	0	0	0	0
	Imag167	0	0	0	0	0	0
	Imag168	0	0	0	0	0	0
	Imag169	0	0	0	0	0	0
	Imag170	0	0	0	0	0	0
	Imag171	0	0	0	0	0	0
	Imag172	0	0	0	0	0	0
	Imag173	0	0	0	0	0	0

Imag174	0	0	0	0	0	0
Imag175	0	0	0	0	0	0
Imag176	0	0	0	0	0	0
Imag177	0	0	0	0	0	0
Imag178	0	0	0	0	0	0
Imag179	0	0	0	0	0	0
Imag180	0	0	0	0	0	0
Imag181	0	0	0	0	0	0
Imag182	0	0	0	0	0	0
Imag183	0	0	0	0	0	0
Imag184	0	0	0	0	0	0
Imag185	0	0	0	0	0	0
Imag186	0	0	0	0	0	0
Imag187	0	0	0	0	0	0
Imag188	0	0	0	0	0	0
Imag189	0	0	0	0	0	0
Imag190	0	0	0	0	0	0
Imag191	0	0	0	0	0	0
Imag192	0	0	0	0	0	0
Imag193	0	0	0	0	0	0
Imag194	0	0	0	0	0	0
Imag195	0	0	0	0	0	0
Imag196	0	0	0	0	0	0
Imag197	0	0	0	0	0	0
Imag198	0	0	0	0	0	0
Imag199	0	0	0	0	0	0
Imag200	0	0	0	0	0	0

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

La Figura 13 presenta un buen porcentaje de Verdaderos positivos, y a diferencia de los algoritmos anteriores existe un porcentaje mínimo en cuanto a los Verdaderos negativos, falsos positivos y falsos negativos, lo que indica que se ha superado y mejorado los algoritmos anteriores.

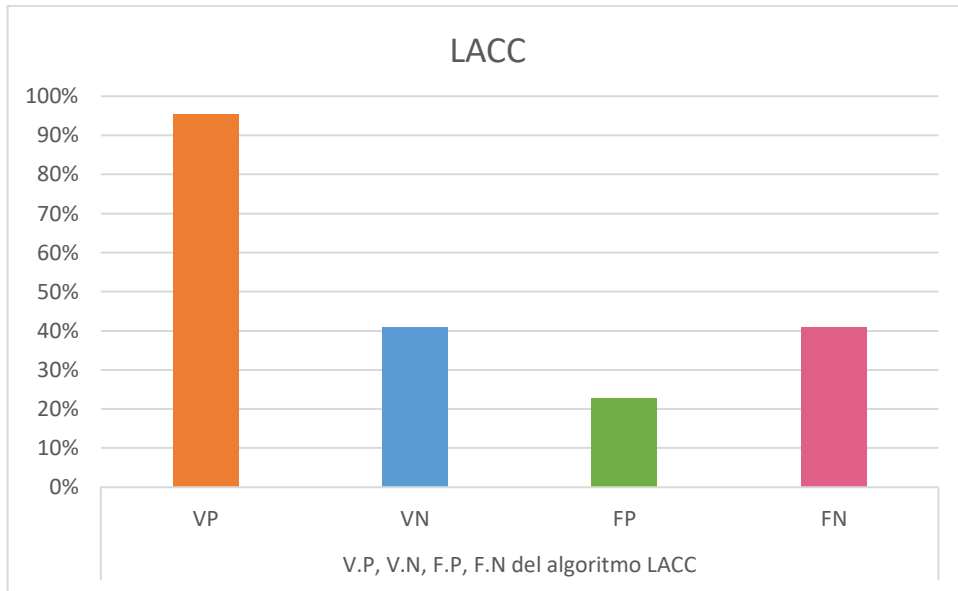


Figura 13. Verdaderos Positivos (V.P.), Verdaderos Negativos (V.N.), Falsos Positivos (F.P.) y Falsos Negativos (F.N.), del algoritmo LACC.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

3.4 Resultados del Conteo de Personas.

En la Figura 14 se puede observar el conteo al momento de la detección de personas.

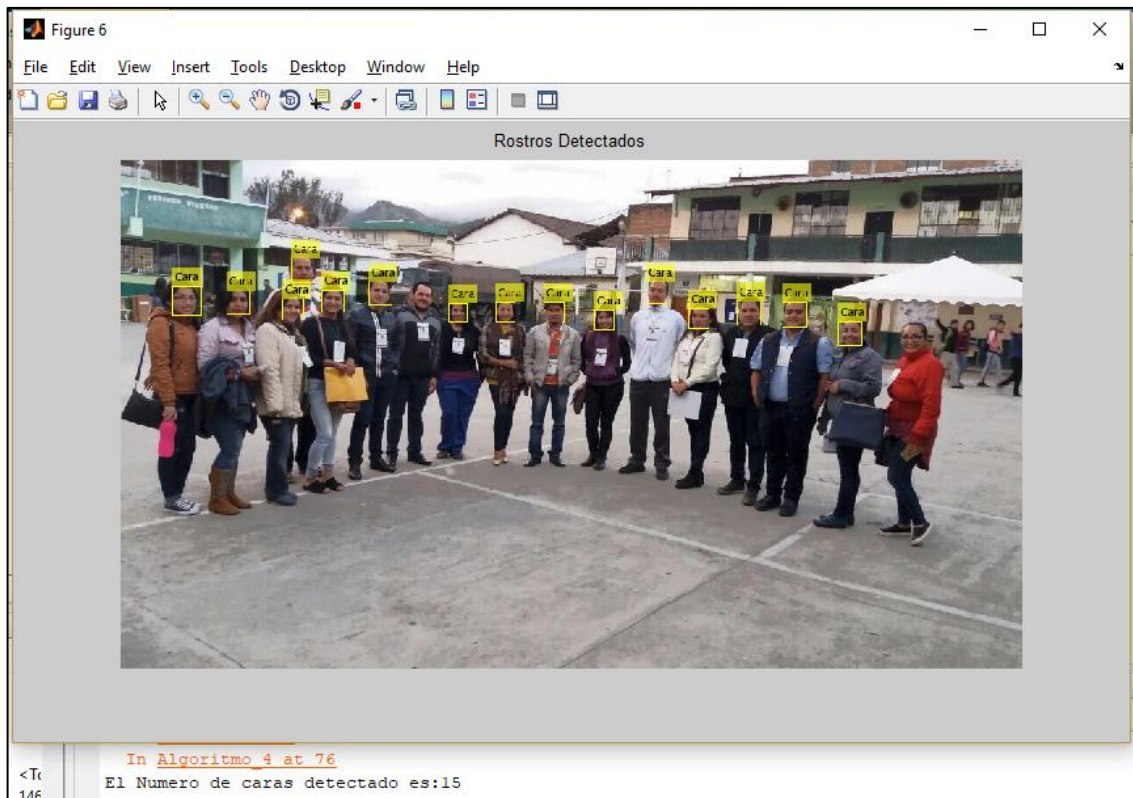


Figura 14. Resultados del Conteo de Personas.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

A continuación, se presenta una tabla general de la cantidad de rostros detectados en una imagen, ya sea de perfil o de vista frontal. Además, las cantidades que se resaltan con rojo, significa el porcentaje que tiene cada algoritmo indicando su efectividad.

Tabla 14. Resultados del Conteo de Personas.

CANTIDAD DE ROSTROS RECONOCIDOS				
	VIOLA-JONES	ENTRENAMIENTO	DETECCIÓN DE PIEL	LACC
BUENO	125	72	86	159
REGULAR	23	33	37	10
MALO	52	95	77	31
TOTAL	200	200	200	200
PORCENTAJE				
	VIOLA-JONES	ENTRENAMIENTO	DETECCIÓN DE PIEL	LACC
BUENO	63 %	36 %	43 %	80 %
REGULAR	12 %	17 %	19 %	5 %
MALO	26 %	48 %	39 %	16 %
TOTAL	100 %	100 %	100 %	100 %

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

En la Figura 15 se puede visualizar la cantidad de rostros reconocidos por cada algoritmo, además, se observa que el 4 algoritmo posee mayor cantidad de rostros detectados y menos error en cuanto a falsos positivos o falsos negativos.

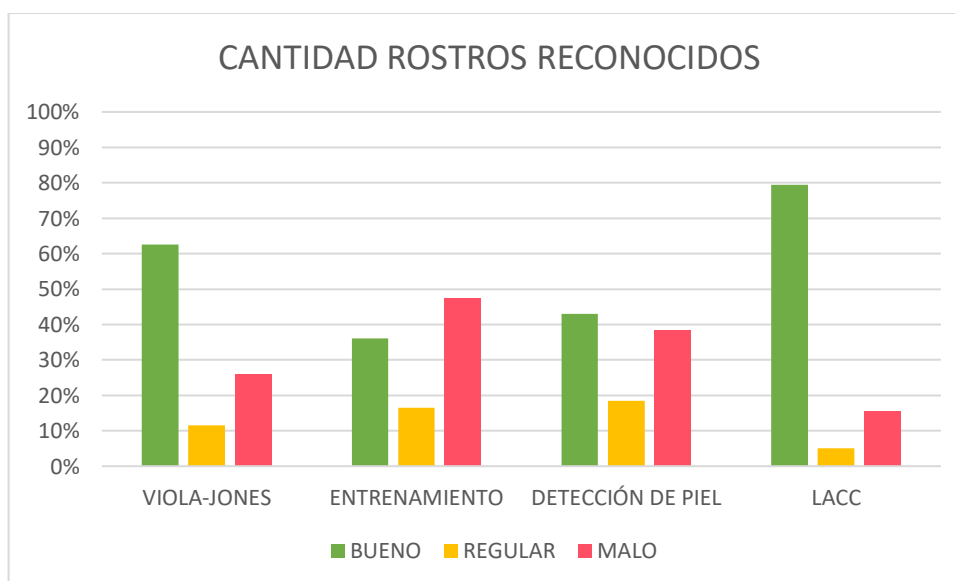


Figura 15. Cantidad Rostros Reconocidos.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

3.5 Comparación de resultados entre una imagen posando con una en movimiento.

En la Tabla 15 se presenta los resultados del conteo de personas posando con los distintos algoritmos implementados.

Tabla 15. Cantidad de Rostros Reconocidos con una imagen de personas posando.

Nombre Imagen	Cantidad de Rostros Reconocidos				
	Nro. Rostros en la Imagen	Viola-Jones	Entrenamiento	Detección-Piel	LACC
Imag78	17	1	6	11	15

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

- Imagen original



Figura 16. Imagen de personas posando para la foto.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

3.5.1 Rostros detectados con algoritmo Viola-Jones.

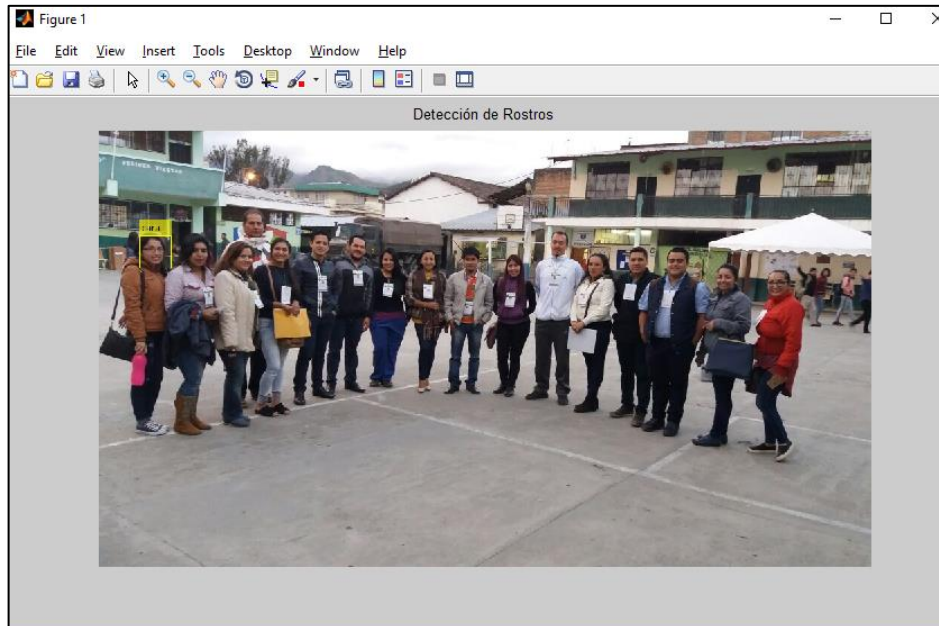


Figura 17. Rostros detectados con algoritmo Viola – Jones de personas posando para la foto.
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

3.5.2 Rostros detectados con algoritmo Entrenamiento.

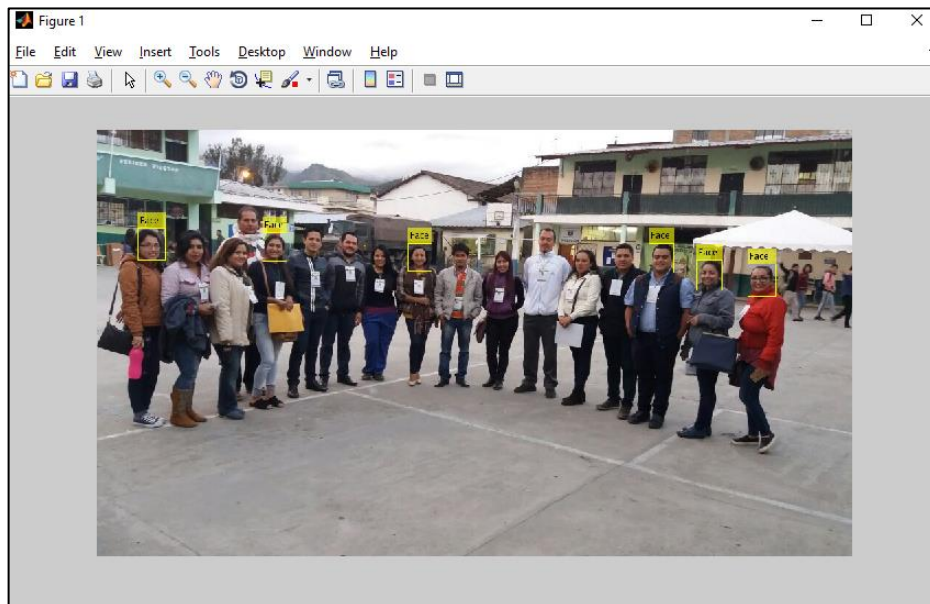


Figura 18. Rostros detectados con algoritmo de Entrenamiento de personas posando para la foto.
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

3.5.3 Rostros detectados con algoritmo Detección de Piel.



Figura 19. Rostros detectados con algoritmo Detección de Piel de personas posando para la foto.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

3.5.4 Rostros detectados con algoritmo LACC.

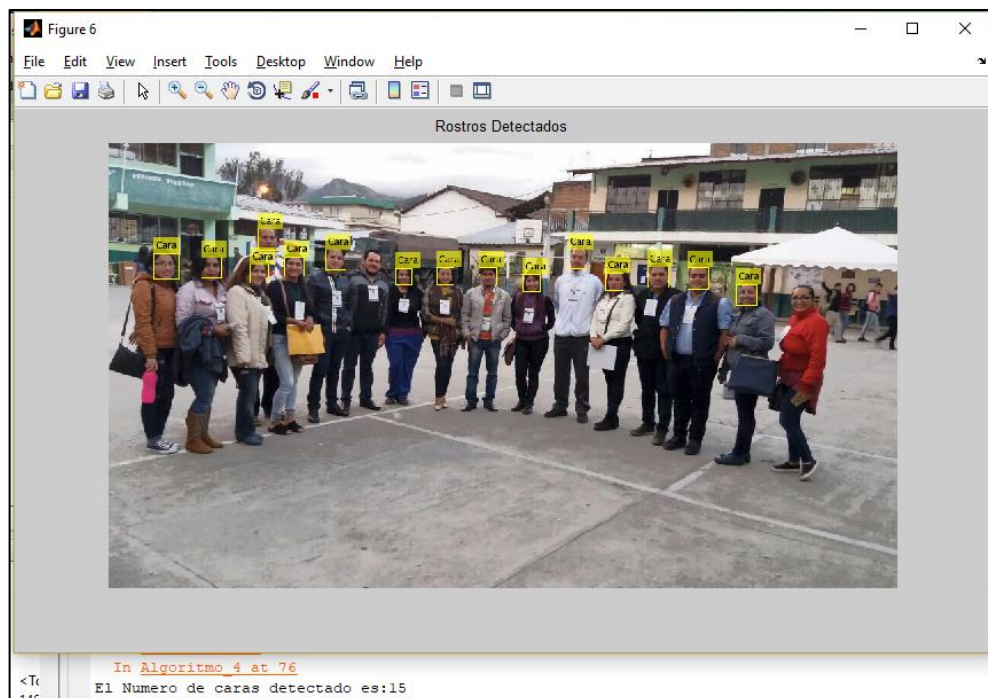


Figura 20. Rostros detectados con el algoritmo LACC de personas posando para la foto.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

En la Tabla 16 se presenta los resultados del conteo de personas posando con los distintos algoritmos implementados.

Tabla 16. Tabla general de la cantidad de rostros reconocidos en imágenes de personas posando.

Personas Posando					
CANTIDAD DE ROSTROS RECONOCIDOS					
NOMBRE IMAGEN	NRO. ROSTROS EN LA IMAGEN	VIOLACIONES	ENTRENAMIENTO	DETECCIÓN DE PIEL	LACC
Imag0	11	7	7	8	8
Imag1	8	6	5	5	5
Imag2	9	7	5	4	8
Imag3	4	4	2	3	4
Imag4	12	12	6	10	12
Imag5	9	9	8	9	9
Imag6	5	5	2	3	5
Imag7	4	4	2	4	3
Imag8	9	7	4	7	7
Imag11	5	3	2	2	3
Imag14	7	7	6	6	7
Imag15	5	3	4	1	3
Imag16	7	4	4	3	5
Imag17	6	6	3	1	6
Imag18	4	3	2	3	4
Imag19	5	3	3	2	4
Imag20	5	4	3	2	5
Imag21	2	2	1	1	2
Imag22	6	5	5	4	5
Imag23	5	4	2	2	4
Imag25	5	5	3	4	5
Imag26	7	6	7	4	6
Imag27	3	3	3	3	3
Imag28	5	4	3	3	4
Imag29	6	6	5	2	6
Imag30	16	14	9	14	14
Imag31	3	3	1	3	3
Imag32	5	3	2	1	3
Imag33	5	0	3	5	1
Imag34	13	11	6	9	11
Imag36	4	1	2	2	2
Imag38	4	3	1	2	3
Imag40	5	4	3	4	4
Imag41	4	4	3	4	4
Imag43	7	5	3	3	6
Imag44	5	1	3	3	1
Imag47	5	5	2	3	5
Imag48	6	1	4	3	1

Imag49	3	3	3	2	3
Imag50	5	1	1	4	2
Imag51	3	0	3	2	0
Imag52	4	4	3	3	4
Imag53	3	3	3	3	3
Imag54	6	5	1	4	6
Imag55	3	0	2	2	1
Imag56	4	3	2	2	3
Imag57	4	3	2	2	3
Imag58	5	4	2	2	4
Imag59	3	3	3	2	3
Imag60	15	11	9	9	11
Imag61	10	10	7	8	10
Imag62	11	11	7	7	11
Imag63	10	0	2	2	3
Imag64	40	34	30	34	36
Imag65	8	0	2	2	3
Imag67	14	9	7	7	11
Imag68	13	11	5	5	11
Imag69	13	10	5	9	10
Imag70	14	10	6	10	10
Imag71	8	0	2	2	3
Imag75	15	5	15	5	5
Imag76	17	17	14	9	17
Imag77	24	18	9	20	19
Imag78	17	1	6	11	15
Imag79	42	38	24	33	41
Imag80	11	4	3	6	4
Imag81	6	6	5	5	6
Imag82	17	13	9	3	16
Imag84	7	7	3	5	7
Imag110	11	6	3	7	10
Imag128	2	2	2	1	2
Imag130	11	9	3	8	8
Imag132	3	3	2	2	3
Imag133	3	2	1	2	1
Imag134	4	4	2	2	4
Imag136	6	2	4	2	2
Imag137	5	4	3	1	5
Imag138	4	2	3	4	2
Imag140	6	4	4	1	4
Imag141	4	3	4	2	2
Imag142	7	6	4	2	6
Imag143	6	4	3	1	4

Imag144	3	1	2	2	1
Imag145	8	7	3	0	6
Imag146	7	6	1	1	5
Imag147	4	3	3	0	3
Imag148	2	1	1	0	1
Imag149	5	5	2	5	4
Imag150	7	5	2	4	5
Imag151	5	5	2	3	5
Imag152	2	2	1	2	2
Imag153	7	7	2	5	7
Imag154	2	2	2	1	2
Imag155	5	4	1	3	4
Imag156	2	2	0	1	2
Imag157	5	5	4	4	5
Imag158	6	5	5	0	5
Imag159	3	2	1	1	2
Imag160	2	0	0	1	0
Imag161	3	3	2	2	3
Imag162	8	7	6	3	7
Imag163	6	6	5	6	6
Imag164	5	1	2	2	1

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

Por otro lado, en la Tabla 17 se presenta los resultados del conteo de personas cuando están en movimiento con los distintos algoritmos implementados.

Tabla 17. Cantidad de Rostros Reconocidos cuando las personas están en movimiento.

Nombre Imagen	Cantidad de Rostros Reconocidos				
	Nro. Rostros en la Imagen	Viola-Jones	Entrenamiento	Detección-Piel	LACC
Imag108	6	5	2	2	5

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

- **Imagen Original**



Figura 21. Imagen de personas caminando por la calle.
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

3.5.5 Rostros detectados con algoritmo Viola-Jones.

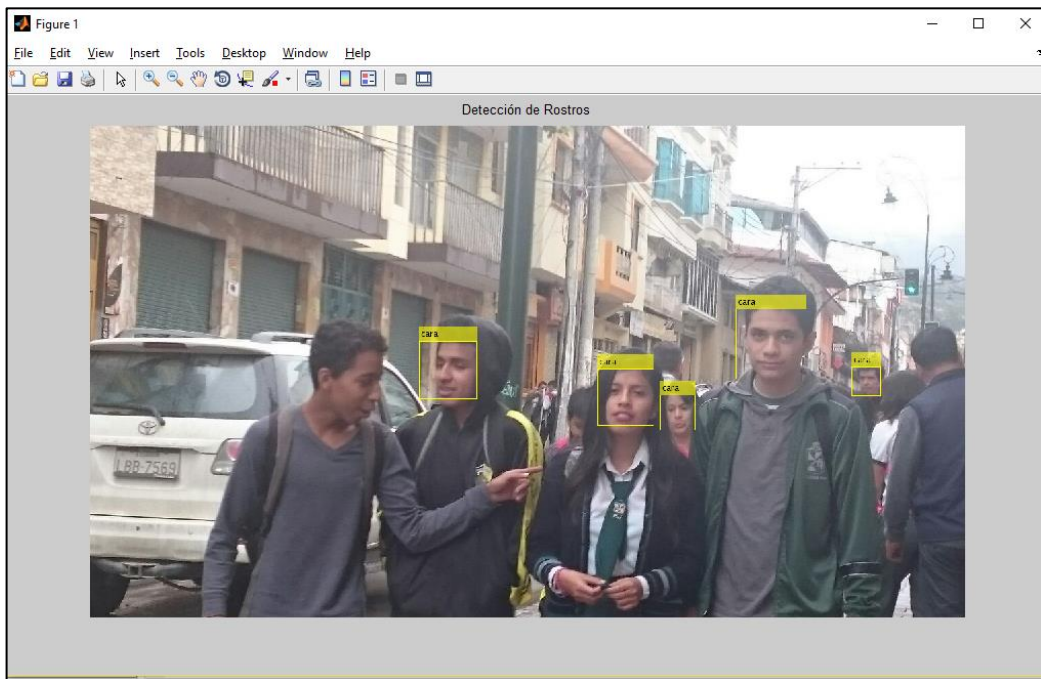


Figura 22. Rostros detectados con algoritmo Viola Jones de personas caminando por la calle.
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

3.5.6 Rostros detectados con algoritmo de Entrenamiento.

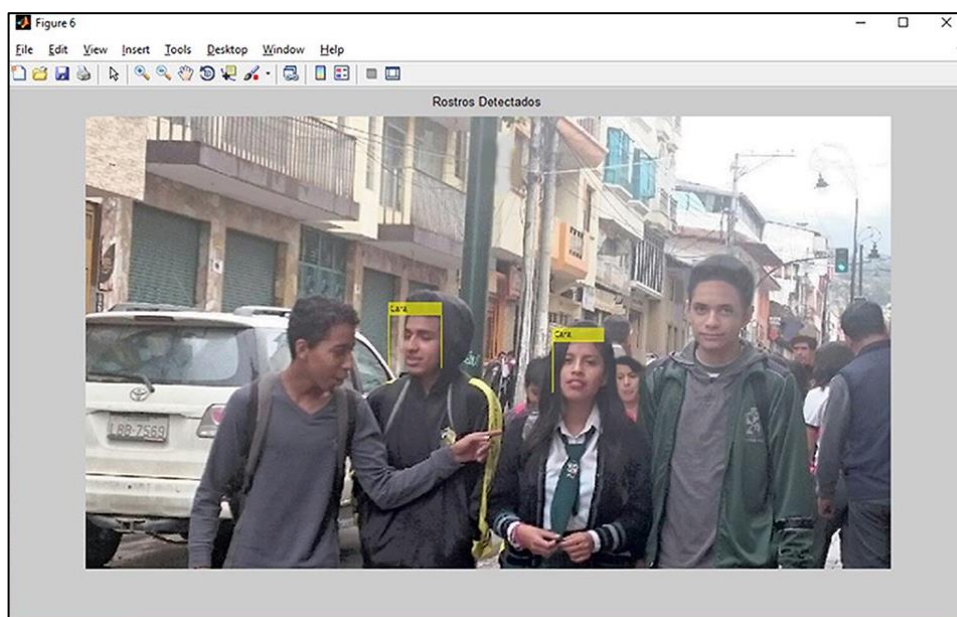


Figura 23. Rostros detectados con algoritmo de Entrenamiento de personas caminando por la calle.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

3.5.7 Rostros detectados con algoritmo Detección de Piel.

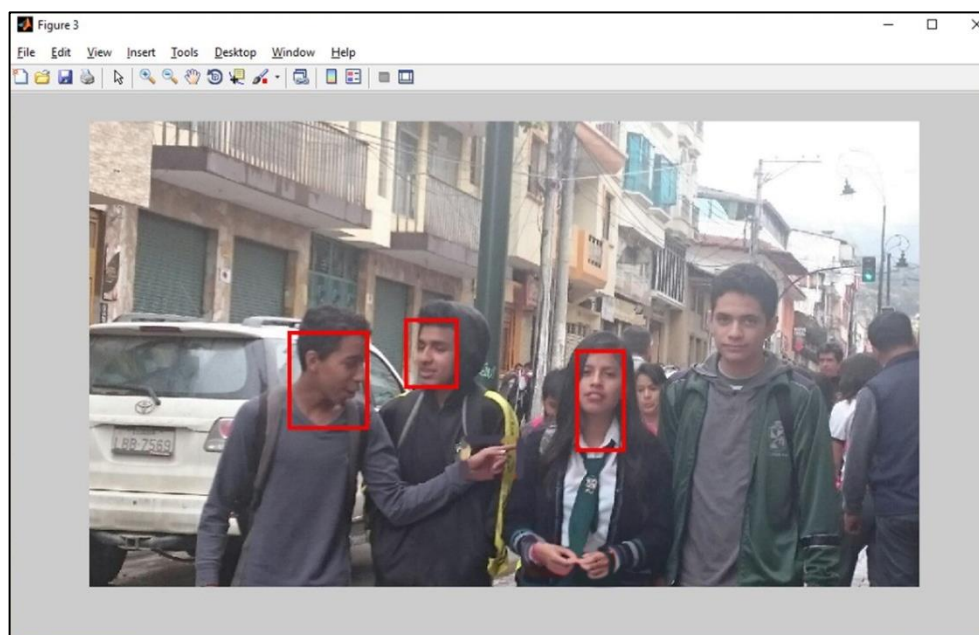


Figura 24. Rostros detectados con algoritmo Detección de Piel de personas caminando por la calle.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

3.5.8 Rostros detectados con algoritmo LACC.

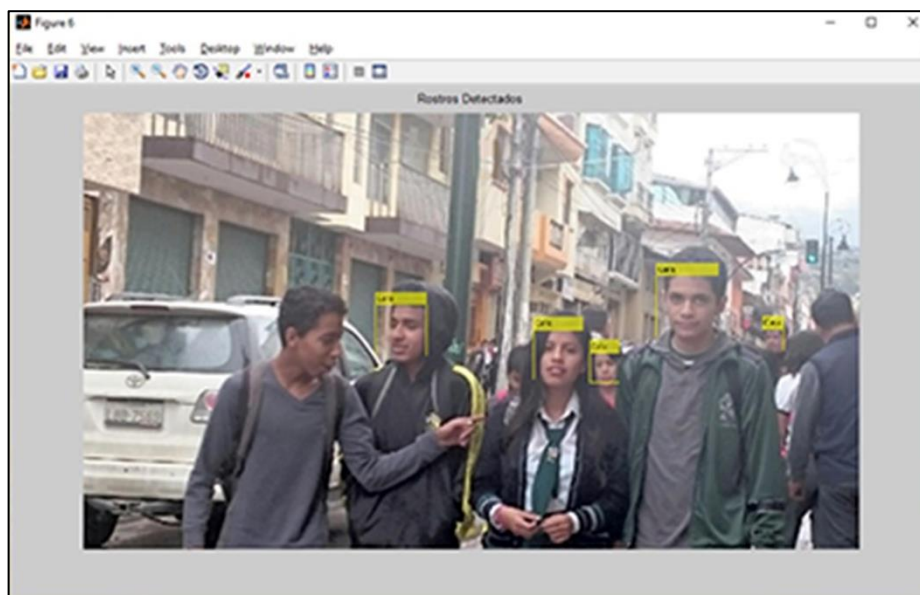


Figura 25. Rostros detectados con algoritmo LACC de personas caminando por la calle.
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

En la Tabla 18 se presenta los resultados del conteo de personas cuando están en movimiento con los distintos algoritmos implementados.

Tabla 18. Tabla general de la cantidad de rostros reconocidos cuando las personas están en movimiento.

Personas en Movimiento					
CANTIDAD DE ROSTROS RECONOCIDOS					
NOMBRE IMAGEN	NRO. ROSTROS EN LA IMAGEN	VIOLA-JONES	ENTRENAMIENTO	DETECCIÓN DE PIEL	LACC
Imag9	4	1	1	2	3
Imag10	6	4	2	2	5
Imag12	7	0	1	0	3
Imag13	4	1	0	1	1
Imag24	5	1	1	3	3
Imag39	5	2	0	4	3
Imag46	5	3	5	3	3
Imag66	12	2	2	2	3
Imag72	11	3	3	4	4
Imag73	11	0	0	0	1
Imag74	10	2	1	3	5
Imag83	62	15	8	20	38

Imag85	8	5	2	3	6
Imag86	1	0	0	0	0
Imag87	2	1	0	0	1
Imag88	3	2	1	1	2
Imag90	4	0	1	1	1
Imag91	1	0	0	0	0
Imag92	2	2	1	0	2
Imag93	3	0	0	0	1
Imag94	3	0	0	1	1
Imag95	3	0	1	1	0
Imag96	3	0	0	1	0
Imag97	6	1	1	3	0
Imag98	5	0	0	0	0
Imag99	5	3	2	3	3
Imag101	2	0	0	0	1
Imag103	3	0	0	1	1
Imag105	1	0	0	0	0
Imag106	5	1	3	1	1
Imag108	6	5	2	2	5
Imag109	7	5	3	3	6
Imag113	5	2	1	1	4
Imag114	5	3	2	1	4
Imag115	5	0	1	3	0
Imag116	5	3	1	1	3
Imag117	5	1	2	1	4
Imag118	3	0	1	0	0
Imag119	4	2	2	2	2
Imag120	4	1	0	1	2
Imag121	5	0	1	3	0
Imag122	2	0	2	1	1
Imag123	3	0	1	0	0
Imag124	4	0	1	2	0
Imag125	2	0	1	1	0
Imag126	6	3	5	3	3
Imag127	8	6	2	4	6
Imag129	2	0	1	1	0
Imag131	8	8	5	6	8
Imag135	5	2	1	0	3
Imag139	4	3	0	2	3

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

3.6 Análisis de resultados

Los experimentos simulados en MATLAB se realizan para verificar la efectividad del nuevo algoritmo propuesto. La mayoría de imágenes de entrada consideran diferentes condiciones de iluminación con un fondo uniforme y no uniforme.

Los experimentos realizados implican un conjunto de 200 imágenes en color para construir el conjunto de pruebas. Los ejemplos de la parte de resultados experimentales se muestran en la Tabla 9.

Los resultados experimentales que utilizan el nuevo algoritmo propuesto demuestran que se puede detectar rostros en mayor cantidad en una imagen. Sin embargo, los falsos positivos y negativos siguen existiendo en algunos casos. Adicional se calculó la sensibilidad para cada imagen basado en la fórmula $S = \text{Verdaderos Positivos} / (\text{Verdaderos Positivos} + \text{Falsos Negativos})$ y la Especificidad basado en la fórmula $e = \text{Verdaderos Negativos} / (\text{Verdaderos Negativos} + \text{Falsos Positivos})$.

La sensibilidad indica la capacidad del algoritmo de detectar rostros en la imagen, es decir los verdaderos positivos, para ello se utilizó las siguientes condiciones:

VERDADEROS POSITIVOS (70 % – 100 %)	
VERDADEROS POSITIVOS (50 % – 70 %)	
VERDADEROS POSITIVOS (- 50 %)	

La especificidad indica la capacidad del algoritmo de dar como verdadero negativo cuando existen verdaderos positivos en la imagen, para ello se utilizó las siguientes condiciones:

VERDADEROS NEGATIVOS (70 % – 100 %)	
VERDADEROS NEGATIVOS (50 % – 70 %)	
VERDADEROS NEGATIVOS (- 50 %)	

En el caso del escenario Vacío debido a que no existen personas, tampoco existen Verdaderos Negativos, Falsos Positivos, Falsos Negativos por lo que la sensibilidad y especificidad serán 0 %. Hay que tener en cuenta que esto ocurre con el algoritmo LACC.

Los datos estadísticos se muestran a continuación:

Tabla 19. Resultados Verdaderos Positivos-Negativos y Falsos Positivos-Negativos del Algoritmo LACC.

ALGORITMO LACC									
ESCENARIO	NOMBRE IMAGEN	NRO. ROSTROS EN LA IMAGEN	Verdaderos Positivos	Falsos Positivos	Verdaderos Negativos	Falsos Negativos	CANTIDAD DE ROSTROS	Sensibilidad	Especificidad
DÍA	Imag0	11	8	0	3	3	8	73%	100%
	Imag1	8	5	2	3	3	5	63%	60%
	Imag2	9	8	2	1	1	8	89%	33%
	Imag3	4	4	0	0	0	4	100%	0%
	Imag4	12	12	2	0	0	12	100%	0%
	Imag5	9	9	3	0	0	9	100%	0%
	Imag6	5	5	2	0	0	5	100%	0%
	Imag7	4	3	5	1	1	3	75%	17%
	Imag8	9	7	8	2	2	7	78%	20%
	Imag9	4	3	0	1	1	3	75%	100%
	Imag10	6	5	0	1	1	5	83%	100%
	Imag11	5	3	3	2	2	3	60%	40%
	Imag12	7	3	0	4	4	3	43%	100%
	Imag13	4	1	0	3	3	1	25%	100%
	Imag14	7	7	1	0	0	7	100%	0%
	Imag15	5	3	0	2	2	3	60%	100%
	Imag16	7	5	0	2	2	5	71%	100%
	Imag17	6	6	0	0	0	6	100%	0%
	Imag18	4	4	0	0	0	4	100%	0%
	Imag19	5	4	0	1	1	4	80%	100%
	Imag20	5	5	1	0	0	5	100%	0%
	Imag21	2	2	0	0	0	2	100%	0%
	Imag22	6	5	0	1	1	5	83%	100%
	Imag23	5	4	0	1	1	4	80%	100%
	Imag24	5	3	0	2	2	3	60%	100%
	Imag25	5	5	0	0	0	5	100%	0%
	Imag26	7	6	0	1	1	6	86%	100%
	Imag27	3	3	0	0	0	3	100%	0%
	Imag28	5	4	0	1	1	4	80%	100%
	Imag29	6	6	0	0	0	6	100%	0%
SOL	Imag30	16	14	1	2	2	14	88%	67%
	Imag31	3	3	0	0	0	3	100%	0%
	Imag32	5	3	0	2	2	3	60%	100%
	Imag33	5	1	1	4	4	1	20%	80%
	Imag34	13	11	2	2	2	11	85%	50%
	Imag35	2	2	1	0	0	2	100%	0%
	Imag36	4	2	1	2	2	2	50%	67%

	Imag37	4	2	0	2	2	2	50%	100%
	Imag38	4	3	1	1	1	3	75%	50%
	Imag39	5	3	3	2	2	3	60%	40%
	Imag40	5	4	0	1	1	4	80%	100%
	Imag41	4	4	0	0	0	4	100%	0%
	Imag42	7	3	0	4	4	3	43%	100%
	Imag43	7	6	0	1	1	6	86%	100%
	Imag44	5	1	0	4	4	1	20%	100%
	Imag45	3	3	1	0	0	3	100%	0%
	Imag46	5	3	0	2	2	3	60%	100%
	Imag47	5	5	1	0	0	5	100%	0%
	Imag48	6	1	0	5	5	1	17%	100%
	Imag49	3	3	0	0	0	3	100%	0%
	Imag50	5	2	0	3	3	2	40%	100%
	Imag51	3	0	0	3	3	0	0%	100%
	Imag52	4	4	1	0	0	4	100%	0%
	Imag53	3	3	0	0	0	3	100%	0%
	Imag54	6	6	1	0	0	6	100%	0%
	Imag55	3	1	1	2	2	1	33%	67%
	Imag56	4	3	0	1	1	3	75%	100%
	Imag57	4	3	0	1	1	3	75%	100%
	Imag58	5	4	1	1	1	4	80%	50%
	Imag59	3	3	1	0	0	3	100%	0%
AGLOMERACIÓN	Imag60	15	11	5	4	4	11	73%	44%
	Imag61	10	10	1	0	0	10	100%	0%
	Imag62	11	11	8	0	0	11	100%	0%
	Imag63	10	3	0	7	7	3	30%	100%
	Imag64	40	36	12	4	4	36	90%	25%
	Imag65	8	3	0	5	5	3	38%	100%
	Imag66	12	3	4	9	9	3	25%	69%
	Imag67	14	11	8	3	3	11	79%	27%
	Imag68	13	11	0	2	2	11	85%	100%
	Imag69	13	10	1	3	3	10	77%	75%
	Imag70	14	10	0	4	4	10	71%	100%
	Imag71	8	3	0	5	5	3	38%	100%
	Imag72	11	4	8	7	7	4	36%	47%
	Imag73	11	1	0	10	10	1	9%	100%
	Imag74	10	5	0	5	5	5	50%	100%
	Imag75	15	5	0	10	10	5	33%	100%
	Imag76	17	17	0	0	0	17	100%	0%
	Imag77	24	19	0	5	5	19	79%	100%
	Imag78	16	15	0	1	1	15	94%	100%

	Imag79	42	41	1	1	1	41	98%	50%
	Imag80	11	4	0	7	7	4	36%	100%
	Imag81	6	6	0	0	0	6	100%	0%
	Imag82	17	16	0	0	0	16	100%	0%
	Imag83	62	38	0	24	24	38	61%	100%
	Imag84	7	7	0	0	0	7	100%	0%
LLUVIA	Imag85	8	6	8	2	2	6	75%	20%
	Imag86	1	0	0	1	1	0	0%	100%
	Imag87	2	1	3	1	1	1	50%	25%
	Imag88	3	2	5	1	1	2	67%	17%
	Imag89	1	1	2	0	0	1	100%	0%
	Imag90	4	1	1	3	3	1	25%	75%
	Imag91	1	0	0	1	1	0	0%	100%
	Imag92	2	2	5	0	0	2	100%	0%
	Imag93	3	1	2	2	2	1	33%	50%
	Imag94	3	1	0	2	2	1	33%	100%
	Imag95	3	0	0	3	3	0	0%	100%
	Imag96	3	0	0	3	3	0	0%	100%
	Imag97	6	0	3	6	6	0	0%	67%
	Imag98	5	0	4	5	5	0	0%	56%
	Imag99	5	3	3	2	2	3	60%	40%
	Imag100	2	0	0	2	2	0	0%	100%
	Imag101	2	1	0	1	1	1	50%	100%
Imag102	1	0	1	1	1	0	0%	50%	
Imag103	3	1	0	2	2	1	33%	100%	
Imag104	1	0	0	1	1	0	0%	100%	
Imag105	1	0	0	1	1	0	0%	100%	
NUBLADO	Imag106	5	1	1	4	4	1	20%	80%
	Imag107	3	2	0	1	1	2	67%	100%
	Imag108	6	5	1	1	1	5	83%	50%
	Imag109	7	6	1	1	1	6	86%	50%
	Imag110	11	10	1	1	1	10	91%	50%
	Imag111	5	0	2	5	5	0	0%	71%
	Imag112	5	4	7	1	1	4	80%	13%
	Imag113	5	4	1	1	1	4	80%	50%
	Imag114	5	4	0	1	1	4	80%	100%
	Imag115	5	0	1	5	5	0	0%	83%
	Imag116	5	3	2	2	2	3	60%	50%
	Imag117	5	4	1	1	1	4	80%	50%
	Imag118	3	0	2	3	3	0	0%	60%
	Imag119	4	2	0	2	2	2	50%	100%
	Imag120	4	2	0	2	2	2	50%	100%

	Imag121	5	0	0	5	5	0	0%	100%
	Imag122	2	1	5	1	1	1	50%	17%
	Imag123	3	0	0	3	3	0	0%	100%
	Imag124	4	0	4	4	4	0	0%	50%
	Imag125	2	0	3	2	2	0	0%	40%
	Imag126	6	3	3	3	3	3	50%	50%
	Imag127	8	6	3	2	2	6	75%	40%
	Imag128	2	2	0	0	0	2	100%	0%
	Imag129	2	0	0	2	2	0	0%	100%
NOCHE	Imag130	11	8	0	3	3	8	73%	100%
	Imag131	8	8	0	0	0	8	100%	0%
	Imag132	3	3	0	0	0	3	100%	0%
	Imag133	3	1	0	2	2	1	33%	100%
	Imag134	4	4	1	0	0	4	100%	0%
	Imag135	5	3	1	2	2	3	60%	67%
	Imag136	6	2	0	4	4	2	33%	100%
	Imag137	5	5	0	0	0	5	100%	0%
	Imag138	4	2	1	2	2	2	50%	67%
	Imag139	4	3	0	1	1	3	75%	100%
	Imag140	6	4	0	2	2	4	67%	100%
	Imag141	4	2	0	2	2	2	50%	100%
	Imag142	7	6	0	1	1	6	86%	100%
	Imag143	6	4	0	2	2	4	67%	100%
	Imag144	3	1	0	2	2	1	33%	100%
	Imag145	8	6	0	2	2	6	75%	100%
	Imag146	7	5	0	2	2	5	71%	100%
	Imag147	4	3	0	1	1	3	75%	100%
	Imag148	2	1	1	1	1	1	50%	50%
	Imag149	5	4	2	1	1	4	80%	33%
	Imag150	7	5	0	2	2	5	71%	100%
	Imag151	5	5	0	0	0	5	100%	0%
	Imag152	2	2	1	0	0	2	100%	0%
	Imag153	7	7	2	0	0	7	100%	0%
	Imag154	2	2	1	0	0	2	100%	0%
	Imag155	5	4	0	1	1	4	80%	100%
	Imag156	2	2	0	0	0	2	100%	0%
	Imag157	5	5	0	0	0	5	100%	0%
	Imag158	6	5	0	1	1	5	83%	100%
	Imag159	3	2	0	1	1	2	67%	100%
	Imag160	2	0	0	2	2	0	0%	100%
	Imag161	3	3	0	0	0	3	100%	0%
	Imag162	8	7	2	1	1	7	88%	33%

	Imag163	6	6	0	0	0	6	100%	0%
	Imag164	5	1	0	4	4	1	20%	100%
VACÍO	Imag165	0	0	0	0	0	0	0%	0%
	Imag166	0	0	0	0	0	0	0%	0%
	Imag167	0	0	0	0	0	0	0%	0%
	Imag168	0	0	0	0	0	0	0%	0%
	Imag169	0	0	0	0	0	0	0%	0%
	Imag170	0	0	0	0	0	0	0%	0%
	Imag171	0	0	0	0	0	0	0%	0%
	Imag172	0	0	0	0	0	0	0%	0%
	Imag173	0	0	0	0	0	0	0%	0%
	Imag174	0	0	0	0	0	0	0%	0%
	Imag175	0	0	0	0	0	0	0%	0%
	Imag176	0	0	0	0	0	0	0%	0%
	Imag177	0	0	0	0	0	0	0%	0%
	Imag178	0	0	0	0	0	0	0%	0%
	Imag179	0	0	0	0	0	0	0%	0%
	Imag180	0	0	0	0	0	0	0%	0%
	Imag181	0	0	0	0	0	0	0%	0%
	Imag182	0	0	0	0	0	0	0%	0%
	Imag183	0	0	0	0	0	0	0%	0%
	Imag184	0	0	0	0	0	0	0%	0%
Imag185	0	0	0	0	0	0	0%	0%	
Imag186	0	0	0	0	0	0	0%	0%	
Imag187	0	0	0	0	0	0	0%	0%	
Imag188	0	0	0	0	0	0	0%	0%	
Imag189	0	0	0	0	0	0	0%	0%	
Imag190	0	0	0	0	0	0	0%	0%	
Imag191	0	0	0	0	0	0	0%	0%	
Imag192	0	0	0	0	0	0	0%	0%	
Imag193	0	0	0	0	0	0	0%	0%	
Imag194	0	0	0	0	0	0	0%	0%	
Imag195	0	0	0	0	0	0	0%	0%	
Imag196	0	0	0	0	0	0	0%	0%	
Imag197	0	0	0	0	0	0	0%	0%	
Imag198	0	0	0	0	0	0	0%	0%	
Imag199	0	0	0	0	0	0	0%	0%	
Imag200	0	0	0	0	0	0	0	0%	0%
								64%	59%

Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

CAPÍTULO IV
DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

4.1 Ventajas, Desventajas e Inconvenientes de los Algoritmos.

En este capítulo se detallan las ventajas y desventajas junto con inconvenientes que se encontró en cada uno de los algoritmos implementados. Además, se redacta la solución propuesta a la que se llegó con la ayuda del nuevo algoritmo.

4.1.1 Algoritmo Viola-Jones con modelo FrontalFaceCART.

La principal y gran ventaja del algoritmo Viola-Jones se centra en que captura la imagen en tiempo real. Sin embargo, al tener que contar personas en una imagen, este algoritmo sólo reconoce rostros de frente. Para llevar a cabo la implementación de este algoritmo se utilizó el modelo FrontalFaceCART, el mismo que permitió detectar mayor cantidad de caras, pero con vista frontal.

Una ventaja del algoritmo Viola-Jones se encuentra en el tiempo de retardo, ya que es mínimo, es decir, se ejecuta con mucha rapidez. Hay que tener en cuenta que este algoritmo es sensible a condiciones de iluminación, lo que lleva a detectar falsos positivos en una imagen, es decir detecta rostros donde no los hay.

4.1.2 Algoritmo Clasificador en Cascada con método de entrenamiento.

El clasificador en cascada utiliza el método de entrenamiento y extrae características de rostros con la ayuda del filtro Haar. Este algoritmo permite al usuario crear una carpeta con imágenes positivas e imágenes negativas para realizar la fase de entrenamiento y posteriormente la de validación. Es de gran ayuda para el usuario debido a que permite encerrar en recuadro de manera manual lo que se necesita encontrar. En este caso se encerró los rostros en cada una de las imágenes a ser validadas.

El filtro Haar utiliza muestras positivas y negativas para que el clasificador pueda reconocer la forma del objeto deseado. Al poseer varias etapas se debe cumplir el orden establecido para evitar tiempo de retardo en la clasificación.

Una desventaja que posee el Clasificador en Cascada con método de entrenamiento es que no es tan factible la detección de rostros en una imagen debido a que necesita poseer una extensa cantidad de imágenes para que puedan ser validadas. Por lo tanto, los falsos positivos y negativos son mayoritarios en comparación con los demás algoritmos.

4.1.3 Algoritmo Detección de Piel combinado con el color, segmentación y operaciones morfológicas de la Piel.

Una manera de detectar rostros en una imagen es a través de la detección de piel. Para la implementación de este algoritmo se combinó el color con la segmentación de piel en una imagen, específicamente se empleó la escala gris a binario, la detección de bordes y la umbralización dentro de la segmentación, para luego con la ayuda de operaciones

morfológicas se pueda rellenar los agujeros que quedaron y puedan ser contados en este caso como rostros existentes en la imagen final.

Adicional a esto se colocó condiciones para realizar el conteo teniendo en cuenta el factor forma de la cara en relación con el aspecto y forma de las personas (ver Anexo 5).

Una gran desventaja que presentó este algoritmo fue que al utilizar el color de piel puede confundir otras regiones en la imagen y tomarlas como verdaderos positivos cuando en realidad son falsos positivos.

4.2 Análisis de la Solución Propuesta.

Uno de los objetivos del trabajo de titulación fue diseñar e implementar un algoritmo que recoja los problemas, ventajas y desventajas de tres algoritmos para realizar el reconocimiento y conteo de personas en imágenes terrestres. Para ello se recolectó doscientas imágenes de muestra en siete escenarios: Día, sol, lluvia, Nublado, noche, aglomeración de personas y lugares vacíos.

Con la ayuda de la plataforma MATLAB R2014a con **Computer Vision System Toolbox** instalado, se eligió entre ocho algoritmos tres, que por sus características se asemejan al objetivo planteado. La solución propuesta se basa en la combinación de dos de los tres algoritmos específicamente del Viola-Jones y Detección de Piel. Este algoritmo parte con la imagen RGB, seguido del proceso de segmentación con la escala de grises a binario, con las operaciones morfológicas rellena los agujeros para posteriormente realizar el respectivo conteo de rostros en la imagen (ver Anexo 5).

Una ventaja del nuevo algoritmo radica en que detecta mayor cantidad de rostros en las imágenes en todos los escenarios en comparación con los tres implementados. En la Figura 26. Se muestra diecisiete rostros reconocidos, ningún falso positivo ni negativo, lo que quiere decir que tiene un 90 % de efectividad. Si se ejecuta la misma imagen en los tres algoritmos implementados se observa que además de detectar rostros existe la detección de falsos positivos y falsos negativos lo que disminuye la efectividad de esos algoritmos.

En general la detección de rostros alcanza un 80 % de efectividad en todas las imágenes sin importar el escenario.

Una desventaja fue la velocidad de computo del ordenador debido a las características que posee el mismo, cerca de 2 minutos en una máquina con procesador INTEL CORE i5. Esto debido a la resolución de algunas imágenes y por la amplia cantidad de brillo que en ellas posee.

Un factor que influyó para la realización del trabajo fue el clima, ya que al momento de realizar las capturas de imágenes en escenarios lluviosos y nublados la imagen no es completamente clara y las personas cuando están en movimiento la imagen tiende a salir distorsionada.

A continuación, se presenta el proceso que pasa una imagen para llegar a la detección y conteo de rostros.



Figura 26. Proceso de una imagen para Detección y Conteo de Rostros.

Fuente: Autor.

Elaboración: Autor.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Para realizar el conteo de personas en el presente trabajo de titulación se ha optado por combinar el algoritmo Viola-Jones con el algoritmo Detección de Piel. Para ellos se utilizaron el color, la segmentación y operaciones morfológicas de la piel.

Según los resultados obtenidos en las pruebas realizadas con los cuatro algoritmos, resultó mejor trabajar con el nuevo algoritmo LACC, ya que se obtuvo mayor cantidad de rostros reconocidos y menos falsos positivos.

Se observó que las imágenes en donde las personas posan tienen mejor acogida por los algoritmos que las imágenes en donde las personas estuvieron en movimiento, todo esto en base a la detección de rostros.

El algoritmo final alcanzó un 80 % de verdaderos positivos en comparación con un 60 %, 45 % y 35 % de los tres algoritmos implementados: algoritmo Viola-Jones, Clasificador en Cascada con método de entrenamiento y Detección de Piel respectivamente, lo que quiere decir que gracias a la combinación de los anteriores se logró obtener un alto porcentaje de detección y conteo de personas en los distintos escenarios.

Teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de los tres algoritmos implementados, se logró alcanzar el objetivo planteado obteniendo como resultados el conteo de personas en imágenes terrestres.

RECOMENDACIONES

Se recomienda tener una cámara con una resolución alta para obtener una mejor calidad de imágenes. En este caso se empleó una cámara de 5 megapíxeles.

Al momento de capturar las imágenes tratar de que salgan lo menos movidas posibles y no tomarlas en contraluz. Esto con el fin de que los algoritmos detecten los rostros y no confundan una cara con un objeto cualquiera.

Se recomienda tomar las fotos nocturnas con flash para obtener una mayor cantidad de rostros reconocidos que las fotos sin flash.

Para mejorar la efectividad del algoritmo se recomienda utilizar una máquina con procesador INTEL CORE i7, debido a que se realizó pruebas con dicha máquina y el tiempo de retardo fue de 1 minuto en comparación con la máquina con procesador INTEL CORE i5 en donde el tiempo de retardo del algoritmo LACC fue de 2 minutos.

Se recomienda resolver primero situaciones adversas como problemas de enfoque, iluminación y ruido, para que en un futuro el sistema pueda trabajar con aglomeraciones grandes de personas y mejore la calidad del algoritmo.

Para trabajos futuros se recomienda realizar el conteo de personas con el algoritmo Clasificador en Cascada, debido a que permite utilizar mayor cantidad de muestras positivas arrojando como resultados mayor cantidad de rostros reconocidos.

Como trabajo futuro de esta investigación se pretende mejorar el sistema aplicando otras técnicas para el seguimiento de rostros y realizar una comparativa de los métodos. Es necesario realizar el conteo de personas cuando en la escena las personas van juntas, de esta manera se evitará realizar un conteo erróneo al identificar una sola persona.

BIBLIOGRAFÍA

- Aiping, C., Lian, P., Yaobin, T., & Ning, N. (2010). Face Detection Technology Based on Skin Color Segmentation and Template Matching, 708–711. <http://doi.org/10.1109/ETCS.2010.465>
- Albiol, A., Monzo, D., Martin, A., Sastre, J., & Albiol, A. (2008). Face recognition using HOG – EBGM q, 29, 1537–1543. <http://doi.org/10.1016/j.patrec.2008.03.017>
- Bagherpour, P., Ali, S., & Mokji, M. (2012). Upper body tracking using KLT and Kalman filter, 13, 185–191. <http://doi.org/10.1016/j.procs.2012.09.127>
- Chandrappa, D. N. (2011). Face Detection in Color Images using Skin Color Model Algorithm based on Skin Color Information, (April 2011), 1–6. <http://doi.org/10.1109/ICECTECH.2011.5941600>
- Chapelle, O., Haffner, P., & Vapnik, V. N. (1999). Support Vector Machines for Histogram-Based Image Classification, 10(5), 1055–1064.
- Chen, Y., & Shang, L. (2016). Improved SIFT image registration algorithm on characteristic statistical distributions and consistency constraint. *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*, 127(2), 900–911. <http://doi.org/10.1016/j.ijleo.2015.10.145>
- Fernández, M. (2014). Tema 4 : Segmentación de imágenes Segmentación de imágenes.
- González, A, Martínez, F, Pernía, A, Alba, F, Catejón, M, Ordieres, J, Vergara, E. (2006). Técnicas y Algoritmos básicos de Vision Artificial. Retrieved from <https://publicaciones.unirioja.es/catalogo/online/VisionArtificial.pdf>
- Jiménez O, M. G. (2015). “ Desarrollo de un sistema de visión artificial para la detección de aglomeración de personas en un semáforo ” “ Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Sistemas ”. Autor : Jiménez Ochoa Magaly Gabriela Director : Ing . Paz Arias Henry Patr.
- Josefina, I., Enríquez, G., Natalia, M., Bonilla, I., Manuel, J., & Cortés, R. (2009). Segmentación de rostro por color de la piel aplicado a detección de somnolencia en el conductor, 67–72.
- Khan, S. S., & Ahmad, A. (2004). Cluster center initialization algorithm for K -means clustering, 25, 1293–1302. <http://doi.org/10.1016/j.patrec.2004.04.007>
- Kherchaoui, S., Houacine, A., Alia, B. P. El, & Ezzouar, B. (2010). Face Detection Based On A Model Of The Skin Color With Constraints And Template Matching, (1), 469–472.
- Koç, A., Bartan, B., Gundogdu, E., Çukur, T., & Ozaktas, H. M. (2017). Sparse representation of two- and three-dimensional images with fractional Fourier , Hartley , linear canonical , and Haar wavelet transforms. *Expert Systems With Applications*, 77, 247–255. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.01.046>
- Kuo, Y., Yang, Z., & Yen, C. (2012). Fast pedestrian detection system with a two layer cascade of classifiers. *Computers and Mathematics with Applications*, 64(5), 1311–1323. <http://doi.org/10.1016/j.camwa.2012.03.075>
- Laguna, R. C. (2011). Evaluación Experimental de detectores de caras y características faciales.
- Language, T., & Computing, T. (2014). MATLAB_The Language of Technical Computing.
- Li, H., & Chutatape, O. (2003). Boundary detection of optic disk by a modified ASM method,

- 36, 2093–2104. [http://doi.org/10.1016/S0031-3203\(03\)00052-9](http://doi.org/10.1016/S0031-3203(03)00052-9)
- M.Guevara, J. Echeverri, W. U. (2008). Faces Detection in Digital Images Using Cascade Classifiers. *Detection, Faces Images, Digital Cascade, Using*, (38), 1–6.
- MathWorks. (2016). Train a Cascade Object Detector. Retrieved from <http://es.mathworks.com/help/vision/ug/train-a-cascade-object-detector.html>
- MathWorks. (2017). vision.CascadeObjectDetector System object. Retrieved from https://es.mathworks.com/help/vision/ref/vision.cascadeobjectdetector-class.html#bs_kj0p
- Nora, D., Serna, L., Ulises, L., & Concha, R. (2009). Técnicas de Segmentación en Procesamiento Digital de Imágenes, 9–16.
- Pratim, S., Kumar, A., & Kumar, K. (2015). Sign Language Recognition using Facial Expression. *Procedia - Procedia Computer Science*, 58, 210–216. <http://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.056>
- Series, E. (2014). FACE TRACKING SYSTEM USING CAMSHIFT ALGORITHM Gîlcă Gheorghe , PhD ., University of Craiova , Faculty of Automation , Computers and Electronics , Craiova , ROMANIA Bîzdoacă Nicu - George , Prof . PhD ., University of Craiova , Faculty of, (3), 40–45.
- Soetedjo, A. (2016). Implementation of Face Detection and Tracking on A Low Cost Embedded System Using Fusion Technique, (Iccse), 209–213.
- Viola, P., & Jones, M. (2001). Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features.
- Viola, P., Way, O. M., & Jones, M. J. (2004). Robust Real-Time Face Detection, 57(2), 137–154.
- Zhang, J., Chen, G., & Jia, Z. (2017). An Image Stitching Algorithm Based on Histogram, 31(4), 1–14. <http://doi.org/10.1142/S0218001417540064>

ANEXOS

ANEXO 1. TABLA DE RESULTADOS DEL ALGORITMO VIOLA-JONES CON LAS 200 IMÁGENES DE MUESTRA EN LOS DISTINTOS ESCENARIOS.

ALGORITMO VIOLA-JONES									
ESCENARIO	NOMBRE IMAGEN	NRO. ROSTROS EN	Verdaderos Positivos	Falsos Positivos	Verdaderos Negativos	Falsos Negativos	CANTIDAD DE ROSTROS	Sensibilidad	Especificidad
DÍA	Imag0	11	7	1	4	4	7	64 %	80 %
	Imag1	8	6	4	2	2	6	75 %	33 %
	Imag2	9	7	0	2	2	7	78 %	100 %
	Imag3	4	4	1	0	0	4	100 %	0 %
	Imag4	12	12	3	0	0	12	100 %	0 %
	Imag5	9	9	8	0	0	9	100 %	0 %
	Imag6	5	5	9	0	0	5	100 %	0 %
	Imag7	4	3	9	2	2	4	60 %	18 %
	Imag8	9	7	11	2	2	7	78 %	15 %
	Imag9	4	1	0	3	3	1	25 %	100 %
	Imag10	6	4	3	2	2	4	67 %	40 %
	Imag11	5	3	1	2	2	3	60 %	67 %
	Imag12	7	0	0	7	7	0	0 %	100 %
	Imag13	4	1	1	3	3	1	25 %	75 %
	Imag14	7	7	6	0	0	7	100 %	0 %
	Imag15	5	3	1	2	2	3	60 %	67 %
	Imag16	7	4	0	3	3	4	57 %	100 %
	Imag17	6	6	0	0	0	6	100 %	0 %
	Imag18	4	3	0	1	1	3	75 %	100 %
	Imag19	5	3	1	2	2	3	60 %	67 %
	Imag20	5	4	0	1	1	4	80 %	100 %
	Imag21	2	2	0	0	0	2	100 %	0 %
	Imag22	6	5	0	1	1	5	83 %	100 %
	Imag23	5	4	0	1	1	4	80 %	100 %
	Imag24	5	1	0	4	4	1	20 %	100 %
	Imag25	5	5	1	0	0	5	100 %	0 %
	Imag26	7	6	1	1	1	6	86 %	50 %
	Imag27	3	3	1	0	0	3	100 %	0 %
	Imag28	5	4	1	1	1	4	80 %	50 %
	Imag29	6	6	1	0	0	6	100 %	0 %
SOL	Imag30	16	14	8	2	2	14	88 %	20 %
	Imag31	3	3	4	0	0	3	100 %	0 %
	Imag32	5	3	0	2	2	3	60 %	100 %
	Imag33	5	0	1	0	0	0	0 %	0 %
	Imag34	13	11	4	2	2	11	85 %	33 %
	Imag35	2	2	1	0	0	2	100 %	0 %

	lmag36	4	1	5	3	3	1	25 %	38 %
	lmag37	4	0	1	4	4	0	0 %	80 %
	lmag38	4	3	4	1	1	3	75 %	20 %
	lmag39	5	2	7	3	3	2	40 %	30 %
	lmag40	5	4	0	1	1	4	80 %	100 %
	lmag41	4	4	0	0	0	4	100 %	0 %
	lmag42	7	1	2	6	6	1	14 %	75 %
	lmag43	7	5	0	2	2	5	71 %	100 %
	lmag44	5	1	0	4	4	1	20 %	100 %
	lmag45	3	3	1	0	0	3	100 %	0 %
	lmag46	5	3	1	2	2	3	60 %	67 %
	lmag47	5	5	1	0	0	5	100 %	0 %
	lmag48	6	1	0	5	5	1	17 %	100 %
	lmag49	3	3	1	0	0	3	100 %	0 %
	lmag50	5	1	1	4	4	1	20 %	80 %
	lmag51	3	0	0	3	3	0	0 %	100 %
	lmag52	4	4	1	0	0	4	100 %	0 %
	lmag53	3	3	0	0	0	3	100 %	0 %
	lmag54	6	5	1	1	1	5	83 %	50 %
	lmag55	3	0	0	3	3	0	0 %	100 %
	lmag56	4	3	0	1	1	3	75 %	100 %
	lmag57	4	3	1	1	1	3	75 %	50 %
	lmag58	5	4	0	1	1	4	80 %	100 %
	lmag59	3	3	1	0	0	3	100 %	0 %
AGLOMERACIÓN	lmag60	15	11	24	4	4	11	73 %	14 %
	lmag61	10	10	3	0	0	10	100 %	0 %
	lmag62	11	11	22	0	0	11	100 %	0 %
	lmag63	10	0	0	10	10	0	0 %	100 %
	lmag64	40	34	52	6	6	34	85 %	10 %
	lmag65	8	0	0	8	8	0	0 %	100 %
	lmag66	12	2	8	10	10	2	17 %	56 %
	lmag67	14	9	33	5	5	9	64 %	13 %
	lmag68	13	11	0	2	2	11	85 %	100 %
	lmag69	13	10	0	3	3	10	77 %	100 %
	lmag70	14	10	1	4	4	10	71 %	80 %
	lmag71	8	0	0	8	8	0	0 %	100 %
	lmag72	11	3	8	8	8	3	27 %	50 %
	lmag73	11	0	0	11	11	0	0 %	100 %
	lmag74	10	2	1	8	8	2	20 %	89 %
	lmag75	15	5	1	10	10	5	33 %	91 %
	lmag76	17	17	0	0	0	17	100 %	0 %
	lmag77	24	18	0	6	6	18	75 %	100 %
	lmag78	16	1	0	15	15	1	6 %	100 %
	lmag79	42	38	1	4	4	38	90 %	80 %

	lmag80	11	4	0	7	7	4	36 %	100 %
	lmag81	6	6	1	0	0	6	100 %	0 %
	lmag82	17	13	0	3	3	13	81 %	100 %
	lmag83	62	15	2	47	47	15	24 %	96 %
	lmag84	7	7	0	0	0	7	100 %	0 %
LLUVIA	lmag85	8	5	17	3	3	5	63 %	15 %
	lmag86	1	0	0	1	1	0	0 %	100 %
	lmag87	2	1	6	1	1	1	50 %	14 %
	lmag88	3	2	10	1	1	2	67 %	9 %
	lmag89	1	0	5	1	1	0	0 %	17 %
	lmag90	4	0	1	4	4	0	0 %	80 %
	lmag91	1	0	0	1	1	0	0 %	100 %
	lmag92	2	2	7	0	0	2	100 %	0 %
	lmag93	3	0	1	3	3	0	0 %	75 %
	lmag94	3	0	0	3	3	0	0 %	100 %
	lmag95	3	0	0	3	3	0	0 %	100 %
	lmag96	3	0	0	3	3	0	0 %	100 %
	lmag97	6	1	7	5	5	1	17 %	42 %
	lmag98	5	0	6	5	5	0	0 %	45 %
	lmag99	5	3	4	2	2	3	60 %	33 %
	lmag100	2	0	0	2	2	0	0 %	100 %
	lmag101	2	0	3	2	2	0	0 %	40 %
	lmag102	1	0	5	1	1	0	0 %	17 %
	lmag103	3	0	0	3	3	0	0 %	100 %
	lmag104	1	0	0	1	1	0	0 %	100 %
lmag105	1	0	2	1	1	0	0 %	33 %	
NUBLADO	lmag106	5	1	0	4	4	1	20 %	100 %
	lmag107	3	2	0	1	1	2	67 %	100 %
	lmag108	6	5	0	1	1	5	83 %	100 %
	lmag109	7	5	2	2	2	5	71 %	50 %
	lmag110	11	6	1	5	5	6	55 %	83 %
	lmag111	5	0	9	2	2	0	0 %	18 %
	lmag112	5	4	9	1	1	4	80 %	10 %
	lmag113	5	2	1	3	3	2	40 %	75 %
	lmag114	5	3	1	2	2	3	60 %	67 %
	lmag115	5	0	2	5	5	0	0 %	71 %
	lmag116	5	3	1	2	2	3	60 %	67 %
	lmag117	5	1	1	4	4	1	20 %	80 %
	lmag118	3	0	3	3	3	0	0 %	50 %
	lmag119	4	2	0	2	2	2	50 %	100 %
	lmag120	4	1	3	3	3	1	25 %	50 %
	lmag121	5	0	3	5	5	0	0 %	63 %
	lmag122	2	0	4	2	2	0	0 %	33 %
	lmag123	3	0	3	3	3	0	0 %	50 %

	lmag124	4	0	10	4	4	0	0 %	29 %
	lmag125	2	0	7	2	2	0	0 %	22 %
	lmag126	6	3	4	3	3	3	50 %	43 %
	lmag127	8	6	6	2	2	6	75 %	25 %
	lmag128	2	2	1	0	0	2	100 %	0 %
	lmag129	2	0	1	2	2	0	0 %	67 %
NOCHE	lmag130	11	9	0	2	2	9	82 %	100 %
	lmag131	8	8	2	0	0	8	100 %	0 %
	lmag132	3	3	0	0	0	3	100 %	0 %
	lmag133	3	2	1	1	1	2	67 %	50 %
	lmag134	4	4	0	0	0	4	100 %	0 %
	lmag135	5	2	0	3	3	2	40 %	100 %
	lmag136	6	2	0	4	4	2	33 %	100 %
	lmag137	5	4	0	1	1	4	80 %	100 %
	lmag138	4	2	1	2	2	2	50 %	67 %
	lmag139	4	3	1	1	1	3	75 %	50 %
	lmag140	6	4	0	2	2	4	67 %	100 %
	lmag141	4	3	0	1	1	3	75 %	100 %
	lmag142	7	6	0	1	1	6	86 %	100 %
	lmag143	6	4	0	2	2	4	67 %	100 %
	lmag144	3	1	1	2	2	1	33 %	67 %
	lmag145	8	7	2	1	1	7	88 %	33 %
	lmag146	7	6	2	1	1	6	86 %	33 %
	lmag147	4	3	0	1	1	3	75 %	100 %
	lmag148	2	1	0	1	1	1	50 %	100 %
	lmag149	5	5	4	0	0	5	100 %	0 %
	lmag150	7	5	0	2	2	5	71 %	100 %
	lmag151	5	5	0	0	0	5	100 %	0 %
	lmag152	2	2	1	0	0	2	100 %	0 %
	lmag153	7	7	2	0	0	7	100 %	0 %
	lmag154	2	2	2	0	0	2	100 %	0 %
	lmag155	5	4	1	1	1	4	80 %	50 %
	lmag156	2	2	0	0	0	2	100 %	0 %
	lmag157	5	5	1	0	0	5	100 %	0 %
	lmag158	6	5	1	1	1	5	83 %	50 %
	lmag159	3	2	0	1	1	2	67 %	100 %
	lmag160	2	0	1	2	2	0	0 %	67 %
	lmag161	3	3	1	0	0	3	100 %	0 %
lmag162	8	7	3	1	1	7	88 %	25 %	
lmag163	6	6	2	0	0	6	100 %	0 %	
lmag164	5	1	0	4	4	1	20 %	100 %	
VACÍO	lmag165	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	lmag166	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	lmag167	0	0	1	0	0	0	0 %	0 %

Imag168	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag169	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag170	0	0	1	0	0	0	0 %	0 %
Imag171	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag172	0	0	2	0	0	0	0 %	0 %
Imag173	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag174	0	0	2	0	0	0	0 %	0 %
Imag175	0	0	2	0	0	0	0 %	0 %
Imag176	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag177	0	0	3	0	0	0	0 %	0 %
Imag178	0	0	4	0	0	0	0 %	0 %
Imag179	0	0	5	0	0	0	0 %	0 %
Imag180	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag181	0	0	3	0	0	0	0 %	0 %
Imag182	0	0	1	0	0	0	0 %	0 %
Imag183	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag184	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag185	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag186	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag187	0	0	2	0	0	0	0 %	0 %
Imag188	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag189	0	0	4	0	0	0	0 %	0 %
Imag190	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag191	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag192	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag193	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag194	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag195	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag196	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag197	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag198	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag199	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag200	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Viola-Jones							57 %	54 %

ANEXO 2. TABLA DE RESULTADOS DEL ALGORITMO CLASIFICADOR EN CASCADA CON METODO DE ENTRENAMIENTO CON LAS 200 IMÁGENES DE MUESTRA EN LOS DISTINTOS ESCENARIOS.

ALGORITMO POR ENTRENAMIENTO									
ESCENARIO	NOMBRE IMAGEN	NRO. ROSTROS EN	Verdaderos Positivos	Falsos Positivos	Verdaderos Negativos	Falsos Negativos	CANTIDAD DE ROSTROS	Sensibilidad	Especificidad

DÍA	Imag0	11	7	0	4	4	7	64 %	100 %
	Imag1	8	5	4	3	3	5	63 %	43 %
	Imag2	9	5	1	4	4	5	56 %	80 %
	Imag3	4	2	2	2	2	2	50 %	50 %
	Imag4	12	6	3	6	6	6	50 %	67 %
	Imag5	9	8	3	1	1	8	89 %	25 %
	Imag6	5	2	5	3	3	2	40 %	38 %
	Imag7	4	2	1	2	2	2	50 %	67 %
	Imag8	9	4	3	5	5	4	44 %	63 %
	Imag9	4	1	1	3	3	1	25 %	75 %
	Imag10	6	2	2	4	4	2	33 %	67 %
	Imag11	5	2	0	3	3	2	40 %	100 %
	Imag12	7	1	0	6	6	1	14 %	100 %
	Imag13	4	0	1	4	4	0	0 %	80 %
	Imag14	7	6	2	1	1	6	86 %	33 %
	Imag15	5	4	2	1	1	4	80 %	33 %
	Imag16	7	4	1	3	3	4	57 %	75 %
	Imag17	6	3	1	3	3	3	50 %	75 %
	Imag18	4	2	0	2	2	2	50 %	100 %
	Imag19	5	3	1	2	2	3	60 %	67 %
	Imag20	5	3	3	2	2	3	60 %	40 %
	Imag21	2	1	0	1	1	1	50 %	100 %
	Imag22	6	5	1	1	1	5	83 %	50 %
	Imag23	5	2	1	3	3	2	40 %	75 %
	Imag24	5	1	1	4	4	1	20 %	80 %
	Imag25	5	3	3	2	2	3	60 %	40 %
	Imag26	7	7	1	0	0	7	100 %	0 %
	Imag27	3	3	0	0	0	3	100 %	0 %
	Imag28	5	3	3	2	2	3	60 %	40 %
Imag29	6	5	1	1	1	5	83 %	50 %	
SOL	Imag30	16	9	0	7	7	9	56 %	100 %
	Imag31	3	1	2	2	2	1	33 %	50 %
	Imag32	5	2	0	3	3	2	40 %	100 %
	Imag33	5	3	1	2	2	3	60 %	67 %
	Imag34	13	6	2	7	7	6	46 %	78 %
	Imag35	2	1	2	1	1	1	50 %	33 %
	Imag36	4	2	1	2	2	2	50 %	67 %
	Imag37	4	1	1	3	3	1	25 %	75 %
	Imag38	4	1	2	3	3	1	25 %	60 %
	Imag39	5	0	3	5	5	0	0 %	63 %
	Imag40	5	3	0	2	2	3	60 %	100 %
	Imag41	4	3	1	1	1	3	75 %	50 %
	Imag42	7	3	0	4	4	3	43 %	100 %
	Imag43	7	3	0	4	4	3	43 %	100 %

	Imag44	5	3	0	2	2	3	60 %	100 %
	Imag45	3	2	0	1	1	2	67 %	100 %
	Imag46	5	5	0	0	0	5	100 %	0 %
	Imag47	5	2	1	3	3	2	40 %	75 %
	Imag48	6	4	2	2	2	4	67 %	50 %
	Imag49	3	3	0	0	0	3	100 %	0 %
	Imag50	5	1	2	4	4	1	20 %	67 %
	Imag51	3	3	1	0	0	3	100 %	0 %
	Imag52	4	3	0	1	1	3	75 %	100 %
	Imag53	3	3	0	0	0	3	100 %	0 %
	Imag54	6	1	0	5	5	1	17 %	100 %
	Imag55	3	2	0	1	1	2	67 %	100 %
	Imag56	4	2	0	2	2	2	50 %	100 %
	Imag57	4	2	1	2	2	2	50 %	67 %
	Imag58	5	2	2	3	3	2	40 %	60 %
	Imag59	3	3	2	0	0	3	100 %	0 %
AGLOMERACIÓN	Imag60	15	9	1	6	6	9	60 %	86 %
	Imag61	10	7	3	3	3	7	70 %	50 %
	Imag62	11	7	0	4	4	7	64 %	100 %
	Imag63	10	2	0	8	8	2	20 %	100 %
	Imag64	40	30	3	10	10	30	75 %	77 %
	Imag65	8	2	2	6	6	2	25 %	75 %
	Imag66	12	2	0	10	10	2	17 %	100 %
	Imag67	14	7	1	7	7	7	50 %	88 %
	Imag68	13	5	0	8	8	5	38 %	100 %
	Imag69	13	5	0	8	8	5	38 %	100 %
	Imag70	14	6	1	8	8	6	43 %	89 %
	Imag71	8	2	0	6	6	2	25 %	100 %
	Imag72	11	3	2	8	8	3	27 %	80 %
	Imag73	11	0	1	11	11	0	0 %	92 %
	Imag74	10	1	2	9	9	1	10 %	82 %
	Imag75	15	15	2	0	0	15	100 %	0 %
	Imag76	17	14	2	3	3	14	82 %	60 %
	Imag77	24	9	0	15	15	9	38 %	100 %
	Imag78	16	6	2	10	10	6	38 %	83 %
	Imag79	42	24	5	18	18	24	57 %	78 %
	Imag80	11	3	1	8	8	3	27 %	89 %
	Imag81	6	5	2	1	1	5	83 %	33 %
	Imag82	17	9	3	8	8	9	53 %	73 %
	Imag83	62	8	1	54	54	8	13 %	98 %
	Imag84	7	3	0	4	4	3	43 %	100 %
LLUVIA	Imag85	8	2	0	6	6	2	25 %	100 %
	Imag86	1	0	0	1	1	0	0 %	100 %
	Imag87	2	0	0	2	2	0	0 %	100 %

	Imag88	3	1	0	2	2	1	33 %	100 %
	Imag89	1	0	0	1	1	0	0 %	100 %
	Imag90	4	1	0	3	3	1	25 %	100 %
	Imag91	1	0	0	1	1	0	0 %	100 %
	Imag92	2	1	0	1	1	1	50 %	100 %
	Imag93	3	0	0	3	3	0	0 %	100 %
	Imag94	3	0	1	3	3	0	0 %	75 %
	Imag95	3	1	0	2	2	1	33 %	100 %
	Imag96	3	0	0	3	3	0	0 %	100 %
	Imag97	6	1	0	5	5	1	17 %	100 %
	Imag98	5	0	1	5	5	0	0 %	83 %
	Imag99	5	2	0	3	3	2	40 %	100 %
	Imag100	2	0	0	2	2	0	0 %	100 %
	Imag101	2	0	0	2	2	0	0 %	100 %
	Imag102	1	0	1	1	1	0	0 %	50 %
	Imag103	3	1	0	2	2	0	33 %	100 %
	Imag104	1	0	1	1	1	0	0 %	50 %
	Imag105	1	0	0	1	1	0	0 %	100 %
	Imag106	5	3	2	2	2	3	60 %	50 %
	Imag107	3	0	1	3	3	0	0 %	75 %
	Imag108	6	2	0	4	4	2	33 %	100 %
	Imag109	7	3	0	4	4	3	43 %	100 %
	Imag110	11	3	0	8	8	3	27 %	100 %
	Imag111	5	1	0	4	4	1	20 %	100 %
	Imag112	5	1	1	4	4	1	20 %	80 %
	Imag113	5	1	0	4	4	1	20 %	100 %
	Imag114	5	2	1	3	3	2	40 %	75 %
	Imag115	5	1	2	4	4	1	20 %	67 %
	Imag116	5	1	0	4	4	1	20 %	100 %
	Imag117	5	2	2	3	3	2	40 %	60 %
	Imag118	3	1	1	2	2	1	33 %	67 %
	Imag119	4	2	1	2	2	2	50 %	67 %
	Imag120	4	0	0	4	4	0	0 %	100 %
	Imag121	5	1	2	4	4	1	20 %	67 %
	Imag122	2	2	3	0	0	2	100 %	0 %
	Imag123	3	1	1	2	2	1	33 %	67 %
	Imag124	4	1	1	3	3	1	25 %	75 %
	Imag125	2	1	1	1	1	1	50 %	50 %
	Imag126	6	5	0	1	1	5	83 %	100 %
	Imag127	8	2	1	6	6	2	25 %	86 %
	Imag128	2	2	1	0	0	2	100 %	0 %
	Imag129	2	1	1	1	1	1	50 %	50 %
	Imag130	11	3	1	8	8	3	27 %	89 %
	Imag131	8	5	0	3	3	5	63 %	100 %

	Imag132	3	2	2	1	1	2	67 %	33 %
	Imag133	3	1	1	2	2	1	33 %	67 %
	Imag134	4	2	1	2	2	2	50 %	67 %
	Imag135	5	1	2	4	4	1	20 %	67 %
	Imag136	6	4	1	2	2	4	67 %	67 %
	Imag137	5	3	1	2	2	3	60 %	67 %
	Imag138	4	3	0	1	1	3	75 %	100 %
	Imag139	4	0	3	4	4	0	0 %	57 %
	Imag140	6	4	0	2	2	4	67 %	100 %
	Imag141	4	4	2	0	0	4	100 %	0 %
	Imag142	7	4	1	3	3	4	57 %	75 %
	Imag143	6	3	0	3	3	3	50 %	100 %
	Imag144	3	2	2	1	1	2	67 %	33 %
	Imag145	8	3	1	5	5	3	38 %	83 %
	Imag146	7	1	0	6	6	1	14 %	100 %
	Imag147	4	3	0	1	1	3	75 %	100 %
	Imag148	2	1	0	1	1	1	50 %	100 %
	Imag149	5	2	1	3	3	2	40 %	75 %
	Imag150	7	2	0	5	5	2	29 %	100 %
	Imag151	5	2	0	3	3	2	40 %	100 %
	Imag152	2	1	2	1	1	1	50 %	33 %
	Imag153	7	2	0	5	5	2	29 %	100 %
	Imag154	2	2	0	0	0	2	100 %	0 %
	Imag155	5	1	0	4	4	1	20 %	100 %
	Imag156	2	0	1	2	2	0	0 %	67 %
	Imag157	5	4	0	1	1	4	80 %	100 %
	Imag158	6	5	2	1	1	5	83 %	33 %
	Imag159	3	1	0	2	2	1	33 %	100 %
	Imag160	2	0	1	2	2	0	0 %	67 %
	Imag161	3	2	2	1	1	2	67 %	33 %
	Imag162	8	6	1	2	2	6	75 %	67 %
	Imag163	6	5	1	1	1	5	83 %	50 %
	Imag164	5	2	1	3	3	2	40 %	75 %
VACÍO	Imag165	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag166	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag167	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag168	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag169	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag170	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag171	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag172	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag173	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag174	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag175	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %

Imag176	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag177	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag178	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag179	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag180	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag181	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag182	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag183	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag184	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag185	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag186	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag187	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag188	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag189	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag190	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag191	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag192	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag193	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag194	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag195	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag196	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag197	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag198	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag199	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Imag200	0	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Entrenamiento								45 %	73 %

ANEXO 3. TABLA DE RESULTADOS DEL ALGORITMO DE DETECCIÓN DE PIEL CON LAS 200 IMÁGENES DE MUESTRA EN LOS DISTINTOS ESCENARIOS.

Algoritmo Detección de Piel									
ESCENARIO	NOMBRE IMAGEN	NRO. ROSTROS EN	Verdaderos Positivos	Falsos Positivos	Verdaderos Negativos	Falsos Negativos	CANTIDAD DE ROSTROS	Sensibilidad	Especificidad
DÍA	Imag0	11	8	0	3	3	8	73 %	100 %
	Imag1	8	5	4	3	3	5	63 %	43 %
	Imag2	9	4	6	5	5	4	44 %	45 %
	Imag3	4	3	4	1	1	3	75 %	20 %
	Imag4	12	10	8	2	2	10	83 %	20 %
	Imag5	9	9	8	0	0	9	100 %	0 %
	Imag6	5	3	10	2	2	3	60 %	17 %
	Imag7	4	4	7	0	0	4	100 %	0 %
	Imag8	9	7	6	2	2	7	78 %	25 %

	Imag9	4	2	2	2	2	2	50 %	50 %
	Imag10	6	2	1	4	4	2	33 %	80 %
	Imag11	5	2	5	3	3	2	40 %	38 %
	Imag12	7	0	2	7	7	0	0 %	78 %
	Imag13	4	1	1	3	3	1	25 %	75 %
	Imag14	7	6	6	1	1	6	86 %	14 %
	Imag15	5	1	2	4	4	1	20 %	67 %
	Imag16	7	3	3	4	4	3	43 %	57 %
	Imag17	6	1	0	5	5	1	17 %	100 %
	Imag18	4	3	0	1	1	3	75 %	100 %
	Imag19	5	2	3	3	3	2	40 %	50 %
	Imag20	5	2	4	3	3	2	40 %	43 %
	Imag21	2	1	0	1	1	1	50 %	100 %
	Imag22	6	4	1	2	2	4	67 %	67 %
	Imag23	5	2	0	3	3	2	40 %	100 %
	Imag24	5	3	2	2	2	3	60 %	50 %
	Imag25	5	4	1	1	1	4	80 %	50 %
	Imag26	7	4	3	3	3	4	57 %	50 %
	Imag27	3	3	2	0	0	3	100 %	0 %
	Imag28	5	3	2	2	2	3	60 %	50 %
	Imag29	6	2	0	4	4	2	33 %	100 %
SOL	Imag30	16	14	10	2	2	14	88 %	17 %
	Imag31	3	3	10	0	0	3	100 %	0 %
	Imag32	5	1	0	4	4	1	20 %	100 %
	Imag33	5	5	8	0	0	5	100 %	0 %
	Imag34	13	9	6	4	4	9	69 %	40 %
	Imag35	2	1	0	1	1	1	50 %	100 %
	Imag36	4	2	6	2	2	2	50 %	25 %
	Imag37	4	2	2	2	2	2	50 %	50 %
	Imag38	4	2	6	2	2	2	50 %	25 %
	Imag39	5	4	7	1	1	4	80 %	13 %
	Imag40	5	4	1	1	1	4	80 %	50 %
	Imag41	4	4	6	0	0	4	100 %	0 %
	Imag42	7	4	4	3	3	4	57 %	43 %
	Imag43	7	3	1	4	4	3	43 %	80 %
	Imag44	5	3	2	2	2	3	60 %	50 %
	Imag45	3	3	1	0	0	3	100 %	0 %
	Imag46	5	3	2	2	2	3	60 %	50 %
	Imag47	5	3	1	2	2	3	60 %	67 %
	Imag48	6	3	1	3	3	3	50 %	75 %
	Imag49	3	2	1	1	1	2	67 %	50 %
	Imag50	5	4	2	1	1	4	80 %	33 %
	Imag51	3	2	5	1	1	2	67 %	17 %
	Imag52	4	3	5	1	1	3	75 %	17 %

	Imag53	3	3	2	0	0	3	100 %	0 %
	Imag54	6	4	4	2	2	4	67 %	33 %
	Imag55	3	2	1	1	1	2	67 %	50 %
	Imag56	4	2	3	2	2	2	50 %	40 %
	Imag57	4	2	1	2	2	2	50 %	67 %
	Imag58	5	2	1	3	3	2	40 %	75 %
	Imag59	3	2	0	1	1	2	67 %	100 %
AGLOMERACIÓN	Imag60	15	9	6	6	6	9	60 %	50 %
	Imag61	10	8	5	2	2	8	80 %	29 %
	Imag62	11	7	4	4	4	7	64 %	50 %
	Imag63	10	2	0	8	8	2	20 %	100 %
	Imag64	40	34	9	6	6	34	85 %	40 %
	Imag65	8	2	0	6	6	2	25 %	100 %
	Imag66	12	2	5	10	10	2	17 %	67 %
	Imag67	14	7	9	7	7	7	50 %	44 %
	Imag68	13	5	1	8	8	5	38 %	89 %
	Imag69	13	9	3	4	4	9	69 %	57 %
	Imag70	14	10	3	4	4	10	71 %	57 %
	Imag71	8	2	0	6	6	2	25 %	100 %
	Imag72	11	4	7	7	7	4	36 %	50 %
	Imag73	11	0	3	11	11	0	0 %	79 %
	Imag74	10	3	4	7	7	3	30 %	64 %
	Imag75	15	5	6	10	10	5	33 %	63 %
	Imag76	17	9	0	8	8	9	53 %	100 %
	Imag77	24	20	3	4	4	20	83 %	57 %
	Imag78	16	11	3	5	5	11	69 %	63 %
	Imag79	42	33	2	9	9	33	79 %	82 %
Imag80	11	6	1	5	5	6	55 %	83 %	
Imag81	6	5	1	1	1	5	83 %	50 %	
Imag82	17	3	0	14	14	3	18 %	100 %	
Imag83	62	20	0	42	42	20	32 %	100 %	
Imag84	7	5	5	2	2	5	71 %	29 %	
LLUVIA	Imag85	8	3	2	5	5	3	38 %	71 %
	Imag86	1	0	0	1	1	0	0 %	100 %
	Imag87	2	0	1	2	2	0	0 %	67 %
	Imag88	3	1	2	2	2	1	33 %	50 %
	Imag89	1	0	3	1	1	0	0 %	25 %
	Imag90	4	1	2	3	3	1	25 %	60 %
	Imag91	1	0	0	1	1	0	0 %	100 %
	Imag92	2	0	4	2	2	0	0 %	33 %
	Imag93	3	0	0	3	3	0	0 %	100 %
	Imag94	3	1	1	2	2	1	33 %	67 %
	Imag95	3	1	0	2	2	1	33 %	100 %
	Imag96	3	1	0	2	2	1	33 %	100 %

	Imag97	6	3	3	3	3	3	50 %	50 %
	Imag98	5	0	0	5	5	0	0 %	100 %
	Imag99	5	3	7	2	2	3	60 %	22 %
	Imag100	2	0	1	2	2	0	0 %	67 %
	Imag101	2	0	0	2	2	0	0 %	100 %
	Imag102	1	0	1	1	1	0	0 %	50 %
	Imag103	3	1	1	2	2	1	33 %	67 %
	Imag104	1	1	1	0	0	1	100 %	0 %
	Imag105	1	0	1	1	1	0	0 %	50 %
NUBLADO	Imag106	5	1	0	4	4	1	20 %	100 %
	Imag107	3	1	0	2	2	1	33 %	100 %
	Imag108	6	2	3	4	4	2	33 %	57 %
	Imag109	7	3	1	4	4	3	43 %	80 %
	Imag110	11	7	5	4	4	7	64 %	44 %
	Imag111	5	2	3	3	3	2	40 %	50 %
	Imag112	5	3	5	2	2	3	60 %	29 %
	Imag113	5	1	0	4	4	1	20 %	100 %
	Imag114	5	1	3	4	4	1	20 %	57 %
	Imag115	5	3	6	2	2	3	60 %	25 %
	Imag116	5	1	1	4	4	1	20 %	80 %
	Imag117	5	1	1	4	4	1	20 %	80 %
	Imag118	3	0	0	3	3	0	0 %	100 %
	Imag119	4	2	0	2	2	2	50 %	100 %
	Imag120	4	1	2	3	3	1	25 %	60 %
	Imag121	5	3	5	2	2	3	60 %	29 %
	Imag122	2	1	4	1	1	1	50 %	20 %
	Imag123	3	0	0	3	3	0	0 %	100 %
	Imag124	4	2	5	2	2	2	50 %	29 %
	Imag125	2	1	6	1	1	1	50 %	14 %
Imag126	6	3	7	3	3	3	50 %	30 %	
Imag127	8	4	3	4	4	4	50 %	57 %	
Imag128	2	1	1	1	1	1	50 %	50 %	
Imag129	2	1	1	1	1	1	50 %	50 %	
NOCHE	Imag130	11	8	4	6	6	8	57 %	60 %
	Imag131	8	6	2	2	2	6	75 %	50 %
	Imag132	3	2	1	1	1	2	67 %	50 %
	Imag133	3	2	2	1	1	2	67 %	33 %
	Imag134	4	2	2	2	2	2	50 %	50 %
	Imag135	5	0	3	5	5	0	0 %	63 %
	Imag136	6	2	1	4	4	2	33 %	80 %
	Imag137	5	1	2	4	4	1	20 %	67 %
	Imag138	4	4	0	0	0	4	100 %	0 %
	Imag139	4	2	0	2	2	2	50 %	100 %
	Imag140	6	1	0	5	5	1	17 %	100 %

	Imag141	4	2	5	2	2	2	50 %	29 %
	Imag142	7	2	1	5	5	2	29 %	83 %
	Imag143	6	1	1	5	5	1	17 %	83 %
	Imag144	3	2	5	1	1	2	67 %	17 %
	Imag145	8	0	0	8	8	0	0 %	100 %
	Imag146	7	1	2	6	6	1	14 %	75 %
	Imag147	4	0	0	4	4	0	0 %	100 %
	Imag148	2	0	0	2	2	0	0 %	100 %
	Imag149	5	5	5	0	0	5	100 %	0 %
	Imag150	7	4	2	3	3	4	57 %	60 %
	Imag151	5	3	5	2	2	3	60 %	29 %
	Imag152	2	2	3	0	0	2	100 %	0 %
	Imag153	7	5	8	2	2	5	71 %	20 %
	Imag154	2	1	7	1	1	1	50 %	13 %
	Imag155	5	3	2	2	2	3	60 %	50 %
	Imag156	2	1	3	1	1	1	50 %	25 %
	Imag157	5	4	4	1	1	4	80 %	20 %
	Imag158	6	0	0	6	6	0	0 %	100 %
	Imag159	3	1	0	2	2	1	33 %	100 %
	Imag160	2	1	4	1	1	1	50 %	20 %
	Imag161	3	2	4	1	1	2	67 %	20 %
	Imag162	8	3	4	5	5	3	38 %	56 %
	Imag163	6	6	7	0	0	6	100 %	0 %
	Imag164	5	2	3	3	3	2	40 %	50 %
VACÍO	Imag165	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag166	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag167	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag168	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag169	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag170	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag171	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag172	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag173	0	0	1	0	0	0	0 %	0 %
	Imag174	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag175	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag176	0	0	1	0	0	0	0 %	0 %
	Imag177	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag178	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag179	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag180	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag181	0	0	1	0	0	0	0 %	0 %
	Imag182	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag183	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag184	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %

	Imag185	0	0	2	0	0	0	0 %	0 %
	Imag186	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag187	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag188	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag189	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag190	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag191	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag192	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag193	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag194	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag195	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag196	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag197	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag198	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag199	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag200	0	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Detección-Piel								49 %	56 %

ANEXO 4. TABLA DE RESULTADOS DEL ALGORITMO LACC CON LAS 200 IMÁGENES DE MUESTRA EN LOS DISTINTOS ESCENARIOS.

ALGORITMO LACC								
ESCENARIO	NOMBRE IMAGEN	NRO. ROSTROS EN LA IMAGEN	Verdaderos Positivos	Falsos Positivos	Falsos Negativos	CANTIDAD DE ROSTROS RECONOCIDOS	Sensibilidad	Especificidad
DÍA	Imag0	11	8	0	3	8	73 %	100 %
	Imag1	8	5	2	3	5	63 %	60 %
	Imag2	9	8	2	1	8	89 %	33 %
	Imag3	4	4	0	0	4	100 %	0 %
	Imag4	12	12	2	0	12	100 %	0 %
	Imag5	9	9	3	0	9	100 %	0 %
	Imag6	5	5	2	0	5	100 %	0 %
	Imag7	4	3	5	1	3	75 %	17 %
	Imag8	9	7	8	2	7	78 %	20 %
	Imag9	4	3	0	1	3	75 %	100 %
	Imag10	6	5	0	1	5	83 %	100 %
	Imag11	5	3	3	2	3	60 %	40 %
	Imag12	7	3	0	4	3	43 %	100 %
	Imag13	4	1	0	3	1	25 %	100 %
	Imag14	7	7	1	0	7	100 %	0 %
	Imag15	5	3	0	2	3	60 %	100 %
	Imag16	7	5	0	2	5	71 %	100 %

	Imag17	6	6	0	0	6	100 %	0 %
	Imag18	4	4	0	0	4	100 %	0 %
	Imag19	5	4	0	1	4	80 %	100 %
	Imag20	5	5	1	0	5	100 %	0 %
	Imag21	2	2	0	0	2	100 %	0 %
	Imag22	6	5	0	1	5	83 %	100 %
	Imag23	5	4	0	1	4	80 %	100 %
	Imag24	5	3	0	2	3	60 %	100 %
	Imag25	5	5	0	0	5	100 %	0 %
	Imag26	7	6	0	1	6	86 %	100 %
	Imag27	3	3	0	0	3	100 %	0 %
	Imag28	5	4	0	1	4	80 %	100 %
	Imag29	6	6	0	0	6	100 %	0 %
	Imag30	16	14	1	2	14	88 %	67 %
	Imag31	3	3	0	0	3	100 %	0 %
	Imag32	5	3	0	2	3	60 %	100 %
	Imag33	5	1	1	4	1	20 %	80 %
	Imag34	13	11	2	2	11	85 %	50 %
	Imag35	2	2	1	0	2	100 %	0 %
	Imag36	4	2	1	2	2	50 %	67 %
	Imag37	4	2	0	2	2	50 %	100 %
	Imag38	4	3	1	1	3	75 %	50 %
	Imag39	5	3	3	2	3	60 %	40 %
	Imag40	5	4	0	1	4	80 %	100 %
	Imag41	4	4	0	0	4	100 %	0 %
	Imag42	7	3	0	4	3	43 %	100 %
	Imag43	7	6	0	1	6	86 %	100 %
	Imag44	5	1	0	4	1	20 %	100 %
	Imag45	3	3	1	0	3	100 %	0 %
	Imag46	5	3	0	2	3	60 %	100 %
	Imag47	5	5	1	0	5	100 %	0 %
	Imag48	6	1	0	5	1	17 %	100 %
	Imag49	3	3	0	0	3	100 %	0 %
	Imag50	5	2	0	3	2	40 %	100 %
	Imag51	3	0	0	3	0	0 %	100 %
	Imag52	4	4	1	0	4	100 %	0 %
	Imag53	3	3	0	0	3	100 %	0 %
	Imag54	6	6	1	0	6	100 %	0 %
	Imag55	3	1	1	2	1	33 %	67 %
	Imag56	4	3	0	1	3	75 %	100 %
	Imag57	4	3	0	1	3	75 %	100 %
	Imag58	5	4	1	1	4	80 %	50 %
	Imag59	3	3	1	0	3	100 %	0 %
AGLOMERACIÓN	Imag60	15	11	5	4	11	73 %	44 %

	Imag61	10	10	1	0	10	100 %	0 %
	Imag62	11	11	8	0	11	100 %	0 %
	Imag63	10	3	0	7	3	30 %	100 %
	Imag64	40	36	12	4	36	90 %	25 %
	Imag65	8	3	0	5	3	38 %	100 %
	Imag66	12	3	4	9	3	25 %	69 %
	Imag67	14	11	8	3	11	79 %	27 %
	Imag68	13	11	0	2	11	85 %	100 %
	Imag69	13	10	1	3	10	77 %	75 %
	Imag70	14	10	0	4	10	71 %	100 %
	Imag71	8	3	0	5	3	38 %	100 %
	Imag72	11	4	8	7	4	36 %	47 %
	Imag73	11	1	0	10	1	9 %	100 %
	Imag74	10	5	0	5	5	50 %	100 %
	Imag75	15	5	0	10	5	33 %	100 %
	Imag76	17	17	0	0	17	100 %	0 %
	Imag77	24	19	0	5	19	79 %	100 %
	Imag78	16	15	0	1	15	94 %	100 %
	Imag79	42	41	1	1	41	98 %	50 %
	Imag80	11	4	0	7	4	36 %	100 %
	Imag81	6	6	0	0	6	100 %	0 %
	Imag82	17	16	0	0	16	100 %	0 %
	Imag83	62	38	0	24	38	61 %	100 %
	Imag84	7	7	0	0	7	100 %	0 %
LLUVIA	Imag85	8	6	8	2	6	75 %	20 %
	Imag86	1	0	0	1	0	0 %	100 %
	Imag87	2	1	3	1	1	50 %	25 %
	Imag88	3	2	5	1	2	67 %	17 %
	Imag89	1	1	2	0	1	100 %	0 %
	Imag90	4	1	1	3	1	25 %	75 %
	Imag91	1	0	0	1	0	0 %	100 %
	Imag92	2	2	5	0	2	100 %	0 %
	Imag93	3	1	2	2	1	33 %	50 %
	Imag94	3	1	0	2	1	33 %	100 %
	Imag95	3	0	0	3	0	0 %	100 %
	Imag96	3	0	0	3	0	0 %	100 %
	Imag97	6	0	3	6	0	0 %	67 %
	Imag98	5	0	4	5	0	0 %	56 %
	Imag99	5	3	3	2	3	60 %	40 %
	Imag100	2	0	0	2	0	0 %	100 %
	Imag101	2	1	0	1	1	50 %	100 %
	Imag102	1	0	1	1	0	0 %	50 %
	Imag103	3	1	0	2	1	33 %	100 %
	Imag104	1	0	0	1	0	0 %	100 %

	Imag105	1	0	0	1	0	0 %	100 %
NUBLADO	Imag106	5	1	1	4	1	20 %	80 %
	Imag107	3	2	0	1	2	67 %	100 %
	Imag108	6	5	1	1	5	83 %	50 %
	Imag109	7	6	1	1	6	86 %	50 %
	Imag110	11	10	1	1	10	91 %	50 %
	Imag111	5	0	2	5	0	0 %	71 %
	Imag112	5	4	7	1	4	80 %	13 %
	Imag113	5	4	1	1	4	80 %	50 %
	Imag114	5	4	0	1	4	80 %	100 %
	Imag115	5	0	1	5	0	0 %	83 %
	Imag116	5	3	2	2	3	60 %	50 %
	Imag117	5	4	1	1	4	80 %	50 %
	Imag118	3	0	2	3	0	0 %	60 %
	Imag119	4	2	0	2	2	50 %	100 %
	Imag120	4	2	0	2	2	50 %	100 %
	Imag121	5	0	0	5	0	0 %	100 %
	Imag122	2	1	5	1	1	50 %	17 %
	Imag123	3	0	0	3	0	0 %	100 %
	Imag124	4	0	4	4	0	0 %	50 %
	Imag125	2	0	3	2	0	0 %	40 %
Imag126	6	3	3	3	3	50 %	50 %	
Imag127	8	6	3	2	6	75 %	40 %	
Imag128	2	2	0	0	2	100 %	0 %	
Imag129	2	0	0	2	0	0 %	100 %	
NOCHE	Imag130	11	8	0	3	8	73 %	100 %
	Imag131	8	8	0	0	8	100 %	0 %
	Imag132	3	3	0	0	3	100 %	0 %
	Imag133	3	1	0	2	1	33 %	100 %
	Imag134	4	4	1	0	4	100 %	0 %
	Imag135	5	3	1	2	3	60 %	67 %
	Imag136	6	2	0	4	2	33 %	100 %
	Imag137	5	5	0	0	5	100 %	0 %
	Imag138	4	2	1	2	2	50 %	67 %
	Imag139	4	3	0	1	3	75 %	100 %
	Imag140	6	4	0	2	4	67 %	100 %
	Imag141	4	2	0	2	2	50 %	100 %
	Imag142	7	6	0	1	6	86 %	100 %
	Imag143	6	4	0	2	4	67 %	100 %
	Imag144	3	1	0	2	1	33 %	100 %
	Imag145	8	6	0	2	6	75 %	100 %
	Imag146	7	5	0	2	5	71 %	100 %
	Imag147	4	3	0	1	3	75 %	100 %
	Imag148	2	1	1	1	1	50 %	50 %

	Imag149	5	4	2	1	4	80 %	33 %
	Imag150	7	5	0	2	5	71 %	100 %
	Imag151	5	5	0	0	5	100 %	0 %
	Imag152	2	2	1	0	2	100 %	0 %
	Imag153	7	7	2	0	7	100 %	0 %
	Imag154	2	2	1	0	2	100 %	0 %
	Imag155	5	4	0	1	4	80 %	100 %
	Imag156	2	2	0	0	2	100 %	0 %
	Imag157	5	5	0	0	5	100 %	0 %
	Imag158	6	5	0	1	5	83 %	100 %
	Imag159	3	2	0	1	2	67 %	100 %
	Imag160	2	0	0	2	0	0 %	100 %
	Imag161	3	3	0	0	3	100 %	0 %
	Imag162	8	7	2	1	7	88 %	33 %
	Imag163	6	6	0	0	6	100 %	0 %
	Imag164	5	1	0	4	1	20 %	100 %
VACÍO	Imag165	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag166	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag167	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag168	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag169	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag170	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag171	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag172	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag173	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag174	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag175	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag176	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag177	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag178	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag179	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag180	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag181	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag182	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag183	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag184	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag185	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag186	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag187	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag188	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag189	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag190	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag191	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag192	0	0	0	0	0	0 %	0 %

	Imag193	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag194	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag195	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag196	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag197	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag198	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag199	0	0	0	0	0	0 %	0 %
	Imag200	0	0	0	0	0	0 %	0 %
Propio							64 %	59 %

ANEXO 5. CÓDIGO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN PARA EL CONTEO DE PERSONAS A PARTIR DE IMÁGENES TERRESTRES.

```
%% CÓDIGO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN PARA EL CONTEO DE PERSONAS
%% A PARTIR DE IMÁGENES TERRESTRES
%% Autor: Luis A. Cabrera C.
%% 02/05/2017
%% Referencias:
%% Algoritmo basado en el Método Viola-Jones (FaceFrontalCART).
(Upperbody).
%% Algoritmo basado en la Detección en cascada por Entrenamiento.
%% Reconocimiento de Personas por Detección de Piel.
%% Algoritmo FaceDetector object
%% -----

close all;
clear all;
clc;

%Leer la Imagen
rgbInputImage = imread('Imag3.jpg');

%Get FaceDetector Object
facedetector=vision.CascadeObjectDetector();

%rgbInputImage=getsnapshot(rgbInputImage);
labInputImage = applycform(rgbInputImage,makecform('srgb2lab'));

Lbpdfhe = fcnBPDFHE(labInputImage(:,:,1));
labOutputImage = cat(3,Lbpdfhe,labInputImage(:,:,2),labInputImage(:,:,3));
rgbOutputImage = applycform(labOutputImage,makecform('lab2srgb'));
figure, imshow(rgbInputImage); %Figural
title ('Figural');

figure, imshow(rgbOutputImage);%Figura2
title ('Figura2');

img=rgbOutputImage;
final_image = zeros(size(img,1), size(img,2));

%Código para la detección y segmentación de la piel:

if(size(img, 3) > 1)
for i = 1:size(img,1)
for j = 1:size(img,2)
R = img(i,j,1);
G = img(i,j,2);
B = img(i,j,3);
if(R > 92 && G > 40 && B > 20)
v = [R,G,B];
if((max(v) - min(v)) > 15)
if(abs(R-G) > 15 && R > G && R > B)

%it is a skin (Detecta la piel)
final_image(i,j) = 1;
end
end
end
```

```

end
end

%Escala de grises a binario
binaryImage=im2bw(final_image,0.6);
figure, imshow(binaryImage);%Figura3
title ('Figura3');

%Relleno los agujeros
binaryImage = imfill(binaryImage, 'holes');
figure, imshow(binaryImage);%Figura4
title ('Figura4');

binaryImage = bwareaopen(binaryImage,1890);
figure,imshow(binaryImage);%Figura5

%Annotate these faces on the top of the image
BBOX=step(facedetector,img );
B=insertObjectAnnotation(img, 'rectangle', BBOX, 'Cara')
figure, imshow(B), title('Rostros Detectados');

%Muestra el número de caras detectadas en una cadena.

n=size(BBOX,1);
string= num2str(n);
str=strcat('El Numero de caras detectado es: ',string);
disp(str);

% labeledImage = bwlabel(binaryImage, 8);
% blobMeasurements = regionprops(labeledImage, final_image, 'all');
% Numero_de_Rostros = size(blobMeasurements, 1)
% imagesc(rgbInputImage); title('Esquemas, desde Fronteras()');
%
% %Eje cuadrado; Calcular límites de las regiones en la imagen y superponer
los límites de la imagen.
% hold on;
% boundaries = bwboundaries(binaryImage);
% for k = 1 : Numero_de_Rostros
% thisBoundary = boundaries{k};
% plot(thisBoundary(:,2), thisBoundary(:,1), 'g', 'LineWidth', 2);
% end
% hold off;
%
% imagesc(rgbInputImage);
% hold on;
% title('Imagen Original con cuadros delimitadores');
%
% for k = 1 : Numero_de_Rostros % Bucle a través de todas las burbujas.
%
% % figure, imshow(labeledImage);
% % B = bwboundaries(binaryImage);
% % imshow(B);
% % text(10,10,strcat('\color{green}Objects Found:',num2str(length(B))))
% % hold on
% % for k = 1:length(B)
% % boundary = B{k};
% % plot(boundary(:,2), boundary(:,1), 'g', 'LineWidth', 0.2)
% % end
end

```