



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
*La Universidad Católica de Loja*

**ÁREA TÉCNICA**

**TÍTULO DE INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**Diseño e implementación de una aplicación para la detección de placas  
vehiculares a partir de imágenes**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**AUTORA:** León Aucapiña, Yosselin Jackeline.

**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>*

*Septiembre, 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 aplicación para la detección de placas vehiculares a partir de imágenes”**, realizado por **León Aucapiña Yosselin Jackeline**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, junio de 2017.

f) .....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Yosselin Jackeline León Aucapiña**, declaro ser autor del presente trabajo de titulación: “Diseño e implementación de una aplicación para la detección de placas vehiculares a partir de imágenes”, 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: León Aucapiña Yosselin Jackeline

Cédula: 1104811870

## DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por su apoyo y confianza en todo lo necesario para cumplir mis objetivos como persona y estudiante. Gracias por siempre orientarme y ayudarme a salir adelante a pesar de los inconvenientes. Este triunfo también es de ustedes.

A mi padre Klever por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado acompañándome y aconsejándome siempre.

A mi madre Jaqueline por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor.

A mi hermano Klever y mi hermana Shirley por siempre estar pendientes de mí, por su apoyo y ayuda para que hiciera realidad este logro.

A mi novio Leonel por ser un pilar fundamental en mi vida, por entenderme y apoyarme en todo momento.

A mi sobrina Alejandra y mis abuelitos por ser el motivo de mi inspiración, por sus palabras de aliento y confianza.

*Yosselin León*

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a las personas que, de una manera u otra, han sido claves en mi vida profesional, en especial a Daniel Aguirre gracias a su paciencia, dedicación, motivación y aliento ha permitido que todo esto sea posible.

A mi mejor amiga Nely por darme fuerza en los momentos difíciles. Te agradezco no solo por la ayuda brindada, sino por los buenos momentos en los que convivimos.

A mis amigos por haberme acompañado en todo este camino, más que amigos son mis hermanos que han hecho de esta experiencia una de las más especiales.

Gracias a mi familia por creer en mí y gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutar de cada día.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA .....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPITULO I.....	4
1.1. Planteamiento del problema. ....	5
1.1.1. Objetivos. ....	5
1.1.1.1. Objetivo General.....	5
1.1.1.2. Objetivos Específicos. ....	5
1.1.2. Justificación e importancia del proyecto.....	6
1.2. Trabajos existentes de algoritmos para la detección de placas vehiculares.....	6
1.3. Formato de las placas vehiculares en el Ecuador .....	10
1.4. Procesamiento digital de imágenes .....	11
1.4.1. Adquisición de imágenes.....	11
1.4.1.1. Imagen digital. ....	11
1.4.2. Pre-procesamiento. ....	12
1.4.3. Segmentación.....	13
1.4.4. Representación y descripción.....	13
1.4.5. Reconocimiento e interpretación.....	13
1.5. Operaciones generales.....	14
1.5.1. Umbralización.....	14
1.5.2. Binarización.....	15
1.5.3. Transformaciones morfológicas.....	15
1.5.3.1. Elemento estructural.....	16
1.5.3.2. Operaciones morfológicas.....	16

1.5.4.	Filtrado espacial de una imagen.....	16
1.5.4.1.	Filtros espaciales de paso bajo.....	17
1.5.4.1.1.	Filtro de promedio.....	17
1.5.4.1.2.	Filtro de la mediana.....	18
1.5.4.2.	Filtros espaciales de paso alto.....	19
1.5.4.2.1.	Realce de bordes.....	19
1.5.4.2.2.	Detección de contornos.....	20
CAPITULO II.....		22
2.1.	Captura de imágenes.....	23
2.2.	Programa MATLAB.....	24
2.3.	Algoritmos implementados.....	24
2.3.1.	Implementación del algoritmo para la detección de placas vehiculares propuesto por García, I. (Algoritmo 1).....	25
2.3.1.1.	Extracción de la placa.....	25
2.3.1.2.	Segmentación de la imagen de la placa.....	29
2.3.1.3.	Reconocimiento de los caracteres.....	29
2.3.2.	Implementación del algoritmo para la detección de placas vehiculares propuesto por Ceballos, S. (Algoritmo 2).....	31
2.3.2.1.	Corrección de la imagen.....	31
2.3.2.2.	Extracción de la placa vehicular.....	32
2.3.2.3.	Segmentación de la placa.....	33
2.3.2.4.	Reconocimiento de caracteres.....	34
2.3.3.	Implementación del algoritmo para la detección de placas vehiculares propuesto por Guerrero, P. (Algoritmo 3).....	35
2.3.3.1.	Extracción de placa.....	35
2.3.3.2.	Corrección de la placa.....	36
2.3.3.3.	Segmentación.....	37
2.3.3.4.	Reconocimiento.....	38
2.4.	Diseño de un sistema para la detección de placas vehiculares.....	38
2.4.1.	Implementación de una solución para la detección de placas vehiculares (Algoritmo ALE).....	39
2.4.1.1.	Corrección de la imagen.....	39
2.4.1.2.	Extracción de la placa.....	40
2.4.1.3.	Segmentación.....	41
2.4.1.4.	Reconocimiento de caracteres.....	43

CAPITULO III.....	44
3.1. Resultados obtenidos de la implementación para la detección de placas vehiculares propuesto por García, I. (Algoritmo 1) .....	45
3.1.1. Evaluación e Interpretación .....	52
3.2. Resultados obtenidos de la implementación para la detección de placas vehiculares propuesto por Ceballos, S. (Algoritmo 2).....	55
3.2.1. Evaluación e Interpretación .....	62
3.3. Resultados obtenidos de la implementación para la detección de placas vehiculares propuesto por Guerrero, P. (Algoritmo 3) .....	66
3.3.1. Evaluación e Interpretación .....	73
3.4. Resultados obtenidos de la implementación de una solución para la detección de placas vehiculares (Algoritmo ALE).....	77
3.4.1. Evaluación e Interpretación .....	84
3.5. Resultados del número de caracteres reconocidos en los algoritmos implementados	88
3.6. Resultados totales de los algoritmos implementados.....	96
CAPITULO IV .....	98
4.1. Objetivos futuros.....	99
4.1.1. Proceso de la ANT para la emisión de multas de vehículos.....	99
4.1.2. Solución para automatizar la introducción de caracteres de placas vehiculares mediante un dispositivo móvil .....	100
CONCLUSIONES .....	103
RECOMENDACIONES.....	104
BIBLIOGRAFÍA.....	105
ANEXOS.....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura1. 1</b> Píxeles de una imagen.....	12
<b>Figura1. 2</b> Histograma ideal .....	15
<b>Figura1. 3</b> Máscara centrada en (x, y) con sus respectivos puntos. ....	18
<b>Figura1. 4</b> Coeficientes de la máscara .....	18
<b>Figura1. 5</b> Esquema de filtrado de mediana.....	19
<b>Figura1. 6</b> Máscara usada para realzar los bordes .....	20
<b>Figura1. 7</b> Detección de contornos mediante la primera y segunda derivada.....	21
<b>Figura 2. 1</b> Imágenes de placas vehiculares bajo distintos escenarios. a) sol; b) lluvia; c) nublado y d) noche. ....	23
<b>Figura 2. 2</b> Fases del sistema propuesto por García, I. para la detección de placas vehiculares. ....	25
<b>Figura 2. 3</b> a) Imagen original, b) imagen en escala de grises, c) imagen recortada. ....	26
<b>Figura 2. 4</b> a) Filtro morfológico (bottom-hat), b) imagen binarizada .....	27
<b>Figura 2. 5</b> Operadores morfológicos. a) Cierre (closing), b) apertura (opening). ....	27
<b>Figura 2. 6</b> Dilatación de la imagen con SE. a) línea vertical, b) línea horizontal.....	28
<b>Figura 2. 7</b> Zona de la placa vehicular localizada.....	29
<b>Figura 2. 8</b> a) Placa vehicular binarizada, b) Números y letras de la Placa .....	29
<b>Figura 2. 9</b> Carpeta que contiene archivos de imágenes binarias. ....	30
<b>Figura 2. 10</b> Reconocimiento de los caracteres de una placa vehicular a través de OCR .....	30
<b>Figura 2. 11</b> Fases del sistema propuesto por Ceballos, S. para la detección de placas vehiculares. ....	31
<b>Figura 2. 12</b> Selección de la imagen capturada.....	32
<b>Figura 2. 13</b> Transformación proyectiva de la imagen seleccionada .....	32
<b>Figura 2. 14</b> Selección de la región de interés de la imagen capturada.....	33
<b>Figura 2. 15</b> a) Imagen recortada, b) imagen en escala de grises.....	33
<b>Figura 2. 16</b> a) Placa detectada en la imagen, b) Patrón de corte de la imagen.....	33
<b>Figura 2. 17</b> a) Placa binarizada complementada con áreas detectadas, b) Placa sin redundancias.....	34
<b>Figura 2. 18</b> Reconocimiento de los caracteres de una placa vehicular a través de OCR. ....	34
<b>Figura 2. 19</b> Fases del sistema propuesto por Guerrero, P. para la detección de placas vehiculares. ....	35
<b>Figura 2. 20</b> Selección de la región de interés de la imagen capturada.....	35
<b>Figura 2. 21</b> a) Área seleccionada que contiene la placa vehicular, b) imagen en escala de grises.....	36
<b>Figura 2. 22</b> Filtro Sobel aplicado en la imagen de placa .....	36
<b>Figura 2. 23</b> Corrección de la distorsión e inclinación. a) Recuadro que contiene la placa, b) placa vehicular corregida. ....	37
<b>Figura 2. 24</b> a) Imagen binarizada de imagen corregida, b) recorte a través de la proyección horizontal.....	37
<b>Figura 2. 25</b> Recorte de la palabra ECUADOR de la placa vehicular .....	37
<b>Figura 2. 26</b> a) Aplicación del filtro mediana, b) dilatación de la placa vehicular.....	38
<b>Figura 2. 27</b> Resultado del OCR de una placa aplicando el algoritmo propuesto por Guerrero, P. ....	38

<b>Figura 2. 28</b>	Fases del sistema para la detección de placas vehiculares.....	39
<b>Figura 2. 29</b>	Definir parámetros de entrada para la transformación proyectiva.....	39
<b>Figura 2. 30</b>	Aplicación de la transformada proyectiva de la imagen seleccionada .....	40
<b>Figura 2. 31</b>	Selección del área que contenga la placa .....	41
<b>Figura 2. 32</b>	a) Imagen original corregida, b) imagen binarizada.....	41
<b>Figura 2. 33</b>	a) Imagen binarizada, b) imagen recortada a través de la proyección horizontal..	42
<b>Figura 2. 34</b>	Recorte de la placa que contiene el área de los caracteres.....	42
<b>Figura 2. 35</b>	a) Aplicación de filtro mediana, b) imagen dilatada .....	43
<b>Figura 2. 36</b>	Reconocimiento de los caracteres de una placa vehicular a través de OCR .....	43
<b>Figura 3. 1</b>	Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores –segmentación del algoritmo propuesto por García, I. (García Santillán, 2008).....	53
<b>Figura 3. 2</b>	Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores –OCR del algoritmo propuesto por García, I. (García Santillán, 2008) .....	54
<b>Figura 3. 3</b>	Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores –corrección de la placa del algoritmo propuesto por Ceballos, S (Ceballos Jiménez, 2012) .....	63
<b>Figura 3. 4</b>	Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores –segmentación del algoritmo propuesto por Ceballos, S. (Ceballos Jiménez, 2012) .....	64
<b>Figura 3. 5</b>	Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores –OCR del algoritmo propuesto por Ceballos, S. (Ceballos Jiménez, 2012) .....	65
<b>Figura 3. 6</b>	Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores –corrección de la placa del algoritmo propuesto por Guerrero, P. (Guerrero Gutiérrez, 2017) .....	74
<b>Figura 3. 7</b>	Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores –segmentación del algoritmo propuesto por Guerrero, P. (Guerrero Gutiérrez, 2017) .....	75
<b>Figura 3. 8</b>	Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores –OCR del algoritmo propuesto por Guerrero, P. (Guerrero Gutiérrez, 2017) .....	76
<b>Figura 3. 9</b>	Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores –corrección de la placa del algoritmo ALE. ....	85
<b>Figura 3. 10</b>	Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores –segmentación del algoritmo ALE. ....	86
<b>Figura 3. 11</b>	Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores –OCR del algoritmo ALE .....	87
<b>Figura 3. 12</b>	Gráfica comparativa de la corrección de los cuatro algoritmos implementados. ...	96
<b>Figura 3. 13</b>	Gráfica comparativa de la segmentación de los cuatro algoritmos implementados. ....	97
<b>Figura 3. 14</b>	Gráfica comparativa del reconocimiento de los caracteres de los cuatro algoritmos implementados. ....	97
<b>Figura 4. 1</b>	Boleta de citación de la ANT .....	100
<b>Figura 4. 2</b>	Esquema conceptual del funcionamiento del sistema .....	101

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. 1</b> Comparación de los diferentes algoritmos para el reconocimiento de placas vehiculares .....	8
<b>Tabla 3. 1</b> Resultados del algoritmo propuesto por García, I. (García Santillán, 2008) de las imágenes capturadas con cámara digital. ....	45
<b>Tabla 3. 2</b> Resultados del algoritmo propuesto por García, I. (García Santillán, 2008) de las imágenes capturadas con dispositivo móvil. ....	49
<b>Tabla 3. 3</b> Cuadro resumen de los resultados obtenidos de la segmentación del algoritmo propuesto por García, I. (García Santillán, 2008).....	53
<b>Tabla 3. 4</b> Cuadro resumen de los resultados obtenidos del OCR del algoritmo propuesto por García, I.(García Santillán, 2008).....	54
<b>Tabla 3. 5</b> Resultados del algoritmo propuesto por Ceballos, S. (Ceballos Jiménez, 2012) de las imágenes capturadas con cámara digital. ....	55
<b>Tabla 3. 6</b> Resultados del algoritmo propuesto por Ceballos, S. (Ceballos Jiménez, 2012) de las imágenes capturadas con dispositivo móvil. ....	59
<b>Tabla 3. 7</b> Cuadro resumen de los resultados obtenidos de la corrección del algoritmo propuesto por Ceballos, S. (Ceballos Jiménez, 2012).....	63
<b>Tabla 3. 8</b> Cuadro resumen de los resultados obtenidos de la segmentación del algoritmo propuesto por Ceballos, S. (Ceballos Jiménez, 2012).....	64
<b>Tabla 3. 9</b> Cuadro resumen de los resultados obtenidos del OCR del algoritmo propuesto por Ceballos, S. (Ceballos Jiménez, 2012) .....	65
<b>Tabla 3. 10</b> Resultados del algoritmo propuesto por Guerrero, P. (Guerrero Gutiérrez, 2017) de las imágenes capturadas con cámara digital. ....	66
<b>Tabla 3. 11</b> Resultados del algoritmo propuesto por Guerrero, P. (Guerrero Gutiérrez, 2017) de las imágenes capturadas con dispositivo móvil.....	70
<b>Tabla 3. 12</b> Cuadro resumen de los resultados obtenidos de la corrección del algoritmo propuesto por Guerrero, P. (Guerrero Gutiérrez, 2017) .....	74
<b>Tabla 3. 13</b> Cuadro resumen de los resultados obtenidos de la segmentación del algoritmo propuesto por Guerrero, P. (Guerrero Gutiérrez, 2017) .....	75
<b>Tabla 3. 14</b> Cuadro resumen de los resultados obtenidos del OCR del algoritmo propuesto por Guerrero, P. (Guerrero Gutiérrez, 2017) .....	76
<b>Tabla 3. 15</b> Resultados del algoritmo ALE de las imágenes capturadas con cámara digital. ....	77
<b>Tabla 3. 16</b> Resultados del algoritmo ALE de las imágenes capturadas con dispositivo móvil. ....	81
<b>Tabla 3. 17</b> Cuadro resumen de los resultados obtenidos de la corrección del algoritmo ALE . ....	85
<b>Tabla 3. 18</b> Cuadro resumen de los resultados obtenidos de la segmentación del algoritmo ALE.....	86
<b>Tabla 3. 19</b> Cuadro resumen de los resultados obtenidos del OCR del algoritmo ALE.....	87
<b>Tabla 3. 20</b> Resultados generales del número de caracteres reconocidos de las imágenes capturadas con cámara digital. ....	88
<b>Tabla 3. 21</b> Resultados generales del número de caracteres reconocidos de las imágenes capturadas con dispositivo móvil. ....	92

## RESUMEN

En el presente trabajo se describe los fundamentos teóricos y prácticos necesarios para el estudio e implementación de algoritmos que permitan detectar los caracteres alfanuméricos en una placa vehicular por medio de procesamiento de imágenes.

El desarrollo de un sistema para la detección de placas vehiculares, permite un ahorro de recursos, además de ser una ayuda para automatizar sistemas como: detección de infracciones o rastreo de vehículos.

El programa implementado en la plataforma MATLAB realiza la captura de la placa, luego se procede a realizar el procesamiento de la imagen capturada, para luego aplicar un algoritmo de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) que identifica dentro de la imagen las letras y los números que componen la placa vehicular.

Finalmente se realiza un análisis de los resultados obtenidos de las 280 imágenes, adquiridas del casco urbano de la ciudad de Loja bajo distintas condiciones y en diferentes horarios del día, evaluando así el desempeño de la solución desde una perspectiva técnica.

**PALABRAS CLAVES:** procesamiento de imágenes, MATLAB, OCR.

## **ABSTRACT**

This paper describes the theoretical and practical foundations necessary for the study and implementation of algorithms that allow the detection of alphanumeric characters in a vehicle plate by means of image processing.

The development of a system for the detection of vehicular plates, allows a saving of resources, besides being an aid to automate systems such as: detection of infractions or vehicle tracking.

The program implemented in the MATLAB platform performs the capture of the plate, then proceeds to perform the processing of the captured image, then apply an algorithm of optical character recognition (OCR) that identifies within the image the letters and numbers that make up the vehicle plate.

Finally, an analysis of the results obtained from the 280 images acquired from the Loja city under different conditions and at different times of the day is carried out, thus evaluating the performance of the solution from a technical perspective.

**KEY WORDS:** image processing, MATLAB, OCR.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el procesamiento de imágenes se ha convertido en un tema de gran apertura para la innovación tecnológica. En esta área su utilidad es muy amplia y abarca muchos campos y tiene como ventaja obtener de las imágenes una gran cantidad de información que puede ser procesada y manipulada para diferentes fines.

El tratamiento digital de imágenes mejora el aspecto de las imágenes capturadas y de esa manera resalta los detalles que se desea visualizar. Es por ello que se ha desarrollado varias técnicas de reconocimiento y los sistemas de reconocimiento de placas es uno de los más usados hoy en día debido a sus diferentes aplicaciones como control de tráfico y acceso vehicular.

Los procesos utilizados para el desarrollo de la detección de placas vehiculares consiste básicamente en cuatro etapas: adquisición, corrección, localización y reconocimiento de placas vehiculares implementado en el programa MATLAB. Uno de los métodos más utilizados para la manipulación de imágenes es la utilización de filtros. Estos filtros modifican las imágenes ya sea para detectar los bordes o patrones de una escena o para cambiar su aspecto y otra de sus características es la eliminación de ruido en la imagen.

El proceso de reconocimiento óptico de caracteres permite la digitalización de textos, identifican de manera automática los símbolos y caracteres de una imagen, para luego almacenarlos en una forma de datos. OCR recibirá como entrada la imagen digitalizada y el resultado de este es un archivo de texto, permitiendo el acceso al número de placa vehicular de manera más rápida y menos complicada. De esta manera se puede hacer uso de dicha información por cualquier programa o aplicación para el control o seguridad vehicular.

**CAPITULO I  
ESTADO DE ARTE**

## **1.1. Planteamiento del problema.**

Debido a los problemas existentes con respecto al control vehicular como: infracciones de tránsito, acceso y hurto de vehículos en la ciudad de Loja, surge la necesidad de implementar sistemas que permitan de manera rápida y efectiva la detección y reconocimiento de placas vehiculares. De esta manera se puede proporcionar la información del vehículo con solo obtener la placa del mismo.

En caso de operativos de inspección policial, identificación en puestos de peajes y control de estacionamientos, el tiempo en que demora los controles vehiculares es indiscutiblemente uno de los mayores problemas. Es por ello que identificar los vehículos de forma automática ayudará a agilizar todo el proceso que hoy en día es muy tedioso para la gran parte de los conductores, así como también los agentes encargados de dichos controles vehiculares.

La necesidad de un sistema que permita proporcionar información sobre imágenes adquiridas de las placas vehiculares sería de gran utilidad para ayudar al control vehicular en la ciudad de Loja.

Para resolver este problema de control vehicular se cuenta con nuevas técnicas que se han desarrollado para mejorar la detección de patrones como también el reconocimiento de los caracteres.

Para llevar a cabo lo antes mencionado, con la ayuda de MATLAB, se propone desarrollar un programa que permita la adquisición, corrección, localización, segmentación y reconocimiento de la placa vehicular.

### **1.1.1. Objetivos.**

#### **1.1.1.1. Objetivo General.**

- Implementar una aplicación para el reconocimiento de caracteres de placas vehiculares por medio de procesamiento de imágenes.

#### **1.1.1.2. Objetivos Específicos.**

- Revisar el estado de arte de trabajos o artículos relacionados en las diferentes bases de datos para el desarrollo del proyecto.
- Conocer los métodos y técnicas utilizadas para la detección de placas vehiculares.

- Implementar los algoritmos para la detección de placas vehiculares en MATLAB, obteniendo las ventajas y desventajas.
- Adquirir imágenes del casco urbano de la ciudad de Loja bajo distintas condiciones y en diferentes horarios del día.
- Implementar la solución para la detección de placas vehiculares.

### **1.1.2. Justificación e importancia del proyecto**

El proyecto tiene como finalidad desarrollar un sistema de reconocimiento de placas vehiculares. Los usuarios se beneficiarán con un importante ahorro de recursos, dado que en la actualidad, los agentes civiles de tránsito de la ciudad de Loja no cuentan con un sistema de detección de placas vehiculares el cual les permita automatizar la introducción de la placa vehicular al sistema de la Agencia Nacional de Tránsito (ANT). Además el uso de este sistema puede aportar con una mejor calidad de servicio.

Este sistema puede ser de mucha ayuda para informarse o registrar faltas a las leyes de tránsito, de esta manera se podrá obtener información del vehículo con solo tener su número de placa. Se puede optar por otras aplicaciones para este sistema de reconocimiento como es el caso de acceso vehicular ya sea en peajes como en parqueaderos.

En términos generales lo que se pretende con el diseño e implementación de un sistema para la detección de placas vehiculares es automatizar la introducción de los caracteres alfanuméricos mediante el programa MATLAB.

Finalmente el sistema puede ser desarrollado como un sistema de apoyo a las fuerzas de seguridad, en este caso agentes de tránsito. Un ejemplo de ello es tener acceso a los datos de los propietarios de los vehículos mediante la consulta a bases de datos municipales para realizar trámites relacionados con el vehículo, como gestión de boletines de denuncia y retirada de vía pública.

### **1.2. Trabajos existentes de algoritmos para la detección de placas vehiculares**

Se realiza una investigación de artículos relacionados con el tema planteado con el objetivo de analizar las alternativas existentes hasta la actualidad de los algoritmos para el reconocimiento de placas vehiculares. A continuación se describe los algoritmos más significativos para el desarrollo del proyecto.

Existen diferentes métodos ya sea para la detección de la placa vehicular. La técnica de morfología matemática es usada por Ocampo (Ocampo Carrión, 2011) para la localización de la placa, así como también por Espinoza y Salinas (Espinoza Saquicela & Salinas Escobar, 2015) que hacen referencia a la misma técnica que se basa en operaciones morfológicas que permiten la localización de objetos pequeños. Con la ayuda de estos operadores morfológicos y elementos estructurales Hommos (Hommos et al., 2016) logra examinar la estructura geométrica de determinada imagen para la obtención de la región de la placa.

Otro método nombrado en el trabajo de Cañadas (Cañadas Betancourt & Haro Figueroa, 2011) para la localización de la placa es la búsqueda de bordes. Se basa en la propiedad de la placa de presentar un alto contraste donde aplicando un filtro como hace referencia Capra (Capra, Capra, Aciti, & Marone, 2012) el contraste ocasiona una alta densidad de bordes verticales y horizontales donde potencialmente se puede encontrar la placa.

En otro trabajo Sabio (Sabio Puga, 2015) realiza una combinación de dos técnicas: primero utiliza un filtro Sobel para localizar los bordes verticales, y luego, con un operador morfológico elimina los espacios en blanco entre las líneas obteniendo regiones candidatas a contener las placas vehiculares.

Trabajos relacionados con el reconocimiento de caracteres se puede encontrar en el trabajo de Hussein (Hussien, Elkhidir, & Elnourani, 2016) que hace uso de redes neuronales de Hopfield para el reconocimiento óptico de manuscritos de caracteres árabes. Ceballos (Ceballos Jiménez, 2012) aplica un OCR en las matriculas españolas donde busca los caracteres de la imagen y los compara con un vector de letras y números, Farhat (Farhat et al., 2016) compara las diferentes técnicas de OCR en las placas de vehículos de Qatar entre ellas la zonificación, plantillas de concordancia, cruce de vectores y el uso de redes neuronales.

En la Tabla 1.1 se presenta algunos de los métodos encontrados para la extracción de la placa como para el reconocimiento de caracteres. La selección de los algoritmos a implementar para la extracción y reconocimiento de las placas se basan en los trabajos de García (García Santillán, 2008), Ceballos (Ceballos Jiménez, 2012) y Guerrero (Guerrero Gutiérrez, 2017).

**Tabla 1. 1** Comparación de los diferentes algoritmos para el reconocimiento de placas vehiculares

Autor	Procesamiento		Estado de las imágenes capturadas	Base de datos de imágenes	Eficiencia de la etapa de extracción de placas	Eficiencia de la etapa de reconocimiento de caracteres
	Extracción de la placa	Reconocimiento de caracteres				
Ocampo Carrión (2011)	Morfología matemática	Redes Neuronales / Perceptrón multicapa	1200 x 1600 pixeles	350	80,33 %	84,53 %
Espinoza Saquicela & Salinas Escobar (2015)	Detección de contornos, operadores morfológicos	Redes Neuronales / KNN	Imágenes recolectadas bajo condiciones climáticas distintas	211	87,60 %	90,52 %
Cañadas Betancourt & Haro Figueroa (2011)	Zona de reflectividad	Plantillas de coincidencia	Video	200	85 %	88 %
Guerrero Pablo (2017)	Detección de bordes y morfología matemática	Plantillas de coincidencia	Diferentes ángulos y condiciones	680	-	90 %
Ceballos Jiménez (2012)	Detección de bordes	Plantilla de coincidencia	600 x 400 pixeles, diferentes ángulos y a diferentes condiciones climáticas	125	88,6 %	96,8 %
Hommos et al. (2016)	Operadores morfológicos y análisis de componentes conectados (CCA)	Plantillas de coincidencia	Imágenes de placas de Qatar	111	83 %	89,5 %

García Santillán (2008)	Morfología matemática	Plantillas de coincidencia	Imágenes bajo distintas condiciones / mismo ángulo de vista	100	91 %	94 %
Sabio Puga (2015)	Detección de bordes y operaciones morfológicas	Máquinas de soporte vectorial	800 x 600	-	-	-

**Fuente:** Autor.

**Elaboración:** Autor.

Para la implementación de aplicaciones, en este caso reconocimiento de placas vehiculares, García (García Santillán, 2008) describe los procesos o métodos a seguir para el pre-procesamiento, filtrado, localización de la matrícula, segmentación y clasificación de los caracteres de las placas vehiculares. Una vez que ha sido recortada la imagen para eliminar el fondo innecesario, se inicia con la conversión de la imagen haciendo uso de los operadores y filtros morfológicos. Para la selección de la sección de la imagen se procede a resaltar los detalles oscuros, obteniendo la zona de la placa localizada. Se divide la imagen de la placa en regiones similares para su posterior análisis y reconocimiento automático. Una de las ventajas de este algoritmo es que la detección de la región de la placa es automática, y no es necesario seleccionar puntos en la imagen capturada. En cuanto a las limitaciones, la placa debe estar en posición recta, no puede detectar la zona de la placa si ésta tiene un ángulo de inclinación además de ser muy dependiente de la distancia entre la cámara y el vehículo.

En el documento de Ceballos (Ceballos Jiménez, 2012) propone cinco subprocesos o algoritmos principales que el programa utiliza para identificar una matrícula. El proceso de extracción de la matrícula cuenta con tres algoritmos: localización, orientación y umbralización. La extracción de caracteres se basa en un solo algoritmo: segmentación. Para la identificación de estos caracteres se tiene un algoritmo: reconocimiento óptico de caracteres. Primero se encuentra y aísla el área de la matrícula del resto de la imagen, se compensa los ángulos y ajusta las dimensiones del tamaño requerido. Luego se encuentra los distintos caracteres presentes en la matrícula y se procede a reconocer cada uno de ellos. La ventaja es que trabaja con transformaciones proyectivas que son útiles para alinear la placa dando lugar a que las imágenes adquiridas de las placas vehiculares puedan tener cierto ángulo de inclinación. Este algoritmo no hace uso del

tamaño real de la imagen para la extracción de la región de la placa pero presenta muchas limitaciones en cuanto a la detección de los bordes de la placa, ya que en las placas deterioradas o sucias no es fácil detectar o resaltar los bordes lo que dificulta a la hora de la extracción de la zona de placa.

El trabajo realizado por Guerrero (Guerrero Gutiérrez, 2017) consta de tres algoritmos principales: extracción de la placa, segmentación y reconocimiento de los caracteres. Para la extracción de la zona de la placa vehicular se procede a seleccionar la región de interés de la imagen capturada. En este caso se selecciona manualmente con un recuadro la zona donde se encuentra ubicada posiblemente la placa, luego se procede a la corrección de la distorsión de la placa mediante transformaciones proyectivas también haciendo uso de la transformada de Hough. Una vez que se obtiene la zona de la placa se filtra y realiza la imagen mediante filtros paso alto, en este caso el filtro Sobel dando lugar a la detección de contornos o realce de bordes obteniendo de esta manera los caracteres de la placa para su posterior reconocimiento. La selección de una región de interés para la localización de la placa da como resultado un menor procesamiento en el algoritmo además de obtener menor sensibilidad ante las distorsiones presentadas en las placas vehiculares.

En este caso se realiza pruebas con los tres algoritmos con imágenes tomadas bajo distintas condiciones en diferentes horarios del día en la ciudad de Loja, donde se obtiene las ventajas y desventajas de cada uno de los algoritmos implementados, dando lugar al diseño e implementación de un nuevo algoritmo basado en las ventajas obtenidas para la detección de placas vehiculares.

### **1.3. Formato de las placas vehiculares en el Ecuador**

Las placas de identificación vehicular son emitidas exclusivamente por la ANT y entregadas por sus Unidades Administrativas Regionales o Provinciales, de acuerdo a las siguientes características y dimensiones («Ley Orgánica de Transporte Terrestre», 2016):

- La ANT establece que el material de las placas sea metálico y completamente reflectivas. Sus dimensiones de 404 mm de largo por 154 mm de ancho.
- El color de los caracteres es negro mate, el logotipo de la ANT se encuentra en la parte superior izquierda de la placa, es necesario que tengan un relieve de 2 mm y estén dotadas de pintura anticorrosiva.

- La placa vehicular está compuesta por tres letras mayúsculas y una secuencia de tres o cuatro dígitos. Los caracteres alfanuméricos impresos miden 70 mm de largo por 38 mm de ancho.
- La palabra ECUADOR que se encuentra en la parte superior y centrada en la placa, deberá tener una longitud de 146 mm de largo por 27 mm de ancho.

#### **1.4. Procesamiento digital de imágenes**

El procesamiento digital de imágenes se refiere a la manipulación de imágenes del mundo real de manera digital por medio de un computador. El principal objetivo es el de mejorar el aspecto de las imágenes y hacer más evidentes en ellas ciertas características relevantes para la aplicación que se desee desarrollar (Ocampo Carrión, 2011).

Los procesos o fases que se siguen para el procesamiento digital de imágenes generalmente se subdividen en seis áreas: adquisición, pre-procesamiento, segmentación, descripción, reconocimiento e interpretación.

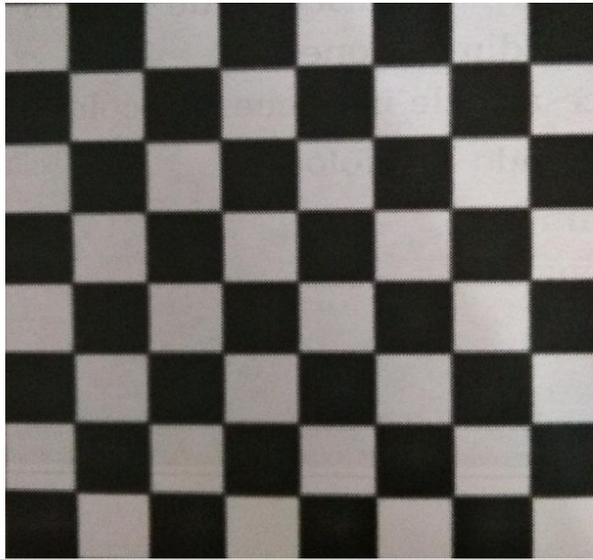
##### **1.4.1. Adquisición de imágenes.**

Este proceso consiste en la obtención de una imagen digital a través de un dispositivo electrónico como una cámara digital, cámara de video, escáner, o computador, que permiten obtener una imagen del mundo físico.

##### **1.4.1.1. Imagen digital.**

Una imagen es un función de dos dimensiones  $I = f(x, y)$  donde  $x, y$  son las coordenadas espaciales en un plano 2D y los valores que toman  $x, y$  con relación a la función  $f$  son proporcionales al brillo o intensidad  $I$ . Una imagen digital, definida por dicha función y que ha sido discretizada en intensidad se representa por una matriz en donde cada elemento de la matriz es llamado pixel (Ortega Ruiz, 2014).

El tamaño estándar de imágenes en dispositivos modernos anda en el rango de los megapíxeles. En la Figura 2.1 se muestra la manera en que se representa una imagen. De esta Figura se puede ver que se tiene  $8 \times 8 = 64$  píxeles. Una manera natural de representar una imagen es entonces por medio de una matriz, donde la posición de cada pixel está asociada a los valores  $n, m$  de los elementos de la matriz, donde  $n$  es el número de filas y  $m$  es el número de columnas de la imagen (Báez López & Cervantes Villagómez, 2012).



**Figura1. 1** Píxeles de una imagen

**Fuente:** Tomado de (Báez López & Cervantes Villagómez, 2012)

**Elaboración:** Báez, D. y Cervantes, O.

Dentro del procesamiento digital de imágenes se maneja cuatro tipos de imágenes las cuales se describen brevemente a continuación (Sánchez Tirado, 2006):

- **Imágenes RGB ("Red-Green-Blue"):** utiliza tres canales para reproducir los colores en la pantalla, 8 bits por canal, es decir, 24 bits de color para cada píxel y soportando algunos formatos como: JPG, BMP y PNG.
- **Imágenes indexadas:** reduce los colores de las imágenes a un máximo de 256 y de esta manera disminuye el tamaño de archivo ya que elimina la información de color.
- **Imágenes en escala de grises:** este tipo de imagen utiliza distintos tonos de gris, en las imágenes de 8 bits, pueden tener hasta 256 tonos de gris y cada píxel tiene un valor comprendido entre 0 (negro) y 255 (blanco).
- **Imágenes binarias:** poseen una profundidad de color de 1 bit, usa uno de los dos valores de color (blanco o negro) para representar los píxeles de una imagen.

#### **1.4.2. Pre-procesamiento.**

La segunda etapa hace referencia al tratamiento de la imagen con la finalidad de facilitar las etapas posteriores. En la adquisición de las imágenes se pueden presentar algunos factores que alteran la calidad de la imagen, es por ello que el pre-procesamiento incluye técnicas tales como

la reducción del ruido, realce del contraste, realce de ciertos detalles, eliminando partes de la imagen que son innecesarias (García Santillán, 2008).

#### **1.4.3. Segmentación.**

En esta tercera etapa se aplican técnicas de agrupamiento para excluir de forma automática aquellos puntos que no son de interés. La imagen se divide en sus partes constituyentes u objetos con el fin de determinar las regiones de píxeles que se necesita de una escena, es decir, separar las partes necesarias de procesamiento del resto de la imagen que no interesan de acuerdo a la aplicación que se quiera dar (Palomino & Román, 2014).

Los algoritmos de segmentación por lo general se basan en una de las dos propiedades básicas de los valores del nivel de gris que son: discontinuidad y similitud (Palomino & Román, 2014).

- **Discontinuidad:** este método consiste en dividir una imagen basándose en los cambios bruscos del nivel de gris.
- **Similitud:** se presenta la regularidad en los valores del nivel de gris, los principales métodos están basados en la umbralización, crecimiento de región y división de regiones.

#### **1.4.4. Representación y descripción.**

Después de segmentar una imagen, el conjunto resultante de píxeles segmentados se representan y describen para su posterior procesamiento. Básicamente el representar una región implica dos posibilidades: la primera es hacerlo en términos de sus características externas (su contorno) y la segunda en términos de sus características internas (píxeles que comprenden la región). En ambos casos es necesario convertir estos datos a una forma adecuada para el procesamiento (López Airam, 2007).

El siguiente paso consiste en describir la zona en la representación elegida. Generalmente, se elige una representación externa cuando el objetivo principal se centra en las características de forma como esquinas e inflexiones y una representación interna cuando el principal interés se centra en las propiedades de reflectividad tales como color y textura (López Airam, 2007).

#### **1.4.5. Reconocimiento e interpretación.**

Luego la quinta etapa de reconocimiento es el proceso que asigna una etiqueta a un objeto basándose en la información proporcionada por sus descriptores. Con esta fase se procede a interpretar la escena resultante y los cambios generados y encontrados en las etapas anteriores.

La interpretación implica asignar significado a un conjunto de objetos reconocidos (Álvarez Durán, 2014).

## **1.5. Operaciones generales**

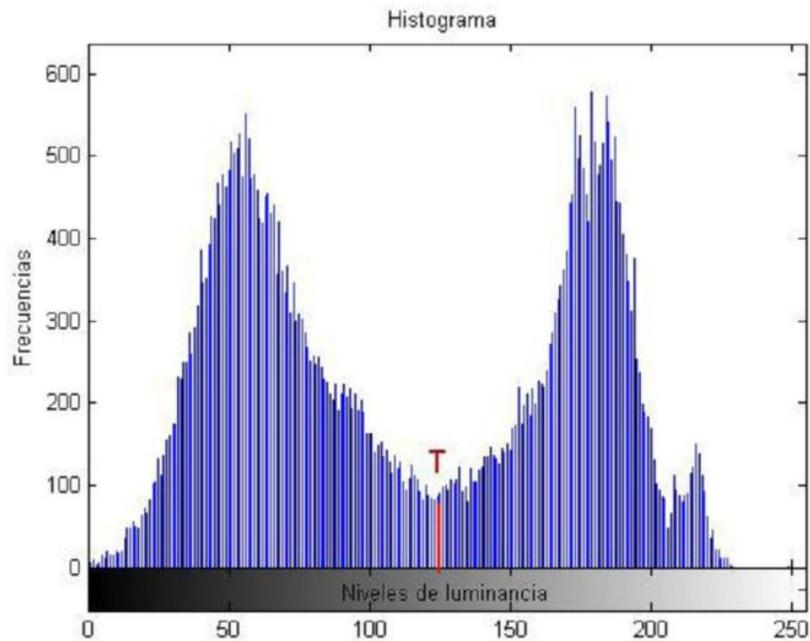
Una serie de operaciones generales se pueden realizar sobre las imágenes con el fin de modificarlas. A continuación se exponen las más relevantes en el procesamiento de imágenes.

### **1.5.1. Umbralización.**

También conocida como “thresholding”, la umbralización de imágenes es el proceso por el cual se busca un umbral óptimo que permita distinguir en una imagen los objetos del fondo de los objetos del primer plano. Las técnicas de umbralización buscan obtener un valor de umbral que permita binarizar a la imagen separando adecuadamente el fondo y el objeto a separar. (González Marcos, 2006)

Muchas de las técnicas de umbralización están basadas en la información estadística que brinda el histograma, sobre todo en aquellas imágenes donde los objetos tienen una superficie o textura homogénea y el fondo es más o menos uniforme. El problema de la umbralización es encontrar el valor  $T$  (umbral) adecuado entre los valores de grises en imágenes que permita una óptima separación entre el objeto y el fondo (Cattaneo, Larcher, Ruggeri, Herrera, & Biasoni, 2011).

Para el caso ideal de la Figura 1.2 , el histograma de intensidad de una imagen o niveles de gris de cada pixel en ella tendría bien marcado los dos picos para objeto y fondo, y se dice que el umbral óptimo es aquel valor  $T$  que separa ambas regiones, en este caso el umbral óptimo equivale a 125. Con la ayuda de este valor umbral se puede decidir qué píxeles conforman los objetos que buscamos y qué píxeles son sólo el entorno de estos objetos. (Cattaneo et al., 2011).



**Figura1. 2** Histograma ideal  
**Fuente:** Tomado de (Cattaneo et al., 2011)  
**Elaboración:** Cattaneo, C.

### 1.5.2. Binarización.

La binarización es una variante de la umbralización. Para realizar la binarización se requiere de un valor umbral, que es un valor de intensidad que consiste en dejar en cero aquellos píxeles menores de un umbral mientras que los mayores e iguales de dicho umbral toman el valor de uno (Ramírez Manzanares, 2014) .

Este valor umbral puede ser especificado manualmente o se implementa un algoritmo que permita elegir dinámicamente el valor, dando como resultado una imagen compuesta por un conjunto de unos y ceros. Con esto se logra localizar de manera más rápida el objeto de interés (Manna, 2016).

### 1.5.3. Transformaciones morfológicas.

Es una técnica de procesamiento de imágenes que tiene como objetivo la extracción de estructuras geométricas. Las operaciones utilizadas para las transformaciones morfológicas toman como entrada una imagen regresando como resultado una imagen del mismo tipo modificada. Los elementos que se requiere para el procesamiento morfológicos se describen a continuación (García Santillán, 2008).

#### **1.5.3.1. Elemento estructural.**

Mediante la utilización de un elemento estructural, el cual es un conjunto de puntos que forman una pequeña imagen, se determina la estructura de la imagen sobre la que se aplica la operación morfológica (Ocampo Carrión, 2011).

El elemento estructural puede tener cualquier tamaño y forma, y se elige de manera, a priori, de acuerdo con la morfología sobre la que va a interseccionar y en función de la obtención de formas que se desea extraer.

#### **1.5.3.2. Operaciones morfológicas.**

Las operaciones morfológicas proporcionan información sobre la forma o estructura de una imagen, permitiendo extraer componentes de la imagen que son útiles en la representación y descripción de la forma de regiones así como también obtener características importantes de los objetos de la imagen (García Santillán, 2008).

Las características, de acuerdo a Díaz (Díaz, 2012) pueden ser:

- **Erosión:** Se reemplaza el pixel con el menor valor (para objetos luminosos) o el mayor valor (para objetos oscuros) del vecindario del pixel. Esta operación produce un efecto de encogimiento o contracción de los objetos oscuros o luminosos de la imagen según sea la operación.
- **Dilatación:** Se reemplaza el pixel con el mayor valor (para objetos luminosos) o el menor valor (para objetos oscuros) del vecindario. Esta operación es contraria a la de erosión, expande los pixeles de los objetos presentes en la imagen, ensanchando los objetos oscuros o luminosos según sea la operación.
- **Apertura:** Primero se realiza una erosión y luego una dilatación. Este proceso se caracteriza por obtener por medio de sus operaciones un efecto de pulir los bordes de un hueco, eliminar pequeños objetos para obtener menor ruido en la imagen donde se aplica.
- **Cierre:** Primero se realiza una dilatación y luego una erosión. Este método se aplica cuando se requiere llenar los pequeños huecos de un objeto y conectar objetos que están próximos entre sí.

#### **1.5.4. Filtrado espacial de una imagen.**

El filtrado espacial es una operación aplicada a una imagen ya sea para atenuar o resaltar detalles de la misma, y se basa directamente en los valores de los pixeles en el entorno en consideración

(Jara Oyarzo, 2006). Se opera sobre un grupo de pixeles de entrada que rodean a un pixel central, por lo que los pixeles de la vecindad de la imagen original proporcionarán información importante sobre la tendencia de brillo en el área que se está procesando.

A continuación se realiza una breve descripción de los filtros espaciales: filtros de paso bajo y paso alto ya que constituyen la base de la mayor parte de las operaciones de filtrado espacial.

#### **1.5.4.1. Filtros espaciales de paso bajo.**

Los filtros suavizantes se emplean para hacer que la imagen aparezca algo borrosa y también para reducir el ruido, tienen por objeto suavizar los contrastes espaciales presentes en una imagen. Este filtro espacial tiene por defecto dejar pasar o mantener intocables las componentes de baja frecuencia espacial de una imagen. (Aldasur & Santamaría, 2002)

##### **1.5.4.1.1. Filtro de promedio.**

El procedimiento básico del filtro pasabajos es reemplazar el valor de cada píxel en una imagen por el promedio de los niveles de gris del vecindario definido por la máscara. De acuerdo a la Ecuación [1] dado una imagen  $f(x, y)$  de tamaño  $N \times N$ , el valor del nivel de gris de la imagen suavizada  $g(x, y)$  en el punto  $(x, y)$  se obtiene promediando los valores de nivel de gris de los puntos de  $f$  contenidos en una cierta vecindad de  $(x, y)$ . (González & Wintz, 1996)

$$g(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{(n,m) \in S} f(n, m) \quad [1]$$

Donde  $x, y = 0, 1, \dots, N - 1$ .  $S$  es el conjunto de coordenadas de los puntos vecinos a  $(x, y)$ , incluyendo el propio  $(x, y)$  y  $M$  es el número de puntos de vecindad.

Por ejemplo imaginemos una subimagen y la máscara que se muestra en las Figuras 1.3 y 1.4. Se desea reemplazar el valor de  $f(x, y)$  por el promedio de los puntos en una región de tamaño  $3 \times 3$  centrada en  $(x, y)$ , es decir, se quiere asignar el valor promedio a  $f(x, y)$ .

		⋮		
	$(x - 1, y - 1)$	$(x, y - 1)$	$(x + 1, y - 1)$	
...	$(x - 1, y)$	$(x, y)$	$(x + 1, y)$	...
	$(x - 1, y + 1)$	$(x, y + 1)$	$(x + 1, y + 1)$	
		⋮		

**Figura1. 3** Máscara centrada en  $(x, y)$  con sus respectivos puntos.

**Fuente:** Tomado de (González & Wintz, 1996)

**Elaboración:** González, R. y Wintz, P.

$1/9$	$1/9$	$1/9$
$1/9$	$1/9$	$1/9$
$1/9$	$1/9$	$1/9$

**Figura1. 4** Coeficientes de la máscara

**Fuente:** Tomado de (González & Wintz, 1996)

**Elaboración:** González, R. y Wintz, P.

La operación se realiza de forma general centrado la máscara en  $(x, y)$  y multiplicando cada punto debajo de la máscara por el correspondiente coeficiente de la máscara, dando paso a la suma del resultado.

$$g(x, y) = \frac{1}{9} \{f(x - 1, y - 1) + f(x, y - 1) + f(x + 1, y - 1) + f(x - 1, y) + f(x, y) + f(x + 1, y) + f(x - 1, y + 1) + f(x, y + 1) + f(x + 1, y + 1)\}$$

El problema de hacer un promedio de vecinos es que aparece una difuminación de los bordes y otros detalles de contraste.

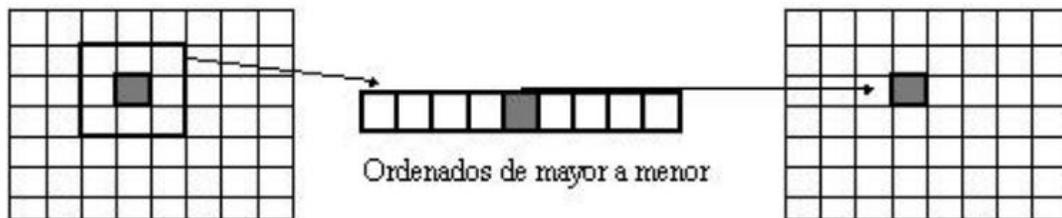
#### **1.5.4.1.2. Filtro de la mediana.**

Uno de los principales problemas que se presentan en el método anterior es que difumina los bordes. El filtrado de mediana es un método del filtrado espacial que en lugar de calcular el

promedio se calcula la mediana del conjunto de píxeles vecinos al píxel que se está procesando (Acharya & Ray, 2005).

Este método reemplaza el valor del píxel central por la mediana de los niveles de gris del vecindario de ese píxel. Tiene la ventaja de que el valor final del píxel es un valor real presente en la imagen y no un promedio, de este modo se reduce el efecto borroso que tienen las imágenes que han sufrido un filtro de media (López Airam, 2007).

La mediana  $\xi$ , de un conjunto de valores será aquella que la mitad de los valores del conjunto son menores o iguales que  $\xi$ , y la otra mitad es mayor o igual a  $\xi$  como se muestra en la Figura 2.6, es decir que la mediana se obtiene ordenando los valores contenidos en la máscara y escogiendo el que está en el centro.



**Figura1. 5** Esquema de filtrado de mediana  
**Fuente:** Tomado de (Díaz Conrado & Duque Romero, 2007)  
**Elaboración:** Díaz, A. y Duque, C.

El inconveniente es que resulta más complejo de calcular ya que hay que ordenar los diferentes valores que aparecen en los píxeles incluidos en la ventana y determinar cuál es el valor central pero son muy usados debido que proveen una excelente reducción de ruido (Pitas & Venetsanopoulos, 1998).

#### **1.5.4.2. Filtros espaciales de paso alto.**

El objetivo principal de las operaciones de realce es destacar los detalles delicados, finos de una imagen o intensificar detalles que han sido difuminados, por error o por efecto natural del método de captura de la imagen. El perfil de la respuesta a un impulso indica que este debe poseer coeficientes positivos cerca de su centro y negativos en la periferia. (Jara Oyarzo, 2006)

##### **1.5.4.2.1. Realce de bordes.**

Esta etapa consiste en enfatizar o resaltar aquellos píxeles que tiene un valor gris diferente al de sus vecinos. Cabe resaltar que si la imagen contiene ruido, su efecto se multiplicará por lo que

se recomienda primero eliminar el ruido. En la Figura 1.6 se presenta de forma general la máscara usada para realzar los bordes, donde la ganancia es  $-1$  y  $A = 9$ ,  $A$  contiene el peso (valor) del elemento central de la máscara. (Esqueda Elizondo & Palafox Maestre, 2005)

El realce de imágenes consiste en aumentar la ganancia de las altas frecuencias, es decir:

$$\text{Imagen resultante} = (\text{Ganancia})(\text{Imagen Original}) - \text{Bajas frecuencias}$$

Por lo tanto el realce de bordes permite que componentes de alta frecuencia eliminen o atenúen a aquellos de baja frecuencia, provocando el resalte esperado.

-1	-1	-1
-1	A	-1
-1	-1	-1

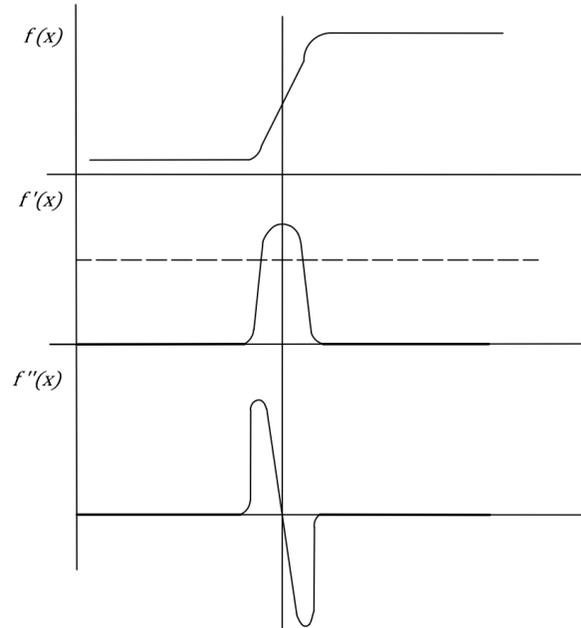
**Figura1. 6** Máscara usada para realzar los bordes  
**Fuente:** Tomado de (Esqueda Elizondo & Palafox Maestre, 2005)  
**Elaboración:** Esqueda, J. y Palafox, L.

#### **1.5.4.2.2. Detección de contornos.**

La detección de contornos es un paso intermedio en el reconocimiento de patrones en imágenes digitales. En una imagen, los contornos corresponden a los límites de los objetos presentes en la imagen. Para hallar los contornos se buscan lugares en la imagen en los que la intensidad del píxel cambia rápidamente, por lo general, usando alguno de los siguientes criterios:

- Lugares donde la primera derivada (gradiente) de la intensidad es de magnitud mayor que la de un umbral predefinido.
- Lugares donde la segunda derivada (laplaciano) de la intensidad tiene un cruce por cero.

En el primero caso (gradiente) se buscarán grandes picos, y en el segundo (laplaciano) se buscarán cambios de signo, así como se muestra en la Figura 1.7.



**Figura1. 7** Detección de contornos mediante la primera y segunda derivada.

**Fuente:** Tomado de (Esqueda Elizondo & Palafox Maestre, 2005)

**Elaboración:** Esqueda, J. y Palafox, L.

**CAPITULO II**  
**MATERIALES Y MÉTODOS**

## 2.1. Captura de imágenes

El proceso de captura se refiere a la adquisición de la imagen, en este caso la imagen será generada con la ayuda de dos dispositivos electrónicos: una cámara digital y un dispositivo móvil.

- **Características de la cámara digital:** genera imágenes con una resolución de 16 megapíxeles y una memoria de 16 GB. El formato de las imágenes capturadas serán de tipo JPG.
- **Características del dispositivo móvil:** genera imágenes con una resolución de 13 megapíxeles y una memoria de 8 GB. El formato de las imágenes capturadas serán de tipo JPG.

La base de datos cuenta con 280 imágenes de muestra, clasificadas dependiendo del tipo de dispositivo electrónico y en el escenario que ha sido adquirida la imagen. Por lo que se obtiene 140 imágenes capturadas con la cámara digital y 140 imágenes capturadas con el dispositivo móvil, que han sido adquiridas en el casco urbano de la ciudad de Loja bajo distintos escenarios: sol, lluvia, nublado y noche, cada escenario con un total de 35 imágenes. En la Figura 2.1 se muestra algunas imágenes de placas vehiculares tomadas en los 4 escenarios.



**Figura 2. 1** Imágenes de placas vehiculares bajo distintos escenarios. a) sol; b) lluvia; c) nublado y d) noche.

**Fuente:** Autor

**Elaboración:** Autor

## **2.2. Programa MATLAB**

En la actualidad se cuenta con un gran número de programas disponibles para el procesamiento de imágenes por computador. En ocasiones uno de los inconvenientes que presentan los programas es la alta inversión de tiempo que se necesita para desarrollar los algoritmos y las funciones a usar en los mismos, y sin tener la seguridad que lo implementado funcionará adecuadamente(Cañadas Betancourt & Haro Figueroa, 2011)

Para el desarrollo del trabajo de titulación se requiere un programa que permita la fácil implementación de algoritmos para la adquisición, localización, corrección, segmentación y reconocimiento de placas vehiculares.

MATLAB es un programa amigable para el usuario, goza de un alto nivel de implantación en centros de educación, así como en departamentos de investigación y desarrollo de muchas compañías industriales nacionales e internacionales. Está disponible para un amplio número de plataformas y opera bajo sistemas operativos como UNIX y Windows.

Dispone de un amplio abanico de programas de apoyo especializados, denominados "Toolboxes", que extienden significativamente el número de funciones incorporadas en el programa principal. El "Toolbox" proporciona a MATLAB un conjunto de funciones que amplían las capacidades del producto para realizar desarrollo de aplicaciones y de nuevos algoritmos en el campo del procesamiento y análisis de imágenes.(Casado Fernández, 2009)

La elección del programa MATLAB con respecto a otros programas disponibles para el procesamiento de imágenes como C, C++ es que cuenta con "Toolboxes". Estas herramientas permiten implementar algoritmos comprobados que funcionan adecuadamente. De esta manera se facilita el trabajo de programación.

## **2.3. Algoritmos implementados**

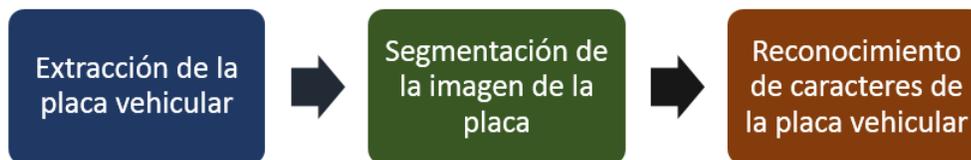
La selección de los algoritmos a implementar se basa en el porcentaje de eficiencia obtenida en las etapas de extracción y reconocimiento de caracteres de los algoritmos ya antes mencionados. Los métodos y técnicas usadas por García (García Santillán, 2008), Ceballos (Ceballos Jiménez, 2012) y Guerrero (Guerrero Gutiérrez, 2017) presentan un mayor porcentaje de eficiente para la detección de placas vehiculares.

A continuación se explicará los algoritmos que han sido implementados para el sistema de detección de placas, obteniendo así las ventajas y desventajas de los métodos y técnicas usadas en cada uno de ellos.

### 2.3.1. Implementación del algoritmo para la detección de placas vehiculares propuesto por García, I. (Algoritmo 1)

Se ha dividido el algoritmo de detección de placas vehiculares propuesto por García en tres fases: Extracción de la placa, segmentación y reconocimiento de los caracteres que se observa en la Figura 2.2.

Este algoritmo no cuenta con un método de corrección de placa, no puede detectar la zona de la placa si esta tiene un ángulo de inclinación además de ser muy dependiente de la distancia entre la cámara y el vehículo ya que si el vehículo se encuentra a una mayor distancia la zona de la placa ocuparía un menor espacio dentro de la imagen y sería eliminada por parte del algoritmo.



**Figura 2. 2** Fases del sistema propuesto por García, I. para la detección de placas vehiculares.

**Fuente:** Autor

**Elaboración:** Autor

#### 2.3.1.1. Extracción de la placa.

Para la selección de la imagen se hace uso del comando **uigetfile**, este comando permite que el usuario pueda seleccionar el nombre y extensión del archivo de la imagen que desea procesar.

Seleccionada la imagen a procesar mediante el comando **rgb2gray** se desea convertir una imagen de intensidad en escala de grises a partir de una imagen RGB que se puede observar en la Figura 2.3. Se procede a determinar la sección a cortar de la imagen en escala de grises para eliminar fondo innecesario.



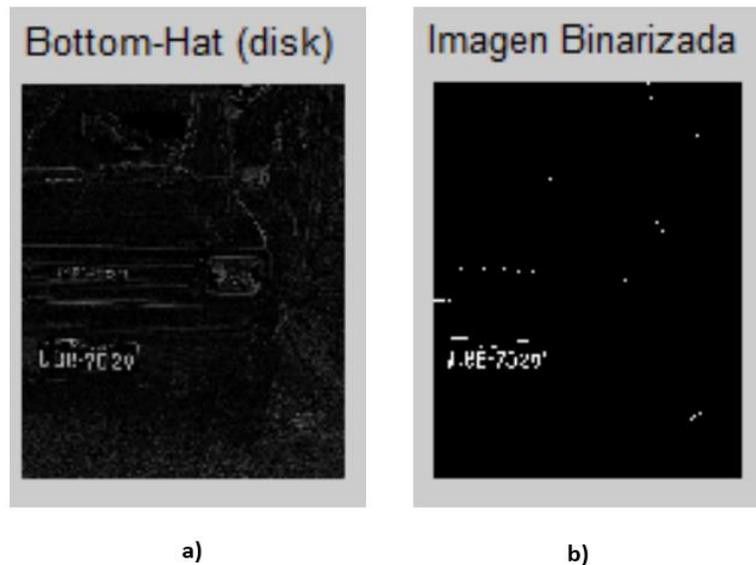
**Figura 2. 3** a) Imagen original, b) imagen en escala de grises, c) imagen recortada.

**Fuente:** Autor

**Elaboración:** Autor

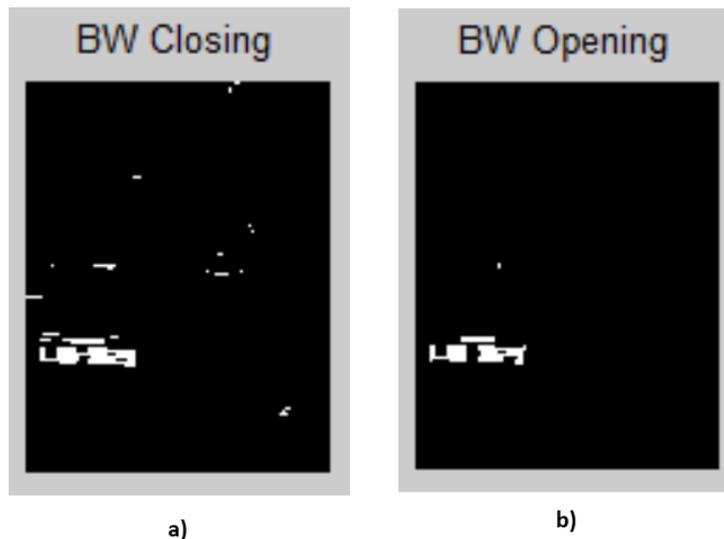
Una vez que se obtiene la imagen recortada en escala de grises, se puede hacer uso de filtros morfológicos usando un elemento estructurante (SE), estos filtros resaltan objetos de color contrario al fondo. En este caso el filtro “*bottom-hat*” con el comando **imbothat** nos permite resaltar los detalles oscuros del vehículo sobre un fondo local blanco, así como se muestra en la Figura 2.4.

A continuación se aplica la función llamada *UmbralOptimo*, función que se presenta en el Anexo 1. En este caso, el valor numérico que se obtiene de dicha función es 100, que corresponde al nivel de intensidad de la imagen, este valor permite separar los objetos de interés del resto de la escena, aislando la placa vehicular de los demás objetos de la imagen capturada. Se aplica el umbral a la imagen de la placa vehicular, dando como resultado la imagen binarizada que se muestra en la Figura 2.4



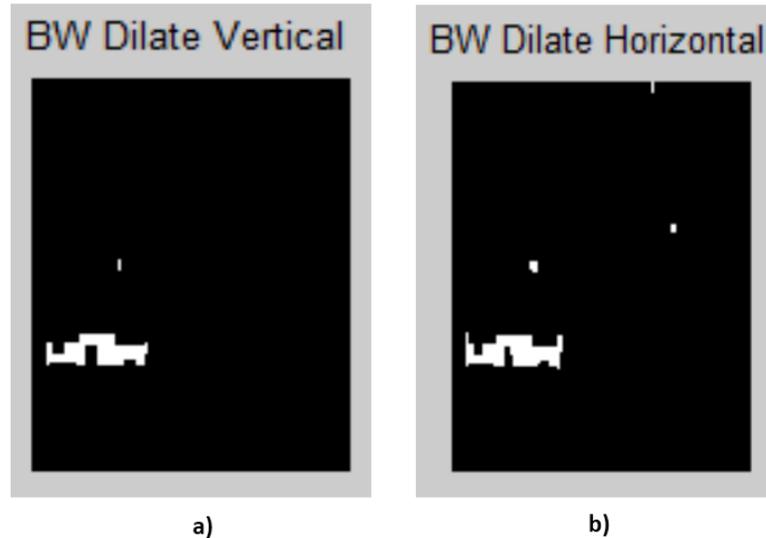
**Figura 2. 4** a) Filtro morfológico (bottom-hat), b) imagen binarizada  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

Con la ayuda de los comandos **imclose** e **imopen** operadores morfológicos de cierre y apertura, se rellena los agujeros que existan en la imagen y se elimina los pequeños píxeles aislados que se encuentre en la imagen de la placa vehicular, así como se muestra en la Figura 2.5.



**Figura 2. 5** Operadores morfológicos. a) Cierre (closing), b) apertura (opening).  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

El operador morfológico de dilatación con el comando **imdilate** expande los píxeles de la imagen de la placa vehicular que se muestra en la Figura 2.6 se dilata la imagen con un elemento estructurante de línea vertical y horizontal.



**Figura 2. 6** Dilatación de la imagen con SE. a) línea vertical, b) línea horizontal.  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

Para extraer la zona de la placa, se crea regiones para eliminar las zonas innecesarias según sus propiedades, se aplica el comando **bwlabel** para encontrar las zonas que tiene la imagen, etiquetando las mismas y agrupando dependiendo de la conectividad entre píxeles.

Usando el comando de **regionprops**, se mide las propiedades de la región de la imagen, calcula el área, la posición y las dimensiones del mínimo rectángulo que envuelve la región con la propiedad conocida como "BoundingBox", teniendo la certeza que solo se cuenta con la región de la placa vehicular y se procede a recortar la zona de la placa vehicular con las medidas exactas del rectángulo que indica el "BoundingBox", se puede observar la zona de la placa localizada en la Figura 2.7



**Figura 2. 7** Zona de la placa vehicular localizada  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

### 2.3.1.2. Segmentación de la imagen de la placa.

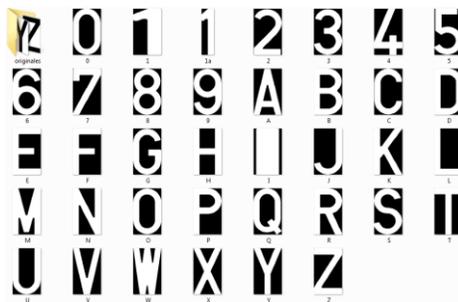
Una vez obtenida la imagen de la placa, se debe extraer cada uno de los caracteres existentes en la placa vehicular para su posterior reconocimiento. Para lograr este objetivo se procede a la eliminación de los sectores que no son de interés de la zona de la placa que ha sido localizada como es el caso de la palabra ECUADOR y el guion que separa las letras de los números. Para ello se procede a binarizar la zona de la placa aplicando un valor umbral y se procede a realizar el proceso anterior con los comandos **bwlabel** y **regionprops** para ir disminuyendo el tamaño de la región que contiene la placa, como se muestra en la Figura 2.8.



**Figura 2. 8** a) Placa vehicular binarizada, b) Números y letras de la Placa  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

### 2.3.1.3. Reconocimiento de los caracteres.

Para el reconocimiento automático de los caracteres se lo realiza con métodos de clasificación basados en la Adaptación por correlación (Debandi & Redi, 2008), que se basa en la comparación de la imagen a clasificar con una o varias imágenes patrón que caracterizan a cada clase. OCR utiliza medidas de similitud basadas en correlaciones. Para ello se hace uso de la carpeta que contiene archivos de las imágenes binarias de números y letras del abecedario sacado de (INFAIMON S.L., 2017), como se muestra en la Figura 2.9.



**Figura 2. 9** Carpeta que contiene archivos de imágenes binarias.

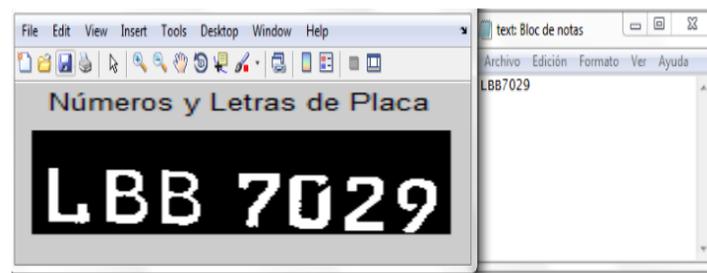
**Fuente:** Autor

**Elaboración:** Autor

Cada letra y número está normalizada a un tamaño de 117x192 píxeles, este valor es usado con el propósito de tener las plantillas iguales tanto en largo como en ancho. Las imágenes normalizadas de cada letra serán almacenadas con el formato BMP. Normalmente al usar este formato se ahorra espacio en el disco duro.

Para transformar los patrones de las letras y números a valores que pueden ser entendidos por MATLAB se usa el comando **imread**, que permite leer cada imagen y transformarlos en valores dentro de una matriz.

La función **corr2** permite hallar la correlación en 2D entre dos señales, que da la medida de similitud entre dos señales. Para hallar la correlación entre los patrones y los números y letras normalizados de la placa del vehículo se realiza mediante un bucle for donde se irá realizando la correlación con el comando ya antes mencionado, encontrando la similitud y semejanza entre los patrones de los números y letras con la información que contiene la placa vehicular. En la Figura 2.10 un archivo .txt muestra el resultado del reconocimiento óptico de caracteres de la placa vehicular.



**Figura 2. 10** Reconocimiento de los caracteres de una placa vehicular a través de OCR

**Fuente:** Autor

**Elaboración:** Autor

### 2.3.2. Implementación del algoritmo para la detección de placas vehiculares propuesto por Ceballos, S. (Algoritmo 2)

El algoritmo propuesto por Ceballos para la detección de placas vehiculares se divide en cuatro fases: Corrección de la imagen, extracción de la placa, segmentación y reconocimiento de caracteres de la placa vehicular. En la Figura 2.11, se muestra una etapa para la corrección de la imagen, a diferencia del algoritmo propuesto por García.



**Figura 2. 11** Fases del sistema propuesto por Ceballos, S. para la detección de placas vehiculares.

**Fuente:** Autor

**Elaboración:** Autor

El algoritmo trabaja con transformaciones proyectivas que son útiles para alinear la placa dando lugar a que las imágenes adquiridas de las placas vehiculares puedan tener cierto ángulo de inclinación. Para la extracción de la región de la placa no hace uso del tamaño real de la imagen lo que facilita el procesamiento de la imagen pero presenta muchas limitaciones en cuanto a la etapa de segmentación basada en regiones ya que depende en gran parte del estado en que se encuentra la placa vehicular.

#### 2.3.2.1. Corrección de la imagen.

Seleccionada la imagen capturada, se procede a utilizar un algoritmo que permita la transformación proyectiva de coordenadas, en el cual se definen unos parámetros de entrada, con la ayuda del comando **ginput** e **input\_points** se define interactivamente de forma manual las coordenadas de entrada seleccionando cuatro puntos de la imagen.



**Figura 2. 12** Selección de la imagen capturada.

**Fuente:** Autor

**Elaboración:** Autor

Se establece unas dimensiones predefinidas para la imagen resultante. El comando **cp2tform** crea la estructura de la transformación proyectiva y el comando **imtransform** aplica la transformada proyectiva para enderezar la matrícula en caso de ser necesario. A continuación se observa en la Figura 2.13 la transformada proyectiva en una imagen de placa vehicular que lo requiere.



**Figura 2. 13** Transformación proyectiva de la imagen seleccionada

**Fuente:** Autor

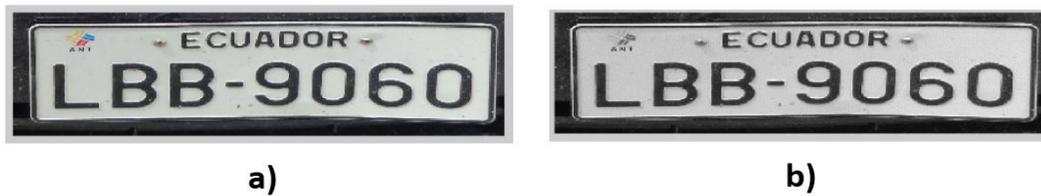
**Elaboración:** Autor

### **2.3.2.2. Extracción de la placa vehicular.**

Se procede a seleccionar la región de interés (ROI) de la imagen seleccionada para localizar el área que contenga la placa, como se muestra en la Figura 2.14 con la ayuda del comando **imcrop**, se recorta la zona y mediante el comando **rgb2gray** se convierte la imagen a escala de grises, como se observa en la Figura 2.15.



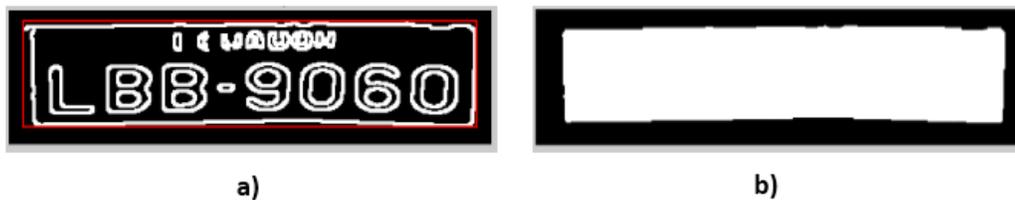
**Figura 2. 14** Selección de la región de interés de la imagen capturada  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor



**Figura 2. 15** a) Imagen recortada, b) imagen en escala de grises  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

La imagen de la placa en escala de grises se la pasa por un filtro paso bajo en este caso el filtro de la mediana **medfilt2** para eliminar el ruido de la imagen y por un filtro de detección de bordes que se encuentra implementado en MATLAB con el comando **edge** y utiliza el método de Canny.

Una vez detectado los contornos de la imagen, se procede a eliminar las regiones innecesarias, con ayuda del comando **bwlabel** y **regionprops**, como se muestra en la Figura 2.16.



**Figura 2. 16** a) Placa detectada en la imagen, b) Patrón de corte de la imagen.  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

### 2.3.2.3. Segmentación de la placa.

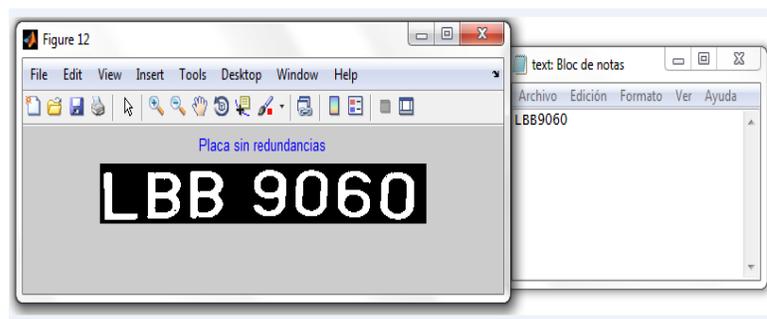
La fase de segmentación de este algoritmo es similar a la fase propuesta por García (García Santillán, 2008), para eliminar aquellos sectores que no son de interés en la placa como la palabra ECUADOR y el guion se utiliza los comandos **bwlabel** y **regionprops**. Así como se muestra en la Figura 2.17.



**Figura 2. 17** a) Placa binarizada complementada con áreas detectadas, b) Placa sin redundancias.  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

#### 2.3.2.4. Reconocimiento de caracteres

En la etapa de reconocimiento de los caracteres de la placa vehicular se utiliza los mismos métodos planteados en el algoritmo anterior. Con la ayuda de las plantillas, el OCR permite encontrar la semejanza entre los patrones de los números y letras con la información que contiene la placa vehicular. En la Figura 2.16 un archivo .txt muestra el resultado del reconocimiento caracteres de la placa vehicular.



**Figura 2. 18** Reconocimiento de los caracteres de una placa vehicular a través de OCR.  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

### 2.3.3. Implementación del algoritmo para la detección de placas vehiculares propuesto por Guerrero, P. (Algoritmo 3)

El algoritmo para la detección de placas vehiculares propuesto por Guerrero, P. se divide en cuatro fases: Extracción de la placa, corrección, segmentación y reconocimiento de los caracteres, así como se muestra en la Figura 2.19.



**Figura 2. 19** Fases del sistema propuesto por Guerrero, P. para la detección de placas vehiculares.

**Fuente:** Autor

**Elaboración:** Autor

A diferencia del algoritmo anterior, la fase de corrección de la placa se realiza una vez localizada la zona de interés de la imagen capturada. En la etapa de segmentación propone un algoritmo de proyecciones para el recorte de la placa vehicular, detectando los bordes y eliminando aquellas zonas que no son de interés, este algoritmo presenta menor sensibilidad a las condiciones en las que se encuentra la zona de la placa.

#### 2.3.3.1. Extracción de placa.

En la imagen capturada se procede a la selección de la región de interés (ROI), con la ayuda del comando **imagesc**. En la Figura 2.20 se muestra la selección de la zona que contiene a la placa vehicular.

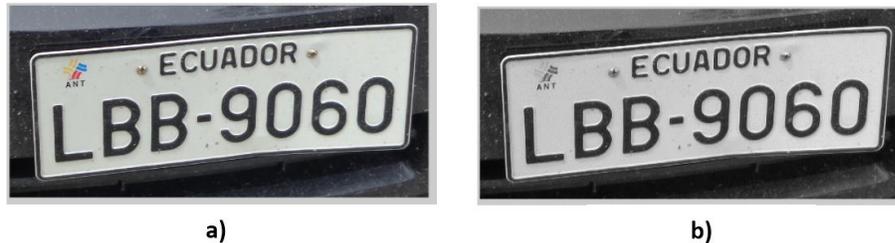


**Figura 2. 20** Selección de la región de interés de la imagen capturada.

**Fuente:** Autor

**Elaboración:** Autor

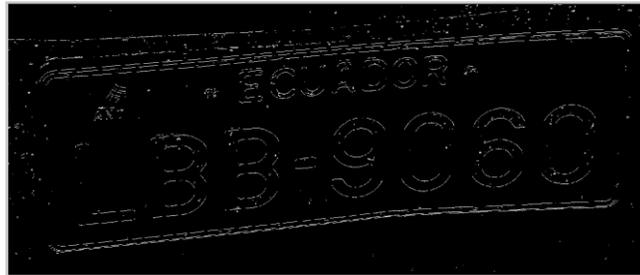
Una vez que se obtiene el área de la placa vehicular con el comando **imcrop** se realiza el recorte de la zona de la placa vehicular, mediante el comando **rgb2gray** se convierte la imagen recortada en escala de grises.



**Figura 2. 21** a) Área seleccionada que contiene la placa vehicular, b) imagen en escala de grises.  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

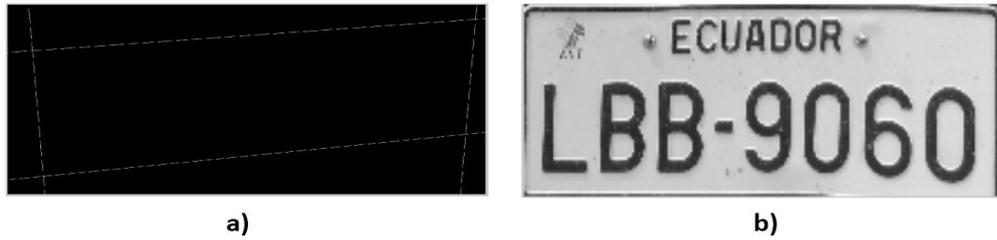
### 2.3.3.2. Corrección de la placa.

Se procede a la detección de bordes, que se encuentra en MATLAB con el comando **edge** y usa el método de Sobel empleando la dirección horizontal y vertical. Este comando nos permite encontrar los bordes de una imagen de distintos niveles de intensidad.



**Figura 2. 22** Filtro Sobel aplicado en la imagen de placa  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

La aplicación del filtro Sobel horizontal y vertical permiten detectar los bordes verticales y horizontales de la imagen adquirida, mediante la Transformada de Hough se determina las rectas destacadas dentro de una imagen llegando a determinar cuatro rectas que forman un recuadro, la cual cuenta con intersecciones como se puede apreciar en la Figura 2.23, los vértices encontrados en la imagen de la placa vehicular son la base para la aplicación de la transformada proyectiva.



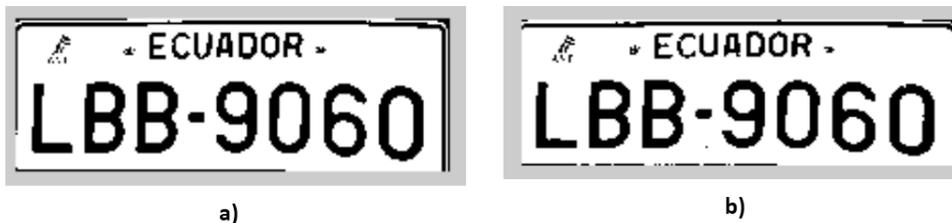
**Figura 2. 23** Corrección de la distorsión e inclinación. a) Recuadro que contiene la placa, b) placa vehicular corregida.

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

### 2.3.3.3. Segmentación.

A continuación se procede a binarizar la imagen de la placa vehicular corregida, para ello es necesario definir un valor numérico de umbral que permite eliminar objetos innecesarios y mantener aquellos objetos que son necesarios, para este proceso se emplea el comando **im2bw** junto con **graythresh**. En cuanto a la proyección horizontal permite eliminar el contorno de la placa, para ello es necesario establecer un nivel específico horizontal que separe las columnas de los caracteres de la placa de las columnas del marco de la placa vehicular.



**Figura 2. 24** a) Imagen binarizada de imagen corregida, b) recorte a través de la proyección horizontal.

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

El siguiente paso es la eliminación de los sectores que no son de interés de la zona de la placa que ha sido localizada, como es el caso de la palabra ECUADOR, se generalizó el tamaño de la placa que contenga específicamente el área de los caracteres. En la Figura 2.25 se observa el recorte superior de la placa vehicular.



**Figura 2. 25** Recorte de la palabra ECUADOR de la placa vehicular

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

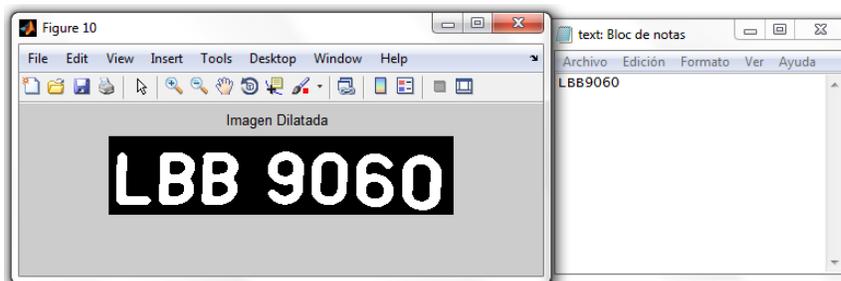
La imagen recortada pasa por un filtro paso bajo, en este caso el filtro de la mediana **medfilt2** para eliminar el ruido de la imagen. Se procede al uso de operadores morfológicos, como es el caso de la dilatación con el comando **imdilate** que expande los píxeles de la imagen de la placa vehicular.



**Figura 2. 26** a) Aplicación del filtro mediana, b) dilatación de la placa vehicular  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

#### 2.3.3.4. Reconocimiento.

En la etapa de reconocimiento se utiliza los mismos métodos planteados en los algoritmos anteriores. En la Figura 2.27 se muestra en un archivo .txt el resultado del reconocimiento óptico de caracteres de la placa vehicular.



**Figura 2. 27** Resultado del OCR de una placa aplicando el algoritmo propuesto por Guerrero, P.  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

#### 2.4. Diseño de un sistema para la detección de placas vehiculares.

En base a los conceptos generales y algoritmos analizados para la detección de placas vehiculares, en esta etapa se pretende diseñar un sistema para la detección de placas vehiculares combinando los métodos y técnicas descritos, para obtener un algoritmo eficaz. El sistema se divide en cuatro fases: Corrección de la imagen capturada, extracción de la placa vehicular, segmentación y reconocimiento de caracteres de la placa vehicular.



**Figura 2. 28** Fases del sistema para la detección de placas vehiculares

**Fuente:** Autor

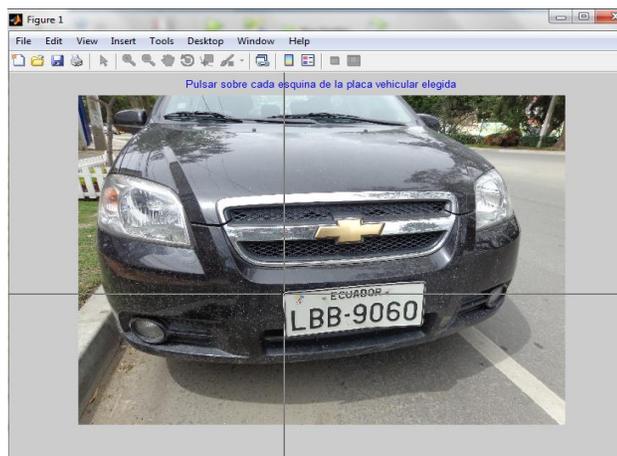
**Elaboración:** Autor

### 2.4.1. Implementación de una solución para la detección de placas vehiculares (Algoritmo ALE)

Para la implementación de una solución para la detección de placas vehiculares, en base a los resultados obtenidos de las pruebas realizadas con los tres algoritmos, se procede a implementar aquellos métodos que presentan ventajas. De esta manera se obtiene un algoritmo denominado ALE que presenta mayor probabilidad de acierto, se presenta en el Anexo 2.

#### 2.4.1.1. Corrección de la imagen.

En este caso se toma en cuenta el método utilizado en la fase de corrección propuesto por Ceballos (Ceballos Jiménez, 2012) donde una vez seleccionada la imagen capturada se procede a realizar la transformación proyectiva de coordenadas, con la ayuda del comando **ginput** e **input\_points** se define de forma manual las coordenadas de entrada. Se pulsa sobre cada vértice de la placa vehicular empezando por el superior izquierdo y continúa en dirección de las manecillas de reloj, así como se observa en la Figura 2.29.

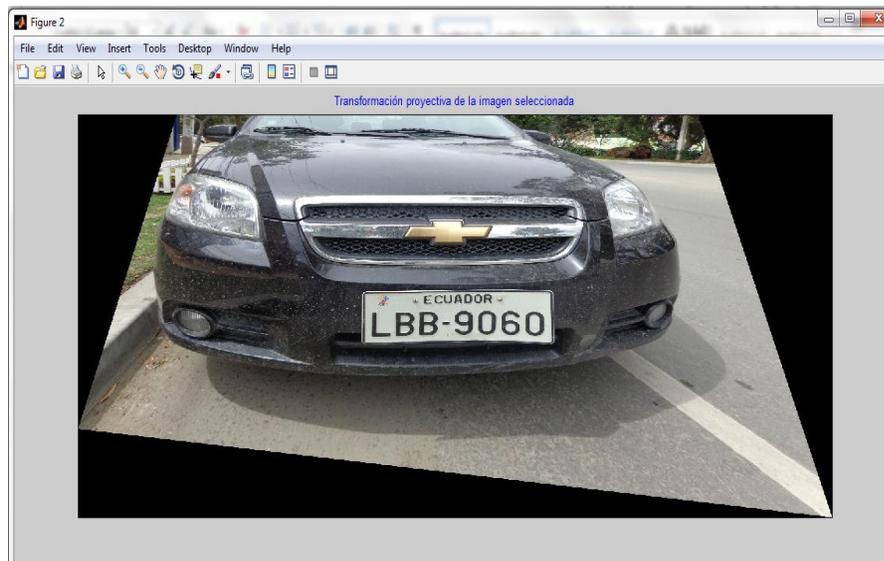


**Figura 2. 29** Definir parámetros de entrada para la transformación proyectiva.

**Fuente:** Autor

**Elaboración:** Autor

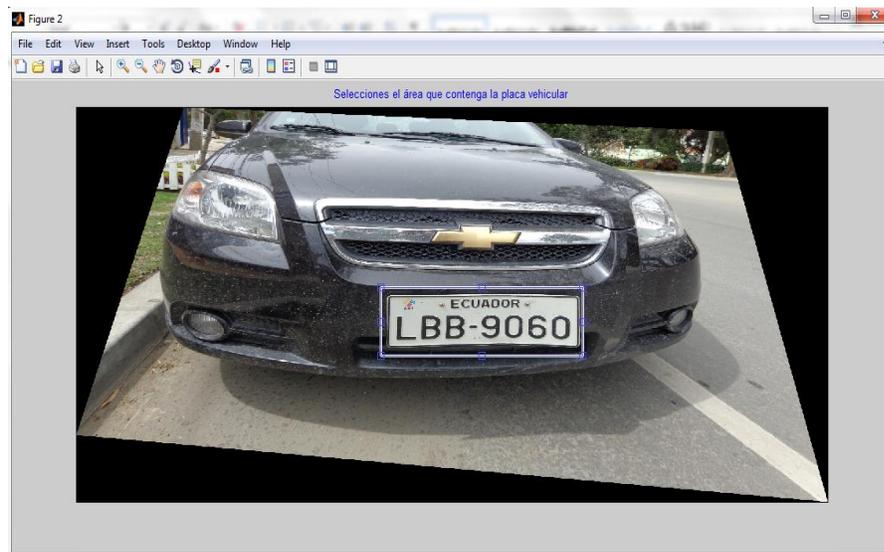
Se crea la estructura de la transformada proyectiva con el comando **cp2tform** y se procede a aplicar dicha transformada con el comando **imtransform**. En la figura 2.30 se observa la aplicación de la transformada proyectiva sobre la imagen de la placa vehicular.



**Figura 2. 30** Aplicación de la transformada proyectiva de la imagen seleccionada  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

#### **2.4.1.2. Extracción de la placa.**

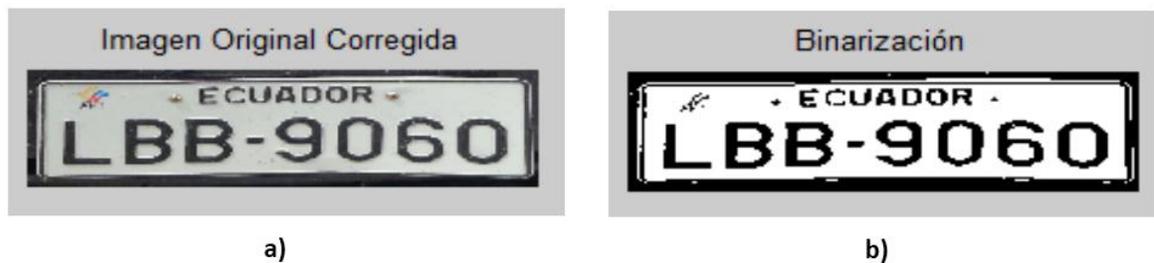
Se procede a seleccionar la región de interés (ROI) de la imagen, como se muestra en la Figura 2.31 con la ayuda del comando **imcrop**, se recorta la zona que contenga la placa vehicular. Una vez que se obtiene el área de la placa vehicular, mediante la función **graythresh** aplicando el método de Otsu se calcula el valor del umbral. El umbral óptimo para binarizar la imagen se logra cuando la varianza entre clases “between-class variance” genera un valor máximo. Este método permite obtener una menor probabilidad de error al extraer un objeto del fondo de la imagen. En la Figura 2.32 se muestra el resultado de la imagen binarizada.



**Figura 2. 31** Selección del área que contenga la placa

**Fuente:** Autor

**Elaboración:** Autor



a)

b)

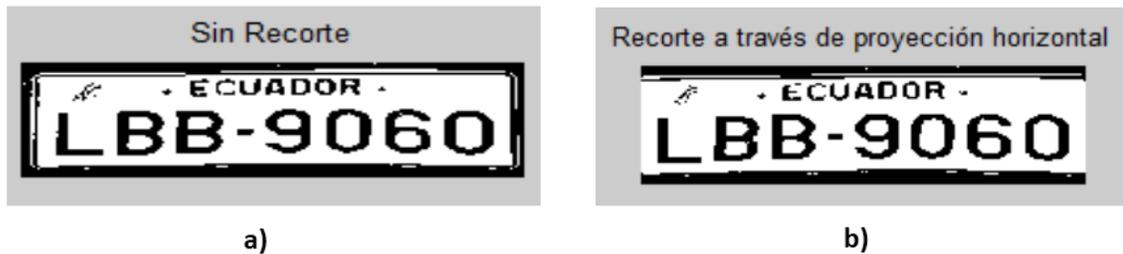
**Figura 2. 32** a) Imagen original corregida, b) imagen binarizada

**Fuente:** Autor

**Elaboración:** Autor

### **2.4.1.3. Segmentación.**

Una vez que se obtiene la imagen de la placa binarizada se procede a eliminar aquellas zonas que no son de interés, en este caso el método de la proyección horizontal utilizado por Guerrero (Guerrero Gutiérrez, 2017) para la segmentación de la placa, da mejores resultados en comparación al método de segmentación basada en regiones, y permite eliminar los bordes horizontales detectados en el marco de la placa satisfactoriamente, como se muestra en la Figura 2.33.



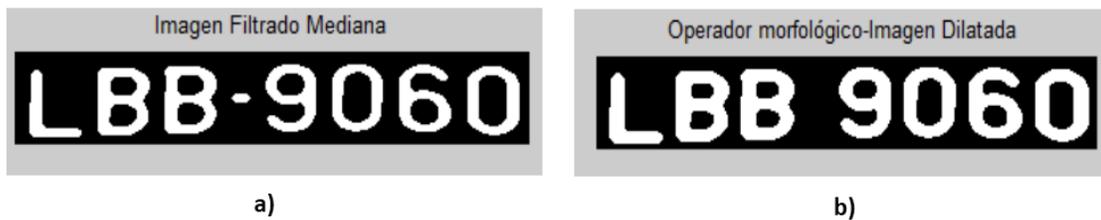
**Figura 2. 33** a) Imagen binarizada, b) imagen recortada a través de la proyección horizontal  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

Con la finalidad de eliminar regiones innecesarias de la placa se generaliza el tamaño de la imagen para que contenga específicamente el tamaño del área de los caracteres. En este caso, si la imagen es mayor a 450 píxeles de ancho y mayor a 150 píxeles de alto, se aplica un recorte con el comando **imcrop** dando como resultado una imagen de la placa que solo contiene el área de los caracteres como se muestra en la Figura 2.34



**Figura 2. 34** Recorte de la placa que contiene el área de los caracteres.  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

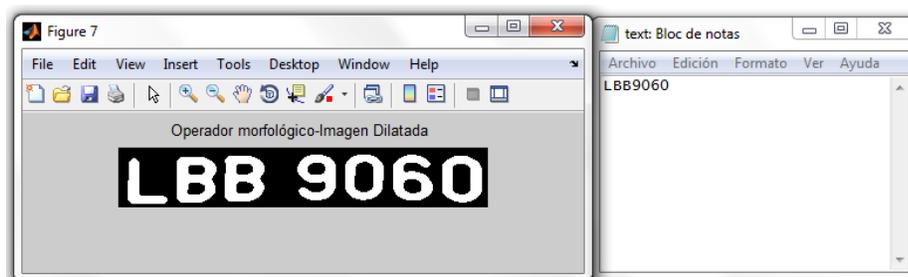
Para eliminar el ruido de la placa vehicular, se procede a emplear el filtro mediana **medfilt2** que se muestra en la Figura 2.35, además se utiliza el **bwareaopen** para eliminar componentes conectados que tienen un número menor al especificado, en este caso este valor corresponde a 300 píxeles. A continuación se procede a dilatar la imagen, método utilizado por García (García Santillán, 2008), para expandir los píxeles de los caracteres de la placa vehicular, como se observa en la Figura 2.35.



**Figura 2. 35** a) Aplicación de filtro mediana, b) imagen dilatada  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

#### 2.4.1.4. Reconocimiento de caracteres.

En esta fase de reconocimiento, los métodos aplicados son los mismos que en las fases de reconocimiento implementadas anteriormente. En la Figura 2.36 se observa el resultado del reconocimiento de los caracteres en un archivo .txt



**Figura 2. 36** Reconocimiento de los caracteres de una placa vehicular a través de OCR  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

**CAPITULO III  
RESULTADOS**

### 3.1. Resultados obtenidos de la implementación para la detección de placas vehiculares propuesto por García, I. (Algoritmo 1)

La muestra de imágenes de placas vehiculares adquiridas con una cámara digital es de 140, así como también las adquiridas por un dispositivo móvil. Las imágenes fueron tomadas en diferentes escenarios: sol, lluvia, nublado y noche. En la Tabla 3.1 y 3.2 se muestra los resultados obtenidos del algoritmo implementado, donde el color rojo que se presenta en la placa identificada corresponde a los errores obtenidos en los caracteres de cada una de las placas vehiculares.

**Tabla 3. 1** Resultados del algoritmo propuesto por García, I. (García Santillán, 2008) de las imágenes capturadas con cámara digital.

CAMARA DIGITAL					
Algoritmo 1					
ESCENARIO	Nro. Prueba	Nro. Placa	SEGMENTACIÓN CORRECTA	RECONOCIMIENTO CORRECTO	PLACA IDENTIFICADA
SOL	1	ICG-434	SI	SI	ICG-434
	2	TDS-0761	NO	NO	-
	3	LCK-787	SI	NO	LCX787
	4	LBB6700	NO	NO	-
	5	PCD-4804	SI	SI	PCD4804
	6	LCA-129	NO	NO	-
	7	LCI-927	SI	NO	LC1-227
	8	LBB-5836	SI	NO	QWB1835
	9	ABC-1380	SI	SI	ABC1380
	10	PCL-5313	NO	NO	-
	11	LBA-2489	NO	NO	-
	12	LBB-9072	SI	SI	LBB9072
	13	LBB-4912	NO	NO	-
	14	LBL-669	NO	NO	-
	15	PBH-6209	SI	NO	APH6189
	16	RBR-0850	NO	NO	-
	17	PPA-3011	SI	NO	PPA3027
	18	ICI-203	SI	SI	ICI203
	19	PTE-421	NO	NO	-
	20	PYA-892	SI	NO	PYW892
	21	OCL-794	NO	NO	-

	22	LBA-1071	SI	SI	LBA1071
	23	POL-228	NO	NO	-
	24	LBA-6510	NO	NO	-
	25	MBB-5935	NO	NO	-
	26	LBB-4825	NO	NO	-
	27	LBA-9306	NO	NO	-
	28	LCD-672	SI	NO	LCD572
	29	POY-985	SI	SI	POY985
	30	PXC-866	NO	NO	-
	31	LCH-956	NO	NO	-
	32	PCY-320	NO	NO	-
	33	ZBC-417	SI	SI	ZBC417
	34	LBB-2855	NO	NO	-
	35	GPH-574	SI	NO	GAH514
<b>LLUVIA</b>	36	LBA-2013	NO	NO	-
	37	LBB-9060	SI	SI	LBB9060
	38	LBE-706	NO	NO	-
	39	PNI-680	NO	NO	-
	40	LBA-7516	NO	NO	-
	41	PBB-6565	SI	SI	PBB6565
	42	LBA-2940	NO	NO	-
	43	PSL-164	NO	NO	-
	44	ABA-6465	SI	NO	ABW6465
	45	PBF-105	NO	NO	-
	46	PDA-6001	SI	NO	PDA6002
	47	PKX-316	NO	NO	-
	48	PUB-0755	NO	NO	-
	49	LBB-1503	NO	NO	-
	50	ABF-6451	NO	NO	-
	51	TBA-8213	SI	NO	-
	52	LBA-5528	NO	NO	-
	53	LBB-1830	SI	NO	IAD1860
	54	LBA-8268	SI	SI	LBA8268
	55	LCJ-020	NO	NO	-
	56	LBB-5446	SI	NO	IBB6446
	57	LBB-2300	NO	NO	-
	58	LBB-5575	NO	NO	-
	59	ABC-8407	NO	NO	-
	60	LCC-486	SI	NO	LCC485
	61	PSI-560	SI	NO	BSI550

	62	LBA-1162	SI	SI	LBA1162
	63	LBA-9582	NO	NO	-
	64	GMH-0295	NO	NO	-
	65	PBQ-3022	NO	NO	-
	66	EBA-2241	NO	NO	-
	67	LBL-981	NO	NO	-
	68	LBA-3878	SI	NO	LDA3070
	69	LCG-947	NO	NO	-
	70	PBS-2035	SI	SI	PBS2035
NUBLADO	71	LBB-7029	SI	NO	LGG702
	72	PDB-4593	NO	NO	-
	73	LBB-047	SI	SI	LBB047
	74	LBB-1656	NO	NO	-
	75	LBB-1484	NO	NO	-
	76	LBA-2431	NO	NO	-
	77	LBA-7083	NO	NO	-
	78	LBA-5478	NO	NO	-
	79	LAG-0330	NO	NO	-
	80	PBQ-1652	NO	NO	-
	81	LBY-886	SI	NO	L CI800
	82	LBB-4461	SI	SI	LBB4461
	83	LBZ-401	NO	NO	LOU002
	84	LBA-1399	NO	NO	-
	85	LBB-2180	NO	NO	-
	86	ABE-9592	NO	NO	-
	87	PQV-430	NO	NO	ECA400
	88	LBB-8711	NO	NO	-
	89	LBA-2272	NO	NO	-
	90	PCO-1438	NO	NO	-
	91	LBB-9685	NO	NO	-
	92	LBA-7018	SI	SI	LBA7018
	93	LCC-0301	NO	NO	-
	94	LCL-122	NO	NO	-
	95	LBB-1360	NO	NO	-
	96	LBB-8718	NO	NO	-
	97	LBW-0766	NO	NO	-
	98	PBA-5971	NO	NO	-
	99	ABD-4711	NO	NO	-
	100	LBA-5606	NO	NO	-
	101	LBB-5336	NO	NO	-
	102	LCH-328	SI	SI	LCH328

	<b>103</b>	LBA-5263	NO	NO	-
	<b>104</b>	LBB-6642	NO	NO	-
	<b>105</b>	LBB-6774	SI	SI	LBB6774
<b>NOCHE</b>	<b>106</b>	LCL-813	NO	NO	-
	<b>107</b>	IBB-5588	NO	NO	-
	<b>108</b>	AFY-399	NO	NO	-
	<b>109</b>	LBB-9277	NO	NO	-
	<b>110</b>	PDB-527	NO	NO	-
	<b>111</b>	LBB-2513	NO	NO	-
	<b>112</b>	LBB-4771	NO	NO	-
	<b>113</b>	LBB-7103	SI	SI	LBB7103
	<b>114</b>	LCK-202	NO	NO	-
	<b>115</b>	PBI-7262	NO	NO	-
	<b>116</b>	LCL-585	NO	NO	-
	<b>117</b>	TBY-793	NO	NO	-
	<b>118</b>	PCB-3050	NO	NO	-
	<b>119</b>	LCH-349	NO	NO	-
	<b>120</b>	PVQ-831	SI	NO	PUC881
	<b>121</b>	LBA-1899	NO	NO	-
	<b>122</b>	LCJ-602	NO	NO	-
	<b>123</b>	LBW-109	NO	NO	-
	<b>124</b>	PBJ-1073	NO	NO	-
	<b>125</b>	AFO-244	NO	NO	-
	<b>126</b>	LBP-0749	SI	SI	LBP0749
	<b>127</b>	LBA-8671	NO	NO	-
	<b>128</b>	AFO-666	NO	NO	-
	<b>129</b>	LBB-3634	NO	NO	-
	<b>130</b>	LBB-3119	NO	NO	-
	<b>131</b>	XBX-171	NO	NO	-
	<b>132</b>	LCH-016	NO	NO	-
	<b>133</b>	LBB-2506	NO	NO	-
	<b>134</b>	LCF-466	SI	NO	LOB465
	<b>135</b>	ABA-2573	NO	NO	-
	<b>136</b>	TCM-806	NO	NO	-
	<b>137</b>	ICR-666	NO	NO	-
<b>138</b>	PBM-5049	NO	NO	-	
<b>139</b>	LBA-3933	NO	NO	-	
<b>140</b>	LBB-6917	NO	NO	-	

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

**Tabla 3. 2** Resultados del algoritmo propuesto por García, I. (García Santillán, 2008) de las imágenes capturadas con dispositivo móvil.

DISPOSITIVO MOVIL					
Algoritmo 1					
ESCENARIO	Nro. Prueba	Nro. Placa	SEGMENTACIÓN CORRECTA	RECONOCIMIENTO CORRECTO	PLACA IDENTIFICADA
SOL	141	ICG-434	SI	SI	ICG-434
	142	TDS-0761	NO	NO	-
	143	LCK-787	SI	SI	LCK-787
	144	LBB-6700	NO	NO	-
	145	PCD-4804	NO	NO	-
	146	LCA-129	SI	NO	LDA199
	147	LCI-927	SI	NO	LC1827
	148	LBB-5836	NO	NO	-
	149	ABC-1380	SI	SI	ABC1380
	150	PCL-5313	NO	NO	-
	151	LBA-2489	NO	NO	-
	152	LBB-9072	SI	SI	LBB9072
	153	LBB-4912	NO	NO	-
	154	LBL-669	SI	NO	LBL669
	155	PBH-6209	NO	NO	-
	156	RBR-0850	NO	NO	-
	157	PPA-3011	SI	NO	PPA3027
	158	ICI-203	SI	SI	ICI203
	159	PTE-421	NO	NO	-
	160	PYA-892	SI	NO	PYV-892
	161	OCL-794	NO	NO	-
	162	LBA-1071	SI	SI	LBA1071
	163	POL-228	NO	NO	-
	164	LBA-6510	NO	NO	-
	165	MBB-5935	NO	NO	-
	166	LBB-4825	NO	NO	-
	167	LBA-9306	SI	SI	LBA9306
168	LCD-672	NO	NO	LCD572	
169	POY-985	SI	SI	POY985	
170	PXC-866	NO	NO	-	
171	LCH-956	NO	NO	-	
172	PCY-320	NO	NO	-	

	<b>173</b>	ZBC-417	SI	SI	ZBC417
	<b>174</b>	LBB-2855	NO	NO	-
	<b>175</b>	GPH-574	SI	NO	GPH <b>679</b>
<b>LLUVIA</b>	<b>176</b>	LBA-2013	NO	NO	-
	<b>177</b>	LBB-9060	SI	SI	LBB9060
	<b>178</b>	LBE-706	NO	NO	-
	<b>179</b>	PNI-680	NO	NO	-
	<b>180</b>	LBA-7516	NO	NO	-
	<b>181</b>	PBB-6565	NO	NO	-
	<b>182</b>	LBA-2940	NO	NO	-
	<b>183</b>	PSL-164	NO	NO	-
	<b>184</b>	ABA-6465	SI	SI	ABA6465
	<b>185</b>	PBF-105	NO	NO	-
	<b>186</b>	PDA-6001	SI	NO	PBA <b>6002</b>
	<b>187</b>	PKX-316	NO	NO	-
	<b>188</b>	PUB-0755	NO	NO	-
	<b>189</b>	LBB-1503	NO	NO	-
	<b>190</b>	ABF-6451	NO	NO	-
	<b>191</b>	TBA-8213	NO	NO	-
	<b>192</b>	LBA-5528	NO	NO	-
	<b>193</b>	LBB-1830	SI	NO	PAD <b>1830</b>
	<b>194</b>	LBA-8268	SI	SI	LBA8268
	<b>195</b>	LCJ-020	NO	NO	-
	<b>196</b>	LBB-5446	SI	NO	IBB <b>5446</b>
	<b>197</b>	LBB-2300	NO	NO	-
	<b>198</b>	LBB-5575	NO	NO	-
	<b>199</b>	ABC-8407	NO	NO	-
	<b>200</b>	LCC-486	SI	NO	LCC <b>485</b>
	<b>201</b>	PSI-560	SI	NO	BSI <b>660</b>
	<b>202</b>	LBA-1162	SI	SI	LBA1162
	<b>203</b>	LBA-9582	NO	NO	-
<b>204</b>	GMH-0295	NO	NO	-	
<b>205</b>	PBQ-3022	NO	NO	-	
<b>206</b>	EBA-2241	NO	NO	-	
<b>207</b>	LBL-981	NO	NO	-	
<b>208</b>	LBA-3878	SI	NO	LDA <b>3979</b>	
<b>209</b>	LCG-947	NO	NO	-	
<b>210</b>	PBS-2035	SI	SI	PBS2035	
	<b>211</b>	LBB-7029	SI	NO	LGG <b>702</b>
	<b>212</b>	PDB-4593	NO	NO	-
	<b>213</b>	LBB-047	SI	SI	LBB047

NUBLADO	214	LBB-1656	NO	NO	-
	215	LBB-1484	NO	NO	-
	216	LBA-2431	NO	NO	-
	217	LBA-7083	NO	NO	-
	218	LBA-5478	NO	NO	-
	219	LAG-0330	NO	NO	-
	220	PBQ-1652	NO	NO	-
	221	LBY-886	SI	NO	L CI800
	222	LBB-4461	SI	SI	LBB4461
	223	LBZ-401	NO	NO	LOU002
	224	LBA-1399	NO	NO	-
	225	LBB-2180	NO	NO	-
	226	ABE-9592	NO	NO	-
	227	PQV-430	NO	NO	ECA400
	228	LBB-8711	NO	NO	-
	229	LBA-2272	NO	NO	-
	230	PCD-1438	NO	NO	-
	231	LBB-9685	NO	NO	-
	232	LBA-7018	NO	NO	-
	233	LCC-0301	NO	NO	-
	234	LCL-122	NO	NO	-
	235	LBB-1360	NO	NO	-
	236	LBB-8718	NO	NO	-
	237	LBW-0766	NO	NO	-
	238	PBA-5971	NO	NO	-
	239	ABD-4711	NO	NO	-
	240	LBA-5606	NO	NO	-
	241	LBB-5336	NO	NO	-
	242	LCH-328	SI	SI	LCH328
	243	LBA-5263	NO	NO	-
	244	LBB-6642	NO	NO	-
245	LBB-6774	NO	NO	-	
246	LCL-813	NO	NO	-	
247	IBB-5588	NO	NO	-	
248	AFY-399	NO	NO	-	
249	LBB-9277	NO	NO	-	
250	PDB-527	NO	NO	-	
251	LBB-2513	NO	NO	-	
252	LBB-4771	NO	NO	-	
253	LBB-7103	SI	SI	LBB7103	
254	LCK-202	NO	NO	-	

NOCHE	255	PBI-7262	NO	NO	-
	256	LCL-585	NO	NO	-
	257	TBY-793	NO	NO	-
	258	PCB-3050	NO	NO	-
	259	LCH-349	NO	NO	-
	260	PVQ-831	SI	NO	BUC881
	261	LBA-1899	NO	NO	-
	262	LCJ-602	NO	NO	-
	263	LBW-109	NO	NO	-
	264	PBJ-1073	NO	NO	-
	265	AFO-244	NO	NO	-
	266	LBP-0749	NO	NO	-
	267	LBA-8671	NO	NO	-
	268	AFO-666	NO	NO	-
	269	LBB-3634	NO	NO	-
	270	LBB-3119	NO	NO	-
	271	XBX-171	NO	NO	-
	272	LCH-016	NO	NO	-
	273	LBB-2506	NO	NO	-
	274	LCF-466	SI	NO	LOB465
	275	ABA-2573	NO	NO	-
	276	TCM-806	NO	NO	-
	277	ICR-666	NO	NO	-
	278	PBM-5049	NO	NO	-
	279	LBA-3933	NO	NO	-
	280	LBB-6917	NO	NO	-

Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor

### 3.1.1. Evaluación e Interpretación.

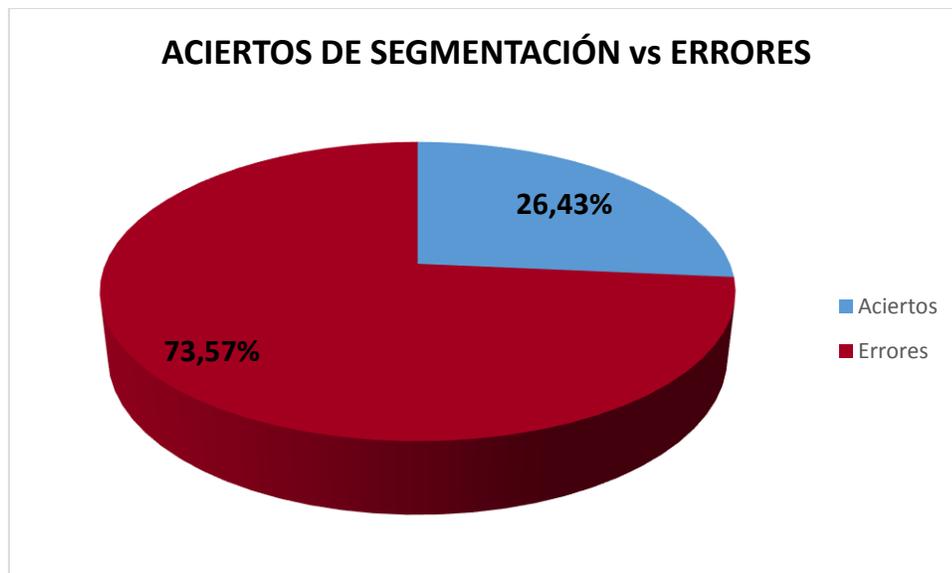
Se realizaron las pruebas con las 280 imágenes, capturadas con dos dispositivos electrónicos: cámara digital y dispositivo móvil, en diferentes ángulos y en diferentes condiciones. En las Tablas 3.3 y 3.4 se muestra el porcentaje de acierto de la segmentación y reconocimiento de caracteres de las imágenes de las placas vehiculares adquiridas bajo distintos escenarios: sol, lluvia, nublado y noche, cada escenario con un total de 70 imágenes de muestra.

En las pruebas realizadas con el algoritmo propuesto por García (García Santillán, 2008) se obtiene un mayor porcentaje de desaciertos en la segmentación con respecto del porcentaje de desaciertos del reconocimiento, como se muestra en las Figuras 3.1 y 3.2.

**Tabla 3. 3** Cuadro resumen de los resultados obtenidos de la segmentación del algoritmo propuesto por García, I. (García Santillán, 2008)

ALGORITMO 1		
ESCENARIO	NÚMERO DE PLACAS CORRECTAS	PORCENTAJE DE ACIERTO SEGMENTACIÓN
SOL	31	44,29 %
LLUVIA	24	34,29 %
NUBLADO	12	17,14 %
NOCHE	7	10,00 %
TOTAL		26,43 %

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor



**Figura 3. 1** Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores – segmentación del algoritmo propuesto por García, I. (García Santillán, 2008)

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

**Tabla 3. 4** Cuadro resumen de los resultados obtenidos del OCR del algoritmo propuesto por García, I.(García Santillán, 2008)

ALGORITMO 1	
ESCENARIO	PORCENTAJE DE ACIERTO DEL OCR
SOL	39,93 %
LLUVIA	26,53 %
NUBLADO	16,67 %
NOCHE	7,14 %
TOTAL	22,57 %

Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor



**Figura 3. 2** Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores – OCR del algoritmo propuesto por García, I. (García Santillán, 2008)

Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor

### 3.2. Resultados obtenidos de la implementación para la detección de placas vehiculares propuesto por Ceballos, S. (Algoritmo 2)

La muestra de imágenes de placas vehiculares adquiridas con una cámara digital es de 140, así como también las adquiridas por un dispositivo móvil. Las imágenes fueron tomadas en diferentes escenarios: sol, lluvia, nublado y noche. En la Tabla 3.5 y 3.6 se muestra los resultados obtenidos del algoritmo implementado.

**Tabla 3. 5** Resultados del algoritmo propuesto por Ceballos, S. (Ceballos Jiménez, 2012) de las imágenes capturadas con cámara digital.

CAMARA DIGITAL						
Algoritmo 2						
ESCENARIO	Nro. Prueba	Nro. Placa	CORRECCIÓN CORRECTA	SEGMENTACIÓN CORRECTA	RECONOCIMIENTO O CORRECTO	PLACA IDENTIFICADA
SOL	1	ICG-434	SI	NO	NO	-
	2	TDS-0761	SI	NO	NO	-
	3	LCK-787	SI	SI	NO	LCK8787
	4	LBB6700	SI	NO	NO	-
	5	PCD-4804	SI	SI	SI	PCD4804
	6	LCA-129	SI	SI	NO	LCA179
	7	LCI-927	SI	SI	NO	LCW977
	8	LBB-5836	SI	NO	NO	-
	9	ABC-1380	SI	SI	SI	ABC1380
	10	PCL-5313	SI	NO	NO	-
	11	LBA-2489	SI	SI	SI	LBA2489
	12	LBB-9072	SI	SI	SI	LBB9072
	13	LBB-4912	SI	SI	SI	LBB4912
	14	LBL-669	SI	SI	NO	LBL689
	15	PBH-6209	SI	SI	SI	PBH6209
	16	RBR-0850	SI	NO	NO	-
	17	PPA-3011	SI	SI	SI	PPA3011
	18	ICI-203	SI	NO	NO	WCW203
	19	PTE-421	SI	SI	NO	PTF7421
	20	PYA-892	SI	NO	NO	-
	21	OCL-794	SI	NO	NO	-
	22	LBA-1071	SI	SI	SI	LBA1071
	23	POL-228	SI	NO	NO	-

	24	LBA-6510	SI	SI	SI	LBA6510
	25	MBB-5935	SI	NO	NO	-
	26	LBB-4825	SI	SI	SI	LBB4825
	27	LBA-9306	SI	SI	SI	LBA9306
	28	LCD-672	SI	NO	NO	LCD1672
	29	POY-985	SI	NO	NO	-
	30	PXC-866	SI	SI	NO	PXC8667
	31	LCH-956	SI	NO	NO	LCH7956
	32	PCY-320	SI	NO	NO	-
	33	ZBC-417	SI	NO	NO	-
	34	LBB-2855	SI	NO	NO-	-
	35	GPH-574	SI	SI	NO	GPH4574
LLUVIA	36	LBA-2013	SI	NO	NO	-
	37	LBB-9060	SI	SI	SI	LBB9060
	38	LBE-706	SI	NO	NO	-
	39	PNI-680	SI	NO	NO	-
	40	LBA-7516	SI	SI	SI	LBA7516
	41	PBB-6565	SI	SI	SI	PBB6565
	42	LBA-2940	SI	NO	NO	-
	43	PSL-164	SI	NO	NO	-
	44	ABA-6465	SI	SI	SI	ABA6465
	45	PBF-105	SI	NO	NO	-
	46	PDA-6001	SI	SI	SI	PDA6001
	47	PKX-316	SI	NO	NO	-
	48	PUB-0755	SI	SI	NO	PDB0755
	49	LBB-1503	SI	SI	SI	LBB1503
	50	ABF-6451	SI	SI	SI	ABF6451
	51	TBA-8213	SI	SI	SI	TBA8213
	52	LBA-5528	SI	NO	NO	-
	53	LBB-1830	SI	SI	SI	LBB1830
	54	LBA-8268	SI	SI	SI	LBA8268
	55	LCJ-020	SI	NO	NO	-
	56	LBB-5446	SI	SI	SI	LBB5446
	57	LBB-2300	SI	SI	SI	LBB2300
	58	LBB-5575	SI	SI	SI	LBB5575
	59	ABC-8407	SI	SI	SI	ABC8407
60	LCC-486	SI	NO	NO	-	
61	PSI-560	SI	SI	NO	PSW8560	
62	LBA-1162	SI	SI	SI	LBA1162	
63	LBA-9582	SI	SI	SI	LBA9582	

	64	GMH-0295	SI	SI	NO	GHH0295
	65	LBQ-3022	NO	NO	NO	-
	66	EBA-2241	SI	SI	SI	EBA-2241
	67	LBL-981	SI	NO	NO	LBL9817
	68	LBA-3878	SI	SI	SI	LBA3878
	69	LCG-947	SI	NO	NO	-
	70	PBS-2035	SI	SI	SI	PBS2035
NUBLADO	71	LBB-7029	SI	SI	NO	LBB7079
	72	PDB-4593	SI	NO	NO	-
	73	LBB-047	NO	NO	NO	-
	74	LBB-1656	SI	SI	SI	LBB1656
	75	LBB-1484	SI	SI	SI	LBB1484
	76	LBA-2431	SI	SI	SI	LBA2431
	77	LBA-7083	SI	SI	SI	LBA7083
	78	LBA-5478	SI	NO	NO	-
	79	LAG-0330	SI	NO	NO	-
	80	PBQ-1652	SI	SI	NO	PBF1652
	81	LBY-886	SI	NO	NO	LOT8861
	82	LBB-4461	SI	SI	NO	LBC4461
	83	LBZ-401	SI	SI	NO	LOZ421
	84	LBA-1399	SI	SI	SI	LBA1399
	85	LBB-2180	NO	NO	NO	-
	86	ABE-9592	SI	SI	SI	ABE9592
	87	PQV-430	SI	SI	NO	PQW-420
	88	LBB-8711	SI	SI	NO	LBB8721
	89	LBA-2272	SI	SI	NO	LBA2212
	90	PCO-1438	SI	SI	NO	FCO1438
	91	LBB-9685	SI	SI	SI	LBB9685
	92	LBA-7018	SI	SI	SI	LBA7018
	93	LCC-0301	SI	SI	NO	JCC0302
	94	LCL-122	SI	NO	NO	-
	95	LBB-1360	SI	SI	SI	LBB1360
	96	LBB-8718	SI	NO	NO	-
	97	LBW-0766	NO	NO	NO	-
	98	PBA-5971	SI	NO	NO	-
	99	ABD-4711	SI	SI	SI	ABD4711
	100	LBA-5606	SI	SI	NO	LBA6606
	101	LBB-5336	NO	NO	NO	-
	102	LCH-328	SI	SI	NO	LCD328
	103	LBA-5263	SI	SI	SI	LBA5263
	104	LBB-6642	SI	SI	SI	LBB6642

	<b>105</b>	LBB-6774	SI	SI	SI	LBB6774
<b>NOCHE</b>	<b>106</b>	LCL-813	SI	NO	NO	LCL8813
	<b>107</b>	IBB-5588	SI	SI	SI	IBB5588
	<b>108</b>	AFY-399	SI	NO	NO	-
	<b>109</b>	LBB-9277	SI	SI	SI	LBB9277
	<b>110</b>	PDB-527	SI	SI	SI	PDB527
	<b>111</b>	LBB-2513	SI	SI	SI	LBB2513
	<b>112</b>	LBB-4771	SI	SI	NO	LJB4774
	<b>113</b>	LBB-7103	SI	SI	SI	LBB7103
	<b>114</b>	LCK-202	SI	SI	SI	LCK202
	<b>115</b>	PBI-7262	SI	SI	NO	PBM7262
	<b>116</b>	LCL-585	SI	NO	NO	LCL4585
	<b>117</b>	TBY-793	NO	NO	NO	-
	<b>118</b>	PCB-3050	SI	SI	SI	PCB3050
	<b>119</b>	LCH-349	SI	SI	SI	LCH349
	<b>120</b>	PVQ-831	SI	NO	NO	PVC9831
	<b>121</b>	LBA-1899	SI	SI	SI	LBA1899
	<b>122</b>	LCJ-602	SI	SI	NO	LCJ6021
	<b>123</b>	LBW-109	SI	NO	NO	-
	<b>124</b>	PBJ-1073	SI	SI	SI	PBJ1073
	<b>125</b>	AFO-244	SI	SI	NO	XFG244
	<b>126</b>	LBP-0749	SI	SI	SI	LBP0749
	<b>127</b>	LBA-8671	SI	SI	SI	LBA8671
	<b>128</b>	AFO-666	SI	SI	NO	AFC666
	<b>129</b>	LBB-3634	SI	SI	SI	LBB3634
	<b>130</b>	LBB-3119	SI	SI	SI	LBB3119
	<b>131</b>	XBX171	SI	SI	NO	XBX1712
	<b>132</b>	LCH-016	SI	NO	NO	
	<b>133</b>	LBB-2506	SI	SI	SI	LBB2506
	<b>134</b>	LCF-466	SI	SI	NO	LCF4665
	<b>135</b>	ABA-2573	SI	SI	SI	ABA2573
	<b>136</b>	TCM-806	SI	NO	NO	-
	<b>137</b>	ICR-666	SI	NO	NO	-
	<b>138</b>	PBM-5049	SI	SI	NO	PBA5049
	<b>139</b>	LBA-3933	SI	NO	NO	-
<b>140</b>	LBB-6917	SI	NO	NO	-	

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

**Tabla 3. 6** Resultados del algoritmo propuesto por Ceballos, S. (Ceballos Jiménez, 2012) de las imágenes capturadas con dispositivo móvil.

DISPOSITIVO MOVIL						
Algoritmo 2						
ESCENARIO	Nro. Prueba	Nro. Placa	CORRECCIÓN CORRECTA	SEGMENTACIÓN CORRECTA	RECONOCIMIENTO CORRECTO	PLACA IDENTIFICADA
	141	ICG-434	SI	NO	NO	-
	142	TDS-0761	SI	NO	NO	-
	143	LCK-787	SI	NO	NO	-
	144	LBB6700	SI	NO	NO	-
	145	PCD-4804	SI	NO	NO	-
	146	LCA-129	SI	SI	NO	LCA1292
	147	LCI-927	SI	NO	NO	-
	148	LBB-5836	NO	NO	NO	-
	149	ABC-1380	SI	NO	NO	-
	150	PCL-5313	SI	SI	SI	PCL5313
	151	LBA-2489	SI	NO	NO	-
	152	LBB-9072	SI	SI	SI	LBB9072
	153	LBB-4912	SI	SI	SI	LBB4912
	154	LBL-669	SI	SI	NO	LBL6694
	155	PBH-6209	SI	SI	SI	PBH6209
	156	RBR-0850	SI	SI	SI	RBR0850
	157	PPA-3011	SI	SI	SI	PPA3011
	158	ICI-203	SI	NO	NO	WCW203
	159	PTE-421	SI	NO	NO	-
	160	PYA-892	SI	SI	SI	PYA892
	161	OCL-794	SI	NO	NO	-
	162	LBA-1071	SI	SI	SI	LBA1071
	163	POL-228	SI	NO	NO	-
	164	LBA-6510	SI	SI	SI	LBA6510
	165	MBB-5935	SI	NO	NO	-
	166	LBB-4825	SI	NO	NO	-
	167	LBA-9306	SI	SI	SI	LBA9306
	168	LCD-672	SI	NO	NO	LCD1672
	169	POY-985	SI	SI	NO	PCY135
	170	PXC-866	SI	SI	NO	PXC861
	171	LCH-956	SI	NO	NO	-
	172	PCY-320	SI	NO	NO	-
	173	ZBC-417	SI	SI	SI	ZBC417

	<b>174</b>	LBB-2855	SI	NO	NO	-
	<b>175</b>	GPH-574	SI	SI	NO	GPH4574
<b>LLUVIA</b>	<b>176</b>	LBA-2013	SI	NO	NO	-
	<b>177</b>	LBB-9060	SI	SI	SI	LBB9060
	<b>178</b>	LBE-706	SI	NO	NO	-
	<b>179</b>	PNI-680	SI	NO	NO	-
	<b>180</b>	LBA-7516	SI	SI	SI	LBA17516
	<b>181</b>	PBB-6565	SI	SI	SI	PBB6565
	<b>182</b>	LBA-2940	SI	NO	NO	-
	<b>183</b>	PSL-164	NO	NO	NO	-
	<b>184</b>	ABA-6465	SI	SI	SI	ABA6465
	<b>185</b>	PBF-105	SI	NO	NO	-
	<b>186</b>	PDA-6001	SI	SI	SI	PDA6001
	<b>187</b>	PKX-316	SI	NO	NO	-
	<b>188</b>	PUB-0755	SI	NO	NO	-
	<b>189</b>	LBB-1503	SI	SI	SI	LBB1503
	<b>190</b>	ABF-6451	SI	NO	NO	-
	<b>191</b>	TBA-8213	SI	SI	SI	TBA8213
	<b>192</b>	LBA-5528	SI	NO	NO	-
	<b>193</b>	LBB-1830	SI	SI	SI	LBB1830
	<b>194</b>	LBA-8268	SI	SI	SI	LBA8268
	<b>195</b>	LCJ-020	SI	NO	NO	-
	<b>196</b>	LBB-5446	SI	SI	SI	LBB5446
	<b>197</b>	LBB-2300	SI	NO	NO	-
	<b>198</b>	LBB-5575	SI	SI	SI	LBB5575
	<b>199</b>	ABC-8407	SI	SI	SI	ABC8407
	<b>200</b>	LCC-486	NO	NO	NO	-
	<b>201</b>	PSI-560	SI	SI	NO	PSW560
	<b>202</b>	LBA-1162	SI	SI	SI	LBA1162
	<b>203</b>	LBA-9582	SI	SI	SI	LBA9582
	<b>204</b>	GMH-0295	SI	SI	NO	GHH0295
	<b>205</b>	LBQ-3022	NO	NO	NO	-
<b>206</b>	EBA-2241	SI	SI	NO	FBX2241	
<b>207</b>	LBL-981	SI	NO	NO	LBL6981	
<b>208</b>	LBA-3878	SI	SI	SI	LBA3878	
<b>209</b>	LCG-947	SI	NO	NO	-	
<b>210</b>	PBS-2035	SI	SI	SI	PBS2035	
<b>NUBLADO</b>	<b>211</b>	LBB-7029	SI	SI	NO	LBB7079
	<b>212</b>	PDB-4593	SI	NO	NO	-
	<b>213</b>	LBB-047	SI	NO	NO	LBB5047
	<b>214</b>	LBB-1656	SI	SI	SI	LBB1656

	215	LBB-1484	SI	SI	SI	LBB1484
	216	LBA-2431	SI	SI	SI	LBA2431
	217	LBA-7083	SI	SI	SI	LBA7083
	218	LBA-5478	SI	NO	NO	-
	219	LAG-0330	NO	NO	NO	-
	220	PBQ-1652	SI	SI	NO	PBF1652
	221	LBY-886	SI	NO	NO	LOT8861
	222	LBB-4461	SI	SI	NO	LBC4461
	223	LBZ-401	SI	SI	NO	LOZ421
	224	LBA-1399	SI	SI	SI	LBA1399
	225	LBB-2180	NO	NO	NO	-
	226	ABE-9592	SI	SI	SI	ABE9592
	227	PQV-430	SI	SI	NO	PQW-420
	228	LBB-8711	SI	SI	NO	LBB8721
	229	LBA-2272	SI	NO	NO	LBA2211
	230	PCO-1438	SI	NO	NO	FCO1438
	231	LBB-9685	SI	SI	SI	LBB9685
	232	LBA-7018	SI	SI	SI	LBA7018
	233	LCC-0301	SI	SI	NO	JCC0302
	234	LCL-122	SI	NO	NO	-
	235	LBB-1360	SI	SI	SI	LBB1360
	236	LBB-8718	SI	NO	NO	-
	237	LBW-0766	SI	SI	NO	LBW0766
	238	PBA-5971	SI	SI	SI	PBA5971
	239	ABD-4711	SI	NO	NO	-
240	LBA-5606	SI	NO	NO	-	
241	LBB-5336	NO	NO	NO	-	
242	LCH-328	SI	NO	NO	LCG0328	
243	LBA-5263	SI	SI	SI	LBA5263	
244	LBB-6642	SI	SI	NO	ABB4642	
245	LBB-6774	SI	SI	SI	LBB6774	
NOCHE	246	LCL-813	SI	SI	SI	LCL813
	247	IBB-5588	SI	SI	NO	WBB5588
	248	AFY-399	SI	NO	NO	AFY1399
	249	LBB-9277	SI	SI	SI	LBB9277
	250	PDB-527	SI	SI	SI	PDB527
	251	LBB-2513	SI	SI	SI	LBB2513
	252	LBB-4771	SI	SI	NO	LBB4774
	253	LBB-7103	SI	SI	SI	LBB7103
	254	LCK-202	SI	SI	SI	LCK202
	255	PBI-7262	SI	SI	NO	PBW7262

256	LCL-585	SI	SI	SI	LCL585
257	TBY-793	NO	NO	NO	-
258	PCB-3050	SI	SI	SI	PCB3050
259	LCH-349	SI	NO	NO	LCH8349
260	PVQ-831	SI	NO	NO	PVG1831
261	LBA-1899	SI	SI	NO	LBW1899
262	LCJ-602	SI	SI	NO	LCJ8602
263	LBW-109	SI	NO	NO	-
264	PBJ-1073	SI	SI	SI	PBJ1073
265	AFO-244	SI	SI	NO	AFO244
266	LBP-0749	SI	SI	SI	LBP0749
267	LBA-8671	SI	SI	SI	LBA8671
268	AFO-666	SI	SI	NO	AFD666
269	LBB-3634	SI	SI	SI	LBB3634
270	LBB-3119	SI	SI	SI	LBB3119
271	XBX171	SI	NO	NO	-
272	LCH-016	NO	NO	NO	-
273	LBB-2506	SI	SI	SI	LBB2506
274	LCF-466	SI	SI	NO	LCF4661
275	ABA-2573	SI	SI	NO	ABW2573
276	TCM-806	SI	NO	NO	-
277	ICR-666	NO	NO	NO	-
278	PBM-5049	SI	SI	NO	RBL5030
279	LBA-3933	SI	NO	NO	-
280	LBB-6917	SI	NO	NO	-

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

### 3.2.1. Evaluación e Interpretación.

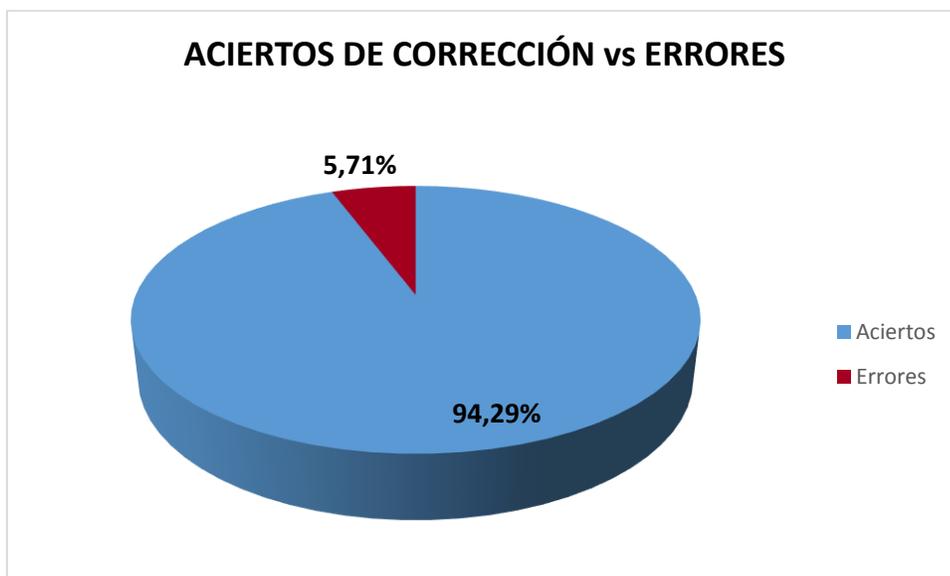
Se realizaron las pruebas con las 280 imágenes, capturadas con dos dispositivos electrónicos: cámara digital y dispositivo móvil, en diferentes ángulos y en diferentes condiciones. En la Tablas 3.7, 3.8 y 3.9 se muestra el porcentaje de acierto de la corrección, segmentación y reconocimiento de caracteres de las imágenes de las placas vehiculares adquiridas bajo distintos escenarios: sol, lluvia, nublado y noche, cada escenario con un total de 70 imágenes de muestra.

En las pruebas realizadas con el algoritmo propuesto por Ceballos (Ceballos Jiménez, 2012) se obtiene un mayor porcentaje de aciertos en la corrección de las placas vehiculares con respecto del porcentaje de errores en la segmentación y reconocimiento, como se muestra en las Figuras 3.3, 3.4 y 3.5.

**Tabla 3. 7** Cuadro resumen de los resultados obtenidos de la corrección del algoritmo propuesto por Ceballos, S. (Ceballos Jiménez, 2012)

ALGORITMO 2		
ESCENARIO	NÚMERO DE PLACAS CORRECTAS	PORCENTAJE DE ACIERTO CORRECCIÓN
SOL	69	98,57 %
LLUVIA	66	94,29 %
NUBLADO	63	90,00 %
NOCHE	66	94,29 %
TOTAL		94,29 %

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

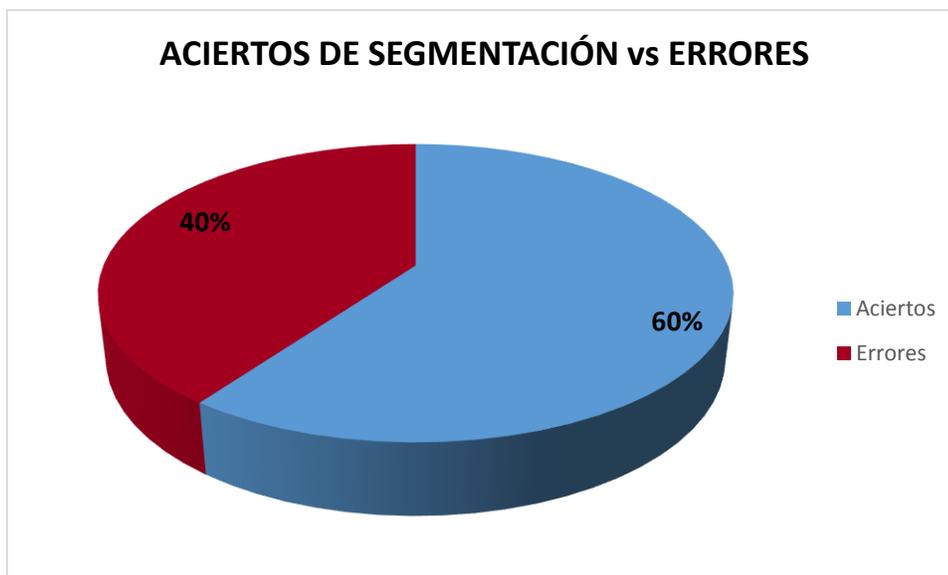


**Figura 3. 3** Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores – corrección de la placa del algoritmo propuesto por Ceballos, S (Ceballos Jiménez, 2012)  
Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

**Tabla 3. 8** Cuadro resumen de los resultados obtenidos de la segmentación del algoritmo propuesto por Ceballos, S. (Ceballos Jiménez, 2012)

ALGORITMO 2		
ESCENARIO	NÚMERO DE PLACAS CORRECTAS	PORCENTAJE DE ACIERTO SEGMENTACIÓN
SOL	34	48,57 %
LLUVIA	41	58,57 %
NUBLADO	45	64,29 %
NOCHE	48	68,57 %
TOTAL		60 %

Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor

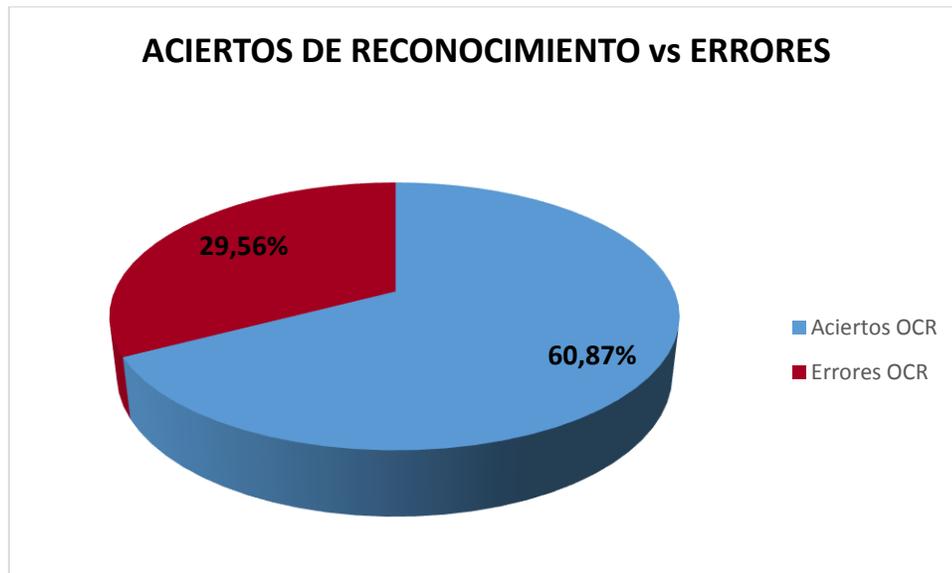


**Figura 3. 4** Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores – segmentación del algoritmo propuesto por Ceballos, S. (Ceballos Jiménez, 2012)  
 Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor

**Tabla 3. 9** Cuadro resumen de los resultados obtenidos del OCR del algoritmo propuesto por Ceballos, S. (Ceballos Jiménez, 2012)

ALGORITMO 2	
ESCENARIO	PORCENTAJE DE ACIERTO DEL OCR
SOL	50,54 %
LLUVIA	58,33 %
NUBLADO	64,14 %
NOCHE	70,44 %
<b>TOTAL</b>	<b>60,87 %</b>

**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor



**Figura 3. 5** Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores –OCR del algoritmo propuesto por Ceballos, S. (Ceballos Jiménez, 2012)

**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

### 3.3. Resultados obtenidos de la implementación para la detección de placas vehiculares propuesto por Guerrero, P. (Algoritmo 3)

La muestra de imágenes de placas vehiculares adquiridas con una cámara digital es de 140, así como también las adquiridas por un dispositivo móvil. Las imágenes fueron tomadas en diferentes escenarios: sol, lluvia, nublado y noche. En la Tabla 3.10 y 3.11 muestra los resultados obtenidos del algoritmo implementado.

**Tabla 3. 10** Resultados del algoritmo propuesto por Guerrero, P. (Guerrero Gutiérrez, 2017) de las imágenes capturadas con cámara digital.

CAMARA DIGITAL						
Algoritmo 3						
ESCENARIO	Nro. Prueba	Nro. Placa	CORRECCIÓN CORRECTA	SEGMENTACIÓN CORRECTA	RECONOCIMIENTO CORRECTO	PLACA IDENTIFICADA
SOL	1	ICG-434	SI	NO	NO	4C6434
	2	TDS-0761	NO	NO	NO	TOS0752
	3	LCK-787	SI	SI	SI	LCK787
	4	LBB6700	NO	NO	NO	-
	5	PCD-4804	SI	SI	SI	PCD4804
	6	LCA-129	SI	NO	NO	LCA1Z9
	7	LCI-927	SI	NO	NO	LCW4977
	8	LBB-5836	SI	SI	NO	LBB5835
	9	ABC-1380	SI	SI	SI	ABC1380
	10	PCL-5313	SI	SI	SI	PCL5313
	11	LBA-2489	SI	SI	SI	LBA2489
	12	LBB-9072	SI	SI	SI	LBB9072
	13	LBB-4912	SI	SI	NO	LBB4922
	14	LBL-669	SI	NO	NO	LBL6897
	15	PBH-6209	SI	SI	SI	PBH6209
	16	RBR-0850	SI	SI	NO	R8R0850
	17	PPA-3011	SI	SI	NO	PPA3022
	18	ICI-203	SI	NO	NO	RC9Z03
	19	PTE-421	SI	SI	NO	PTE4Z1
	20	PYA-892	SI	SI	NO	PYA89Z
	21	OCL-794	SI	SI	SI	OCL794
	22	LBA-1071	SI	SI	SI	LBA1071
	23	POL-228	SI	SI	NO	POLZZ8

	24	LBA-6510	SI	SI	NO	LBX6510
	25	MBB-5935	SI	SI	NO	HB85935
	26	LBB-4825	SI	SI	SI	LBB4825
	27	LBA-9306	SI	SI	SI	LBA9306
	28	LCD-672	SI	SI	NO	LCD67Z
	29	POY-985	SI	SI	SI	POY985
	30	PXC-866	SI	SI	SI	PXC866
	31	LCH-956	SI	SI	SI	LCH956
	32	PCY-320	NO	NO	NO	KLTJZU
	33	ZBC-417	SI	SI	SI	ZBC417
	34	LBB-2855	NO	SI	NO	8B2855
	35	GPH-574	SI	SI	NO	6PH574
LLUVIA	36	LBA-2013	SI	SI	SI	LBA2013
	37	LBB-9060	SI	SI	SI	LBB9060
	38	LBE-706	NO	NO	NO	-
	39	PNI-680	SI	SI	NO	PNS680
	40	LBA-7516	SI	SI	SI	LBA7516
	41	PBB-6565	SI	SI	SI	LBB6565
	42	LBA-2940	SI	SI	SI	LBA2940
	43	PSL-164	SI	SI	NO	PCL-464
	44	ABA-6465	SI	SI	SI	ABA6465
	45	PBF-105	SI	SI	SI	PBF105
	46	PDA-6001	SI	SI	SI	PDA6001
	47	PKX-316	SI	SI	SI	PKX316
	48	PUB-0755	SI	SI	NO	PU80755
	49	LBB-1503	SI	SI	SI	LBB1503
	50	ABF-6451	SI	NO	NO	A8FS451
	51	TBA-8213	SI	SI	SI	TBA8213
	52	LBA-5528	SI	SI	SI	LBA5528
	53	LBB-1830	SI	SI	SI	LBB1830
	54	LBA-8268	SI	SI	SI	LBA8268
	55	LCJ-020	NO	NO	NO	LLJU670
	56	LBB-5446	SI	SI	NO	LBB5445
	57	LBB-2300	SI	SI	SI	LBB2300
	58	LBB-5575	SI	SI	SI	LBB5575
	59	ABC-8407	SI	SI	SI	ABC8407
	60	LCC-486	SI	SI	NO	LCC485
	61	PSI-560	SI	SI	NO	PS4560
	62	LBA-1162	SI	SI	SI	LBA1162
	63	LBA-9582	SI	SI	NO	L9A9582

	64	GMH-0295	SI	SI	NO	6HH0Z95
	65	LBQ-3022	SI	NO	NO	PB03022
	66	EBA-2241	SI	SI	SI	EBA2241
	67	LBL-981	SI	SI	NO	L8L981
	68	LBA-3878	SI	SI	SI	LBA3978
	69	LCG-947	NO	NO	NO	-
	70	PBS-2035	SI	SI	SI	PBS2035
NUBLADO	71	LBB-7029	SI	SI	SI	MBB7079
	72	PDB-4593	SI	SI	SI	PDB4593
	73	LBB-047	SI	SI	NO	LBB5047
	74	LBB-1656	SI	SI	SI	LBB1656
	75	LBB-1484	SI	SI	SI	LBB1484
	76	LBA-2431	SI	SI	SI	LBA2431
	77	LBA-7083	SI	SI	SI	LBA7083
	78	LBA-5478	SI	SI	SI	LBA5478
	79	LAG-0330	SI	SI	NO	LA00330
	80	PBQ-1652	SI	NO	NO	PBF1652
	81	LBY-886	NO	NO	NO	ALB7886
	82	LBB-4461	SI	SI	NO	LBB4462
	83	LBZ-401	SI	SI	NO	LBU401
	84	LBA-1399	SI	SI	SI	LBA1399
	85	LBB-2180	SI	SI	SI	LBB2180
	86	ABE-9592	SI	SI	SI	ABE9592
	87	PQV-430	SI	NO	NO	PCQ430
	88	LBB-8711	SI	SI	SI	LBB8711
	89	LBA-2272	NO	NO	NO	KDA8272
	90	PCO-1438	NO	NO	NO	-
	91	LBB-9685	SI	SI	SI	LBB9685
	92	LBA-7018	SI	SI	SI	LBA7018
	93	LCC-0301	SI	SI	SI	LCC0301
	94	LCL-122	NO	NO	NO	-
	95	LBB-1360	SI	SI	SI	LBB1360
	96	LBB-8718	NO	NO	NO	-
	97	LBW-0766	SI	SI	SI	LBW0766
	98	PBA-5971	SI	SI	SI	PBA5971
	99	ABD-4711	SI	SI	SI	ABD4711
	100	LBA-5606	SI	SI	SI	LBA5606
	101	LBB-5336	SI	SI	SI	LBB5336
	102	LCH-328	SI	SI	SI	LCH328
	103	LBA-5263	SI	SI	NO	LBW5261
	104	LBB-6642	SI	SI	NO	LBB4642

	<b>105</b>	LBB-6774	SI	SI	SI	LBB6774
<b>NOCHE</b>	<b>106</b>	LCL-813	SI	SI	SI	LCL813
	<b>107</b>	IBB-5588	NO	NO	NO	ABBSS88
	<b>108</b>	AFY-399	SI	SI	SI	AFY399
	<b>109</b>	LBB-9277	SI	SI	SI	LBB9277
	<b>110</b>	PDB-527	SI	SI	SI	PDB527
	<b>111</b>	LBB-2513	SI	SI	SI	LBB2513
	<b>112</b>	LBB-4771	SI	SI	NO	L884771
	<b>113</b>	LBB-7103	SI	SI	NO	LBB7103
	<b>114</b>	LCK-202	SI	SI	NO	LCK202
	<b>115</b>	PBI-7262	SI	SI	NO	PB67262
	<b>116</b>	LCL-585	SI	SI	SI	LCL585
	<b>117</b>	TBY-793	SI	SI	NO	TB6793
	<b>118</b>	PCB-3050	SI	SI	SI	PCB3050
	<b>119</b>	LCH-349	SI	SI	SI	LCH349
	<b>120</b>	PVQ-831	SI	NO	NO	PV0831
	<b>121</b>	LBA-1899	SI	SI	SI	LBA1899
	<b>122</b>	LCJ-602	SI	SI	NO	LCJ602
	<b>123</b>	LBW-109	SI	NO	NO	L8H109
	<b>124</b>	PBJ-1073	NO	NO	NO	L8JI073
	<b>125</b>	AFO-244	SI	SI	NO	AFOZ44
	<b>126</b>	LBP-0749	SI	SI	SI	LBP0749
	<b>127</b>	LBA-8671	SI	SI	SI	LBA8671
	<b>128</b>	AFO-666	SI	SI	SI	AFO666
	<b>129</b>	LBB-3634	SI	SI	SI	LBB3634
	<b>130</b>	LBB-3119	SI	SI	SI	LBB3119
	<b>131</b>	XBX171	SI	SI	SI	XBX171
	<b>132</b>	LCH-016	NO	NO	NO	LCHA61
	<b>133</b>	LBB-2506	SI	SI	NO	LBB2566
	<b>134</b>	LCF-466	SI	SI	SI	LCF466
	<b>135</b>	ABA-2573	SI	SI	SI	ABA2573
<b>136</b>	TCM-806	SI	NO	NO	PCG806	
<b>137</b>	ICR-666	SI	NO	NO	RCN666	
<b>138</b>	PBM-5049	NO	NO	NO	FBN5041	
<b>139</b>	LBA-3933	SI	SI	SI	LBA3933	
<b>140</b>	LBB-6917	SI	SI	NO	LBB5927	

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

**Tabla 3. 11** Resultados del algoritmo propuesto por Guerrero, P. (Guerrero Gutiérrez, 2017) de las imágenes capturadas con dispositivo móvil.

Dispositivo Móvil						
Algoritmo 3						
ESCENARIO	Nro. Prueba	Nro. Placa	CORRECCIÓN CORRECTA	SEGMENTACIÓN CORRECTA	RECONOCIMIENTO CORRECTO	PLACA IDENTIFICADA
SOL	141	ICG-434	SI	NO	NO	LC6434
	142	TDS-0761	NO	NO	NO	TDS8161
	143	LCK-787	SI	SI	SI	LCK787
	144	LBB6700	SI	SI	NO	LBB5700
	145	PCD-4804	SI	SI	SI	PCD4804
	146	LCA-129	SI	SI	NO	LCA129
	147	LCI-927	SI	NO	NO	LC9927
	148	LBB-5836	SI	SI	NO	LBB5835
	149	ABC-1380	SI	SI	SI	ABC1380
	150	PCL-5313	SI	SI	SI	PCL5313
	151	LBA-2489	SI	SI	SI	LBA2489
	152	LBB-9072	SI	SI	SI	LBB9072
	153	LBB-4912	SI	SI	NO	L8849IZ
	154	LBL-669	SI	SI	SI	LBL669
	155	PBH-6209	SI	SI	SI	PBH6209
	156	RBR-0850	NO	NO	NO	-
	157	PPA-3011	SI	SI	NO	PPA3011
	158	ICI-203	SI	NO	NO	RC9Z03
	159	PTE-421	SI	SI	SI	PTE421
	160	PYA-892	SI	SI	NO	PYA89Z
	161	OCL-794	SI	SI	SI	OCL794
	162	LBA-1071	SI	SI	SI	LBA1071
	163	POL-228	SI	SI	NO	POLZZ8
	164	LBA-6510	SI	SI	SI	LBA6510
	165	MBB-5935	SI	SI	NO	H885935
	166	LBB-4825	SI	SI	SI	LBB4825
	167	LBA-9306	SI	SI	SI	LBA9306
168	LCD-672	SI	SI	NO	LCD67Z	
169	POY-985	SI	SI	SI	POY985	
170	PXC-866	SI	SI	SI	PXC866	
171	LCH-956	SI	SI	SI	LCH956	
172	PCY-320	NO	NO	NO	KLTJZU	
173	ZBC-417	SI	SI	SI	ZBC417	

	<b>174</b>	LBB-2855	NO	NO	NO	-
	<b>175</b>	GPH-574	SI	SI	NO	6PH574
LLUVIA	<b>176</b>	LBA-2013	SI	SI	SI	LBA2013
	<b>177</b>	LBB-9060	SI	SI	SI	LBB9060
	<b>178</b>	LBE-706	SI	NO	NO	LV870F
	<b>179</b>	PNI-680	SI	SI	NO	PNS680
	<b>180</b>	LBA-7516	NO	NO	NO	IFANOR1
	<b>181</b>	PBB-6565	NO	NO	NO	-
	<b>182</b>	LBA-2940	SI	SI	NO	LBA2040
	<b>183</b>	PSL-164	SI	SI	NO	PCL164
	<b>184</b>	ABA-6465	SI	SI	SI	ABA6465
	<b>185</b>	PBF-105	SI	NO	NO	PBE105
	<b>186</b>	PDA-6001	SI	SI	SI	PDA6001
	<b>187</b>	PKX-316	SI	SI	SI	PKX316
	<b>188</b>	PUB-0755	SI	SI	SI	PUB0755
	<b>189</b>	LBB-1503	SI	SI	SI	LBB1503
	<b>190</b>	ABF-6451	SI	SI	NO	A8F6451
	<b>191</b>	TBA-8213	SI	SI	NO	TBA8233
	<b>192</b>	LBA-5528	SI	SI	NO	L8A5528
	<b>193</b>	LBB-1830	SI	SI	SI	LBB1830
	<b>194</b>	LBA-8268	SI	SI	SI	LBA8268
	<b>195</b>	LCJ-020	NO	NO	NO	LLJ076U
	<b>196</b>	LBB-5446	SI	SI	NO	LBB5445
	<b>197</b>	LBB-2300	SI	SI	SI	LBB2300
	<b>198</b>	LBB-5575	SI	SI	SI	LBB5575
	<b>199</b>	ABC-8407	SI	SI	SI	ABC8407
	<b>200</b>	LCC-486	SI	SI	SI	LCC486
	<b>201</b>	PSI-560	SI	SI	NO	PS8560
	<b>202</b>	LBA-1162	NO	NO	NO	-
	<b>203</b>	LBA-9582	SI	SI	NO	L9A9582
	<b>204</b>	GMH-0295	SI	SI	NO	6HH0295
	<b>205</b>	LBQ-3022	SI	SI	NO	PBO3022
	<b>206</b>	EBA-2241	SI	SI	SI	EBA2241
	<b>207</b>	LBL-981	SI	SI	NO	L8L981
<b>208</b>	LBA-3878	SI	SI	SI	LBA3878	
<b>209</b>	LCG-947	NO	NO	NO	-	
<b>210</b>	PBS-2035	SI	SI	SI	PBS2035	
	<b>211</b>	LBB-7029	SI	SI	SI	LBB7029
	<b>212</b>	PDB-4593	SI	SI	SI	PDB4593
	<b>213</b>	LBB-047	SI	NO	NO	LBB5047
	<b>214</b>	LBB-1656	SI	SI	SI	LBB1656

NUBLADO	215	LBB-1484	SI	SI	SI	LBB1484
	216	LBA-2431	SI	SI	SI	LBA2431
	217	LBA-7083	SI	SI	SI	LBA7083
	218	LBA-5478	SI	SI	SI	LBA5478
	219	LAG-0330	SI	SI	NO	LAO0330
	220	PBQ-1652	SI	NO	NO	PBF1652
	221	LBY-886	NO	NO	NO	ALB7886
	222	LBB-4461	SI	SI	NO	LBB4462
	223	LBZ-401	SI	SI	NO	LBU401
	224	LBA-1399	SI	SI	SI	LBA1399
	225	LBB-2180	SI	SI	SI	LBB2180
	226	ABE-9592	SI	SI	SI	ABE9592
	227	PQV-430	SI	NO	NO	PCQ430
	228	LBB-8711	SI	SI	SI	LBB8711
	229	LBA-2272	SI	NO	NO	KDA8272
	230	PCO-1438	NO	NO	NO	-
	231	LBB-9685	SI	SI	SI	LBB9685
	232	LBA-7018	SI	SI	SI	LBA7018
	233	LCC-0301	SI	SI	SI	LCC0301
	234	LCL-122	NO	NO	NO	-
	235	LBB-1360	SI	SI	SI	LBB1360
	236	LBB-8718	NO	NO	NO	-
	237	LBW-0766	SI	SI	NO	LBW0744
	238	PBA-5971	SI	SI	SI	PBA5971
	239	ABD-4711	SI	SI	SI	ABD4711
240	LBA-5606	SI	SI	SI	LBA5606	
241	LBB-5336	SI	SI	SI	LBB5336	
242	LCH-328	SI	SI	SI	LCH328	
243	LBA-5263	SI	SI	SI	LBA5263	
244	LBB-6642	SI	SI	SI	LBB6642	
245	LBB-6774	SI	SI	SI	LBB6774	
	246	LCL-813	SI	SI	SI	LCL813
	247	IBB-5588	SI	SI	NO	WBB5588
	248	AFY-399	SI	SI	SI	AFY399
	249	LBB-9277	SI	SI	SI	LBB9277
	250	PDB-527	SI	SI	SI	PDB527
	251	LBB-2513	SI	SI	SI	LBB2513
	252	LBB-4771	SI	NO	NO	LSS4771
	253	LBB-7103	SI	SI	NO	LBB7103
	254	LCK-202	SI	SI	SI	LCK202
	255	PBI-7262	SI	SI	NO	PBW7262

NOCHE	256	LCL-585	SI	SI	SI	LCL585
	257	TBY-793	NO	NO	NO	WWW793
	258	PCB-3050	SI	SI	SI	PCB3050
	259	LCH-349	SI	SI	SI	LCH-349
	260	PVQ-831	SI	NO	NO	PVC831
	261	LBA-1899	SI	SI	NO	LBW1899
	262	LCJ-602	SI	SI	SI	LCJ602
	263	LBW-109	NO	NO	NO	DNS109
	264	PBJ-1073	SI	SI	SI	PBJ1073
	265	AFO-244	SI	SI	NO	AFG244
	266	LBP-0749	SI	SI	SI	LBP0749
	267	LBA-8671	SI	SI	NO	LSA8671
	268	AFO-666	SI	SI	NO	AF666
	269	LBB-3634	SI	SI	SI	LBB3634
	270	LBB-3119	SI	SI	SI	LBB3119
	271	XBX171	SI	NO	NO	ABA-171
	272	LCH-016	SI	SI	SI	LCH016
	273	LBB-2506	SI	SI	SI	LBB2506
	274	LCF-466	SI	SI	SI	LCF466
	275	ABA-2573	SI	SI	SI	ABA-2573
276	TCM-806	SI	NO	NO	PCG806	
277	ICR-666	SI	NO	NO	RCN666	
278	PBM-5049	NO	NO	NO	WBN5049	
279	LBA-3933	SI	SI	SI	LBA3933	
280	LBB-6917	SI	SI	NO	L885927	

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

### 3.3.1. Evaluación e Interpretación.

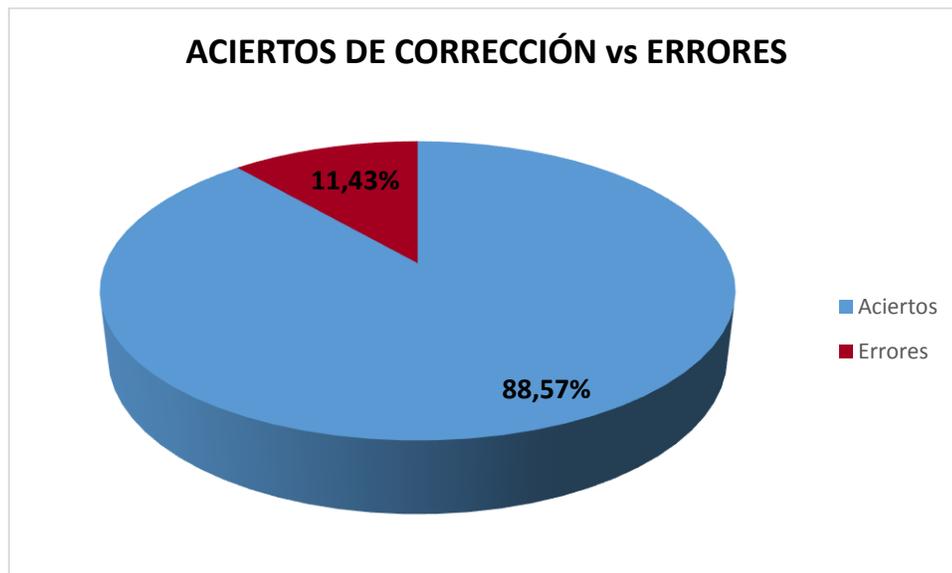
Se realizaron las pruebas con las 280 imágenes, capturadas con dos dispositivos electrónicos: cámara digital y dispositivo móvil, en diferentes ángulos y en diferentes condiciones. En las Tablas 3.12, 3.13 y 3.14 se muestra el porcentaje de acierto de la corrección, segmentación y reconocimiento de caracteres de las imágenes de las placas vehiculares adquiridas bajo distintos escenarios: sol, lluvia, nublado y noche, cada escenario con un total de 70 imágenes de muestra.

En las pruebas realizadas con el algoritmo propuesto por Guerrero (Guerrero Gutiérrez, 2017) se obtiene un mayor porcentaje de aciertos en la segmentación de las placas vehiculares con respecto del porcentaje de desaciertos de la corrección y reconocimiento de los caracteres, como se muestra en las Figuras 3.6, 3.7 y 3.8..

**Tabla 3. 12** Cuadro resumen de los resultados obtenidos de la corrección del algoritmo propuesto por Guerrero, P. (Guerrero Gutiérrez, 2017)

ALGORITMO 3		
ESCENARIO	NÚMERO DE PLACAS CORRECTAS	PORCENTAJE DE ACIERTO CORRECCIÓN
SOL	62	88,57%
LLUVIA	62	88,57%
NUBLADO	61	87,14%
NOCHE	63	90,00%
TOTAL		88,57%

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor



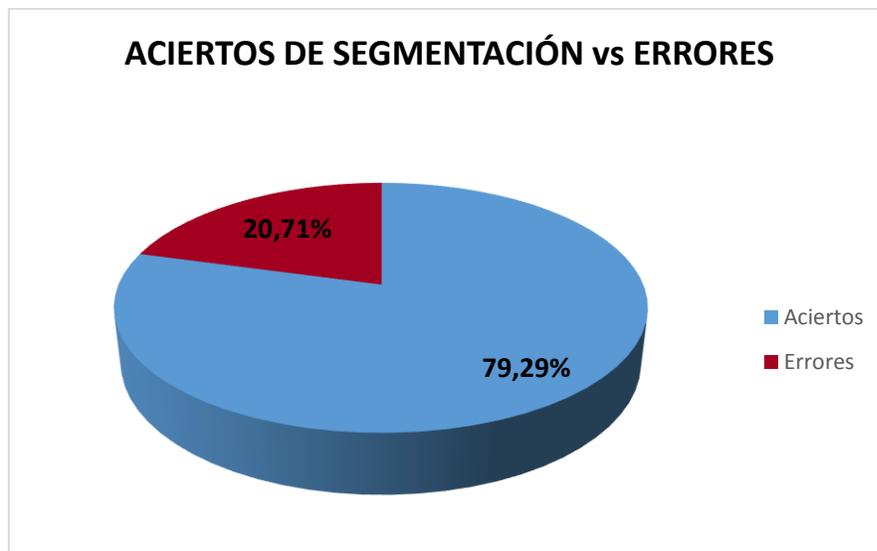
**Figura 3. 6** Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores –corrección de la placa del algoritmo propuesto por Guerrero, P. (Guerrero Gutiérrez, 2017)

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

**Tabla 3. 13** Cuadro resumen de los resultados obtenidos de la segmentación del algoritmo propuesto por Guerrero, P. (Guerrero Gutiérrez, 2017)

ALGORITMO 3		
ESCENARIO	NÚMERO DE PLACAS CORRECTAS	PORCENTAJE DE ACIERTO SEGMENTACIÓN
SOL	55	78,57%
LLUVIA	58	82,86%
NUBLADO	55	78,57%
NOCHE	54	77,14%
TOTAL		79,29%

Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor

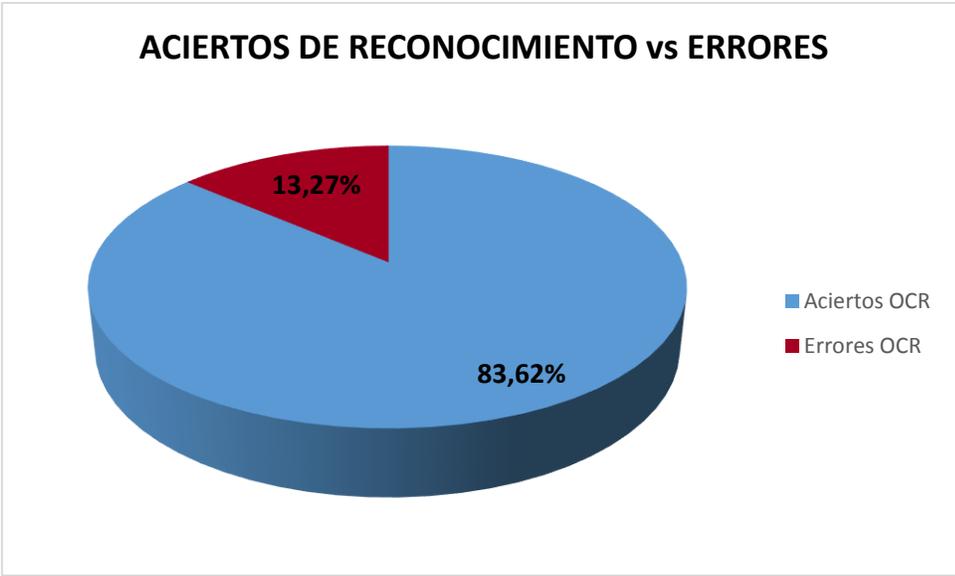


**Figura 3. 7** Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores – segmentación del algoritmo propuesto por Guerrero, P. (Guerrero Gutiérrez, 2017)  
 Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor

**Tabla 3. 14** Cuadro resumen de los resultados obtenidos del OCR del algoritmo propuesto por Guerrero, P. (Guerrero Gutiérrez, 2017)

ALGORITMO 3	
ESCENARIO	PORCENTAJE DE ACIERTO DEL OCR
SOL	81,29 %
LLUVIA	82,79 %
NUBLADO	83,67 %
NOCHE	86,73 %
<b>TOTAL</b>	<b>83,62 %</b>

Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor



**Figura 3. 8** Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores –OCR del algoritmo propuesto por Guerrero, P. (Guerrero Gutiérrez, 2017)  
 Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor

### 3.4. Resultados obtenidos de la implementación de una solución para la detección de placas vehiculares (Algoritmo ALE)

La muestra de imágenes de placas vehiculares adquiridas con una cámara digital es de 140, así como también las adquiridas por un dispositivo móvil. Las imágenes fueron tomadas en diferentes escenarios: sol, lluvia, nublado y noche. En la Tabla 3.15 y 3.16 se muestra los resultados obtenidos del algoritmo implementado.

**Tabla 3. 15** Resultados del algoritmo ALE de las imágenes capturadas con cámara digital.

CAMARA DIGITAL						
Algoritmo ALE						
ESCENARIO	Nro. Prueba	Nro. Placa	CORRECCIÓN CORRECTA	SEGMENTACIÓN CORRECTA	RECONOCIMIENTO CORRECTO	PLACA IDENTIFICADA
SOL	1	ICG-434	SI	NO	NO	RCF434
	2	TDS-0761	NO	NO	NO	POO0751
	3	LCK-787	SI	SI	NO	LCI787
	4	LBB6700	SI	SI	NO	LBB4700
	5	PCD-4804	SI	SI	SI	PCD4804
	6	LCA-129	SI	SI	SI	LCA129
	7	LCI-927	SI	SI	NO	LCR927
	8	LBB-5836	SI	SI	SI	LBB5836
	9	ABC-1380	SI	SI	SI	ABC1380
	10	PCL-5313	SI	SI	SI	PCL5313
	11	LBA-2489	SI	SI	SI	LBA2489
	12	LBB-9072	SI	SI	SI	LBB9072
	13	LBB-4912	SI	SI	NO	LBB4922
	14	LBL-669	SI	NO	NO	LOL889
	15	PBH-6209	SI	SI	NO	PBG6209
	16	RBR-0850	SI	SI	NO	NBN0850
	17	PPA-3011	SI	SI	NO	RPA3011
	18	ICI-203	SI	NO	NO	RCR203
	19	PTE-421	SI	SI	NO	PPE421
	20	PYA-892	SI	NO	NO	PTA892
	21	OCL-794	SI	SI	NO	FCL794
	22	LBA-1071	SI	SI	SI	LBA1071
	23	POL-228	SI	SI	NO	PFL228
	24	LBA-6510	SI	SI	SI	LBA6510

	25	MBB-5935	SI	SI	NO	GBB5935
	26	LBB-4825	SI	SI	NO	LFB4825
	27	LBA-9306	SI	SI	SI	LBA9306
	28	LCD-672	SI	SI	SI	LCD672
	29	POY-985	SI	NO	NO	PFT985
	30	PXC-866	SI	SI	NO	PSC866
	31	LCH-956	SI	SI	NO	LCG956
	32	PCY-320	SI	SI	NO	PCT320
	33	ZBC-417	SI	SI	NO	UBC417
	34	LBB-2855	NO	NO	NO	CBD2966
	35	GPH-574	SI	SI	NO	FPH574
LLUVIA	36	LBA-2013	SI	SI	SI	LBA2013
	37	LBB-9060	SI	SI	SI	LBB9060
	38	LBE-706	SI	SI	NO	LOP706
	39	PNI-680	SI	NO	NO	PLR680
	40	LBA-7516	SI	SI	SI	LBA7516
	41	PBB-6565	SI	SI	SI	PBB6565
	42	LBA-2940	SI	SI	SI	LBA2940
	43	PSL-164	SI	SI	NO	PHL104
	44	ABA-6465	SI	SI	SI	ABA6465
	45	PBF-105	SI	SI	NO	PBE105
	46	PDA-6001	SI	SI	SI	PDA6001
	47	PKX-316	SI	NO	NO	PSS316
	48	PUB-0755	SI	SI	NO	PKB0755
	49	LBB-1503	SI	SI	SI	LBB1503
	50	ABF-6451	SI	NO	NO	ABE4452
	51	TBA-8213	SI	SI	NO	PBA8213
	52	LBA-5528	SI	SI	SI	LBA5528
	53	LBB-1830	SI	SI	SI	LBB1830
	54	LBA-8268	SI	SI	SI	LBA8268
	55	LCJ-020	SI	NO	NO	LCH070
	56	LBB-5446	SI	SI	SI	LBB5446
	57	LBB-2300	SI	SI	SI	LBB2300
	58	LBB-5575	SI	SI	SI	LBB5575
	59	ABC-8407	SI	SI	SI	ABC8407
	60	LCC-486	SI	SI	SI	LCC486
	61	PSI-560	SI	SI	NO	POR560
	62	LBA-1162	SI	SI	SI	LBA1162
	63	LBA-9582	SI	SI	NO	LHA9582
	64	GMH-0295	SI	SI	NO	GGH0295
	65	LBQ-3022	SI	NO	NO	PBC3022

	<b>66</b>	EBA-2241	SI	SI	SI	EBA2241
	<b>67</b>	LBL-981	SI	SI	SI	LBL981
	<b>68</b>	LBA-3878	SI	SI	SI	LBA3878
	<b>69</b>	LCG-947	SI	SI	NO	LCF937
	<b>70</b>	PBS-2035	SI	SI	SI	PBS2035
<b>NUBLADO</b>	<b>71</b>	LBB-7029	SI	SI	SI	LBB7029
	<b>72</b>	PDB-4593	SI	SI	SI	PDB4593
	<b>73</b>	LBB-047	SI	SI	NO	LCB047
	<b>74</b>	LBB-1656	SI	SI	SI	LBB1656
	<b>75</b>	LBB-1484	SI	SI	SI	LBB1484
	<b>76</b>	LBA-2431	SI	SI	SI	LBA2431
	<b>77</b>	LBA-7083	SI	SI	SI	LBA7083
	<b>78</b>	LBA-5478	SI	SI	SI	LBA5478
	<b>79</b>	LAG-0330	SI	SI	NO	LAF0330
	<b>80</b>	PBQ-1652	SI	SI	NO	PBC1652
	<b>81</b>	LBY-886	SI	NO	NO	LOT886
	<b>82</b>	LBB-4461	SI	SI	SI	LBB4461
	<b>83</b>	LBZ-401	SI	SI	NO	LBU401
	<b>84</b>	LBA-1399	SI	SI	SI	LBA1399
	<b>85</b>	LBB-2180	SI	SI	SI	LBB2180
	<b>86</b>	ABE-9592	SI	SI	SI	ABE9592
	<b>87</b>	PQV-430	SI	SI	NO	PQC430
	<b>88</b>	LBB-8711	SI	SI	NO	LBB8722
	<b>89</b>	LBA-2272	SI	NO	NO	IBA4271
	<b>90</b>	PCO-1438	SI	SI	NO	PCF1438
	<b>91</b>	LBB-9685	SI	SI	SI	LBB9685
	<b>92</b>	LBA-7018	SI	SI	SI	LBA7018
	<b>93</b>	LCC-0301	SI	SI	SI	LCC0301
	<b>94</b>	LCL-122	NO	NO	NO	LLP 222
	<b>95</b>	LBB-1360	SI	SI	SI	LBB1360
	<b>96</b>	LBB-8718	SI	SI	SI	LBB8718
	<b>97</b>	LBW-0766	SI	SI	NO	LBR0764
	<b>98</b>	PBA-5971	SI	SI	SI	PBA5971
	<b>99</b>	ABD-4711	SI	SI	SI	ABD4711
	<b>100</b>	LBA-5606	SI	SI	SI	LBA5606
<b>101</b>	LBB-5336	SI	SI	NO	LBB5334	
<b>102</b>	LCH-328	SI	SI	NO	LCG328	
<b>103</b>	LBA-5263	SI	SI	SI	LBA5263	
<b>104</b>	LBB-6642	SI	SI	SI	LBB6642	
<b>105</b>	LBB-6774	SI	SI	SI	LBB6774	
<b>NOCHE</b>	<b>106</b>	LCL-813	SI	SI	SI	LCL813

<b>107</b>	IBB-5588	SI	SI	NO	<b>LBB5588</b>
<b>108</b>	AFY-399	SI	SI	SI	AFY399
<b>109</b>	LBB-9277	SI	SI	SI	LBB9277
<b>110</b>	PDB-527	SI	SI	SI	PDB527
<b>111</b>	LBB-2513	SI	SI	SI	LBB2513
<b>112</b>	LBB-4771	SI	SI	SI	LBB4771
<b>113</b>	LBB-7103	SI	SI	SI	LBB7103
<b>114</b>	LCK-202	SI	SI	SI	LCK202
<b>115</b>	PBI-7262	SI	SI	NO	<b>PBZ7262</b>
<b>116</b>	LCL-585	SI	SI	SI	LCL585
<b>117</b>	TBY-793	SI	NO	NO	<b>TWY793</b>
<b>118</b>	PCB-3050	SI	SI	SI	PCB3050
<b>119</b>	LCH-349	SI	SI	SI	LCH349
<b>120</b>	PVQ-831	SI	NO	NO	<b>PVC831</b>
<b>121</b>	LBA-1899	SI	SI	SI	LBA1899
<b>122</b>	LCJ-602	SI	SI	SI	LCJ602
<b>123</b>	LBW-109	SI	NO	NO	<b>LBA209</b>
<b>124</b>	PBJ-1073	SI	SI	NO	<b>PBJ2073</b>
<b>125</b>	AFO-244	SI	SI	NO	<b>AFG244</b>
<b>126</b>	LBP-0749	SI	SI	SI	LBP0749
<b>127</b>	LBA-8671	SI	SI	NO	<b>LSA8671</b>
<b>128</b>	AFO-666	SI	SI	NO	<b>AFG666</b>
<b>129</b>	LBB-3634	SI	SI	SI	LBB3634
<b>130</b>	LBB-3119	SI	SI	SI	LBB3119
<b>131</b>	XBX171	SI	NO	NO	<b>ABA171</b>
<b>132</b>	LCH-016	SI	SI	NO	<b>LCW016</b>
<b>133</b>	LBB-2506	SI	SI	SI	LBB2506
<b>134</b>	LCF-466	SI	SI	SI	LCF466
<b>135</b>	ABA-2573	SI	SI	SI	ABA2573
<b>136</b>	TCM-806	SI	NO	NO	<b>PCG806</b>
<b>137</b>	ICR-666	SI	NO	NO	<b>FCN666</b>
<b>138</b>	PBM-5049	NO	NO	NO	<b>EBL5015</b>
<b>139</b>	LBA-3933	SI	SI	SI	LBA3933
<b>140</b>	LBB-6917	SI	SI	NO	<b>LBB4917</b>

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

**Tabla 3. 16** Resultados del algoritmo ALE de las imágenes capturadas con dispositivo móvil.

DISPOSITIVO MOVIL						
Algoritmo ALE						
ESCENARIO	Nro. Prueba	Nro. Placa	CORRECCIÓN CORRECTA	SEGMENTACIÓN CORRECTA	RECONOCIMIENTO CORRECTO	PLACA IDENTIFICADA
SOL	141	ICG-434	SI	NO	NO	FCF434
	142	TDS-0761	SI	NO	NO	PHO0741
	143	LCK-787	SI	SI	NO	LCI787
	144	LBB6700	SI	NO	NO	LBO4700
	145	PCD-4804	SI	SI	SI	PCD4804
	146	LCA-129	SI	SI	SI	LCA129
	147	LCI-927	SI	SI	NO	LCO927
	148	LBB-5836	SI	SI	NO	LBB5834
	149	ABC-1380	SI	SI	SI	ABC1380
	150	PCL-5313	SI	SI	SI	PCL5313
	151	LBA-2489	SI	SI	SI	LBA2489
	152	LBB-9072	SI	SI	SI	LBB9072
	153	LBB-4912	SI	SI	NO	LBB4927
	154	LBL-669	SI	SI	SI	LBL669
	155	PBH-6209	SI	SI	NO	PBG6209
	156	RBR-0850	SI	SI	NO	NBN0850
	157	PPA-3011	SI	SI	NO	PPA3044
	158	ICI-203	SI	NO	NO	RCR203
	159	PTE-421	SI	SI	NO	PPE421
	160	PYA-892	SI	SI	SI	PYA892
	161	OCL-794	SI	SI	SI	OCL794
	162	LBA-1071	SI	SI	SI	LBA1071
	163	POL-228	SI	SI	NO	PFL228
	164	LBA-6510	SI	SI	SI	LBA6510
165	MBB-5935	SI	SI	NO	ABO5935	
166	LBB-4825	SI	SI	SI	LBB4825	
167	LBA-9306	SI	SI	SI	LBA9306	
168	LCD-672	SI	SI	SI	LCD672	
169	POY-985	SI	NO	NO	PFT985	
170	PXC-866	SI	SI	NO	PSC866	
171	LCH-956	SI	SI	SI	LCH956	
172	PCY-320	SI	SI	NO	PCT320	
173	ZBC-417	SI	SI	NO	UBC417	
174	LBB-2855	NO	NO	NO	-	

	175	GPH-574	SI	SI	NO	GP <b>G</b> 574
LLUVIA	176	LBA-2013	SI	SI	SI	LBA2013
	177	LBB-9060	SI	SI	SI	LBB9060
	178	LBE-706	SI	NO	NO	LO <b>E</b> 704
	179	PNI-680	SI	NO	NO	PS <b>R</b> 680
	180	LBA-7516	SI	SI	SI	LBA7516
	181	PBB-6565	SI	SI	SI	PBB6565
	182	LBA-2940	SI	SI	SI	LBA2940
	183	PSL-164	SI	SI	NO	PO <b>L</b> 164
	184	ABA-6465	SI	SI	SI	ABA6465
	185	PBF-105	SI	NO	NO	PB <b>E</b> 105
	186	PDA-6001	SI	SI	SI	PDA6001
	187	PKX-316	SI	NO	NO	PS <b>S</b> 316
	188	PUB-0755	SI	SI	NO	PK <b>B</b> 0755
	189	LBB-1503	SI	SI	SI	LBB1503
	190	ABF-6451	SI	NO	NO	AB <b>F</b> 4451
	191	TBA-8213	SI	SI	SI	TBA8213
	192	LBA-5528	SI	SI	SI	LBA5528
	193	LBB-1830	SI	SI	SI	LBB1830
	194	LBA-8268	SI	SI	SI	LBA8268
	195	LCJ-020	SI	NO	NO	LC <b>H</b> 044
	196	LBB-5446	SI	SI	SI	LBB5446
	197	LBB-2300	SI	SI	SI	LBB2300
	198	LBB-5575	SI	SI	SI	LBB5575
	199	ABC-8407	SI	SI	SI	ABC8407
	200	LCC-486	SI	SI	SI	LCC486
	201	PSI-560	SI	SI	NO	PS <b>R</b> 564
	202	LBA-1162	SI	SI	SI	LBA1162
	203	LBA-9582	SI	SI	SI	LBA9582
	204	GMH-0295	SI	SI	NO	FG <b>H</b> 0295
	205	LBQ-3022	SI	SI	NO	PB <b>F</b> 3022
206	EBA-2241	SI	SI	SI	EBA2241	
207	LBL-981	SI	SI	SI	LBL981	
208	LBA-3878	SI	SI	SI	LBA3878	
209	LCG-947	SI	NO	NO	LL <b>O</b> 857	
210	PBS-2035	SI	SI	SI	PBS2035	
NUBLADO	211	LBB-7029	SI	SI	NO	LBB70 <b>7</b> 9
	212	PDB-4593	SI	SI	SI	PDB4593
	213	LBB-047	SI	SI	NO	LCB <b>5</b> 047
	214	LBB-1656	SI	SI	SI	LBB1656
	215	LBB-1484	SI	SI	SI	LBB1484

	216	LBA-2431	SI	SI	SI	LBA2431
	217	LBA-7083	SI	SI	SI	LBA7083
	218	LBA-5478	SI	SI	SI	LBA5478
	219	LAG-0330	SI	SI	NO	LAF0330
	220	PBQ-1652	SI	NO	NO	PBC1652
	221	LBY-886	SI	NO	NO	LOT886
	222	LBB-4461	SI	SI	SI	LBB4461
	223	LBZ-401	SI	SI	SI	LBZ401
	224	LBA-1399	SI	SI	SI	LBA1399
	225	LBB-2180	SI	SI	SI	LBB2180
	226	ABE-9592	SI	SI	SI	ABE9592
	227	PQV-430	SI	NO	NO	PQC430
	228	LBB-8711	SI	NO	NO	LBB8722
	229	LBA-2272	SI	SI	NO	LBA4272
	230	PCO-1438	SI	SI	NO	PCF1438
	231	LBB-9685	SI	SI	SI	LBB9685
	232	LBA-7018	SI	SI	SI	LBA7018
	233	LCC-0301	SI	SI	SI	LCC0301
	234	LCL-122	NO	NO	NO	LLP 122
	235	LBB-1360	SI	SI	SI	LBB1360
	236	LBB-8718	SI	SI	NO	RBB8718
	237	LBW-0766	SI	NO	NO	LBQ0744
	238	PBA-5971	SI	SI	SI	PBA5971
	239	ABD-4711	SI	SI	SI	ABD4711
	240	LBA-5606	SI	SI	SI	LBA5606
	241	LBB-5336	SI	SI	NO	LBB5334
	242	LCH-328	SI	SI	NO	LCG328
	243	LBA-5263	SI	SI	SI	LBA5263
	244	LBB-6642	SI	NO	NO	LBB4442
	245	LBB-6774	SI	SI	SI	LBB6774
NOCHE	246	LCL-813	SI	SI	SI	LCL813
	247	IBB-5588	SI	SI	NO	RBB5588
	248	AFY-399	SI	SI	NO	AFT399
	249	LBB-9277	SI	SI	SI	LBB9277
	250	PDB-527	SI	SI	SI	PDB527
	251	LBB-2513	SI	SI	SI	LBB2513
	252	LBB-4771	SI	SI	NO	LBB4774
	253	LBB-7103	SI	SI	NO	LBB7203
	254	LCK-202	SI	SI	SI	LCK202
	255	PBI-7262	SI	SI	NO	PBL7262
	256	LCL-585	SI	SI	SI	LCL585

257	TBY-793	SI	NO	NO	TRQ792
258	PCB-3050	SI	SI	SI	PCB3050
259	LCH-349	SI	SI	NO	LCG349
260	PVQ-831	SI	NO	NO	PQC811
261	LBA-1899	SI	SI	SI	LBA1899
262	LCJ-602	SI	SI	NO	LCJ607
263	LBW-109	SI	NO	NO	LOL109
264	PBJ-1073	SI	SI	SI	PBJ1073
265	AFO-244	SI	SI	NO	AFE244
266	LBP-0749	SI	SI	SI	LBP0749
267	LBA-8671	SI	SI	SI	LBA8671
268	AFO-666	SI	SI	NO	AFC566
269	LBB-3634	SI	SI	SI	LBB3634
270	LBB-3119	SI	SI	SI	LBB3119
271	XBX171	SI	SI	NO	SBS171
272	LCH-016	SI	SI	SI	LCH016
273	LBB-2506	SI	SI	SI	LBB2506
274	LCF-466	SI	SI	SI	LCF466
275	ABA-2573	SI	SI	SI	ABA-2573
276	TCM-806	SI	NO	NO	PCG806
277	ICR-666	SI	NO	NO	FCN666
278	PBM-5049	SI	NO	NO	EBL5049
279	LBA-3933	SI	SI	SI	LBA3933
280	LBB-6917	SI	SI	NO	LBB4947

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

### 3.4.1. Evaluación e Interpretación.

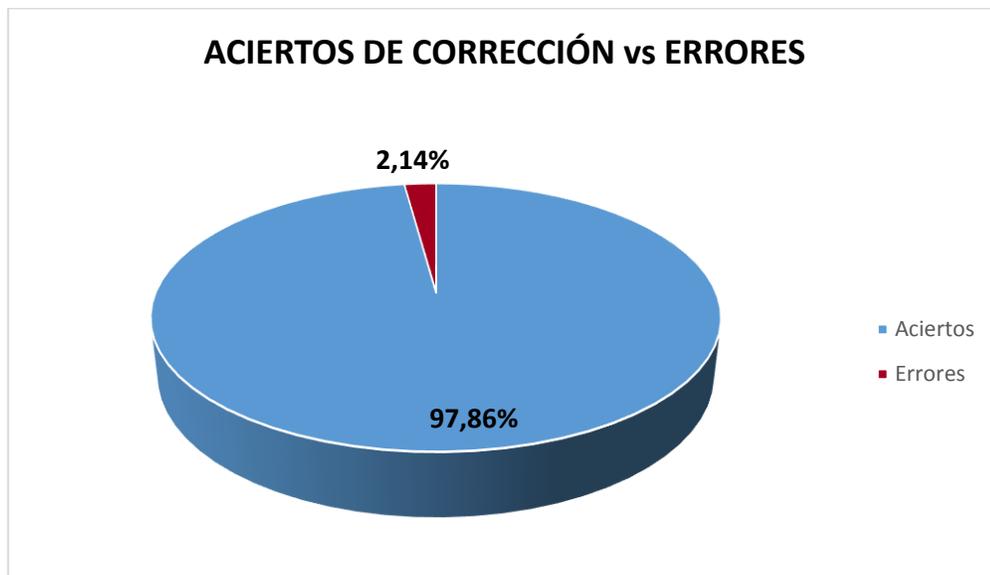
Se realizaron las pruebas con las 280 imágenes, capturadas con dos dispositivos electrónicos: cámara digital y dispositivo móvil, en diferentes ángulos y en diferentes condiciones. En las Tablas 3.17, 3.18 y 3.19 se muestra el porcentaje de acierto de la corrección, segmentación y reconocimiento de caracteres de las imágenes de las placas vehiculares adquiridas bajo distintos escenarios: sol, lluvia, nublado y noche, cada escenario con un total de 70 imágenes de muestra.

En las pruebas realizadas con el algoritmo ALE se obtiene un mayor porcentaje de aciertos en la corrección de las placas vehiculares con respecto del porcentaje de desaciertos de la corrección y reconocimiento de los caracteres, como se muestra en las Figuras 3.9, 3.10 y 3.11.

**Tabla 3. 17** Cuadro resumen de los resultados obtenidos de la corrección del algoritmo ALE

ALGORITMO ALE		
ESCENARIO	NÚMERO DE PLACAS CORRECTAS	PORCENTAJE DE ACIERTO CORRECCIÓN
SOL	67	95,71 %
LLUVIA	70	100,00 %
NUBLADO	68	97,14 %
NOCHE	69	98,57 %
<b>TOTAL</b>		<b>97,86 %</b>

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor



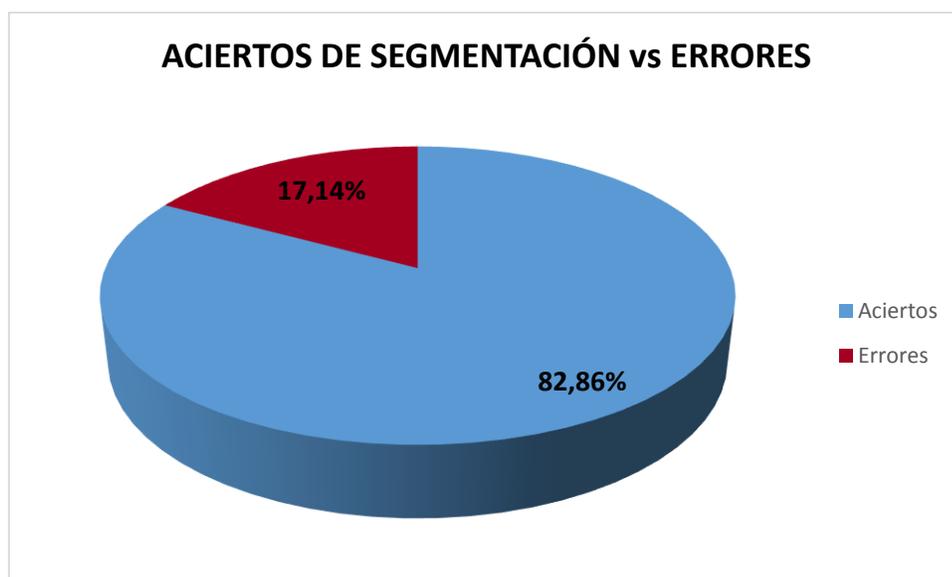
**Figura 3. 9** Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores –corrección de la placa del algoritmo ALE.

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

**Tabla 3. 18** Cuadro resumen de los resultados obtenidos de la segmentación del algoritmo ALE.

ALGORITMO ALE		
ESCENARIO	NÚMERO DE PLACAS CORRECTAS	PORCENTAJE DE ACIERTO SEGMENTACIÓN
SOL	57	81,43 %
LLUVIA	58	82,86 %
NUBLADO	60	85,71 %
NOCHE	57	81,43 %
TOTAL		82,86 %

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor



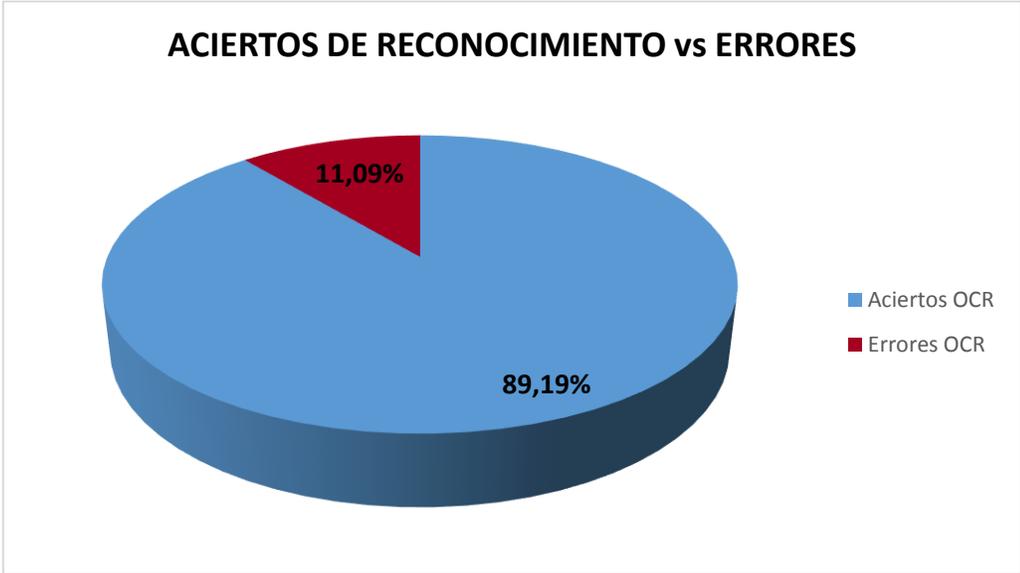
**Figura 3. 10** Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores – segmentación del algoritmo ALE.

Fuente: Autor  
Elaboración: Autor

**Tabla 3. 19** Cuadro resumen de los resultados obtenidos del OCR del algoritmo ALE.

ALGORITMO ALE	
ESCENARIO	PORCENTAJE DE ACIERTO DEL OCR
SOL	86,94%
LLUVIA	89,56%
NUBLADO	91,36%
NOCHE	88,91%
<b>TOTAL</b>	<b>89,19%</b>

Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor



**Figura 3. 11** Cuadro resumen de los resultados obtenidos de Aciertos vs Errores –OCR del algoritmo ALE  
 Fuente: Autor  
 Elaboración: Autor

### 3.5. Resultados del número de caracteres reconocidos en los algoritmos implementados

En los siguientes resultados se especifica el número de caracteres que se reconocen en cada una de las placas. A continuación se muestra las condiciones de los colores que se obtienen en las Tablas 3.20 y 3.21.

- **Color verde.**- Si el número de caracteres reconocidos es  $\geq 5$  en las placas de 7 caracteres y  $\geq 4$  en placas de 6 caracteres. Es decir aquellas placas que tienen de 0 a 2 errores en el reconocimiento de caracteres.
- **Color amarillo.**- Si el número de caracteres reconocidos es  $< 5$  en las placas de 7 caracteres y  $< 4$  en placas de 6 caracteres. Es decir aquellas placas que tienen más de 3 errores en el reconocimiento de caracteres.
- **Color rojo.**- Si el número de caracteres reconocidos es igual a 0. Es decir aquellas placas que no tiene caracteres reconocidos.

**Tabla 3. 20** Resultados generales del número de caracteres reconocidos de las imágenes capturadas con cámara digital.

CÁMARA DIGITAL						
ESCENARIO	Nro. Placa	NÚMERO DE CARACERES	CARACTERES RECONOCIDOS - ALGORITMO 1	CARACTERES RECONOCIDOS - ALGORITMO 2	CARACTERES RECONOCIDOS - ALGORITMO 3	CARACTERES RECONOCIDOS - ALGORITMO ALE
SOL	ICG-434	6	6	0	4	4
	TDS-0761	7	0	0	6	4
	LCK-787	6	5	6	6	5
	LBB-6700	7	0	0	0	6
	PCD-4804	7	7	7	7	7
	LCA-129	6	0	5	5	6
	LCI-927	6	5	4	4	5
	LBB-5836	7	3	0	6	7
	ABC-1380	7	7	7	7	7

PCL-5313	7	0	0	7	7
LBA-2489	7	0	7	7	7
LBB-9072	7	7	7	7	7
LBB-4912	7	0	7	6	6
LBL-669	6	0	5	5	3
PBH-6209	7	3	7	7	6
RBR-0850	7	0	0	6	5
PPA-3011	7	5	7	5	6
ICI-203	6	6	4	4	4
PTE-421	6	0	5	5	5
PYA-892	6	5	0	5	5
OCL-794	6	0	0	6	5
LBA-1071	7	7	7	7	7
POL-228	6	0	0	4	5
LBA-6510	7	0	7	6	7
MBB-5935	7	0	0	5	6
LBB-4825	7	0	7	7	6
LBA-9306	7	0	7	7	7
LCD-672	6	5	6	5	6
POY-985	6	6	0	6	4
PXC-866	6	0	6	6	5
LCH-956	6	0	6	6	5
PCY-320	6	0	0	0	5
ZBC-417	6	6	0	6	5
LBB-2855	7	0	0	6	2
GPH-574	6	4	6	5	5
LBA-2013	7	0	0	7	7
LBB-9060	7	7	7	7	7
LBE-706	6	0	0	0	4
PNI-680	6	0	0	5	4
LBA-7516	7	0	7	7	7
PBB-6565	7	7	7	7	7
LBA-2940	7	0	0	7	7
PSL-164	6	0	0	4	4
ABA-6465	7	6	7	7	7
PBF-105	6	0	0	6	5
PDA-6001	7	6	7	7	7
PKX-316	6	0	0	6	4
PUB-0755	7	0	6	6	6

LBB-1503	7	0	7	7	7
ABF-6451	7	0	7	5	3
TBA-8213	7	0	7	7	6
LBA-5528	7	0	0	7	7
LBB-1830	7	4	7	7	7
LBA-8268	7	7	7	7	7
LCJ-020	6	0	0	3	4
LBB-5446	7	5	7	6	7
LBB-2300	7	0	7	7	7
LBB-5575	7	0	7	7	7
ABC-8407	7	0	7	7	7
LCC-486	6	5	0	5	7
PSI-560	6	4	5	5	4
LBA-1162	7	7	7	7	7
LBA-9582	7	0	7	6	6
GMH-0295	7	0	6	4	6
PBQ-3022	7	0	0	6	6
EBA-2241	7	0	7	7	7
LBL-981	6	0	6	5	6
LBA-3878	7	4	7	6	7
LCG-947	6	0	0	0	4
PBS-2035	7	7	7	7	7
LBB-7029	7	4	6	6	7
PDB-4593	7	0	0	7	7
LBB-047	6	6	0	6	5
LBB-1656	7	0	7	7	7
LBB-1484	7	0	7	7	7
LBA-2431	7	0	7	7	7
LBA-7083	7	0	7	7	7
LBA-5478	7	0	0	7	7
LAG-0330	7	0	0	6	6
PBQ-1652	7	0	6	6	6
LBY-886	6	3	4	3	4
LBB-4461	7	7	6	6	7
LBZ-401	6	2	4	5	5
LBA-1399	7	0	7	7	7
LBB-2180	7	0	0	7	7
ABE-9592	7	0	7	7	7
PQV-430	6	2	4	4	5
LBB-8711	7	0	6	7	5

LBA-2272	7	0	6	3	4
PCO-1438	7	0	5	0	6
LBB-9685	7	0	7	7	7
LBA-7018	7	7	7	7	7
LCC-0301	7	0	5	7	7
LCL-122	6	0	0	0	3
LBB-1360	7	0	7	7	7
LBB-8718	7	0	0	0	7
LBW-0766	7	0	0	7	5
PBA-5971	7	0	0	7	7
ABD-4711	7	0	7	7	7
LBA-5606	7	0	6	7	7
LBB-5336	7	0	0	7	6
LCH-328	6	6	5	7	5
LBA-5263	7	0	7	5	7
LBB-6642	7	0	7	6	7
LBB-6774	7	7	7	7	7
LCL-813	6	0	6	6	6
IBB-5588	7	0	7	4	6
AFY-399	6	0	0	6	6
LBB-9277	7	0	7	7	7
PDB-527	6	0	7	7	7
LBB-2513	7	0	7	7	7
LBB-4771	7	0	5	4	7
LBB-7103	7	7	7	6	7
LCK-202	6	0	6	4	7
PBI-7262	7	0	6	6	6
LCL-585	6	0	6	6	6
TBY-793	6	0	0	5	5
PCB-3050	7	0	7	7	7
LCH-349	6	0	6	6	6
PVQ-831	6	4	5	5	5
LBA-1899	7	0	7	7	7
LCJ-602	6	0	6	5	6
LBW-109	6	0	0	4	4
PBJ-1073	7	0	7	5	6
AFO-244	6	0	4	5	5
LBP-0749	7	7	7	7	7
LBA-8671	7	0	7	7	6
AFO-666	6	0	5	6	5

LBB-3634	7	0	7	7	7
LBB-3119	7	0	7	7	7
XBX-171	6	0	6	6	4
LCH-016	6	0	0	3	5
LBB-2506	7	0	7	6	7
LCF-466	6	3	6	6	6
ABA-2573	7	0	7	7	7
TCM-806	6	0	0	4	4
ICR-666	6	5	0	4	4
PBM-5049	7	0	6	3	2
LBA-3933	7	0	0	7	7
LBB-6917	7	0	0	5	6

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

**Tabla 3. 21** Resultados generales del número de caracteres reconocidos de las imágenes capturadas con dispositivo móvil.

DISPOSITIVO MOVIL						
ESCENARIO	Nro. Placa	NÚMERO DE CARACTERES	CARACTERES RECONOCIDOS - ALGORITMO 1	CARACTERES RECONOCIDOS - ALGORITMO 2	CARACTERES RECONOCIDOS - ALGORITMO 3	CARACTERES RECONOCIDOS - ALGORITMO ALE
SOL	ICG-434	6	6	0	4	4
	TDS-0761	7	0	0	4	4
	LCK-787	6	6	0	6	5
	LBB-6700	7	0	0	6	5
	PCD-4804	7	0	0	7	7
	LCA-129	6	4	6	5	6
	LCI-927	6	5	0	4	5
	LBB-5836	7	0	0	6	6
	ABC-1380	7	7	0	7	7
	PCL-5313	7	0	7	7	7
	LBA-2489	7	0	0	7	7
	LBB-9072	7	7	7	7	7
	LBB-4912	7	0	7	3	5
	LBL-669	6	5	6	5	6
	PBH-6209	7	0	7	7	6

RBR-0850	7	0	7	0	5
PPA-3011	7	5	7	5	6
ICI-203	6	6	4	3	4
PTE-421	6	0	0	6	5
PYA-892	6	5	7	6	6
OCL-794	6	0	0	6	6
LBA-1071	7	7	7	7	7
POL-228	6	0	0	4	5
LBA-6510	7	0	7	7	7
MBB-5935	7	0	0	4	5
LBB-4825	7	0	0	7	7
LBA-9306	7	7	7	7	7
LCD-672	6	5	6	5	6
POY-985	6	6	3	6	4
PXC-866	6	0	5	6	5
LCH-956	6	0	0	6	6
PCY-320	6	0	0	0	5
ZBC-417	6	6	6	6	5
LBB-2855	7	0	0	0	0
GPH-574	6	4	6	5	5
LBA-2013	7	0	0	7	7
LBB-9060	7	7	7	7	7
LBE-706	6	0	0	3	4
PNI-680	6	0	0	5	4
LBA-7516	7	0	7	1	7
PBB-6565	7	0	7	0	7
LBA-2940	7	0	0	6	7
PSL-164	6	0	0	5	5
ABA-6465	7	7	7	7	7
PBF-105	6	0	0	5	5
PDA-6001	7	5	7	7	7
PKX-316	6	0	0	6	4
PUB-0755	7	0	0	7	6
LBB-1503	7	0	7	7	7
ABF-6451	7	0	0	6	5
TBA-8213	7	0	7	6	7
LBA-5528	7	0	0	6	7
LBB-1830	7	5	7	7	7
LBA-8268	7	7	7	7	7
LCJ-020	6	0	0	3	3

LBB-5446	7	6	7	6	7
LBB-2300	7	0	0	7	7
LBB-5575	7	0	7	7	7
ABC-8407	7	0	7	7	7
LCC-486	6	5	0	6	6
PSI-560	6	4	5	5	4
LBA-1162	7	7	7	0	7
LBA-9582	7	0	7	6	7
GMH-0295	7	0	6	5	5
PBQ-3022	7	0	0	6	6
EBA-2241	7	0	5	7	7
LBL-981	6	0	6	5	6
LBA-3878	7	4	7	7	7
LCG-947	6	0	0	0	3
PBS-2035	7	7	7	7	7
LBB-7029	7	4	6	7	6
PDB-4593	7	0	0	7	7
LBB-047	6	6	6	6	6
LBB-1656	7	0	7	7	7
LBB-1484	7	0	7	7	7
LBA-2431	7	0	7	7	7
LBA-7083	7	0	7	7	7
LBA-5478	7	0	0	7	7
LAG-0330	7	0	0	6	6
PBQ-1652	7	0	6	6	6
LBY-886	6	3	4	3	4
LBB-4461	7	7	6	6	7
LBZ-401	6	2	4	5	6
LBA-1399	7	0	7	7	7
LBB-2180	7	0	0	7	7
ABE-9592	7	0	7	7	7
PQV-430	6	2	4	4	5
LBB-8711	7	0	6	7	5
LBA-2272	7	0	5	3	6
PCD-1438	7	0	5	0	6
LBB-9685	7	0	7	7	7
LBA-7018	7	0	7	7	7
LCC-0301	7	0	5	7	7
LCL-122	6	0	0	0	4
LBB-1360	7	0	7	7	7

LBB-8718	7	0	0	0	6
LBW-0766	7	0	6	5	4
PBA-5971	7	0	7	7	7
ABD-4711	7	0	0	7	7
LBA-5606	7	0	0	7	7
LBB-5336	7	0	0	7	6
LCH-328	6	6	5	6	5
LBA-5263	7	0	7	7	7
LBB-6642	7	0	5	7	5
LBB-6774	7	0	7	7	7
LCL-813	6	0	6	6	6
IBB-5588	7	0	6	6	6
AFY-399	6	0	6	6	5
LBB-9277	7	0	7	7	7
PDB-527	6	0	7	6	7
LBB-2513	7	0	7	7	7
LBB-4771	7	0	6	5	6
LBB-7103	7	7	7	6	6
LCK-202	6	0	6	6	6
PBI-7262	7	0	6	6	7
LCL-585	6	0	6	6	6
TBY-793	6	0	0	3	3
PCB-3050	7	0	7	7	7
LCH-349	6	0	6	6	5
PVQ-831	6	2	5	5	4
LBA-1899	7	0	6	6	7
LCJ-602	6	0	6	6	5
LBW-109	6	0	0	3	4
PBJ-1073	7	0	7	7	7
AFO-244	6	0	5	5	5
LBP-0749	7	0	7	7	7
LBA-8671	7	0	7	6	7
AFO-666	6	0	5	5	4
LBB-3634	7	0	7	7	7
LBB-3119	7	0	7	7	7
XBX-171	6	0	0	4	4
LCH-016	6	0	0	6	6
LBB-2506	7	0	7	7	7
LCF-466	6	3	6	6	6
ABA-2573	7	0	6	7	7

TCM-806	6	0	0	4	4
ICR-666	6	5	0	4	4
PBM-5049	7	0	3	5	5
LBA-3933	7	0	0	7	7
LBB-6917	7	0	0	3	5

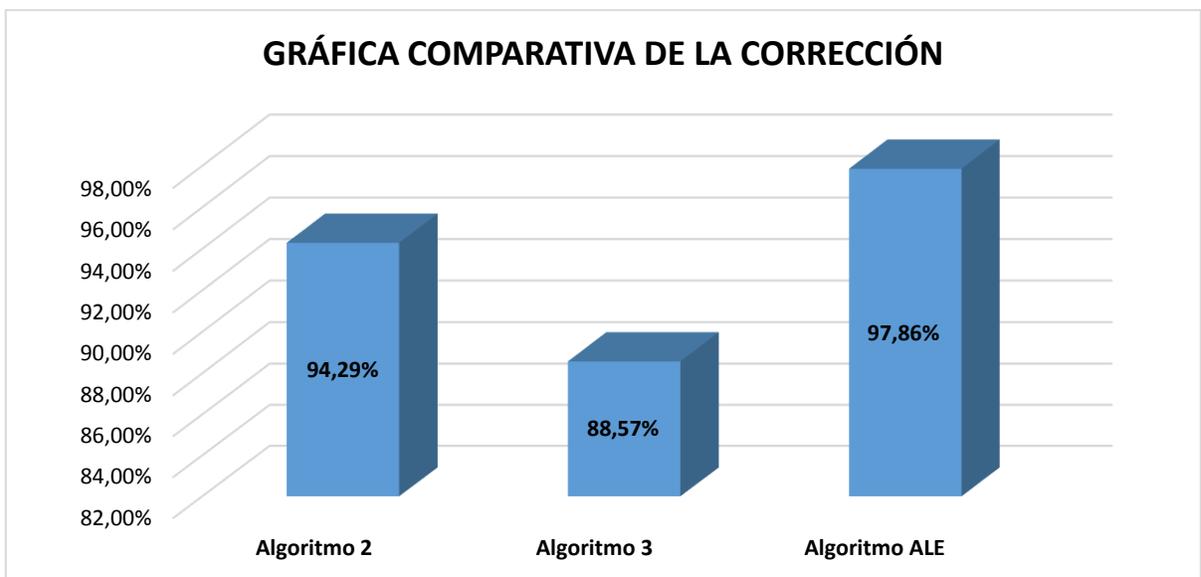
Fuente: Autor

Elaboración: Autor

### 3.6. Resultados totales de los algoritmos implementados

En base a los resultados obtenidos en cada uno de los algoritmos implementados, se obtiene mejores resultados en el algoritmo ALE, con un 97,86 % en la fase de corrección de la imagen, con un 82,86 % en la fase de la segmentación y con el 89,19 % en la fase de reconocimiento de caracteres, como se muestra en la Figuras 3.12, 3.13 y 3.14.

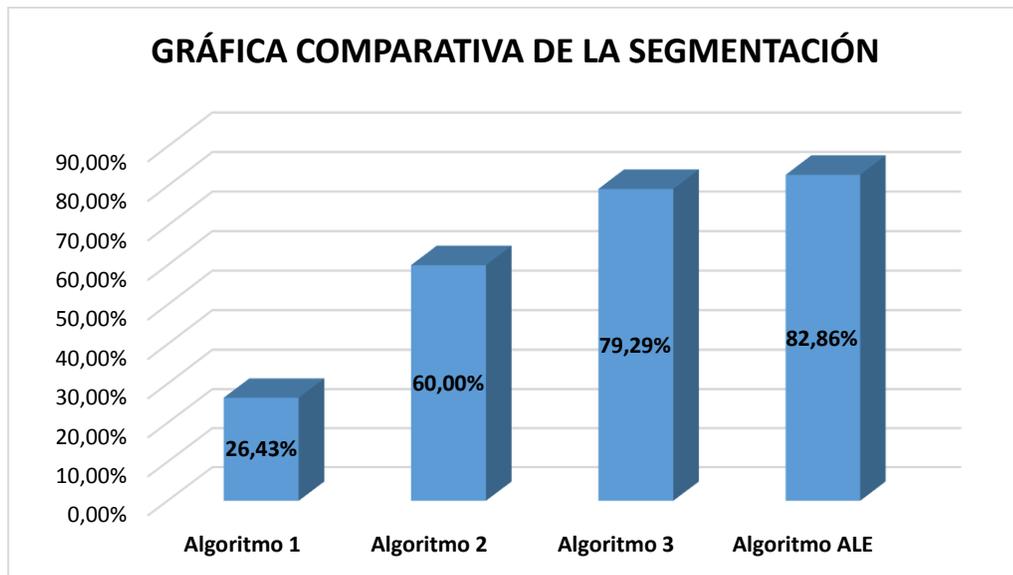
En la Figura 3.12, se muestra la comparación de la fase de corrección de la imagen de la placa, en este caso la comparación se realiza en tres algoritmos, ya que el algoritmo propuesto por García (García Santillán, 2008) no cuenta con la fase de corrección.



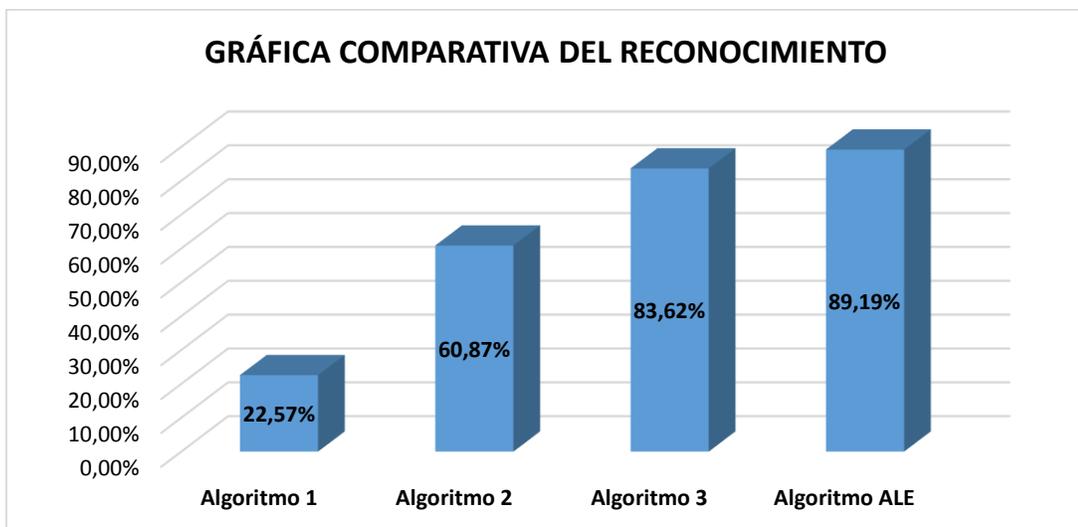
**Figura 3. 12** Gráfica comparativa de la corrección de los cuatro algoritmos implementados.

Fuente: Autor

Elaboración: Autor



**Figura 3. 13** Gráfica comparativa de la segmentación de los cuatro algoritmos implementados.  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor



**Figura 3. 14** Gráfica comparativa del reconocimiento de los caracteres de los cuatro algoritmos implementados.  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

**CAPITULO IV  
DISCUSIÓN**

#### **4.1. Objetivos futuros**

Se plantea implementar un sistema en tiempo real que permita el envío de imágenes de placas vehiculares mediante una aplicación en dispositivos móviles, haciendo un algoritmo mucho más robusto para que el usuario pueda detectar placas vehiculares por medio de su dispositivo móvil.

La ANT no cuenta con un sistema automatizado para la detección de placas vehiculares lo cual sería de gran beneficio para agilizar el proceso de emisión de multas de vehículos

##### **4.1.1. Proceso de la ANT para la emisión de multas de vehículos.**

Con la ayuda y colaboración de uno de los ingenieros a cargo del sistema de la ANT. Se ha recopilado información de todo el proceso de la emisión de multas de los vehículos

En la ciudad de Loja existe una institución habilitada para emitir citaciones de tránsito y sus respectivas notificaciones. La ANT es la encargada de planificar, regular y controlar la gestión del transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, a fin de garantizar la libre y segura movilidad terrestre, contribuyendo al desarrollo del país, en el ámbito de su competencia.

Los agentes civiles de tránsito dependiendo del tipo de contravención proceden a realizar una boleta de citación que se muestra en la Figura 4.1 donde consta el nombre y número de cédula del conductor del vehículo e indicando el tipo de contravención, la copia de la boleta correspondiente será entregada personalmente al responsable de dicha infracción.

Existen casos en la cuales no se puede establecer la identidad del conductor, por lo que se registrará en la boleta de citación el número de placas que se atribuye al propietario del vehículo.

En caso de que no se pueda entregar la boleta personalmente, ésta de ser posible, se remitirá al domicilio del propietario del vehículo en un plazo de tres días (72 horas) contando desde la fecha que ha sido cometida la infracción.

Cuando se trate de una contravención por mal estacionamiento, y no se pueda ubicar a su conductor, se colocará en alguna parte visible de su vehículo el adhesivo correspondiente. En este caso el obligado al pago será el propietario del vehículo.

TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL - LOJA  
BOLETA DE CITACIÓN DE INFRACCIONES DE TRANSITO

DIA	MES	ANO	HORA	HORA DETECCIÓN	CITACION
30	05	2017	16:08		Nº 000150204
<input type="checkbox"/> CEDULA	<input checked="" type="checkbox"/> LICENCIA	<input type="checkbox"/> PASAPORTE	CATEGORIA	TIPO	EMITIDO EN:
171032	02101631		Robovand	E	Loja
NOMBRES: Christian Manuel					
APELLIDOS: Viveros Balazar					
CARACTERISTICAS DEL VEHICULO					
PLACA	MARCA	TIPO	COLOR		
LB1879019	Hunday	Jeep	Plateado		
CODIGO INTEGRAL PENAL					
CLASES DE INFRACCION	X	ART	INCSO NUMERAL		
Condución de vehiculo con farras en mal estado		Art. 383			
Condución de vehiculo bajo efecto de sustancias estupefacientes, psicotropicas		Art. 384			
Condución de vehiculo en estado de embriaguez		Art. 385			
Contravención de Tránsito de Primera Clase		Art. 386			
Contravención de Tránsito de Segunda Clase		Art. 387			
Contravención de Tránsito de Tercera Clase		Art. 388			
Contravención de Tránsito de Cuarta Clase	X	Art. 389	-	C	
Contravención de Tránsito de Quinta Clase		Art. 390			
Contravención de Tránsito de Sexta Clase		Art. 391			
Contravención de Tránsito de Séptima Clase		Art. 392			
LOCALIZACION					
PROVINCIA LOJA	CANTON LOJA	CARMETERA	LIBANO	<input checked="" type="checkbox"/> FURIAL	
	Avenida de Vampara y Jardín Botánico Rt				
BREVE RELATO DE LOS HECHOS Y CIRCUNSTANCIAS DE LA INFRACCION					
Agente de tránsito y policía de tránsito de la Unidad de Control Operativo de Tránsito (UCOT) de la ANT, al momento de realizar un control de tránsito en la zona de la Avenida de Vampara y Jardín Botánico Rt, se detectó un vehículo de marca Jeep, modelo 2017, placa LB1879019, conducido por el Sr. Christian Manuel Viveros Balazar, quien se encontraba en estado de ebriedad.					
DATOS DEL AGENTE CIVIL DE TRANSITO					
Nombres y Apellidos: Kevin Zola		Zona: C/14/14		Cod. Agt: 215	
C.I.: 4426524364				Firma:	

**Figura 4. 1** Boleta de citación de la ANT  
**Fuente:** Autor  
**Elaboración:** Autor

Los agentes una vez emitidas las boletas de citaciones son entregadas a la Unidad de Control Operativo de Tránsito (UCOT) la cuál tiene 24 horas para realizar un parte informativo de las citaciones realizadas por el agente civil. Una vez que este parte informativo es entregado, los datos van a la central de la ANT para que sean digitalizados. Los datos no pueden ser ingresados al sistema hasta después de las 48 horas ya que la citación puede entrar en apelación.

Si la boleta de citación no es apelada, el tiempo que les toma a los digitalizadores en verificar y comparar los datos de la boletas con la base de datos de la ANT es de dos semanas por lo que se les acumula la información en esta etapa del proceso, como resultado de este proceso se tiene un retraso de cuatro meses para que la multa pueda ser visualizada en el sistema, lo que conlleva a que la página de la ANT no conste de manera inmediata la multa del vehículo.

#### 4.1.2. Solución para automatizar la introducción de caracteres de placas vehiculares mediante un dispositivo móvil.

El problema de la ANT es digitalizar la información obtenida de cada boleta de citación emitida por cada uno de los agentes civiles de tránsito. Debido a la situación actual, se busca la manera de automatizar el proceso de multas de vehiculos.

Para llevar a cabo lo antes mencionado, los dispositivos móviles permiten gestionar información a través de la lectura de matrices de datos con la simple captura de una imagen. El uso de una

aplicación en un dispositivo móvil para reconocer de manera automática las placas vehiculares ayudará a agilizar todo el proceso. Los agentes de tránsito se beneficiarán con un importante ahorro de recursos dado que en la actualidad, cada persona cuenta con un dispositivo móvil, y que dichos dispositivos, al menos tienen una cámara. Además el uso de esta tecnología puede aportar con una mejor calidad de servicio.

El usuario podrá acceder a una aplicación móvil que se muestra en la Figura 4.2, la cual le permitirá acceder a la cámara del dispositivo. Una vez realizada la captura de la imagen del vehículo se procederá a enviarla a una PC. Para identificar las placas vehiculares a partir de un dispositivo móvil, con la ayuda de Python un lenguaje que se usa para (web, base de datos, redes, procesamiento de imágenes, interfaces gráficas de usuario) se procederá a realizar el procesamiento de la imagen de la placa vehicular, para ello se debe convertir el código MATLAB en código Python o también por medio de una interfaz entre los dos lenguajes de programación se puede realizar el envío de datos de Python a MATLAB y viceversa. (Knuth, Brown, & Stone, 2014) El resultado que se obtiene del reconocimiento óptico de caracteres se presentará en la aplicación del dispositivo móvil.



**Figura 4. 2** Esquema conceptual del funcionamiento del sistema

**Fuente:** Autor

**Elaboración:** Autor

Automatizar la introducción del número de placa vehicular a un sistema de cómputo o gestión evitando la entrada por teclado implica un ahorro importante de recursos e incrementa la productividad.

Finalmente la aplicación puede ser desarrollada como un sistema de apoyo, en este caso para agentes civiles de tránsito. Un ejemplo de ello es tener acceso a los datos de los propietarios de los vehículos mediante la consulta a bases de datos de la ANT para realizar trámites relacionados con el vehículo, como lo es en el caso de gestión de boletines de denuncia.

## CONCLUSIONES

Se logró diseñar e implementar una solución para la detección de placas vehiculares mediante el uso de procesamiento digital de imágenes y base de datos, con resultados de 89,19 % en el reconocimiento de caracteres, a diferencia de otros algoritmos que tienen 22,57 %, 60,87 % y 83,60 % respectivamente. Dentro de la recolección de imágenes se tomaron en cuenta todas las posibles condiciones favorables o desfavorables con la finalidad de evaluar el máximo desempeño de la solución planteada.

Del análisis de pruebas realizadas se concluye que la etapa de segmentación es la que presenta mayor cantidad de errores ya que el porcentaje de acierto es directamente proporcional al estado en el que se encuentre la placa vehicular, ya que muchas de estas placas vehiculares presentan objetos innecesarios para el reconocimiento de la placa, lo que dificulta el procesamiento de la imagen.

La implementación de la transformación proyectiva para la corrección de las placas vehiculares distorsionadas o inclinadas, da la opción de poder realizar la captura de imágenes con diferentes ángulos abarcando una mayor cantidad y variedad de muestras.

Aplicar la técnica de correlación para el reconocimiento de caracteres de la placa vehicular demostró ser un método aceptable, debido a su sencillez y fácil implementación. Además se obtuvo mejores resultados en el reconocimiento óptico de caracteres, separando las letras de los números para aumentar el porcentaje de acierto en los algoritmos implementados.

## RECOMENDACIONES

Si se quiere implementar el sistema en una ciudad, se debería diseñar los caracteres de la placa vehicular de tal forma que esta puede ser reconocida con facilidad por sistemas OCR, además que estas placas deben estar en buen estado.

Para realizar el algoritmo de reconocimiento de placas vehiculares, se debe usar las plantillas adecuadas, esto dependerá mucho para no obtener un porcentaje de acierto bajo debido a que se confundan con otras las letras y números.

Para la etapa de segmentación se recomienda el algoritmo de proyecciones debido a que tiene un gasto computacional menor y a su vez no se tendrían los mismos problemas que se presentan con el algoritmo basado en el crecimiento de regiones que depende en gran parte con el estado en el que se encuentra la placa vehicular para su correcto recorte.

El reconocimiento podría llegar a ser mucho más robusto si se implementan técnicas y algoritmos que permitan el recuperar los caracteres de placas vehiculares en las que no sea fácil distinguir o caracteres con segmentos separados.

Con lo referente al estado en la que se encuentran las placas vehiculares en nuestro país se debería cambiar aquellas placas antiguas ya que en los resultados obtenidos varias de estas placas ya se encuentran en malas condiciones ya sea con algún logo, pegatina, o simplemente las placas se encuentran deterioradas, lo cual influye en el reconocimiento.

Se recomienda adaptar el reconocimiento para placas de motocicletas. Este trabajo a futuro es un reto, a diferencia de la segmentación de las placas de automóviles, uno de los aspectos a revisar, es la forma de segmentar la placa de una motocicleta ya que se tendrá que analizar los dos renglones que contienen los caracteres de identificación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acharya, T., & Ray, A. K. (2005). *Image processing : principles and applications*. John Wiley.
- Aldasur, B., & Santamaría, M. (2002). Realce de imágenes: filtrado espacial., 17, 31-42. Recuperado a partir de <http://www.aet.org.es/revistas/revista17/AET17-04.pdf>
- Álvarez Durán, M. A. (2014). Análisis, diseño e implementación de un sistema de control de ingreso de vehiculos basado en visión artificial y reconocimiento de placas en el parqueadero de la Universidad Politécnica salesiana-Sede Cuenca. Recuperado a partir de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7060/1/UPS-CT003790.pdf>
- Báez López, D., & Cervantes Villagómez, O. (2012). *Matlab con aplicaciones a la ingeniería, física y finanzas*. (F. J. Rodríguez Cruz, Ed.) (2a. Edició). México.
- Cañadas Betancourt, P. A., & Haro Figueroa, G. M. (2011). Prototipo de un sistema de adquisición de imágenes de vehículos, detección y reconocimiento automático de los caracteres de la placa en tiempo real por medio de visión artificial, aplicado al control vehicular. Recuperado a partir de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4259>
- Capra, J., Capra, B., Aciti, C., & Marone, J. (2012). Una Aplicación Móvil para el Reconocimiento Automático de Matrículas de Automóviles Argentinos. Recuperado a partir de <http://intia.exa.unicen.edu.ar/inca>
- Casado Fernández, C. (2009). MANUAL BÁSICO DE MATLAB. Recuperado a partir de <http://pendientedemigracion.ucm.es/centros/cont/descargas/documento11541.pdf>
- Cattaneo, C. A., Larcher, L. I., Ruggeri, A. I., Herrera, A. C., & Biasoni, E. M. (2011). Métodos De Umbralización De Imágenes Digitales Basados En Entropía De Shannon Y Otros, XXX, 2785-2805.
- Ceballos Jiménez, S. E. (2012). IDENTIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE MATRÍCULAS DE AUTOMÓVILES CON MATLAB. Recuperado a partir de [http://oa.upm.es/14053/1/PFC\\_SAMUEL\\_ENRIQUE\\_CEBALLOS\\_JIMENEZ.pdf](http://oa.upm.es/14053/1/PFC_SAMUEL_ENRIQUE_CEBALLOS_JIMENEZ.pdf)
- Debandi, F., & Redi, M. (2008). EL RECONOCIMIENTO DE TEXTOS. Recuperado a partir de <http://www.it.uc3m.es/jvillena/irc/practicas/08-09/17.pdf>
- Díaz, A. G. (2012). Visión y procesamiento de imágenes para control de calidad. Recuperado a partir de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/viewFile/1193/1080>
- Díaz Conrado, A., & Duque Romero, C. (2007). TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE IMÁGENES BIDIMENSIONALES. Recuperado a partir de <http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/tesis/0040434.pdf>
- Espinoza Saquicela, D. D., & Salinas Escobar, C. A. (2015). Desarrollo de un Sistema de Reconocimiento de Placas Vehiculares. Recuperado a partir de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/5047>
- Esqueda Elizondo, J. J., & Palafox Maestre, L. E. (2005). *Fundamentos de procesamiento de imágenes*. (R. M. Espinoza Galindo & L. E. Medina Gómez, Eds.). México.
- Farhat, A., Al-Zawqari, A., Al-Qahtani, A., Hommos, O., Bensaali, F., Amira, A., & Zhai, X. (2016). OCR based feature extraction and template matching algorithms for Qatari number

- plate. *2016 International Conference on Industrial Informatics and Computer Systems, CIICS 2016*. <https://doi.org/10.1109/ICCSII.2016.7462419>
- García Santillán, I. D. (2008). *Visión Artificial y Procesamiento Digital de Imágenes usando Matlab*.
- González, R. C., & Wintz, P. (1996). Filtrado de imágenes, 34, 89-269. Recuperado a partir de <http://informatica.uv.es/doctorado/AIRF/ParteAI/tema3.pdf>
- González Marcos, A. (2006). Técnicas y algoritmos básicos de visión artificial. Recuperado a partir de <https://publicaciones.unirioja.es/catalogo/online/VisionArtificial.pdf>
- Guerrero Gutiérrez, P. A. (2017). Diseño e implementación de una aplicación para detección de placas vehiculares a partir de imágenes. Recuperado a partir de [http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/17844/1/Guerrero Gutiérrez%2C Pablo Alejandro TESIS.pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/17844/1/Guerrero%20Gutiérrez%2C%20Pablo%20Alejandro%20TESIS.pdf)
- Hommos, O., Al-Qahtani, A., Al-Zawqari, A. F. A., Bensaali, F., Amira, A., & Zhai, X. (2016). HD Qatari ANPR system. *2016 International Conference on Industrial Informatics and Computer Systems (CIICS)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/ICCSII.2016.7462420>
- Hussien, R. S., Elkhidir, A. A., & Elnourani, M. G. (2016). Optical Character Recognition of Arabic handwritten characters using Neural Network. *Proceedings - 2015 International Conference on Computing, Control, Networking, Electronics and Embedded Systems Engineering, ICCNEEE 2015*, 456-461. <https://doi.org/10.1109/ICCNEEE.2015.7381412>
- INFAIMON S.L. (2017). Sistemas de visión Artificial para INDUSTRIA. Recuperado 13 de junio de 2017, a partir de <http://www.infaimon.com/es/vc-ocr>
- Jara Oyarzo, W. O. (2006). *Visión Artificial: Análisis Teórico del Tratamiento Digital de Imágenes Para su aplicación en la identificación de objetos*. Recuperado a partir de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfci.37v/doc/bmfci.37v.pdf>
- Knuth, S. L., Brown, T., & Stone, D. (2014). Python for Matlab Users. Recuperado a partir de [http://researchcomputing.github.io/meetup\\_fall\\_2014/pdfs/fall2014\\_meetup13\\_python\\_matlab.pdf](http://researchcomputing.github.io/meetup_fall_2014/pdfs/fall2014_meetup13_python_matlab.pdf)
- Ley Orgánica de Transporte Terrestre. (2016). Recuperado a partir de <http://www.turismo.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/LEY-ORGANICA-DE-TRANSPORTE-TERRESTRE-TRANSITO-Y-SEGURIDAD-VIAL.pdf>
- López Airam, V. (2007). Detección de trayectorias y reconocimiento de objetos regulares para el control por visión artificial de un robot móvil. Recuperado a partir de [http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/12629/1/Detección de trayectorias y reconocimiento de objetos regulares para el control por visión artificial de un robot móvil.pdf](http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/12629/1/Detección%20de%20trayectorias%20y%20reconocimiento%20de%20objetos%20regulares%20para%20el%20control%20por%20visión%20artificial%20de%20un%20robot%20móvil.pdf)
- Manna, A. (2016). *Introducción al Procesamiento de Imágenes con Matlab 1era Parte*. Recuperado a partir de <https://www.dc.uba.ar/materias/t1/2016/c1/archivos/2016/introimagenes>
- Ocampo Carrión, J. L. (2011). Reconocimiento de caracteres de una placa de automóvil mediante redes neuronales artificiales utilizando Matlab. Recuperado a partir de <http://repositorio.espe.edu.ec:8080/handle/21000/4939>
- Ortega Ruiz, M. (2014). *MATLAB Aplicando a Telecomunicaciones*. (F. J. Rodríguez Cruz, Ed.)

(Primera ed). México.

- Palomino, N. L. S., & Román, U. (2014). *Revista de investigación de sistemas e informática. Revista de investigación de Sistemas e Informática* (Vol. 6). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado a partir de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/sistem/article/view/3299>
- Pitas, I., & Venetsanoupoulos, A. N. (1998). A general nonlinear filter structure for image processing. En *1988., IEEE International Symposium on Circuits and Systems* (pp. 949-952). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISCAS.1988.15080>
- Ramírez Manzanares, A. (2014). Reporte de Búsqueda, detección y conteo de objetos. Recuperado a partir de [http://www.cimat.mx/~alram/VC/ramirez\\_segObjDetecc.pdf](http://www.cimat.mx/~alram/VC/ramirez_segObjDetecc.pdf)
- Sabio Puga, G. (2015). Título del Proyecto: Autor: TESINA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: Diploma de Especialización en Desarrollo de Aplicaciones para Android Contenido. Recuperado a partir de [http://www.dcomg.upv.es/~jtomas/android/proyectos/2015/DE\\_Android/ANPR/ANPR.pdf](http://www.dcomg.upv.es/~jtomas/android/proyectos/2015/DE_Android/ANPR/ANPR.pdf)
- Sánchez Tirado, S. A. (2006). « INTEGRACIÓN DE TÉCNICAS DE MANEJO DE LA IMAGEN DIGITAL PARA LA WEB Y APLICACIONES MULTIMEDIA ».

## **ANEXOS**

## ANEXO 1. CÓDIGO PARA OBTENER EL UMBRAL ÓPTIMO

```
%% Algoritmo para calcular el umbral óptimo para la binarización%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Autor: Jhonathan L. Ocampo C.          2011
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

function umbral=UmbralOptimo(imagen, filasImagen, columnasImagen, gradiente)

% Creo una variable que me dice de qué color era el último grupo que guarde
% de esta forma se que la cola del final de la fila pertenece al otro color
% la variable se llama ultimoColor, si vale cero fue oscuro y si vale uno
% fue claro.

numOscuros=0;
numClaros=0;
oscuros=0;
claros=0;
cont=0;
acum=0;

% Este if es para solucionar el problema que ocurre si no hay bordes en la
primer fila entonces no se sabe si es clara u oscura.
% Supongo continuidad en los colores, si en la segunda fila tampoco hay bordes

if imagen(1,1)<(max(max(imagen))/2)
    % Como es oscuro pongo que el ultimo color fue claro.
    ultimoColor=1;
else
    % Como es claro pongo que el ultimo color fue oscuro.
    ultimoColor=0;
end

for i=1:filasImagen
    if ultimoColor==0
        numClaros=numClaros+cont;
        cont=0;
        claros=claros+acum;
        acum=0;
    else
        numOscuros=numOscuros+cont;
        cont=0;
        oscuros=oscuros+acum;
        acum=0;
    end
    for j=1:columnasImagen
        if gradiente(i,j)==0
            cont=cont+1;
            acum=acum+imagen(i,j);
        else
            if gradiente(i,j)==-1
                numOscuros=numOscuros+cont;
```

```

        cont=1;
        oscuros=oscuros+acum;
        acum=imagen(i,j);
        ultimoColor=0;
    else
        numClaros=numClaros+cont;
        cont=1;
        claros=claros+acum;
        acum=imagen(i,j);
        ultimoColor=1;
    end
end
end
end

if ultimoColor==0
    numClaros=numClaros+cont;
    claros=claros+acum;
else
    numOscuros=numOscuros+cont;
    oscuros=oscuros+acum;
end

% Media de los claros.
mediaClaros=claros/numClaros;

% Media de los oscuros.
mediaOscuros=oscuros/numOscuros;

% Umbral optimo para la binarizacion.
umbral=(mediaOscuros*numClaros+mediaClaros*numOscuros)/(numClaros+numOscuros);

```

## ANEXO 2. CÓDIGO PARA LA DETECCIÓN DE PLACAS VEHICULARES

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% DETECCIÓN DE PLACAS VEHICULARES (ALGORITMO ALE)
%% Autor: Yosselin J. León A.
%% 2017
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Algoritmo principal

%% CORRECCIÓN DE LA IMAGEN
[fichero,p1]=uigetfile('*.*bmp;*.pcx;*.tif;*.jpg'),'IMAGEN PARA APLICARLE
PERSPECTIVA');
s1=strcat(p1,fichero); [A, map]=imread(s1);
[M N]=size(A);

figure, imshow(A);title('Pulsar sobre cada esquina de la placa vehicular
elegida','FontSize',10,'Color',[0,0,1]); %Muestra la imagen elegida
%Iniciar en la esquina superior izquierda de la placa y continuar en dirección
a las manecillas del reloj
[x,y]=ginput(4); input_points=[x y]; %Define interactivamente las
coordenadas de entrada seleccionando 4 puntos en la imagen

base_points=[65 16;427 16;427 97;65 97]; %Establecemos unas dimensiones
predefinidas de escalado predefinidas para la imagen resultante
t_carplate=cp2tform(input_points,base_points,'projective'); %Crea la
estructura de la transformación proyectiva
registered=imtransform(A,t_carplate); %Se aplica la transformada proyectiva
para enderezar la matrícula
figure,imshow(registered);title('Transformación proyectiva de la imagen
seleccionada','FontSize',10,'Color',[0,0,1]); %Lee la imagen base de
referencia

D=registered;
%imshow(registered);title('Selecciones el área que contenga la placa
vehicular','FontSize',10,'Color',[0,0,1]); %Lee la imagen base de referencia

imagen_corregid=imcrop; %Recorta interactivamente el resultado
figure, imshow(imagen_corregid) %Muestra la figura correcta
imwrite(imagen_corregid,'imagen_corregid.bmp');
I = imread('imagen_corregid.bmp');
subplot(1,4,1),imshow(I);
title('Imagen Original Corregida')

%% EXTRACCIÓN DE LA PLACA

threshold = graythresh(I);
valor_umbral=255*threshold;
imagen1=~im2bw(I,threshold);
imagen1 = 1-imagen1;%% ~I // I= (I== 0);
% A=double(imread('imagen_corregida.bmp'));
% Botsu = A > umbralOtsu(A);
% Bglobal = A > 110;
% subplot(1,4,1), imshow(Botsu)
% title('Binarización Umbral Otsu')
```

```

subplot(1,4,2),imshow(imagen1);
title('Binarización')

%% SEGMENTACIÓN
I = imagen1;
[filas,columnas]=size(I);
I2=~I; %%inverso imagen
proy_horiz=sum(I2); %%proyección horizontal (suma columnas)
n_horiztonal=min(proy_horiz)+0.25*(max(proy_horiz)-min(proy_horiz));%% nivel
separación de caracteres dentro de la placa
valor_negativo=proy_horiz-n_horiztonal;%%eliminamos los valores 1 de la
izquierda y derecha
[columnas_caracteres]=find(valor_negativo<=0);%%0 (negros)
I3=I2(1:filas,min(columnas_caracteres):max(columnas_caracteres));
subplot(1,4,3), imshow(~I2);
title('Sin Recorte')
subplot(1,4,4),imshow(~I3);
title('Recorte a través de proyección horizontal');

%% RECONOCIMIENTO

I3=I3;
resize= imresize(I3,[100 325]);
figure(),imshow(resize);title(' Inverso Imagen Redimensionada ')
I4=imcrop(resize,[3.5 35 315 50]);
figure; imshow(I4);
title(' Imagen a OCR4 ')
imwrite(I4,'a_ocr.bmp');
OCRfin(I4);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% create_templates_letr.m
%%
%% Esta función se encarga de crear una plantilla a partir de las
%% imágenes de los caracteres incluidos en la carpeta destino, para después
%% crear un vector matemático
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

clc;
close all;
% Lee todas las letras incluidos en la carpeta destino
A=imread('letters_numbers\A.bmp');B=imread('letters_numbers\B.bmp');
C=imread('letters_numbers\C.bmp');D=imread('letters_numbers\D.bmp');
E=imread('letters_numbers\E.bmp');F=imread('letters_numbers\F.bmp');
G=imread('letters_numbers\G.bmp');H=imread('letters_numbers\H.bmp');
I=imread('letters_numbers\I.bmp');J=imread('letters_numbers\J.bmp');
K=imread('letters_numbers\K.bmp');L=imread('letters_numbers\L.bmp');
M=imread('letters_numbers\M.bmp');N=imread('letters_numbers\N.bmp');
O=imread('letters_numbers\O.bmp');P=imread('letters_numbers\P.bmp');
Q=imread('letters_numbers\Q.bmp');R=imread('letters_numbers\R.bmp');
S=imread('letters_numbers\S.bmp');T=imread('letters_numbers\t.bmp');
U=imread('letters_numbers\U.bmp');V=imread('letters_numbers\V.bmp');
W=imread('letters_numbers\W.bmp');X=imread('letters_numbers\X.bmp');
Y=imread('letters_numbers\Y.bmp');Z=imread('letters_numbers\Z.bmp');

```

```

% Lee todas las números incluidos en la carpeta destino
one=imread('letters_numbers\1.bmp'); two=imread('letters_numbers\2.bmp');
three=imread('letters_numbers\3.bmp');four=imread('letters_numbers\4.bmp');
five=imread('letters_numbers\5.bmp'); six=imread('letters_numbers\6.bmp');
seven=imread('letters_numbers\7.bmp');eight=imread('letters_numbers\8.bmp');
nine=imread('letters_numbers\9.bmp'); zero=imread('letters_numbers\0.bmp');

%Crea los vectores o arrays a partir de los datos leídos
letter=[A B C D F G H I J K L M...
        N O P R S T U V W X Y Z];
%letter=[A B C D E F G H I L K L P...
        % N O P Q R S T U V W X Y Z];
number=[one two three four five...
        six seven eight nine zero];

character=letter;
templates=mat2cell(character,192,[117 117 ...
        117 117 117 117 117 117 117 117...
        117 117 117 117 117 117 117 117 ...
        117 117 117 117 117]);% Crea el vector matemático con las letras
save ('templates','templates')% Guarda el resultado en una tabla matemática
%save('templates.mat')
clear all

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% create_templates_num.m
%%
%% Esta función se encarga de crear una plantilla a partir de las
%% imágenes de los caracteres incluidos en la carpeta destino, para después
%% crear un vector matemático
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

clc;
close all;
% Lee todas las letras incluidos en la carpeta destino
A=imread('letters_numbers\A.bmp');B=imread('letters_numbers\B.bmp');
C=imread('letters_numbers\C.bmp');D=imread('letters_numbers\D.bmp');
E=imread('letters_numbers\E.bmp');F=imread('letters_numbers\F.bmp');
G=imread('letters_numbers\G.bmp');H=imread('letters_numbers\H.bmp');
I=imread('letters_numbers\I.bmp');J=imread('letters_numbers\J.bmp');
K=imread('letters_numbers\K.bmp');L=imread('letters_numbers\L.bmp');
M=imread('letters_numbers\M.bmp');N=imread('letters_numbers\N.bmp');
O=imread('letters_numbers\O.bmp');P=imread('letters_numbers\P.bmp');
Q=imread('letters_numbers\Q.bmp');R=imread('letters_numbers\R.bmp');
S=imread('letters_numbers\S.bmp');T=imread('letters_numbers\T.bmp');
U=imread('letters_numbers\U.bmp');V=imread('letters_numbers\V.bmp');
W=imread('letters_numbers\W.bmp');X=imread('letters_numbers\X.bmp');
Y=imread('letters_numbers\Y.bmp');Z=imread('letters_numbers\Z.bmp');

% Lee todas las números incluidos en la carpeta destino
one=imread('letters_numbers\1.bmp'); two=imread('letters_numbers\2.bmp');
three=imread('letters_numbers\3.bmp');four=imread('letters_numbers\4.bmp');

```

```

five=imread('letters_numbers\5.bmp'); six=imread('letters_numbers\6.bmp');
seven=imread('letters_numbers\7.bmp'); eight=imread('letters_numbers\8.bmp');
nine=imread('letters_numbers\9.bmp'); zero=imread('letters_numbers\0.bmp');

%Crea los vectores o arrays a partir de los datos leídos
letter=[A B C D F G H J K L M...
        N P R S T V W X Y Z];
number=[one two three four five...
        six seven eight nine zero];

character=number;
templates_num=mat2cell(character,192,[117 117 ...
    117 117 117 117 117 117 117 ...
    117]); % Crea el vector matemático con los números
save ('templates_num','templates_num')
save('templates_num.mat') % Guarda el resultado en una tabla matemática
clear all

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% subfunción read_letter2.m
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

function letter=read_letter2(imagn,num_letras)
% Calcula la correlación entre la plantilla de letras y la imagen de entrada,
% y su salida es una cadena de caracteres.
% El tamaño del parámetro de entrada'imagn' debe ser de 192 x 117 píxeles

global templates %Carga de la estructura de la plantilla de letras (vector de
caracteres)
comp=[ ];

for n=1:num_letras

    sem=corr2(templates{1,n},imagn); %Obtiene el coeficiente de correlación
entre el elemento n de la plantilla de números y la compara con la imagen de
entrada
    comp=[comp sem]; %Vector con el coeficiente de correlación obtenido con
cada elemento n de la plantilla

    %pausa(1)
end

vd=find(comp==max(comp)); %Extrae el mayor coeficiente de correlación del
vector y su índice en la plantilla, y según éste sabemos de que letra se trata
%*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*
if vd==1
    letter='A';
elseif vd==2
    letter='B';
elseif vd==3
    letter='C';
elseif vd==4
    letter='D';

```

```

elseif vd==5
    letter='F';
elseif vd==6
    letter='G';
elseif vd==7
    letter='H';
elseif vd==8
    letter='I';
elseif vd==8
    letter='J';
elseif vd==9
    letter='K';
elseif vd==10
    letter='L';
elseif vd==11
    letter='M';
elseif vd==12
    letter='N';
elseif vd==12
    letter='O';
elseif vd==13
    letter='P';
elseif vd==14
    letter='Q';
elseif vd==14
    letter='R';
elseif vd==15
    letter='S';
elseif vd==16
    letter='T';
elseif vd==16
    letter='U';
elseif vd==17
    letter='V';
elseif vd==18
    letter='W';
elseif vd==19
    letter='X';
elseif vd==20
    letter='Y';
else
    letter='Z';
    %*-*-*-*
end

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% subfunción read_num.m
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

function letter=read_num(imagn,num_letras)
% Calcula la correlación entre la plantilla de números y la imagen de entrada,
% y su salida es una cadena de caracteres.
% El tamaño del parámetro de entrada 'imagn' deb ser de 192 x 117 píxeles

```

```

global templates_num %Carga de la estructura de la plantilla de números (vector
de caracteres)
comp=[ ];

for n=1:num_letras

    sem=corr2(templates_num{1,n},imagn);    %Obtiene el coeficiente de
correlación entre el elemento n de la plantilla de números y la compara con la
imagen de entrada
    comp=[comp sem];    %Vector con el coeficiente de correlación obtenito con
cada elemento n de la plantilla

    %pausa(1)
end

vd=find(comp==max(comp));    %Extrae el mayor coeficiente de correlación del
vector y su índice en la plantilla, y según éste sabemos de que número se
trata
%*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-
if vd==1
    letter='1';
elseif vd==2
    letter='2';
elseif vd==3
    letter='3';
elseif vd==4
    letter='4';
elseif vd==5
    letter='5';
elseif vd==6
    letter='6';
elseif vd==7
    letter='7';
elseif vd==8
    letter='8';
elseif vd==9
    letter='9';
else
    letter='0';
    %*-*-*-*-*-
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% función del reconocimiento óptico de caracteres (OCR)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

function []=OCRfin(I4);
warning off %#ok<WNOFF>
%clear all
%clc, close all, clear all
imagen=imread('a_ocr.bmp');
imshow(imagen);title('Recorte parte superior de la imagen')

```

```

imagen=medfilt2(imagen,[5 5]);
figure(),imshow(imagen);title('Imagen Filtrado Mediana')
imagen = bwareaopen(imagen,300);
se = strel('disk',1);
imagen = imdilate(imagen,se);
figure(),imshow(imagen);title('Operador morfológico-Imagen Dilatada ')
word=[];%Almacenamiento de letras contenidas en la imagen
re=imagen;
fid=fopen('text.txt','wt');%Apertura archivo txt que contendrá la información
de la placa
load templates %Plantillas del OCR4
global templates
load templates_num
global templates_num
contador_caracter=1;
num_letras=size(templates,2);%Total del número de letras en la plantilla
while 1
    %Fcn 'lines' separate lines in text
    [fl re]=lines(re);
    imgn=fl;
    %Uncomment line below to see lines one by one
    %imshow(fl);pause(0.5)
    %-----
    % Label and count connected components
    [L Ne] = bwlabel(imgn);
    for n=1:Ne
        [r,c] = find(L==n);
        % Extract letter
        n1=imgn(min(r):max(r),min(c):max(c));
        % Resize letter (same size of template)
        img_r=imresize(n1,[192 117]);

        if contador_caracter<4 %Si el número de caracteres procesados es
menor que 4

            letter = read_letter2(img_r,num_letras); %Usamos la plantilla de
letras para obtener el caracter correspondiente
            contador_caracter=contador_caracter+1;
        else %Si es mayor o igual que 4
            num_letras=size(templates_num,2);
            if contador_caracter==4

                clear templates
            end

            letter = read_num(img_r,num_letras); %Usamos la plantilla de
numeros para obtener el caracter correspondiente
            contador_caracter=contador_caracter+1;
        end

        word = [word letter]; %Concatenación de los caracteres

    end
    %fprintf(fid,'%s\n',lower(word));%Write 'word' in text file (lower)

```

```
fprintf(fid,'%s\n',word);%Write 'word' in text file (upper)
% Clear 'word' variable
word=[ ];

    if isempty(re) %See variable 're' in Fcn 'lines'
        break
    end
end
fclose(fid);
%Open 'text.txt' file
winopen('text.txt')
clear all
```