



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS
COMPUTACIONALES**

TEMA:

**ANÁLISIS DE MÉTODOS PARA RECONOCIMIENTO DE
ESTADO DE LA LUZ DE LOS SEMÁFOROS APLICADA
PARA CARROS DE CONDUCCIÓN AUTÓNOMA.**

AUTOR:

Cevallos Vaca, Washington Gustavo

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

TUTOR:

Cornejo Gómez, Galo Enrique

Guayaquil, Ecuador

11 de septiembre del 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Cevallos Vaca, Washington Gustavo** como requerimiento para la obtención del Título de **INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**.

TUTOR

f. 
Ing. Galo Cornejo

DIRECTORA DE CARRERA

f. 
Ing. Ana Camacho

Guayaquil, a los 11 días del mes de septiembre del año 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

Yo, Cevallos Vaca, Washington Gustavo

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Análisis de métodos para reconocimiento de estado de la luz de los semáforos aplicada para carros de conducción autónoma** previo a la obtención del título de **Ingeniero en Sistemas Computacionales** ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 11 días del mes de septiembre del año 2018

EL AUTOR

f. 
Cevallos Vaca, Washington Gustavo



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

AUTORIZACIÓN

Yo, Cevallos Vaca, Washington Gustavo

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Análisis de métodos para reconocimiento de estado de la luz de los semáforos aplicada para carros de conducción autónoma**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 11 días del mes de septiembre del año 2018

EL AUTOR

f. 

Cevallos Vaca, Washington Gustavo



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES
TRABAJO DE TITULACIÓN
INFORME SOFTWARE ANTIPLAGIO

1.- DATOS SOBRE EL TRABAJO DE TITULACIÓN

PERÍODO: UTEA2018
OPCIÓN: PROPUESTA METODOLÓGICA
ANÁLISIS DE MÉTODOS PARA RECONOCIMIENTO DE ESTADO DE LA LUZ
DE LOS SEMÁFOROS APLICADA PARA CARROS DE CONDUCCIÓN
TÍTULO: AUTÓNOMA
ESTUDIANTE: CEVALLOS VACA, WASHINGTON GUSTAVO

2.- DESARROLLO

2.1 Observación sobre el porcentaje alcanzado

El documento se encuentra apropiadamente referenciado con citas bibliográficas.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES
TRABAJO DE TITULACIÓN
INFORME SOFTWARE ANTIPLAGIO

2.2 Reporte de Software Antiplagio

URKUND	
Documento	Titulacion - Gustavo Cevallos 3.docx (D41060223)
Presentado	2018-08-30 20:52 (-05:00)
Presentado por	wgcv@wgcv.me
Recibido	galo.cornejo.ucsg@analysis.urkund.com
Mensaje	Trabajo de titulacion Mostrar el mensaje completo 0% de estas 14 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.

Fecha de elaboración: 31-08-2018

Firma:

AGRADECIMIENTO

Gracias por el apoyo a todos los que intervinieron en el proceso hasta realizar el actual trabajo de titulación

DEDICATORIA

Dedico el trabajo de titulación al futuro de la tecnología y su desarrollo.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS
COMPUTACIONALES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



MGS. Galo Cornejo
PROFESOR TUTOR



Ing. Byron Yong
OPONENTE



Ing. Fernando Castro
DOCENTE DEL ÁREA



Ing. José Erazo
DÉLEGADO DE CARRERA



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS
COMPUTACIONALES

CALIFICACIÓN

MGS. Galo Cornejo

PROFESOR TUTOR

ÍNDICE

Contenido

ÍNDICE	x
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	2
Capítulo 1: El problema	5
1.1 Planteamiento del problema.....	5
1.2 Pregunta de investigación	6
1.3 Objetivos.....	7
1.3.1 Objetivo general	7
1.3.2 Objetivos específicos.....	7
1.4 Justificación	8
1.5 Alcance.....	8
Capítulo II: Marco teórico, conceptual y legal	9
2.1 ELEMENTOS TEÓRICOS	9
2.2 CONCEPTOS.....	12
2.2.1 Visión computacional	12
2.2.2 Machine Learning o Aprendizaje de Máquina	12
2.2.7 Imagen digital	12
2.2.3 Canal Digital.....	13
2.2.4 RGB	13
2.2.5 HSV.....	14
2.2.6 Semáforo.....	14
2.2.8 Carro Autónomo.....	15
2.3 LEYES	15
Capítulo III: Metodología y resultados de la investigación	16
3.1 Tipo de investigación.....	16
3.2 Método de investigación.....	17
3.3 Técnicas de la entrevista	18
3.3.1 Estructura de la entrevista.....	18
3.4 Análisis de resultados.....	19
3.5 Pruebas del modelo	21
Capítulo IV: Desarrollo	23
4.1 Datos	23
4.1.1 Obtención de datos	23
4.1.2 Visualización de datos	24
4.1.2.1 Luz roja.....	24
4.1.2.2 Luz Amarilla	25
4.1.2.3 Luz Verde	25
4.1.3 Dimensiones de los datos.....	26
4.1.3.1 Normalización de la imagen.....	26
4.1.4 Etiquetas	27

4.1.4.1	Label encoding	27
4.1.5	División de datos.....	28
4.2	Extracción de características con visión computacional	28
4.2.1	Extracción de la posición de la luz	29
4.2.2	Color de la luz	30
4.3	Modelo de Machine Learning	31
4.3.1	Entradas.....	31
4.3.2	Modelo	32
4.3.2.1	Parámetros.....	32
4.3.2.2	Resultados del modelo	33
4.3.2.2.1	Resultado de ajuste al modelo.....	33
4.3.2.2.2	Importancia de las características	33
4.4	Resultados.....	34
Conclusión		36
Recomendaciones		38
Referencias		39

RESUMEN

Se presenta el estudio de la posibilidad de reconocimiento de la luz del semáforo por medio de técnicas de visión computacional y aprendizaje de máquina, enfocada en el ámbito de los carros autónomos. Se analizó las leyes a nivel nacional e internacional observando que actualmente se encuentra en una fase inicial, con muy pocas o ninguna regulación. El método a desarrollar fue el experimental, probando técnicas y modelos para ir afinando los parámetros hasta obtener el mejor resultado. El conjunto de datos consistió en 1484 imágenes, divididas en 80% para el entrenamiento y el 20% para pruebas, así como también se usaron imágenes de semáforos locales para la validación del mismo. Se pudo observar que al implementar métodos de aprendizaje de máquina aumenta el rendimiento, a diferencia de usar únicamente métodos de visión computacional. Como resultado se obtuvo un modelo computacional para poder procesar imágenes de semáforo que no se han visto antes, entregando el resultado de la luz del semáforo, para una aplicación futura en carros autónomos.

Palabras clave: Machine Learning, Computer Vision, Self-Driving Cars, Light traffic, Random Forest, HSV, RGB.

ABSTRACT

This study about how to recognize the light of the traffic light touch different algorithms of computer vision and machine learning with the objective to be applied to self-driving cars. Also, the search about the legal regulations of the self-driving cars national and internationals that now are few or nothing regulations in different countries. The methodology was the experimental, trying different algorithms and parameters tuning to obtain the best approach in the test dataset. The dataset was of 1484 images, split in 80% for training and 20% for test, also finally was used locals traffics lights images for validate the model. In the study shows that implement machine learning can improved the approach of the recognizer the light a different of using only computer vision algorithms. The result was a computer model that can process and predict the state of traffic light of images of never see before, for a future application in self driving cars.

Keywords: Machine Learning, Computer Vision, Self-Driving Cars, Light traffic, Random Forest, HSV, RGB.

INTRODUCCIÓN

Los vehículos son parte de nuestra vida, indispensables para podernos desplazar de una forma rápida; sin embargo, a pesar de su importancia, no cuentan con grandes innovaciones en la última década. Los automóviles son muy ineficientes en recursos, como en la energía necesaria para funcionar, productividad humana y salud. Las congestiones vehiculares representan 3.7 mil millones de horas desperdiciadas por el hombre y 2.3 mil millones de galones de combustible. (Thrun, 2010). Más allá de que los vehículos sean muy ineficientes en sus recursos, más del 90% de los accidentes de tránsito son por consecuencias humanas (Sasi, 2017) llegando a 27 443 accidentes de tránsito en el 2016 y 26 291 accidente en el 2017 en el Ecuador. (Redacción Seguridad - El Comercio, 2017).

Los vehículos autónomos son los que pueden tomar decisiones complejas a partir de la información de su entorno sin la interacción del humano, como desplazarse por la calle, realizar cambios de carriles, giros, detenerse en los semáforos entre otros. Los vehículos autónomos tienen como objetivo reducir los accidentes viales eliminando la interacción del hombre y como consecuencia aumentar la productividad de este. Dentro de estos existen clasificaciones del nivel de automatización de los vehículos que podemos ver en la **Tabla 1**.

Tabla 1

Niveles de automatización de vehículos

Nivel	Nombre	Descripción
0	Sin automatización	No cuenta con tecnologías de asistencias automáticas, el ser humano influye en todas las decisiones al conducir. En esta categoría incluye la velocidad fija cruceo y alerta contra choques.
1	Manejo asistido	Cuenta con al menos un sistema de asistencia avanzado, por ejemplo, velocidad cruceo adaptativa, sistema de frenado de emergencia o sistema de mantenimiento de carril (LKAS). Este nivel monitorea de forma longitudinal o lateral de vehículo.
2	Autonomía parcial	Cuenta con dos o más sistemas de asistencia avanzada. Este nivel monitorea de forma longitudinal y lateral de vehículo.
3	Automatización condicional	Puede tener el control del vehículo de forma total en algunas condiciones del viaje, pero necesita interacción del conductor para ciertas circunstancias.
4	Alta automatización	El vehículo tiene control total durante el recorrido, pero el conductor puede interactuar y tomar el control.
5	Automatización total	El vehículo tiene control total durante el recorrido y el conductor no puede tomar el control.

Niveles de autonomía según la sociedad de ingenieros automovilístico publicado en el lineamiento J3016, que se ha convertido en un estándar de la industria y aceptado por el departamento de transporte de los Estados Unidos. (SAE, 2016)

El nivel de conducción autónomos depende de los Sistemas de Automatizaciones de Conducciones, conocido por sus siglas en inglés DAS; y la interacción con el conductor, hasta llegar a un vehículo que no necesita la interacción humana.

Actualmente muchas empresas están investigando, probando y usando carros autónomos, por ejemplo:

- Google – Nivel 5
- Apple – No hay información
- Tesla – Venden vehículos Nivel 2 / Nivel 3
- Udacity – Nivel 5
- Lyft – Nivel 4 / Nivel 5
- Uber - Nivel 4 / Nivel 5
- BMW – Todos los niveles
- Comma.ai – Nivel 2

Este trabajo de investigación empleará a partir del nivel 2 mencionado en la tabla 1 expuesta anteriormente.

Capítulo 1: El problema

En el siguiente capítulo se expondrá la problemática que aborda el trabajo de titulación, la hipótesis y los objetivos a cubrir.

1.1 Planteamiento del problema

Cada vez se observa más seguido en las noticias sobre empresas que apuestan a la conducción autónoma, en ciertas localidades de Estados Unidos ya se empieza a hacer pruebas de los primeros vehículos autónomos e inclusive se puede comprar vehículos con autonomía nivel 2, por lo tanto, es inevitable que a futuro sean de uso general. Según PriceWaterhouseCoopers (PWC, 2016) indica que el 66% de los encuestados aseguran que es probable que los carros autónomos sean más inteligentes que el promedio de los conductores.

Algunas características de los vehículos autónomos son: percibir el entorno, localizar el vehículo en el entorno, planificar el movimiento deseado y ejecutar dicho movimiento (Castaño, 2007). En estas tareas intervienen muchos sensores, softwares y algoritmos para percibir el entorno y buscar se reduzca el riesgo.

Los sistemas de tránsito disponen diferentes tipos de señalética en las vías, así como también, semaforización y/o personas dirigiendo el tránsito, a pesar de esto, existen un número considerable de accidentes de tránsito provocados por responsabilidad humana, en estos accidentes intervienen semaforización, peatón, conductor y otros autos.

Para reducir los accidentes se puede disminuir la interacción humana aumentando la autonomía en los vehículos mediante el reconocimiento de los semáforos, determinando sus estados posibles de acuerdo al color de las luces, con esto se busca disminuir el margen de error, lo que es factible a partir de los métodos de visión computacional y aprendizaje de máquina que deriven en un sistema de conducción autónomo y seguro. En consecuencia, es necesario plantear alternativas para aumentar la autonomía en los vehículos, con base en técnicas de visión computacional, para detectar los colores de luz de los semáforos, que permita disminuir los riesgos de accidentes provocados por la interacción humana.

1.2 Pregunta de investigación

¿Es posible que aplicando técnicas de visión computacional y aprendizaje de máquina detectar el color de la luz de los semáforos?

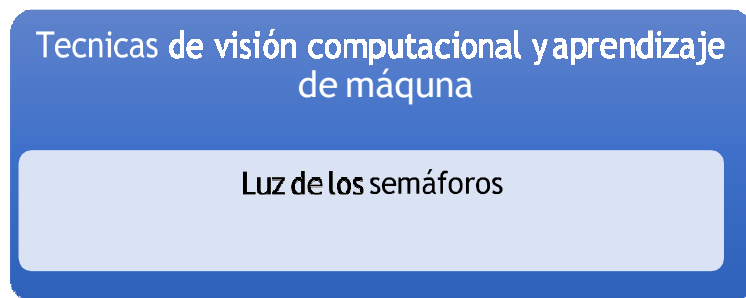


Figura 1.1. Variable independiente y dependiente. Nota: elaborado por el autor.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Identificar un modelo de visión computacional y aprendizaje de máquina, mediante el análisis de los diferentes modelos desarrollados para reconocer el estado de luz en los semáforos y que sea aplicable en vehículos de conducción autónoma.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar información relacionada con el reconocimiento y predicción del estado de luz del semáforo, mediante la revisión bibliográfica y modelamiento matemático de la visión computacional, que nos permita sustentar el modelo computacional a desarrollar.
- Evaluar y medir la eficiencia del reconocimiento de la luz del semáforo y la predicción del modelo, ejecutando pruebas y cálculos estadísticos mediante un protocolo establecido durante el desarrollo del modelo, definiendo el nivel de confiabilidad.
- Plantear un modelo computacional de predicción de estado de luz del semáforo, a través del desarrollo de software del modelo de reconocimiento de la luz de semáforo, para el diseño en un prototipo básico que permita desarrollar pruebas.

1.4 Justificación

Este trabajo de titulación busca identificar los problemas de la detección de estado de luz en los semáforos, a partir del cual se puede crear un modelo entrenado y afinado con diferentes técnicas computacionales y matemáticas, para reducir el error a la vez que disminuya la posibilidad de accidentes de tránsito. De manera que se plantee un modelo computacional que pueda ser usado para su implementación en vehículos autónomos. Este trabajo de titulación se encuentra en la línea de Investigación y desarrollo de nuevos servicios o productos de la facultad de ingeniería de la carrera de ingeniería en sistemas computacionales de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil

1.5 Alcance

Se realizará una investigación sobre los métodos de visión computacional y aprendizaje de máquina, a partir de dicha investigación se va a desarrollar el marco teórico, mismo que sustentará el modelo computacional mediante un programa para reconocer el estado de luz de un semáforo partiendo de una imagen del mismo.

Capítulo II: Marco teórico, conceptual y legal

En el siguiente capítulo se revisará el estado actual de la tecnología de los carros autónomos, conceptos que se usarán en el modelo y las leyes que actualmente rigen para la circulación de estos vehículos a nivel nacional e internacional.

2.1 ELEMENTOS TEÓRICOS

Se ha mencionado en el capítulo I que la finalidad de los carros autónomos es reducir los accidentes y mejorar la calidad de vida, muchas empresas pioneras apuestan por esta tecnología, pero en el transcurso del desarrollo de sus sistemas se ha visto problemas legales, accidentes y competencia desmedida entre las diferentes empresas.

Musk, el CEO de Tesla Motors afirmó que “En 2019 estaremos preparados para ver el Autopilot 2.0 de Tesla, que será, según predice, “al menos de un 100% a un 200%” más seguro que la conducción humana.” (Vanguardia, 2018). Actualmente el sistema Autopilot propio de Tesla se encuentra implementado en sus vehículos, que nos da una experiencia parcial de conducción autónoma.

Las empresas que han apostado por los vehículos autónomos se encuentran realizando pruebas y ya se han encontrado con accidentes y fallas en sus sistemas.

Uber es una de las empresas que se ha mostrado interesada con esta tecnología, queriendo implementarla lo antes posible; cuando empezaron a realizar sus pruebas tuvieron muchos inconvenientes, entre esos, presentaron problemas con semaforización y carriles exclusivos. En sus primeros días pruebas de sus vehículos autónomos sucedió que:

Las denuncias no se han hecho esperar ya que los vehículos de la compañía invaden los carriles bici de la ciudad y se saltan semáforos en rojo. No es el único varapalo. Las autoridades amenazaron a la empresa con emprender medidas legales al considerar que no contaban con los permisos necesarios para este tipo de vehículos. Sin embargo, Uber hizo caso omiso al considerar que los coches son ‘semiautónomos’ ya que hay un conductor que puede hacerse con el control del vehículo en caso de ser necesario, por lo que no hace falta dicha autorización.

Por el momento, Uber ha admitido que existe un problema con la maniobra de giro en el carril bici y que ya están trabajando para solucionarlo. Además, ha ordenado a las personas que vayan en estos coches que tomen el control de los vehículos cuando haya un giro de estas características para evitar accidentes y ha pedido a conductores y ciclistas que extremen las precauciones en esta situación.

(Samar, 2016, párrafo 2)

Debido a un accidente de tránsito, la empresa, Uber tuvo que suspender temporalmente sus pruebas.

El vehículo de Uber transitaba en modo autónomo, con un operador detrás del volante, cuando golpeó a una mujer de 49 años que cruzaba la autopista a pie junto a su bicicleta la noche del domingo en la ciudad de Tempe, en el estado de Arizona. (El Universo, 2018, párrafo 2)

Waymo, el sistema de google es quien lleva la delantera en pruebas con ocho millones de kilómetros, por Estados Unidos, sin embargo la tecnología de google tiene una ventaja al haber digitalizado ciertas calles para realizar un sistema de simulación para entrenar y mejorar sus algoritmos. No obstante Hyundai lleva el record de las distancias más largas, llegando hasta los 200km por si solos a una velocidad promedio de 90 Km/h. (El Comercio, 2018).

El sistema de google se encuentra bastante desarrollado en su eficiencia, así como también en seguridad. En un paseo realizado por dos periodistas en un vehículo de esta compañía comentaron que:

El sistema de láser colocado en el techo del coche sin conductor detectó que un vehículo que venía en la otra dirección se estaba acercando al semáforo en rojo a una velocidad más alta que la recomendada. El coche de Google se apartó inmediatamente a la derecha para evitar una colisión. (Dougherty, 2015, Párrafo 17)

Se puede constatar que los vehículos autónomos están todavía en desarrollo, sin embargo, presentan grandes avances con sistemas orientados a la seguridad, tanto de los pasajeros como del entorno en que circulan. Al parecer cuando los carros autónomos sean comercializados posiblemente se evidenciarán noticias sobre accidentes y comportamientos anómalos, pero estos serán rápidamente mejorados por sus fabricantes.

2.2 CONCEPTOS

2.2.1 Visión computacional

Es la extracción automática de información desde una imagen. La información puede referirse a modelos 3d, posición de la cámara, detección o reconocimiento de objetos.

Algunas técnicas intentan imitar al ojo humano, otras técnicas usan información, estadísticas o la geometría. En la práctica la visión computacional es la mezcla de programación y técnicas matemáticas para extraer información (Solem, 2012).

2.2.2 Machine Learning o Aprendizaje de Máquina

Es la capacidad de un algoritmo para poder generar un comportamiento aprendiendo de datos previos, para posteriormente tomar decisiones con datos que no fueron parte de su aprendizaje (Cevallos, 2017).

2.2.7 Imagen digital

Una imagen digital es una representación numérica de dos dimensiones, normalmente es una rejilla rectangular llamada mapa de bits (Sarfraz, 2014).

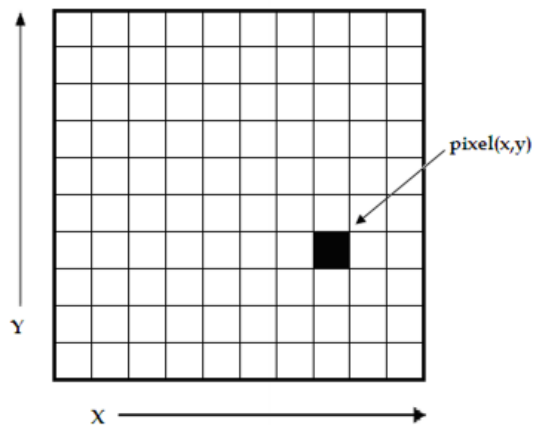


Figura 2.1. Una imagen es un arreglo bidimensional. (Georgantzoglou, 2011)

2.2.3 Canal Digital

Las imágenes de color están hechas de píxeles y los píxeles están compuestos de colores primarios. Un canal es una imagen en escala de grises, del mismo tamaño de la imagen de color, que representa un color primario. Una imagen normal tomada por una cámara digital tiene tres canales: Rojo, verde y azul (London, 2016).

2.2.4 RGB

La codificación RGB es representada por tres canales que son los colores: rojo (Red), verde (Green) y azul (Blue), con un valor de 0 a 255. Cuando se juntan los tres canales podemos crear una paleta 16'777,216 colores. La codificación RGB es la más utilizada para imágenes digitales y para mostrarlas en monitores, así como también en televisores, sin embargo esta codificación no expresa de una forma amigable el cambio de tono, la saturación y el brillo (Glover, 2016).



Figura 2.2. Imagen JPG codificada con RGB. Nota: elaborado por el autor.

2.2.5 HSV

La codificación HSV describe de mejor manera los colores por tres canales: matiz del color (Hue), saturación (Saturation) y valor (Value). La ventaja de HSV es que nos permite obtener un solo color, para ello debemos trabajar con el matiz del mismo (Glover, 2016).

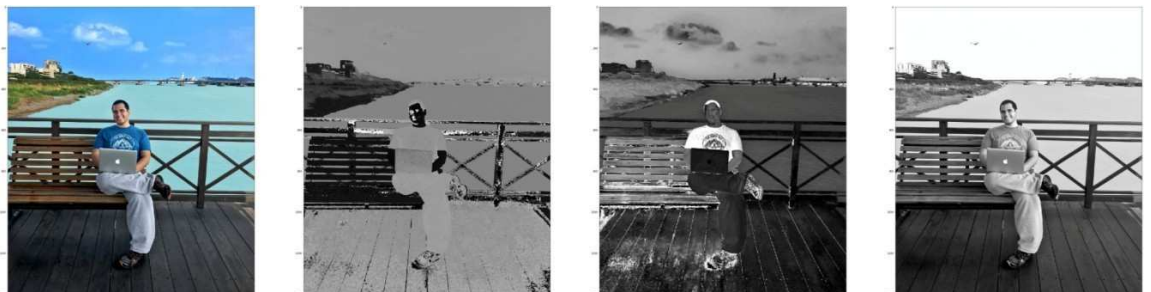


Figura 2.3. Imagen JPG codificada con HSV. Nota: elaborado por el autor.

2.2.6 Semáforo

Es un dispositivo eléctrico, que emite señales luminosas para regular la circulación en las vías con flujo de vehículos y peatones. Los semáforos normalmente muestran una de tres luces, que puede ser rojo, amarillo y verde (Tiempo, 1996).

2.2.8 Carro Autónomo

Los carros autónomos son carros o camiones, que no necesitan la interacción del ser humano para operar de forma segura. Estos combinan sensores y software para controlar, navegar y conducir el vehículo. (Ucsusa, 2018).

2.3 LEYES

En el Ecuador no existe un reglamento para los carros autónomos como se puede apreciar en otras partes del mundo.

Xataka, medio digital sobre tecnología detalla que:

El gobierno de los estados de Nevada y Arizona aprobó hace ya varios años una ley que permite la circulación, bajo unas condiciones de seguridad muy estrictas, de vehículos autónomos. Tanto es así que, a mediados de 2012, un año después de la aprobación de estas leyes, el estado de Nevada expidió la licencia al primer coche autónomo con permiso para circular (López, 2018, párrafo 17).

Mientras que el estado más importante en tecnología no se queda atrás luego de haber sido aprobado leyes en los estados antes mencionados, California empezó a dar autorización para hacer pruebas en sus carreteras. “Solo en California, unas 40 empresas tienen autorización para probar coches sin conductores en carreteras y el Estado de Nueva York está dispuesto a acoger ensayos para ‘reducir el número de accidentes’” (El Telégrafo, 2017, párrafo 17), es importante porque muchas de las empresas que se encuentran desarrollando esta tecnología se ubican en California y especialmente en San Francisco, Palo Alto, Mountain View y en los alrededores de Silicon Valley.

Capítulo III: Metodología y resultados de la investigación

En el actual capítulo se revisó y definió la metodología, técnicas y el análisis de la investigación. En el cual se obtuvo que tanto a nivel local y nacional no se encuentra la preparación para el uso de carros autónomos, careciendo así de leyes regulatorias.

3.1 Tipo de investigación

Según Hernández (2010) el enfoque cuantitativo corresponde a una investigación que recolecta datos para probar una hipótesis, con base en la medición numérica y análisis estadístico, para describir comportamientos y teorías. Entre las características de dicho enfoque tenemos que partiendo de la pregunta de investigación se establece la hipótesis y se determinan las variables, se desarrolla un diseño para probarlas y se miden dentro del contexto, luego se realiza un análisis de las mediciones que normalmente va apoyado por métodos estadísticos y se genera una conclusión a partir de la hipótesis. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010)

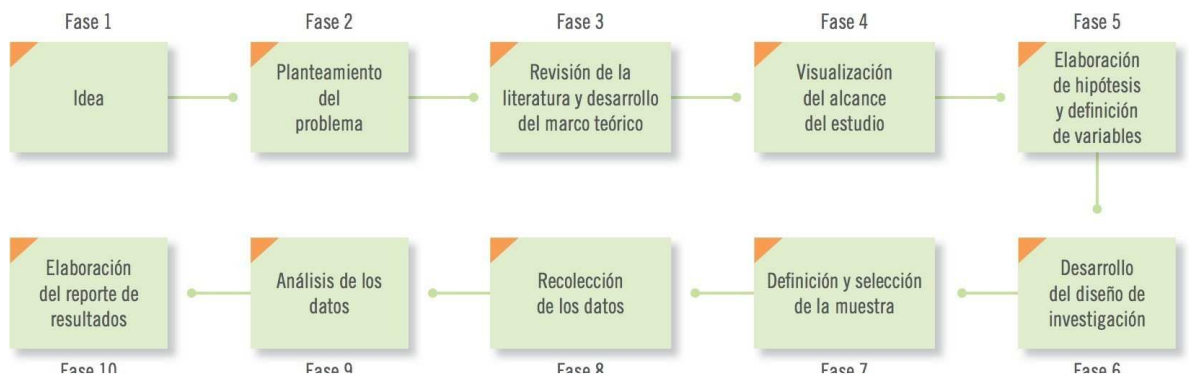


Figura 3.1. Proceso cuantitativo. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010)

Se puede llegar a pensar que la investigación tiene una parte cualitativa debido a que se obtiene una imagen que será procesada, sin embargo es importante resalta que esta imagen digital es obtenida mediante un sensor fotosensible, misma que emplea el efecto fotoeléctrico para hacer una medición de la luz en el ambiente y de esta forma obtener una matriz numérica de intensidad de la luz en un periodo muy corto de tiempo. Por consiguiente, se puede inferir a partir del concepto de cuantitativo, que esta investigación se apega a este enfoque de investigación debido a que busca describir el procedimiento y analizar sus fases intervinientes, tomándolo como base para el diseño del producto que se propone como resultado de este trabajo de titulación.

3.2 Método de investigación

El trabajo se desarrolla inicialmente mediante el método deductivo, ya que a través del análisis y razonamiento de los principios teóricos se definirá el mejor modelo teórico para la aplicación que se plantea desarrollar.

En una segunda fase el estudio es experimental ya que se afinó el modelo y la aplicación metodológica.

3.3 Técnicas de la entrevista

Se usó la entrevista para poder validar la información previamente investigada en el marco teórico, la factibilidad de su uso y para observar que tan predispuesto se encuentran los agentes de control ante la revolución de transporte que se puede presentar en los próximos años.

Se realizó entrevistas a dos integrantes de las dos instituciones que regulan el tráfico en Ecuador, de forma nacional la Agencia Nacional de Tránsito, por sus siglas ANT y de forma local la Agencia de Tránsito Municipal por sus siglas ATM, para evaluar la seguridad y la viabilidad tecnológica.

3.3.1 Estructura de la entrevista

Se realizará una entrevista de forma verbal con las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es su función dentro de la institución?
- ¿Cree usted que los semáforos mejoran la fluidez del tráfico y reducen la posibilidad de accidentes? ¿Cuáles son las razones?
- ¿Cuál son las razones?
- ¿Conoce sobre los carros autónomos? (Cerrada)
- ¿Cree usted que el Ecuador se encuentra listo para el uso de los carros autónomos? (Cerrada)
- ¿Existen regulaciones para los carros autónomos en el Ecuador? (Cerrada)

- ¿Cuáles son estas regulaciones y en caso de no existir podría proponer algunas ideas de regulaciones para el uso de carros autónomos en el Ecuador?
- ¿Encuentra dificultades en el reconocimiento de la luz del semáforo mediante una computadora?
- ¿Qué implicaciones legales tendría la falla de un carro autónomo?

3.4 Análisis de resultados

Los entrevistados son parte de la Agencia Nacional de Tránsito y de la Agencia Municipal de Tránsito, uno del área de investigación de accidentes de tránsito y el otro de área tecnología y soporte respectivamente. Los dos profesionales aseguraron que los semáforos mejoran la fluidez y reducen los accidentes, que además sirven para regular el tránsito tanto para peatones como conductores y que es una gran ayuda de control ya que es imposible cubrir toda la ciudad con agentes de tránsito. Uno de los dos entrevistados conoce sobre carros autónomos, pero los dos aseguran que Ecuador no está listo para los mismos, sobre todo sin contar con regulaciones.

Los entrevistados opinaron que en caso de implementar carros autónomos se va a tener que revisar y cambiar las leyes de tránsito, generando nuevas leyes no sólo para los usuarios de vehículos, sino también para los fabricantes y las compañías de seguros médicos. Adicionalmente ajustar la infraestructura tecnológica. Entre las dificultades se encuentra el clima, pero también aseguran que las cámaras y la tecnología ayudan a detectar no sólo los semáforos sino también personas y objetos a su alrededor.

En lo que atañe a la responsabilidad legal no queda claro quién es el responsable, ello dependería de las regulaciones; sin embargo, siempre debe haber un representante como fabricante del auto, sin eximir al conductor de la responsabilidad.

Al parecer del autor de esta investigación, depende mucho del nivel de automatización del vehículo y las circunstancias, que en la actualidad existen muy pocos casos a nivel internacional prescritos, sin embargo estos servirán de base para crear una legislación para los mismos.

Se confirma que el Ecuador no se encuentra listo legalmente para la implementación de vehículos autónomos, pero sí es posible gracias a la tecnología de los mismos.

3.5 Pruebas del modelo

Tabla 1

Pruebas del modelo solo con Computer visión. (La prueba fue con un conjunto de 297 imágenes)

CV	Modelo	Parámetros	Acierto (%)	N. Falladas
Sección de la luz (SL)	N/A	Red = v[4:12, 12:22] Yellow = v[13:21, 12:22] Green = v[22:31, 12:22]	0.8989	30
Mascara de color (MC)	N/A	R_Inferior = [120,30,50] R_Superior = [180,255,255] A_Inferior = [0,20,60] A_Superior = [41,255,255] V_Inferior = [45,60,30] V_Superior = [102,255,255]	0.8080	57

Elaborado por el autor

Tabla 2

Pruebas del modelo con Computer Vision y Machine Learning . (La prueba fue con un conjunto de 297 imágenes)

CV	Modelo	Parámetros	Acierto (%)	N. Falladas
SL & MC	Logistic	penalty='l2'	0.9597	12
	Regression	max_iter=100		
SL & MC	Support	kernel=rbf	0.7483	75
	Vector	degree=3		
	Classification	probability=True		
SL & MC	Support	kernel='linear'	0.9832	5
	Vector	degree=3		
	Classification	probability=True		
SL & MC	Decision Tree	max_depth=9	0.9899	3
	Classifier	min_samples_split= 40		
SL & MC	Random	n_estimators=10,	1.00	0
	Forest	max_features= 'sqrt'		
	Classifier	max_depth=9, random_state=0		

Elaborado por el autor

Capítulo IV: Desarrollo

En este capítulo se realizó el análisis y desarrollo de las técnicas y algoritmos de Visión Computacional y Machine learning, llevando a cabo pruebas y encontrando el mejor modelo.

4.1 Datos

4.1.1 Obtención de datos

Para realizar un modelo matemático y poder realizar pruebas es necesario una gran cantidad de datos; en consecuencia, para este modelo se necesitan datos en tres estados diferentes: luz verde, luz amarilla y luz roja. Para que el modelo tenga una buena respuesta debe existir una diversidad de datos, diferentes niveles de luminosidad, diferentes formas de semáforos y tonalidad de colores que puede presentar los semáforos.

El Massachusetts Institute of Technology, MIT por sus siglas en inglés, es una de las universidades más importantes relacionada con tecnología y software, la cual tiene materias, recolección de conjuntos de datos, investigaciones en inteligencia artificial, incluyendo el área self-driving cars. Por lo cual en esta investigación se usará un dataset de 1484 imágenes de semáforos, que posee una licencia Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

El conjunto de datos cuenta con:

- 904 Luces rojas

- 536 Luces verdes
- 44 Luces Amarillas

4.1.2 Visualización de datos

4.1.2.1 Luz roja



Figura 4.1. Visualización de una muestra de luces rojas del dataset. Nota: elaborado por el autor.

4.1.2.2 Luz Amarilla

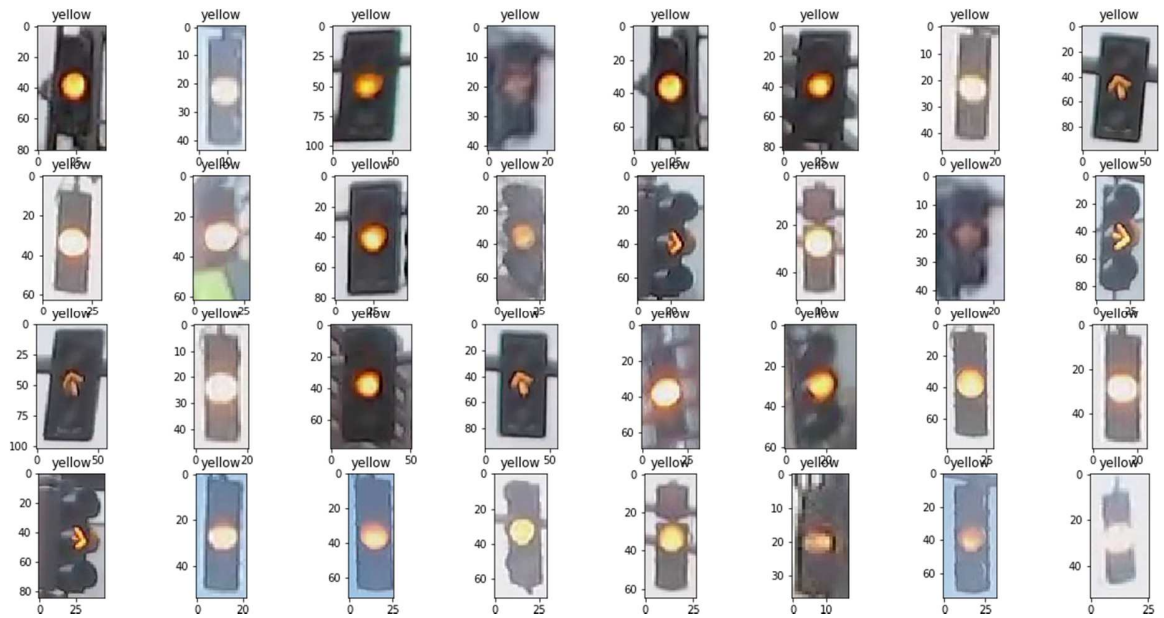


Figura 4.2. Visualización de una muestra de luces amarillas del dataset. Nota: elaborado por el autor.

4.1.2.3 Luz Verde



Figura 4.3. Visualización de una muestra de luces verdes del dataset. Nota: elaborado por el autor.

4.1.3 Dimensiones de los datos

Las imágenes tienen un alto y un ancho, lo cual da el aspecto de radio. Si se revisan los datos que se observa en la siguiente Tabla 2, obtenemos que las imágenes no tienen un alto y ancho uniforme.

Tabla 2

Dimensiones de alto y ancho de los datos.

Dimensión	Máximo (Píxeles)	Mínimo (Píxeles)
Alto	212	33
Ancho	97	17

Elaborado por el autor

4.1.3.1 Normalización de la imagen

Al observar que no existe un alto y ancho estándar en las imágenes, se debe normalizar la altura y el ancho de las mismas, por lo cual se procedió a redimensionar el tamaño de la imagen a 32 píxeles de alto y 32 píxeles de ancho.

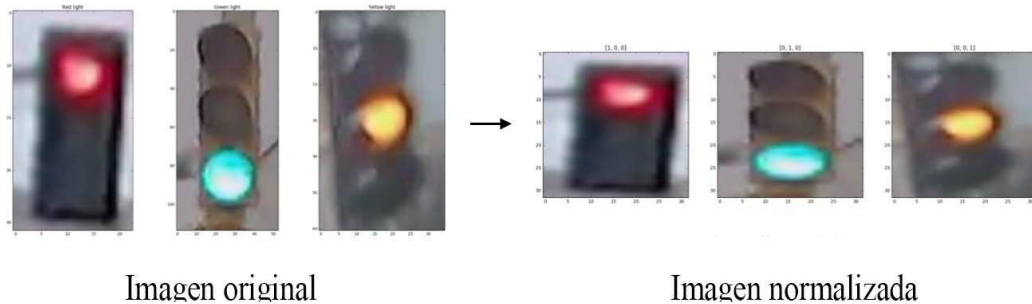


Figura 4.4 Normalización de la imagen (32x32 Píxeles). Nota: elaborado por el autor.

4.1.4 Etiquetas

Al revisar el dataset observamos que se encuentra separado por 3 carpetas: Luces rojas, luces amarillas y luces verdes; pero no se encuentra etiquetada cada imagen con su estado, por lo cual se necesitará etiquetar y codificar cada imagen.

4.1.4.1 Label encoding

Cada imagen puede encontrarse en uno de los 3 estados, que son: luz roja, luz amarilla, luz verde. Estos estados deben estar relacionados con el estado de la imagen y ser fáciles de comparar para los algoritmos, por lo tanto serán representados con Label encoding, debido a su fácil implementación con modelos de clasificación. Se asignará así un valor a cada estado, pudiendo observar de esta manera en la Tabla 3.

Tabla 3

Representación de los estados de los semáforos con Encoding

Estado	Valor
Rojo	0
Amarillo	1
Verde	2

Elaborado por el autor

4.1.5 División de datos

El conjunto de datos se debe dividir una parte para entrenar el modelo y otra parte para probar el modelo predictivo para lo cual vamos a seguir el principio de Pareto propone tomar el 80% para entrenar el modelo y el 20% de las imágenes para probarlo.

4.2 Extracción de características con visión computacional

Tomando en consideración que los semáforos son dispositivos electrónicos para controlar el tráfico, que emiten una luz de un color específico cada cierto tiempo. Cada color representa un estado del semáforo y una acción que debe llevar a cabo tanto los conductores como los peatones. La manipulación y la obtención de características a partir de una imagen digital se denominan visión computacional, para la cual veremos que técnicas o algoritmos se desarrollaran para poder extraer las características necesarias para reconocer el estado que se encuentra.

Para reconocer en qué estado se encuentra el semáforo se puede extraer dos características:

- La posición de la luz
- El color de la luz

4.2.1 Extracción de la posición de la luz

Sabiendo que las luces del semáforo se encuentran ordenadas de arriba abajo como: Luz roja, amarilla y verde; de forma que podemos detectar si en un tercio de la imagen existe gran cantidad de luz o no.

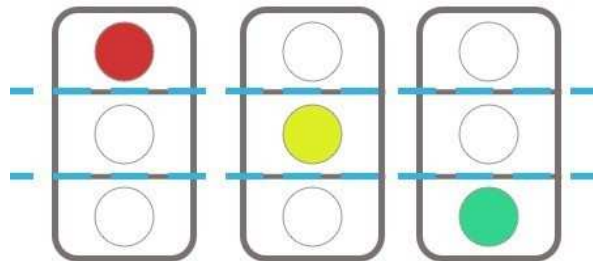


Figura 4.5 Representación de los 3 estados de la luz de los semáforos Nota: elaborado por el autor.

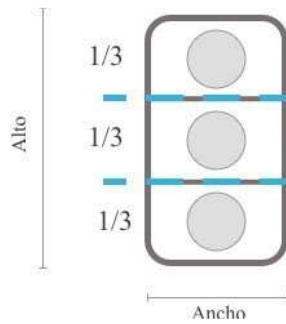


Figura 4.6 Posición cada luz en los semáforos Nota: elaborado por el autor.

Con la codificación RGB: rojo, verde y azul; la cual es la estándar en las fotografías digital no es sencillo saber que tanta luz hay en una imagen, por lo tanto transformamos nuestra foto a un formato HSV, de forma que H representa el matiz de color, S la saturación y la V el valor negro o blanco.

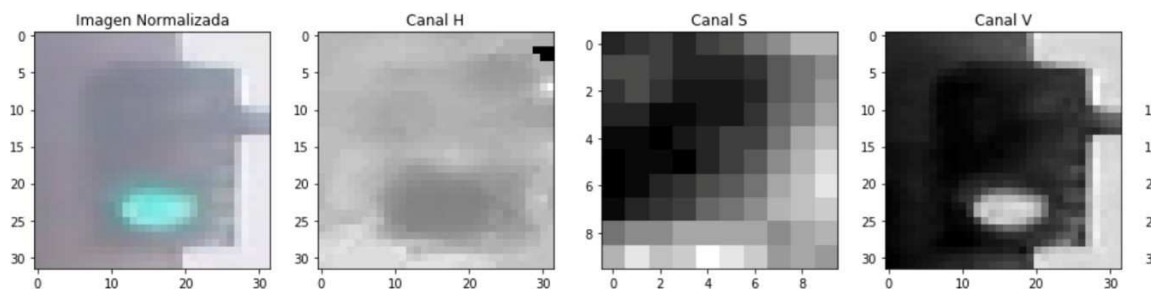


Figura 4.7 Posición cada luz en los semáforos Nota: elaborado por el autor.

4.2.2 Color de la luz

La segunda característica será extraer es el color que emite la luz, puede ser rojo, amarillo o verde. Para este proceso se realizará tres máscaras a partir de un rango de

cada color; cada color debe tener un rango bajo y uno alto, luego se sumará la cantidad de color en la imagen.

Al manipular la imagen se evidenció que al emplear RGB no se presentará precisión como en el caso de utilizar HSV, debido a que en esta última se puede comparar el matiz, el tono del color, eliminando características como saturación y brillo, dando un mejor resultado.

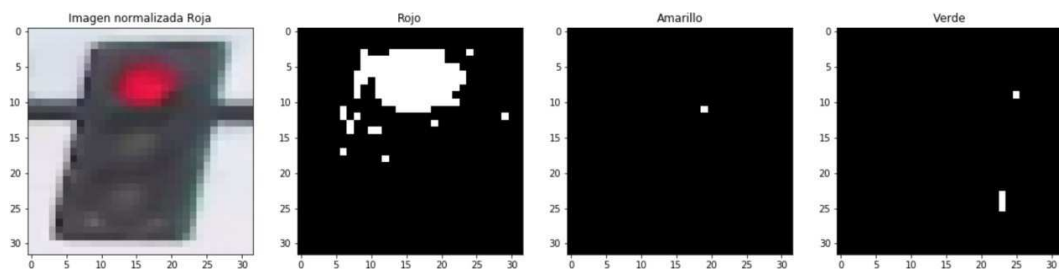


Figura 4.8 Aplicación de máscaras: Roja, amarilla y verde; en formato HSV Nota: elaborado por el autor.

4.3 Modelo de Machine Learning

4.3.1 Entradas

Se extrajeron dos características: la posición de la luz y el matiz; que son los valores de entrada en nuestro modelo matemático. Adicionalmente para el entrenamiento se ingresaron las etiquetas como valores enteros del 1 al 3 que representan a cada estado del semáforo.

Para entrenar el modelo se provee de la unión de dos matrices, una de $M \times N$ donde M tiene un valor de 4 que está formado por: la cantidad de color rojo, la cantidad de color amarillo, la cantidad de color verde; y la posición con mayor cantidad de luz. La cantidad de luz está representada por: 0 rojo, 1 amarillo y 2 verde. Mientras que la N es la cantidad de muestras menos una.

La segunda matriz está formada por $1 \times N$ valores, que es la etiqueta de la imagen que se representa por: 0 rojo, 1 amarillo y 2 verde.

4.3.2 Modelo

El modelo que se obtuvo fue Random Forest Classifier o Clasificador de Bosques Aleatorio, el cual es un algoritmo de estimador de condición que se adapta a una serie de clasificadores tipo árbol de decisión en varias muestras, utilizando el promedio para mejorar la predicción y controlar el sobreajuste. (Scikit Learn Developers, 2018).

4.3.2.1 Parámetros

- Números de árboles
 - 10
- Número de características que se considera para dividir árbol
 - Raíz cuadrada de Número de características
- Máximo profundidad del árbol
 - 9
- Estado aleatorio
 - 1

4.3.2.2 Resultados del modelo

4.3.2.2.1 Resultado de ajuste al modelo

Este valor representa que tan bien se ajustó el modelo a los valores de entrenamiento, el cual puede resultar bueno; pero con valores muy altos puede existir la posibilidad de sobre ajuste al modelo. Cuando existe un sobre ajuste se observará que el modelo responde muy bien a los valores del entrenamiento, sin embargo para nuevos valores o de prueba tendrá resultados bajos.

El valor de ajuste del modelo al momento de entrenar fue 99.6% y al predecirlo en el set de prueba coincidió con el 100% de acierto; por lo tanto, podríamos intuir que el modelo no se encuentra sobre ajustado al set de entrenamiento, con un excelente porcentaje de acierto. Para asegurar que no exista un sobreajuste en nuestro modelo que pueda llegar hasta el set de prueba se realizó predicciones a imágenes que el modelo nunca ha visto con semáforos de la ciudad de Guayaquil, mismos que se obtuvieron desde google maps; obteniendo resultados óptimos.

4.3.2.2.2 Importancia de las características

Estos valores muestran porcentualmente la importancia de cada característica que se ingresa en el modelo para clasificarlo.

Tabla 4

Importancia de las características

Algoritmo CV	Característica	Porcentaje
	Rojo	0.155
Color de la luz	Amarillo	0.027
	Verde	0.159
		0.341
Posición de la luz	Superior, medio, Inferior	0.657
	(0,1,2)	

Elaborado por el autor

4.4 Resultados

Mediante las pruebas se logró obtener un modelo computacional capaz de predecir el color que presenta la luz de los semáforos, representado con 100 % de aciertos en las pruebas. Este modelo ha sido exportado a un archivo tipo pickle, con el fin de ser empleado en futuros desarrollos, de forma que al importarlo puede predecir a partir del conocimiento generado en su entrenamiento.

Una de las ventajas del poder importar el modelo propuesto, en el presente trabajo de titulación, es que el mismo puede ser ejecutado en equipos de baja capacidad de forma muy rápida; a diferencia del proceso que se realizó para su entrenamiento, ya que en este utilizó gran cantidad de recursos en procesamiento y espacio de almacenamiento por datos de entrenamiento como son las imágenes empleadas.

El modelo para la detección de luz de semáforos desarrollado se podría combinar a futuro con un modelo de detección de objetos para reconocer y a su vez recortar el semáforo en una fotografía panorámica, de tal forma que se identifique la figura del semáforo; pudiendo ser implementado en el uso de los carros autónomos, así como otros servicios y software para precautelar la seguridad y la eficacia del mismo.

Conclusión

Se pudo observar que si es posible detectar la luz del semáforo a partir de técnicas de visión computacional y aprendizaje de máquina con un alto nivel de certeza, tanto a nivel de pruebas como validación.

Al analizar información relacionada a los carros autónomos se observó que a nivel internacional se tiene que, en el caso de Estados Unidos, algunos sectores se asignan permisos para hacer pruebas sobre la viabilidad de los carros autónomos, lo cual confirma que es un mecanismo de transporte controlado por computadoras y que dado el avance de la tecnología si es posible su implementación; sin embargo, de la información extraída de los entrevistados se puede asegurar que en el caso de Ecuador se requiere recorrer un camino más largo dado que no existe la infraestructura, leyes y educación a usuarios.

Se puede observar en la siguiente tabla el porcentaje de acierto de las diferentes técnicas y modelos para la predicción de la luz de los semáforos.

Tabla 1

Pruebas del modelo con Computer Vision y Machine Learning

CV	Modelo	Acierto (%)
Sección de la luz (SL)	N/A	0.8989
Mascara de color (MC)	N/A	0.8080
SL & MC	Support Vector Classification	0.7483
SL & MC	Support Vector Classification	0.9832
SL & MC	Decision Tree Classifier	0.9899
SL & MC	Random Forest Classifier	1.00

Elaborado por el autor

Para realizar las pruebas y el modelo final se realizó en el lenguaje de programación

Python versión 3.7.0 con las siguientes librerías:

- cv2 (3.4.2)
- random (3.7.0)
- numpy (1.14.5)
- matplotlib (2.2.2)
- sklearn (0.19.2)

Como entorno de desarrollo se usó jupyter y se obtuvo un modelo basado en dos técnicas de visión computacional para extraer datos y Random Forest como modelo predictivo de machine learning, lo cual se importó en un archivo pickle (PKL) para poder importar el modelo y realizar predicciones a futuro.

Recomendaciones

El presente trabajo de titulación debe ser considerado base para que en un futuro se diseñe otros sistemas de control para vehículos autónomos. Como por ejemplo se puede añadir un modelo de detección de objetos que permita reconocer los semáforos en imágenes para luego ser predichos por el algoritmo descrito en este trabajo y de esta forma se establezca un parámetro para la toma de decisión del control central del vehículo.

Referencias

- Castaño, Á. R. (Octubre de 2007). Estimación de posición y control de vehículos autónomos a elevada velocidad. Sevilla, España.
- Cevallos, G. (11 de Octubre de 2017). ¿ Que es la inteligencia artificial ?
<https://www.youtube.com/watch?v=1uLv-DLsnBg>.
- Dougherty, M. R. (2015). Los coches sin conductor chocan con un problema: los conductores . *El País*,
https://elpais.com/tecnologia/2015/09/03/actualidad/1441273847_394859.html.
- D'Silva, P. (26 de Julio de 2008). *kirupa.com*. Recuperado el 18 de 06 de 2018, de kirupa.com: https://www.kirupa.com/design/little_about_color_hsv_rgb.htm
- El Comercio. (2018). Autos autónomos: Las empresas que vienen desarrollando estos vehículos. *El Comercio Perú*. Obtenido de <https://elcomercio.pe/tecnologia/actualidad/autos-autonomos-empresas-vienen-desarrollando-vehiculos-noticia-505990>
- El Telégrafo. (2017). ¿ Veremos pronto coches autónomos por todas partes? No tan rápido... Esta noticia ha sido publicada originalmente por Diario EL TELÉGRAFO bajo la siguiente dirección:
<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/94/30/veremos-pronto-coches-autonomos-por-todas>. *El Telégrafo*,
<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/94/30/veremos-pronto-coches-autonomos-por-todas-partes-no-tan-rapido>.
- Georgantzoglou, M. L. (2011). MATLAB as a Tool in Nuclear Medicine Image Processing.
- Glover, N. (26 de 10 de 2016). *handmap.github.io*. Obtenido de handmap.github.io: <https://handmap.github.io/hsv-vs-rgb/>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación* (5ta ed.). México DF: Mc Graw Hill.
- London, B. (2016). *Just Fact 101*. Content Technologies.
- López, J. C. (9 de Marzo de 2018). *Xataka*. Obtenido de Xataka:

- <https://www.xataka.com/automovil/donde-esta-realmente-el-coche-autonomo-a-dia-de-hoy-y-que-han-prometido-las-marcas-en-el-salon-de-ginebra-para-el-futuro>
- PWC. (15 de Septiembre de 2016). Driving the future: understanding the new automotive consumer. Estados Unidos.
- Redacción Seguridad - El Comercio. (31 de Diciembre de 2017). 26 291 accidentes en las vías se registraron hasta noviembre de 2017. *El Comercio*. Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/accidentes-viales-ecuador-cifras-ant.html>
- SAE. (Septiembre de 2016). Surface vehicle recommended practice. *SAE INTERNATIONAL*.
- Samar, J. (27 de Diciembre de 2016). *Un coche autónomo de Uber se salta un semáforo en rojo e invade un carril bici* . Obtenido de Movilidad Conectada: <https://movilidadconectada.com/2016/12/27/un-coche-autonomo-de-uber-se-salta-un-semaforo-en-rojo-e-invade-un-carril-bici/>
- Sarfraz, M. (2014). *Computer Vision and Image Processing in Intelligent Systems and Multimedia Technologies* . Estados Unidos: IGI Global.
- Sasi, P. (16 de Enero de 2017). *¿Cuáles son las principales causas de accidentes de tránsito en Ecuador?* Recuperado el 28 de Mayo de 2018, de Reporte Facil: <http://www.reportefacil.com/cuales-son-las-principales-causas-de-accidentes-de-transito-en-ecuador/>
- Scikit Learn Developers. (13 de Agosto de 2018). *Scikit Learn*. Obtenido de Scikit Learn: <http://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.ensemble.RandomForestClassifier.html>
- Solem, J. E. (2012). *Programming Computer Vision with Python*. (O'Reilly, Ed.) United States.
- Thrun, S. (Abril de 2010). Toward Robotic Cars. *ACM*, 53(4).
- Tiempo, E. (05 de Julio de 1996). El semáforo y sus funciones. *El Tiempo*.
- Ucsusa. (18 de Julio de 2018). *Union of Concerned Scientists* . Obtenido de Union of Concerned Scientists : <https://www.ucsusa.org/clean-vehicles/how-self-driving-cars-work#.W4SDBpP0kk8>

Universo, A. E. (2018). Video captó el momento del accidente fatal de carro autónomo de Uber . *El Universo*,

<https://www.eluniverso.com/tendencias/2018/03/22/nota/6679006/video-captomomento-accidente-fatal-carro-autonomo-uber>.

Vanguardia, R. L. (2018). Tesla promete un coche autónomo dos veces más seguro que el ser humano en 2019 . *La Vanguardia*,

<http://www.lavanguardia.com/motor/innovacion/20180314/441496570181/tesla-promete-conduccion-autonoma-segura-humano-2019.html>.



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Cevallos Vaca Washington Gustavo**, con C.C: # 0922617774 autor/a del trabajo de titulación: **análisis de métodos para reconocimiento de estado de la luz de los semáforos aplicada para carros de conducción autónoma** previo a la obtención del título de **Ingeniero En Sistemas Computacionales** En la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **11 de septiembre de 2018**

f. 

Nombre: **Cevallos Vaca Washington Gustavo**

C.C: **0922617774**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Análisis de métodos para reconocimiento de estado de la luz de los semáforos aplicada para carros de conducción autónoma		
AUTOR(ES)	Washington Gustavo, Cevallos Vaca		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Galo Enrique, Cornejo Gómez		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería en Sistemas Computacionales		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Sistemas Computacionales		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	11 de septiembre de 2018	No. PÁGINAS:	DE 43
ÁREAS TEMÁTICAS:	Minería de datos, Visión computacional, Patrones		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Machine Learning, Computer Vision, Self-Driving Cars, Light traffic, Random Forest, HSV, RGB.		
RESUMEN/ABSTRACT			
<p>Se presenta el estudio de la posibilidad de reconocimiento de la luz del semáforo por medio de técnicas de visión computacional y aprendizaje de máquina, enfocada en el ámbito de los carros autónomos. Se analizó las leyes a nivel nacional e internacional observando que actualmente se encuentra en una fase inicial, con muy pocas o ninguna regulación. El método a desarrollar fue el experimental, probando técnicas y modelos para ir afinando los parámetros hasta obtener el mejor resultado. El conjunto de datos consistió en 1484 imágenes, divididas en 80% para el entrenamiento y el 20% para pruebas, así como también se usaron imágenes de semáforos locales para la validación del mismo. Se pudo observar que al implementar métodos de aprendizaje de máquina aumenta el rendimiento, a diferencia de usar únicamente métodos de visión computacional. Como resultado se obtuvo un modelo computacional para poder procesar imágenes de semáforo que no se han visto antes, entregando el resultado de la luz del semáforo, para una aplicación futura en carros autónomos.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593992517433	E-mail: wgecv@wgecv.me	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Toala Quimí, Edison José		
	Teléfono: +593-4-2202763 ext 1025		
	E-mail: edison.toala@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			