

**Sistema de alerta de velocidad de un automóvil basado en el reconocimiento de
señales de tránsito por visión artificial**

Herrera Ortiz, José Ricardo

Departamento de Ciencias de la Computación
Carrera de Ingeniería de Sistemas e Informática

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Sistemas e
Informática

Msc. Guerrero Idrovo, Rosa Graciela

11 de Septiembre del 2020



Document Information

Analyzed document	Tesis_Herrera_Ricardo.docx (D78860831)
Submitted	9/10/2020 1:11:00 AM
Submitted by	Guerrero Idrovo Rosa Graciela
Submitter email	rgguerrero@espe.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	rgguerrero.espe@analysis.arkund.com



Firmado electrónicamente por:
**ROSA GRACIELA
GUERRERO IDROVO**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "**Sistema de alerta de velocidad de un automóvil basado en el reconocimiento de señales de tránsito por visión artificial**" fue realizado por el señor **Herrera Ortiz, José Ricardo**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 10 de septiembre de 2020



Firmado electrónicamente por:
**ROSA GRACIELA
GUERRERO IDROVO**

Msc. Guerrero Idrovo, Rosa Graciela

C. C. 1720513322



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Herrera Ortiz, José Ricardo**, con cédula de ciudadanía n° 1719274019, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Sistema de alerta de velocidad de un automóvil basado en el reconocimiento de señales de tránsito por visión artificial"** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 10 de septiembre de 2020

.....
Herrera Ortiz, José Ricardo

C.C.: 1719274019



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Herrera Ortiz, José Ricardo**, con cédula de ciudadanía n° 1719274019, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Sistema de alerta de velocidad de un automóvil basado en el reconocimiento de señales de tránsito por visión artificial”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 10 de septiembre del 2020

.....
Herrera Ortiz, José Ricardo

C.C.: 1719274019

Dedicatoria

Aunque la vida me haya separado de ti, el recuerdo de tu sonrisa es la mejor manera de seguir adelante. Con el amor más grande del mundo dedico este trabajo a mi madre Delia por todo su sacrificio, dedicación y gran corazón, por ser el cimiento para crecer como un buen ser humano y por haber sembrado en mí las bases de responsabilidad, superación, paciencia y amabilidad.

A mi hijo Lucas por hacernos sentir que somos los seres más afortunados, a tu madre y a mí al tenerte. Por quien lucho cada día para superarme, esperando que la vida nos depare un futuro mejor y a quien con amor he de educar y cuidar.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por haberme permitido culminar mi carrera con felicidad.

A mis padres Luis y Delia por ser personas de gran sabiduría, quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al final de mi carrera.

A mis hermanas por su amor, preocupación y apoyo incondicional para que siguiera adelante y cumpla con mis ideales, su ayuda ha sido sumamente importante a lo largo de este trayecto.

A mis suegros, cuñadas y cuñados por ser testigos de momentos de mucha alegría y también de tristezas, quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer, por estar presentes durante todos estos años apoyándome hasta ver que este sueño se haga realidad.

A mi esposa por alentarme cada día a culminar con éxito este proyecto que no siempre fue sencillo, sin embargo, siempre estuvo presente para motivarme inclusive en los momentos y situaciones más tormentosas de nuestras vidas.

A mi amiga Janneth, que ha estado presente en esta etapa de mi vida brindándome su apoyo y amistad sinceros.

Finalmente, a mi tutora de titulación Msc. Graciela Guerrero, que me ha apoyado con su conocimiento y experiencia, y ha sido de gran ayuda para completar la etapa de titulación.

Índice

Carátula.....	1
Urkund.....	2
Certificado del Director	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación.....	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Índice.....	8
Índice De Tablas.....	11
Índice De Figuras	12
Resumen.....	13
Abstract	14
Capítulo I.....	15
Introducción.....	15
Antecedentes.....	15
Planteamiento del problema.....	17
Justificación	18
Objetivos.....	19
Objetivo General	19
Objetivos Específicos	19
Hipótesis	19
Variables de la investigación.....	20
Variable Independiente.....	20
Variables dependientes	20
Indicadores	20
Capítulo II.....	21
Marco referencial.....	21
Metodología de la investigación	21
Design Science Research	21
Metodologías de desarrollo	22
MDAM (Metodología Ágil para el Desarrollo de Aplicaciones Móviles)	22
Marco Teórico.....	25

Siniestros de tránsito en la ciudad de Quito.....	25
Educación y conciencia vial.....	29
Psicología del Comportamiento.....	30
Intervención basada en el cambio conductual.....	32
Inteligencia Artificial.....	34
Machine Learning (Aprendizaje Automático).....	35
Esquema general del Aprendizaje Automático.....	37
Deep Learning.....	38
Redes Neuronales Artificiales (ANN).....	39
Redes Neuronales Convolucionales (R-CNN).....	39
Procesamiento de Imágenes.....	41
Proceso de filtrado de imágenes.....	42
Visión Artificial o visión por computador.....	43
Estado del arte.....	45
Planteamiento del objetivo de búsqueda.....	45
Criterios de inclusión y exclusión.....	45
Conformación del grupo de control.....	46
Construcción de la cadena de búsqueda.....	48
Proceso de Selección de Estudios Primarios y Extracción de Datos.....	48
Elaboración Del Estado Del Arte.....	49
Resultados del estado del arte.....	57
Evaluación de resultados del estado del arte.....	59
Características rescatadas del Estado del Arte.....	61
Capítulo III.....	62
Desarrollo del sistema.....	62
Análisis y aplicación de las metodologías.....	62
Análisis del sistema.....	64
Definiciones y Acrónimos.....	64
Requerimientos Funcionales.....	65
Arquitectura de desarrollo.....	66
Visión general del sistema.....	67
Características físicas del hardware requerido.....	67
Herramientas de Desarrollo.....	68

	10
Diseño	70
Prototipo inicial de la interfaz gráfica de usuario	70
Estructuración del software	71
Diagramas de casos de uso	71
Formalización de casos de uso	72
Diagrama de secuencia	72
Definición de Tiempos y Asignación de Recursos	73
Desarrollo	75
Recolección de imágenes para la formación del dataset	75
Procesamiento de imágenes para aprendizaje de máquina.....	76
Desarrollo de la capa de entrenamiento	78
Entrenamiento de la red Neuronal	79
Pruebas del modelo entrenado obtenido.	81
Integración de componentes	82
Pruebas de Funcionamiento	84
Pruebas de Campo.....	85
Capítulo IV.....	87
Resultados	87
Demostración del sistema.....	87
Descripción del escenario.....	87
Ejecución del Escenario	88
Información Obtenida	89
Evaluación de resultados	91
Análisis y validación de la hipótesis	95
Capítulo V.....	99
Conclusiones y recomendaciones	99
Conclusiones	99
Recomendaciones	100
Trabajos Futuros.....	100
Referencias Bibliográficas	102

Índice De Tablas

Tabla 1	<i>Causas probables de accidentes de tránsito</i>	25
Tabla 2	<i>Estadísticas de siniestros de tránsito 2019</i>	27
Tabla 3	<i>Cambio conductual según impuestos y subsidios psicológicos</i>	33
Tabla 4	<i>Grupo de control del estado del arte</i>	47
Tabla 5	<i>Preguntas de Investigación del estado del arte</i>	58
Tabla 6	<i>Definiciones y acrónimos del sistema</i>	64
Tabla 7	<i>Requerimientos funcionales</i>	65
Tabla 8	<i>Características de hardware</i>	67
Tabla 9	<i>Herramientas tecnológicas de desarrollo</i>	68
Tabla 10	<i>Formalización de casos de uso</i>	72
Tabla 11	<i>Definición de tiempos y asignación de recursos</i>	74
Tabla 12	<i>Formación del dataset</i>	76
Tabla 13	<i>Proceso de predicción de las señales de tránsito</i>	78
Tabla 14	<i>Resultados obtenidos de las pruebas realizadas</i>	82
Tabla 15	<i>Checklist de pruebas de funcionamiento</i>	85
Tabla 16	<i>Resumen de resultados</i>	94
Tabla 17	<i>Tabla de datos observados para Ji- Cuadrado</i>	97
Tabla 18	<i>Tabla de datos esperados para Ji- Cuadrado</i>	97

Índice De Figuras

Figura 1	<i>Metodología Design Science Research</i>	22
Figura 2	<i>Interpretación gráfica de MDAM (Metodología de desarrollo de aplicaciones móviles), caso de estudio “Dr.Movil”</i>	24
Figura 3	<i>Resumen ejecutivo de estadísticas de siniestros de tránsito</i>	27
Figura 4	<i>Cinco causas de siniestros de tránsito con mayor porcentaje de ocurrencia</i> ...	28
Figura 5	<i>Educación y conciencia vial</i>	29
Figura 6	<i>Campaña de seguridad vial, Estados Unidos</i>	32
Figura 7	<i>Esquematación de IA, ML, DL</i>	35
Figura 8	<i>Esquema general del aprendizaje automático</i>	37
Figura 9	<i>Red Neuronal</i>	39
Figura 10	<i>Esquema de aprendizaje de CNN</i>	40
Figura 11	<i>Análisis de imágenes por computador</i>	44
Figura 12	<i>Ejemplo de imágenes con distinta iluminación, sombras y reflejos</i>	44
Figura 13	<i>Metodología DSR y MDAM orientada al proyecto</i>	62
Figura 14	<i>Actividades de la metodología MDAM adaptado según las necesidades del proyecto</i>	63
Figura 15	<i>Arquitectura general del sistema</i>	66
Figura 16	<i>Maqueta inicial de la interfaz gráfica de usuario</i>	70
Figura 17	<i>Diagrama de casos de uso</i>	71
Figura 18	<i>Diagrama de secuencia</i>	73
Figura 19	<i>Fotogramas de señales de tránsito de la Av. Simón Bolívar</i>	75
Figura 20	<i>Preparación del modelo en MobileNet</i>	77
Figura 21	<i>Generación de TensorBoard</i>	79
Figura 22	<i>Diagrama de entrenamiento de TensorBoard</i>	80
Figura 23	<i>Etapas de cross_entropy del diagrama de entrenamiento</i>	80
Figura 24	<i>Salida de la fase de entrenamiento</i>	81
Figura 25	<i>Integración del modelo en la aplicación</i>	82
Figura 26	<i>Estructura de la aplicación</i>	83
Figura 27	<i>Configuración de la conexión de Firebase</i>	84
Figura 28	<i>Pruebas de aplicación</i>	88
Figura 29	<i>Pruebas de campo de la aplicación</i>	89
Figura 30	<i>Datos almacenados en Firebase</i>	90
Figura 31	<i>Datos insertados de cada usuario</i>	90
Figura 32	<i>Datos obtenidos sin activación de sonido</i>	91
Figura 33	<i>Datos obtenidos con activación de sonido</i>	92
Figura 34	<i>Clasificación del conductor por acción sin emisión de alerta</i>	93
Figura 35	<i>Clasificación del conductor por acción con emisión de alerta</i>	93
Figura 36	<i>Resumen de Acciones realizadas por los conductores</i>	95
Figura 37	<i>Gráfico de Análisis de Ji - Cuadrado</i>	98

Resumen

Actualmente, en el país se ha podido evidenciar el crecimiento del parque automotor a través de la gran cantidad de vehículos que circulan por distintas calles y avenidas de la ciudad de Quito. Esto ha provocado entre varias consecuencias, el crecimiento del índice de accidentes de tránsito en las vías rápidas del país, debido a la imprudencia y falta de conciencia vial de los conductores. El presente proyecto pretende incentivar conciencia vial en los conductores, definida como el acto de responsabilidad ante un lineamiento de seguridad de tránsito, como los letreros de límite de velocidad puestos en la carretera por los organismos de control de tránsito. Con este objetivo, se desarrolla un sistema móvil que emite una alerta en el caso de exceder el límite de velocidad, y registra la acción que el conductor realiza luego de escuchar la alerta. Este sistema, está basado en el reconocimiento de señales de tránsito por visión artificial, lo que significa que miles de imágenes son analizadas y enviadas a un modelo de red neuronal previamente entrenado para la identificación de los letreros de límite de velocidad. Este sistema se desarrolló con las tecnologías Tensorflow, Python y Android Studio y la combinación de las metodologías Design Science orientada a la investigación de artefactos, dentro del contexto de conciencia vial mediante aplicación de visión artificial y la aplicación de las principales etapas de la metodología MDAM (Metodología Ágil para el Desarrollo de Aplicaciones Móviles), que se ajustan mejor al desarrollo del producto final.

PALABRAS CLAVE:

- **CONCIENCIA VIAL**
- **VISIÓN ARTIFICIAL**
- **REDES NEURONALES**
- **APLICATIVO MÓVIL**
- **SEÑALES DE TRÁNSITO**

Abstract

Currently, this country has seen the growth of the vehicle fleet through the large number of vehicles that circulate through different streets and avenues of Quito. This has caused, among various consequences, the growth of the rate of traffic accidents on the country's highways, due to the recklessness and lack of road awareness of the drivers. This project aims to encourage road awareness among drivers, defined as the act of responsibility before a line of traffic safety, such as speed limit signs placed on the road by traffic control agencies. With this objective, a mobile system is developed that emits an alert in the event of exceeding the speed limit, and records the action that the driver performs after hearing the alert. This system is based on the recognition of traffic signals by artificial vision, which means that thousands of images are analyzed and sent to a neural network model previously trained for the identification of speed limit signs. This system was developed with Tensorflow, Python and Android Studio technologies and the combination of Design Science methodologies oriented to the investigation of artifacts, within the context of road awareness through the application of artificial vision and the application of the main stages of MDAM methodology (Agile Methodology for the Development of Mobile Applications), which are better suited to the development of the final product.

KEYWORDS:

- **ROAD SAFETY AWARENESS**
- **ARTIFICIAL VISION**
- **NEURAL NETWORKS**
- **MOBILE APP**
- **ALERT SYSTEM**
- **TRAFFIC SIGNS**

Capítulo I

Introducción

En el presente proyecto, se enmarca como punto relevante la generación de conciencia vial en los conductores a través del funcionamiento de la aplicación móvil de alerta de velocidad, para lo cual se estructura de manera sistemática el desarrollo del proyecto de investigación, que engloba todas las partes importantes organizadas de la siguiente manera:

En el capítulo uno se refleja la problemática a resolver, se exponen los objetivos generales y específicos, además del alcance que tendrá el desarrollo del aplicativo móvil y la propuesta de solución, que a través de los indicadores permitirán aceptar o rechazar la hipótesis formulada.

En el capítulo dos se muestra la investigación referencial y el estado del arte que permitirán enmarcar el camino adecuado del desarrollo de la aplicación y resolver el asunto de conciencia vial en los conductores.

El capítulo 3 y el capítulo 4 se enfocan respectivamente en el desarrollo de la aplicación móvil y culminando con la realización de pruebas y análisis de resultados para la aceptación o rechazo de la hipótesis formulada en relación a la generación de conciencia vial en los conductores.

Finalmente, el capítulo 5 se refiere a las conclusiones, recomendaciones y posibles trabajos futuros relacionados con el presente proyecto.

Antecedentes

En la actualidad, los accidentes de tránsito han sido objeto de preocupación en nuestro país, debido a la persistencia de estos siniestros en las carreteras, ya sea por

impericia, exceso de velocidad, inobservancia de las señales de tránsito, imprudencia, etc. Entre ellas, el exceso de velocidad está posicionado en segundo lugar como una de las principales causas de fallecimientos por accidentes de tránsito en Ecuador, con un 13.2% (Gomez, Ayala, & Campos, 2018).

En el Ecuador, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOPE), a través de sus entidades adscritas como la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) y la Comisión de Tránsito del Ecuador (CTE), reportan alrededor de 25 mil accidentes de tránsito anualmente; con un aproximado de 1.000 personas fallecidas (ANT, 2018).

El exceso de velocidad dentro de las vías del Ecuador es considerado una de las principales causas de accidentes (ANT, 2018), como vuelcos, salidas de automóviles de las carreteras y derrapes, los cuales dejan trágicas secuelas, como daños materiales, lesiones o pérdida de la vida. En el año 2017 la Agencia Nacional de Tránsito, contabilizó 28.967 siniestros viales, los casos más alarmantes son causados por el transporte interprovincial, en los cuales un total de 1.011 personas fallecieron (ANT, 2018).

Para reducir estos siniestros, el MTOPE dispuso la implementación de radares y controles en las principales vías del país, así como la realización de campañas de educación vial. Ayudando a la gestión de los límites legales de tránsito vehicular los cuales son segmentados dependiendo del tipo de vía y vehículo (ANT, 2018), considerando que el exceso de velocidad es una de las principales causas de accidentes en el Ecuador (Córdova, 2017).

Sin embargo, en tramos donde no se han instalado radares, los conductores circulan con exceso de velocidad a pesar de la señalización presente en la carretera, representando un problema general que afecta la integridad de todas las personas.

Planteamiento del problema

Los accidentes de tránsito han sido un tema recurrente en la sociedad actual, según las estadísticas, los siniestros por exceso de velocidad son la primera causa de accidentes de tránsito, según data en el artículo publicado por diario “El Comercio” (Gonzales, 2018). Se dice además que en las autopistas y carreteras donde el rango de velocidad es de 90 y 100 km/h respectivamente (ANT, 2018), el riesgo de accidentes de tránsito es mayor.

Varias pueden ser las causas para este tipo de siniestros en las carreteras, de entre tantas como el uso del teléfono al volante, irrespeto por las señales de tránsito, que a pesar que se encuentran en la carretera, han sido tapadas por ramas, arbustos, que impiden su visibilidad y en otros casos han sido objeto de la delincuencia, y han sido dañadas, alteradas y obstruidas con grafitis.

La falta de conciencia de los conductores, es también una de las causas de estos siniestros en las vías, puesto que, a pesar de recibir sanciones por violar los lineamientos de seguridad en las vías, inciden en hacer caso omiso a los letreros que indican el límite de velocidad, y así, provocando nefastas consecuencias como lesiones y hasta la muerte, para los ocupantes de los vehículos y/o los transeúntes.

En base a lo planteado anteriormente se formula la siguiente pregunta, “¿Cómo incentivar y promover tecnológicamente, conciencia vial en los conductores?”.

Justificación

El exceso de velocidad en las diferentes vías del Ecuador es un problema grave que propicia varios accidentes fatales, fruto de la falta de concientización por parte de los conductores (Protección de tránsito, 2019), la carencia de controles en las vías por Agentes de Tránsito, o la limitada o mala ubicación de radares en las carreteras.

Dada la situación actual, es importante realizar esfuerzos por contrarrestar esta realidad y, de la mano de la tecnología y la facilidad de los usuarios para acceder a ella, desarrollar un sistema que contribuya a una concientización de los conductores y promover una educación, cultura y conciencia vial de la ciudadanía, para que actúe con el objetivo de una reducción de los siniestros de tránsito por exceso de velocidad.

La visión artificial y el procesamiento de imágenes se han convertido en herramientas de utilidad en el análisis y el reconocimiento de movimientos a partir de sistemas basados en conocimiento (KBS), involucrando procesos como la remoción de ruido, resaltado de características y eliminación de desenfoques, por citar algunos (Sanabria & Archila, 2011).

El uso de dichas tecnologías permite construir sistemas más completos y con mejores prestaciones para facilitar las actividades de la humanidad y para dar posibles soluciones a problemas que se presentan a diario, es por ello que se considera necesario utilizarlas para el presente proyecto.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un sistema de alerta de velocidad de un automóvil basado en el reconocimiento de señales de tránsito por visión artificial, para incentivar la conciencia vial en los conductores.

Objetivos Específicos

- Analizar trabajos relacionados para obtener características relevantes con respecto a los procesos de inteligencia artificial orientados al aprendizaje de una base de conocimientos de imágenes.
- Diseñar una arquitectura que aplique las herramientas que permitan el tratamiento de imágenes digitales y la medición de velocidad para poder alertar al conductor.
- Desarrollar una aplicación móvil que implemente la arquitectura diseñada, procese imágenes, gestione una base de conocimientos, ejecute una API de medición de velocidad y genere alertas y registre las acciones realizadas en una base de datos.
- Evaluar y validar los resultados obtenidos de la aplicación del sistema en los equipos móviles de una muestra de usuarios de un tramo de la Av. Simón Bolívar.

Hipótesis

Si se desarrolla un sistema de alerta de velocidad de un automóvil basado en reconocimiento de señales de tránsito por visión artificial, entonces, se incentiva la conciencia vial en los conductores.

Variables de la investigación

Variable Independiente

Sistema de alerta de velocidad de un automóvil basado en reconocimiento de señales de tránsito por visión artificial.

Variables dependientes

- Alerta de riesgo de accidente.
- Se incentiva la conciencia vial en los conductores.

Indicadores

- Porcentaje de acciones realizadas por los conductores al escuchar la alerta emitida por el sistema.
- Cambio de acción de los conductores antes y después de escuchar el sonido emitido por la alerta.

Capítulo II

Marco referencial

En el presente capítulo se realiza la investigación bibliográfica correspondiente al marco de referencia y a la situación preliminar del objeto de estudio, en este caso, la falta de conciencia vial en los conductores y la aplicación de visión artificial como una herramienta de apoyo para incentivarla.

Finalmente se realiza un análisis del estado del arte sobre las investigaciones que respaldan el desarrollo de la aplicación móvil de alerta de velocidad.

Metodología de la investigación

Design Science Research

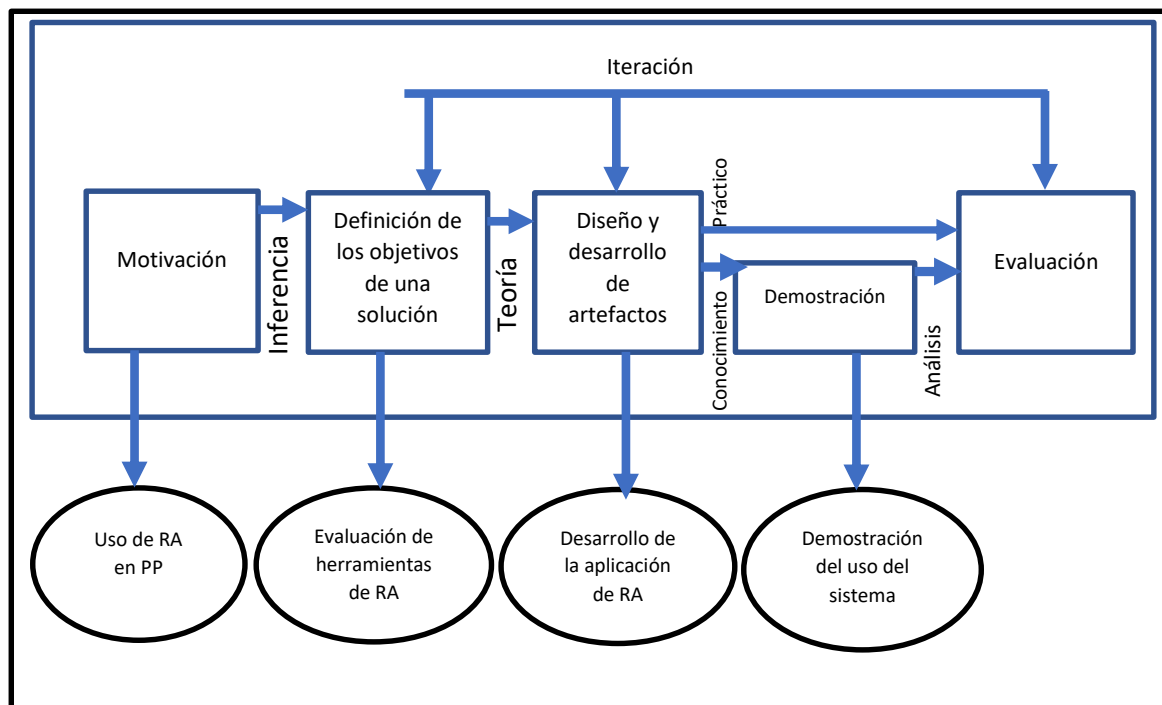
Design Science Research es una metodología aplicada a investigaciones en el área de Ciencias de la Computación, y consiste en el diseño y la investigación de artefactos que pertenezcan al contexto. Los artefactos pueden ser de cuatro tipos: constructos como vocabulario y símbolos, modelos es decir: abstracciones y representaciones, métodos como algoritmos y prácticas o instanciaciones como sistemas prototipos e implementados (Cataldo, 2015).

Dichos artefactos están diseñados para interactuar con un contexto problemático a fin de mejorar o solucionar algo en ese contexto (Wieringa, 2010). Esta metodología es de naturaleza iterativa y consta de las siguientes fases: diseño del artefacto, construcción del artefacto y evaluación del artefacto.

El objetivo de Design Science Research es desarrollar conocimiento, de modo que el profesional de una disciplina específica lo pueda utilizar para diseñar soluciones en su campo de estudio.

Figura 1

Metodología Design Science Research



Nota: La figura 1 muestra el esquema utilizado para la aplicación de Design Science aplicada a un proyecto basado en realidad aumentada. Tomado de: (Mizrahy, Reis de goes, & Ruschel, 2016).

Metodologías de desarrollo

MDAM (Metodología Ágil para el Desarrollo de Aplicaciones Móviles)

Esta metodología está basada en las experiencias y desarrollo de investigaciones relacionadas con aplicaciones, según la autora la evaluación del potencial de éxito para servicios de tercera generación, la ingeniería de software educativo con modelado orientado por objetos (ISE-OO), y principalmente en los valores de las metodologías

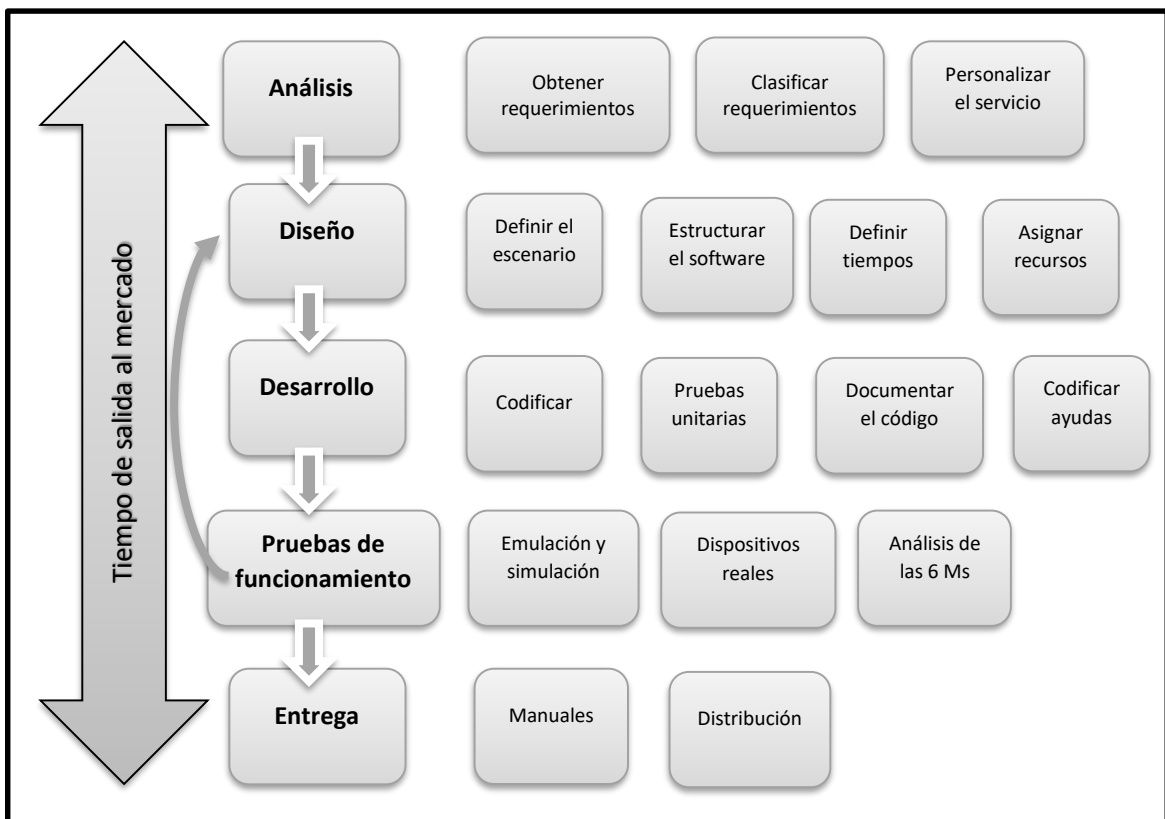
ágiles. Esta metodología se encuentra enmarcada por cinco fases que son: Análisis, Diseño, Pruebas de funcionamiento y Entrega (Gasca, Cmargo, & Medina, 2014).

1. **Análisis:** Como primer paso se realiza el análisis de las peticiones de los usuarios finales de la app que se desarrollará en base a tres tareas, la obtención y clasificación de los requerimientos y la personalización del servicio, conjuntamente se analiza la arquitectura del proyecto, características físicas del hardware y herramientas de desarrollo
2. **Diseño:** En esta fase se establecen diagramas que permiten plasmar los requerimientos establecidos en la etapa anterior, se puede realizar algunos pasos, por ejemplo: definir el escenario, estructurar el software, definir tiempos y asignar recursos.
3. **Desarrollo:** Dentro de esta etapa se integra la respectiva codificación, pruebas unitarias documentación del código y codificar ayudas con la finalidad de construir un código totalmente mantenible, es decir, sea sistemático, ordenado y legible.
4. **Pruebas de funcionamiento:** La finalidad de esta etapa es verificar que el código que se va escribiendo se validó y tenga los resultados esperados: Para esto se desarrollan las siguientes fases: Emulación y simulación, Pruebas de campo en equipos reales, análisis de las 6 M's. La 6 M's debe su nombre a los seis atributos que se miden para evaluar el éxito del servicio propuesto: Movement (Movimiento), Moment (Momento), Me (Yo), Multi-user (Multiusuario), Money (Dinero) y Machines (Máquinas) (Balaguera & Daniel, 2013).
5. **Entrega:** En la etapa final, se procede a la entrega de ejecutable, código fuente, documentación y el manual del sistema.

En la figura 2 se representa el ciclo de la metodología utilizada para el caso de uso de la investigación "Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles" (Gasca, Cmargo, & Medina, 2014) desarrollada por los autores.

Figura 2

Interpretación gráfica de MDAM (Metodología de desarrollo de aplicaciones móviles), caso de estudio "Dr.Movil"



Nota: La figura 2 muestra la Interpretación gráfica de MDAM aplicado a un sistema de salud "Dr.Movil". *Tomado de:* (Balaguera & Daniel, 2013)

De la aplicación de esta metodología, existen varias investigaciones, entre aplicaciones móviles y multimedia, obteniendo buenos resultados.

Marco Teórico

Siniestros de tránsito en la ciudad de Quito

La Agencia Nacional de Tránsito (ANT), como organismo de control, lleva el registro por provincia, de los accidentes de tránsito ocurridos y las causas probables del accidente.

En la presente investigación se toma en cuenta las causas probables por las que suceden estos siniestros y que la ANT va registrando mensualmente.

Tabla 1

Causas probables de accidentes de tránsito

Código	Descripción de la causa probable
C1	Caso fortuito o fuerza mayor (explosión de neumático nuevo, derrumbe, inundación, caída de puente, árbol, presencia intempestiva e imprevista de semovientes en la vía, etc.).
C2	Presencia de agentes externos en la vía (agua, aceite, piedra, lastre, escombros, maderos, etc.).
C3	Conducir en estado de somnolencia o malas condiciones físicas (sueño, cansancio y fatiga).
C4	Daños mecánicos previsibles.
C5	Falla mecánica en los sistemas y/o neumáticos (sistema de frenos, dirección, electrónico o mecánico).
C6	Conduce bajo la influencia de alcohol, sustancias estupefacientes o psicotrópicas y/o medicamentos.
C7	Peatón transita bajo influencia de alcohol, sustancias estupefacientes o psicotrópicas y/o medicamentos.
C8	Peso y volumen-no cumplir con las normas de seguridad necesarias al transportar cargas.
C9	Conducir vehículo superando los límites máximos de velocidad.
C10	Condiciones ambientales y/o atmosféricas (niebla, neblina, granizo, lluvia).
C11	No mantener la distancia prudencial con respecto al vehículo que le antecede.

Código	Descripción de la causa probable
C12	No guardar la distancia lateral mínima de seguridad entre vehículos.
C14	Conducir desatento a las condiciones de tránsito (celular, pantallas de video, comida, maquillaje o cualquier otro elemento distractor).
C15	Dejar o recoger pasajeros en lugares no permitidos.
C16	No transitar por las aceras o zonas de seguridad destinadas para el efecto.
C17	Bajarse o subirse de vehículos en movimiento sin tomar las precauciones debidas.
C18	Conducir en sentido contrario a la vía normal de circulación.
C19	Realizar cambio brusco o indebido de carril.
C20	Mal estacionado- el conductor que detenga o estacione vehículos en sitios o zonas que entrañen peligro, tales como zona de seguridad, curvas, puentes, túneles, pendientes.
C21	Malas condiciones de la vía y/o configuración. (Iluminación y diseño).
C22	Adelantar o rebasar a otro vehículo en movimiento en zonas o sitios peligrosos tales como: curvas, puentes, túneles, pendientes, etc.
C23	No respetar las señales reglamentarias de tránsito (pare, ceda el paso, luz roja del semáforo, etc.).
C24	No respetar las señales manuales del agente de tránsito.
C25	No ceder el derecho de vía o preferencia de paso a vehículos.
C26	No ceder el derecho de vía o preferencia de paso al peatón.
C27	Peatón que cruza la calzada sin respetar la señalización existente (semáforos o señales manuales).
C28	Dispositivo regulador de tránsito en mal estado de funcionamiento (semáforo).

Nota: En la tabla 1, las causas probables de accidentes de tránsito según la Agencia Nacional de Tránsito.

De esta información se han seleccionado el registro de las causas probables que están relacionadas con el exceso de velocidad o que podrían derivarse del exceso de

velocidad, estas son C11, C12, C14, C22, C23, otras causas que no están relacionadas con el exceso de velocidad que son: C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C10, C15, C16, C17, C18, C19, C20, C21, C24, C25, C26, C27, C28 y el exceso de velocidad como causa probable específicamente C9.

La tabla 2, muestra información es tomada de los registros publicado por la entidad (ANT) para el año 2019 de la provincia de Pichincha.

Tabla 2

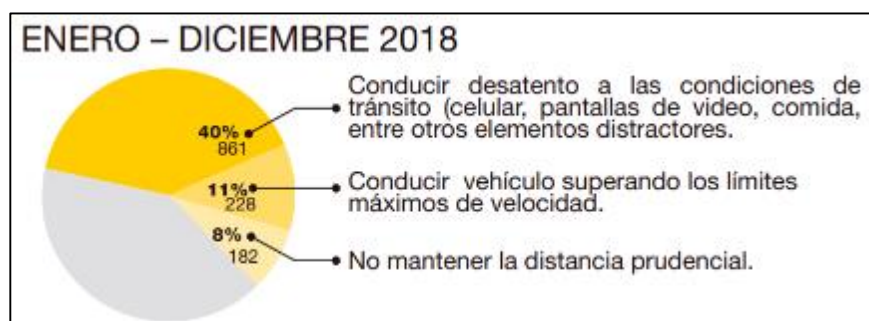
Estadísticas de siniestros de tránsito 2019

Año	2019
N° de siniestros de tránsito	4977
N° de siniestros por causas no relacionadas al exceso de velocidad	2709
N° de siniestros por causas relacionadas al exceso de velocidad	1479
N° de siniestro por exceso de velocidad como causa probable específica	789
N° de fallecidos por siniestros de tránsito	357
N° de lesionados por siniestros de tránsito	3128

Nota: En la tabla 2 se pueden observar los resultados de sumar los siniestros de derivados con el exceso de velocidad y el exceso de velocidad como causa probable registrada se obtiene un total de 2268 siniestros de tránsito.

Figura 3

Resumen ejecutivo de estadísticas de siniestros de tránsito

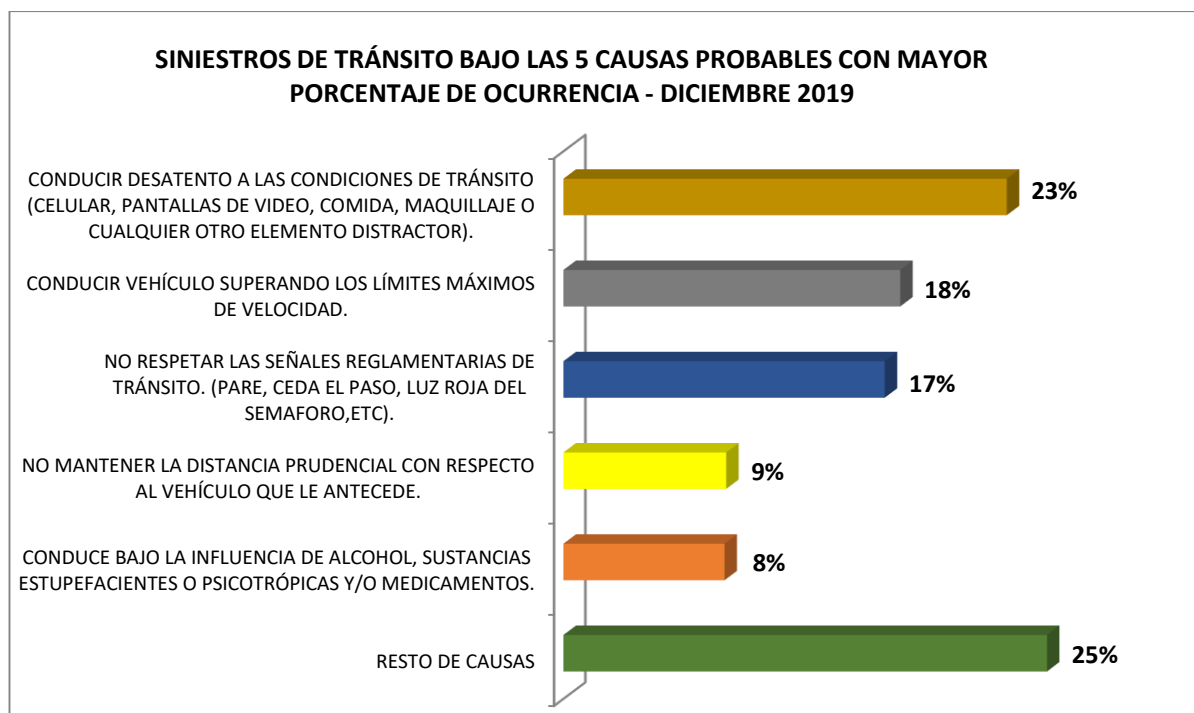


Nota: La figura 3, muestra un resumen ejecutivo de estadísticas de la ANT de siniestros de tránsito. Tomado de: (ANT, 2018).

En él, se puede observar que el exceder el límite de velocidad en las carreteras es la segunda causa de siniestros ocurridos, seguido de no mantener una distancia prudencial entre vehículos que puede ser un derivado del exceso de velocidad, ya que la velocidad impide el frenado oportuno en los casos posibles inesperados.

Figura 4

Cinco causas de siniestros de tránsito con mayor porcentaje de ocurrencia



Nota: La figura 4, muestra el resumen de los siniestros de tránsito ocurridos por las 5 causas probables más frecuentes a nivel nacional. Tomado de (ANT, 2018).

Se puede observar que el límite de velocidad se ubica como la tercera causa probable más frecuente en todo el país con un 18 % de los resultados.

Educación y conciencia vial

La educación vial se sostiene en valorizar la vida del prójimo y la de cada persona como algo fundamental, como una correcta forma de convivencia, no basada en el temor a las sanciones disciplinarias (Gomez & Abadia, 2020).

Habiendo varios autores que definen la educación vial, según Quintero, la Educación Vial se engloba dentro del concepto genérico de educación, caracterizándose por sus contenidos relacionados con la materia de Seguridad Vial, pudiendo ser definida como una parte más de la Educación Social, cuyo objeto es crear hábitos y actitudes positivas de convivencia en el campo de la Seguridad Vial (Quintero, 2013).

A partir de estas definiciones, se puede comprender la educación vial como el compromiso que adquirimos para estar seguros en las calles y así evitar accidentes y mejorando la movilidad de todas las personas inclusive de animales.

Figura 5

Educación y conciencia vial



Nota: La figura 5, describe la conciencia vial y como esta depende de la educación vial que ha recibido el conductor y su decisión en el momento de actuar ante la presencia de una señal de tránsito.

De cierta forma, se puede decir que la conciencia vial es la responsabilidad que sentimos como ciudadanos sobre nuestras acciones antes, durante y / después de un accidente de tránsito. Por ejemplo, el razonar sobre las consecuencias que la acción de un conductor o un peatón ante la presencia de una señalética de tránsito.

La educación vial es parte importante de la conciencia vial, pues de ella se aprende la mejor manera de lidiar con todos los actores en las vías, además de nuestras responsabilidades en cada uno de los roles; así, se conoce qué se debe y que no hacer en el rol de peatones, o ciclistas por ejemplo (Cv MX-Comunidad, 2015).

En el Ecuador se ha evidenciado la conciencia vial en organismos de control y seguridad vial, quienes, a través de campañas, creación de escuelas de educación vial, conferencias, entre otros, buscan generar conciencia vial en el resto de ciudadanos, hoy se está consciente que la mejor forma de generar conciencia vial es a través del propio actuar, la tolerancia y la inteligencia emocional ante situaciones de estrés en las vías, es decir se educa de mejor con el ejemplo entre ciudadanos.

Psicología del Comportamiento

Las “ciencias psicológicas” se ocupa fundamentalmente, del estudio del comportamiento humano, habiendo grandes diferencias entre los múltiples campos de la actividad humana, y la gran variedad de técnicas y métodos con los que se los aborda.

La psicología, de modo consistente a lo largo de un siglo, viene siendo definida como la ciencia del comportamiento con que el hombre realiza su vida y se ajusta a su medio, y de los procesos mentales que hacen posible aquello (Carpintero, 2005).

En la aproximación al cambio de conducta, desarrollada inicialmente por el psicólogo Kurt Lewin (Guerrero, 1972) , se asume que la conducta depende de actitudes, creencias y dinámicas motivacionales de las que el ser humano no siempre es consciente.

Las investigaciones de Kurt Lewin (Guerrero, 1972) asumen que las intervenciones que apuntan a estas dinámicas motivacionales pueden ser efectivas en lograr que las personas hagan lo que quieren y estén convencidos de que es lo que se debe hacer.

Otras investigaciones afirman a que el cambio de conducta de las personas podría deberse a tres factores como el fin, la motivación y la casualidad, que además son influenciadas por otros dos elementos, la sociedad y el ambiente (Rafino, 2019).

Desde el punto de vista de la motivación como factor influyente en la conducta y, que actúa además como un campo de fuerzas donde operan múltiples presiones, algunas de estas nos llevan a actuar de acuerdo con nuestras metas o un fin preestablecido, por lo que reciben la denominación de “motivaciones de aproximación”, o también llamadas “motivaciones de evitación”, si alejan los objetivos propuestos.

En proyectos netamente psicológicos diseñar intervenciones que actúen sobre los comportamientos a supuesto considerarlo metafóricamente como “impuestos y subsidios psicológicos”, que pueden añadir o quitar, como aquellos denominados impuestos psicológicos no materiales como el respeto, la autoestima y la identidad. Los incrementos en esos aspectos constituyen subsidios psicológicos.

Intervención basada en el cambio conductual.

En 1990 se desarrolló en Estados Unidos una campaña por la seguridad vial con un eslogan que decía “Los amigos no dejan que los amigos conduzcan alcoholizados” y esta campaña tenía como finalidad crear conciencia y reducir la conducción bajo efectos del alcohol.

Figura 6

Campaña de seguridad vial, Estados Unidos



Nota: La figura 6, muestra parte de la campaña realizada en las carreteras de EEUU.

El logro de esta campaña se enfocó en hacer sentir mal a las personas que se mantenían sobrias, en dejar que su amigo alcoholizado, conduzca, y las posibles causas de esa acción caerían sobre él. Es decir, impone un impuesto psicológico: “Si dejas que tu amigo conduzca alcoholizado, no eres un buen amigo”.

La apelación de este impuesto psicológico según Manes en su investigación, intenta que las personas se sientan más cómodas en no permitir que su amigo no conduzca alcoholizado. En suma, la eficiencia de la intervención radicaría en vincular la acción deseada con un valor extendido muy positivo: ser un buen amigo (Manes, 2018).

En la tabla 3, se muestra el ejemplo definido anteriormente y el ejemplo relacionado con el objetivo del presente proyecto.

Tabla 3

Cambio conductual según impuestos y subsidios psicológicos

Objetivo	Motivación	Impuesto Psicológico	Subsidio Psicológico
Reducción del consumo de alcohol al volante	Eslogan “Los amigos no dejan que los amigos conduzcan alcoholizados”	Sensación de incomodidad de las personas al dejar que un alcoholizado conduzca	Ser un buen amigo
Reducción de la velocidad	Sonido o alerta que indique que se ha rebasado el límite de velocidad	EDUCACIÓN VIAL no rebasar el límite de velocidad por ningún motivo (llegar tarde, gusto por la velocidad, etc)	CONCIENCIA VIAL Ser un buen conductor Culminar el recorrido a salvo. “Mi familia me espera”

Nota: En la tabla 3, se puede observar que la educación vial puede actuar como subsidios psicológicos al imponer las leyes y reglamentos de tránsito en las vías sin importar los agentes que puedan influir en el aceleramiento del vehículo, como talvez llegar tarde al trabajo, una emergencia o el simple gusto por la velocidad.

La conciencia vial, actúa como subsidio Psicológico al dar la sensación de ser un buen conductor, o aquellos factores de los que no se es consciente diariamente, como el llegar al destino a salvo, o simplemente volver a ver a la familia (Guerrero, 1972).

Los impuestos y subsidios psicológicos pueden ser tanto o más efectivos que lo económico. También es posible combinarlos y potenciar su efecto, como sería el caso de obtener ganancias psicológicas y monetarias por hacer el bien por ejemplo un descuento en el impuesto predial para aquel que la paga a tiempo a antes de lo establecido.

Sin embargo, en otras circunstancias, la relación entre los impuestos y subsidios psicológicos y materiales puede no ser tan directa (Guerrero, 1972).

Inteligencia Artificial

La Inteligencia Artificial (IA) es la combinación de algoritmos planteados con el propósito de crear máquinas que presenten las mismas capacidades que el ser humano (Iberdrola, 2019). Tiene sus inicios en los años cincuenta, donde los pioneros de la computación se preguntaron si las máquinas podrían llegar a pensar por sí mismas. Con el correr de los años, se les enseñó a jugar ajedrez con programas definidos, pero eso no representaba un aprendizaje real.

Se creía que generar un programa lo suficientemente grande daría como respuesta la manipulación del conocimiento. Instruir a la computadora con un conjunto de reglas (programas), les permitiría dar una respuesta coherente. Este pensamiento fue conocido como inteligencia artificial simbólica. (Digital, 2019)

Aunque la inteligencia artificial simbólica funcionaba correctamente con problemas sencillos, no podía resolver problemas más complejos, como el reconocimiento de imágenes, reconocimientos de voz, o traducciones en diferentes lenguajes naturales. Posteriormente, se ha desarrollado un avance con más alcance, conocido como aprendizaje automático (AA) (Digital, 2019).

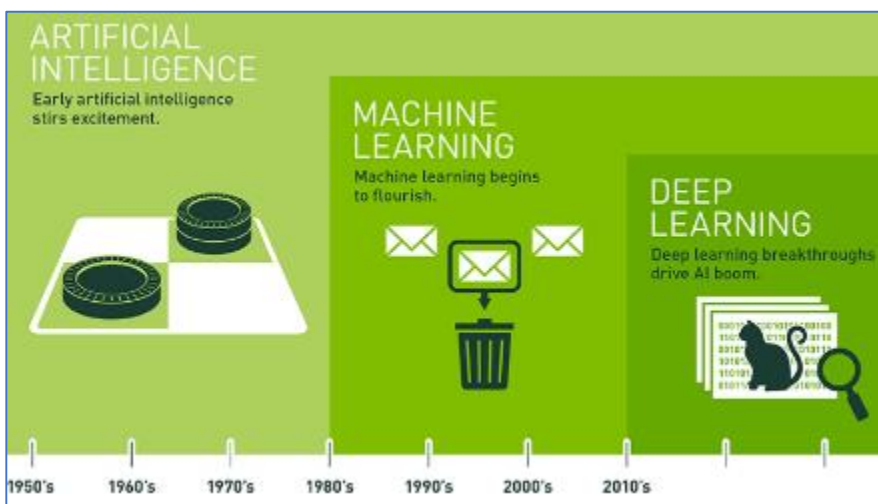
Machine Learning (Aprendizaje Automático)

Normalmente, el aprendizaje se conoce como el proceso a través del cual el ser humano adquiere o modifica sus habilidades, destrezas, conocimientos o conductas, como resultado de la experiencia directa, la observación, la instrucción y el razonamiento.

En relación a la Inteligencia Artificial existe el aprendizaje automático o machine learning en inglés y se dedica al estudio de los programas que aprenden a realizar una tarea mediante el aprendizaje y la experiencia (Digital, 2019).

Figura 7

Esquematación de IA, ML, DL



Nota: En la figura 7, se muestra el alcance de la inteligencia Artificial (IA) y el Aprendizaje Automático o Machine Learning como parte de ella, además de un concepto mucho más centralizado como el “Aprendizaje Profundo o Deep Learning”. Tomado de (Copeland, 2016)

Un modelo de aprendizaje automático aplica una combinación de diferentes técnicas para poder abordar gamas de aplicación del aprendizaje automático, es fundamental

distinguir los distintos tipos de problemas, es decir los métodos de aprendizaje o también llamados algoritmos los cuales pueden clasificarse en tres tipos:

- **Aprendizaje supervisado:** este método implica la asignación de datos etiquetados como datos de entrada y la salida deseada, este algoritmo de aprendizaje recibe datos etiquetados para deducir un determinado patrón o función y obtener la salida deseada (Copeland, 2016). Estos datos son vectores de entrada, que anticipa el valor de salida más deseada, ya que son conocidos y etiquetados adecuadamente.

Cuanto mayor es el conjunto de datos, el algoritmo puede aprender mucho mejor. Una vez concluido el entrenamiento, se le brindan nuevos datos, ya sin etiquetas, y el algoritmo de aprendizaje utiliza la experiencia adquirida en la etapa anterior y predice los resultados (Zamorano, 2018).

Por ejemplo, las imágenes de perros con la etiqueta "perro" ayudarán al algoritmo a identificar las reglas para clasificar imágenes de perros.

- **Aprendizaje no supervisado:** los datos proporcionados al algoritmo de aprendizaje no están etiquetados y se le pide al algoritmo que identifique patrones por sí solo, y que ayuden a entender los datos ingresados (Zamorano, 2018).

Un ejemplo común sobre este tipo de aprendizaje es un sistema de recomendación de un sitio web de comercio electrónico, para lo cual, el algoritmo de aprendizaje está entrenado para descubrir artículos similares que a menudo se compran juntos.

- **Aprendizaje de refuerzo:** El algoritmo interactúa con un entorno dinámico que proporciona retroalimentación en términos de recompensas y castigos

(Copeland, 2016). El algoritmo aprende observando el mundo que lo rodea, su información de entrada es el feedback o retroalimentación que obtiene del mundo exterior como respuesta a sus acciones, es decir el sistema aprende a base de ensayo y error.

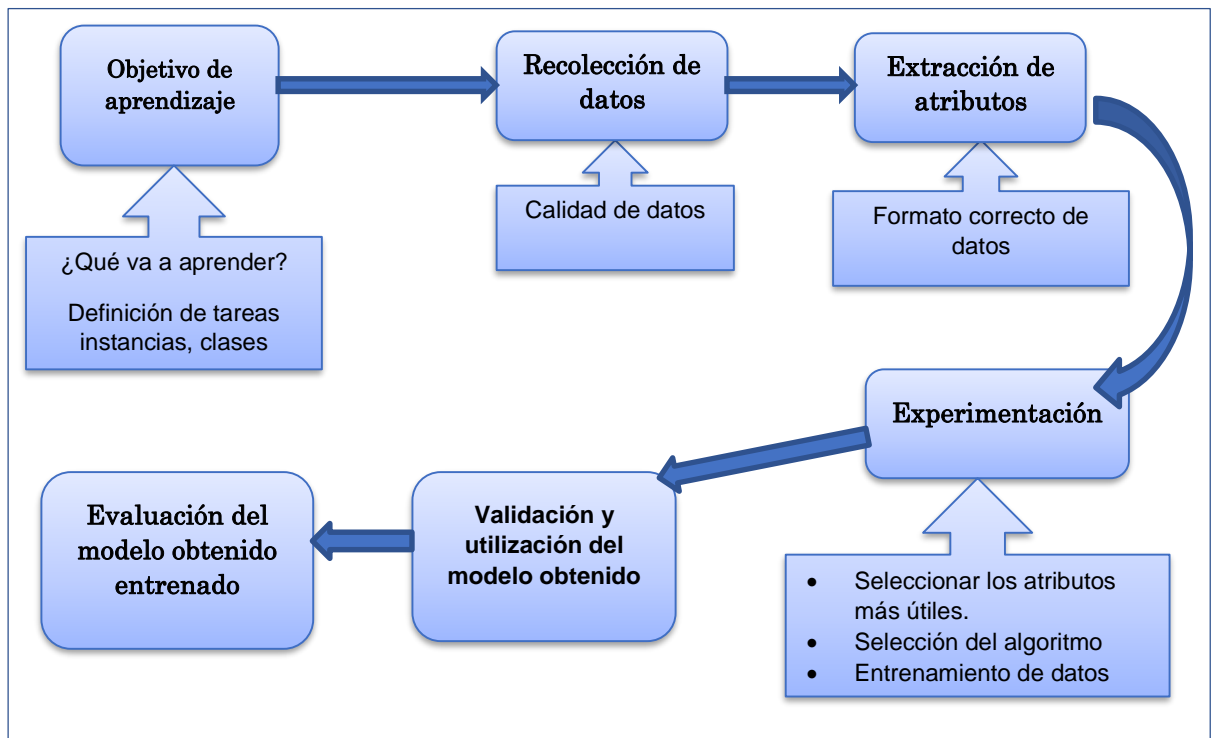
Un ejemplo muy común son los sistemas que juegan ajedrez (Copeland, 2016).

Esquema general del Aprendizaje Automático

En la figura 8 se puede observar de forma general el esquema del Aprendizaje Automático.

Figura 8

Esquema general del aprendizaje automático



Nota: En la figura 8, se muestra el esquema de Aprendizaje Automático, que comprende las etapas de establecimiento del objetivo de aprendizaje, recolección de datos, extracción de atributos, experimentación, validación del modelo y evaluación de resultados.

Deep Learning

El aprendizaje profundo o llamado Deep Learning en inglés, se refiere a un subcampo del aprendizaje automático, que se utiliza para resolver problemas complejos y que normalmente implican grandes cantidades de datos. El aprendizaje profundo hace uso de arquitecturas de redes neuronales, que se organizan en capas para reconocer relaciones y patrones complejos en los datos (Rouhiainen, 2018).

Varias aplicaciones del Aprendizaje Profundo, están en el reconocimiento de voz, el procesamiento del lenguaje natural, la visión artificial y la identificación de vehículos en los sistemas de asistencia al conductor, traducciones de idiomas en sitios web como Facebook, lo que sin el aprendizaje profundo, sería muy costoso y se requeriría un gran equipo de personas para poder ofrecer el mismo servicio (Rouhiainen, 2018).

Las redes neuronales tradicionales solo contienen de capas ocultas, mientras que las redes profundas pueden tener hasta 150 capas por lo que se denominan redes neuronales profundas (Florez & Fernández, 2008).

Los grandes conjuntos de datos etiquetados y arquitecturas de redes neuronales, permiten al modelo de aprendizaje aprender más características directamente de los datos sin la necesidad de extracción manual de características (Florez & Fernández, 2008).

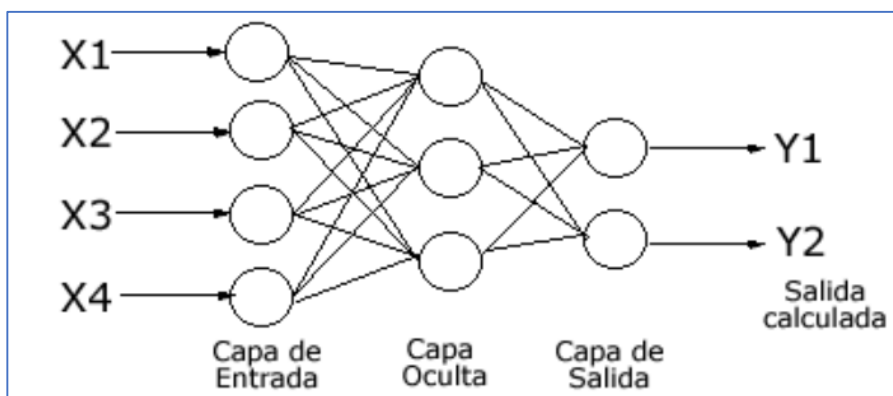
Redes Neuronales Artificiales (ANN)

Las Redes neuronales artificiales tratan de emular el comportamiento del cerebro humano caracterizado por el aprendizaje a través de la experiencia y la extracción del conocimiento genérico a partir de un conjunto de datos (Florez & Fernández, 2008).

Estas RNA utilizan grafos y funciones, conformadas por nodos y enlaces que están organizados en capas en donde se envían entradas de datos que son procesadas para generar salidas que ayudan a resolver problemas (Iberdrola, 2019).

Figura 9

Red Neuronal



Nota: La figura 9 representa una red neuronal básica basada en la expuesta por varios autores. Esta figura es tomada de: (Fernando Sancho Caparrini, 2018).

Redes Neuronales Convolucionales (R-CNN)

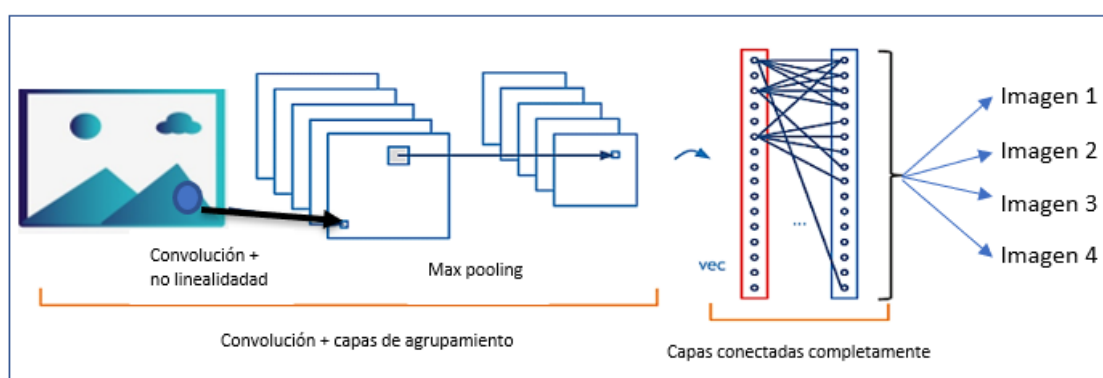
Una CNN involucra características aprendidas con datos de entrada y usa capas convolucionales 2D, muy adecuada para trabajar con datos como imágenes (Rivas & Bertha, 2017).

Las CNN, eliminan la extracción manual de funciones, puesto que no identifica las funciones utilizadas para la clasificación de imágenes, funcionan mediante la extracción de características directamente de las imágenes y estas características son relevantes no están preformadas (Rouhiainen, 2018).

El modelo aprende mientras la red entrena en una colección de imágenes.

Figura 10

Esquema de aprendizaje de CNN



Nota: En la figura 10 se puede identificar algunas capas que una red convolucional.

Tomado de: (Copeland, 2016)

Entre las capas que implica las redes convolucionales están:

1. **Capa de Convolución:** calcula un producto de punto entre sus pesos y una pequeña región a la que están conectados en el volumen de entrada (Puig, 2018).
2. **Capa de agrupamiento o pooling:** realiza una operación de muestreo a lo largo del ancho reduciendo las dimensiones espaciales, en este caso tomando el valor máximo (Puig, 2018).

- 3. Capa completamente conectada:** o también llamadas capas densas son aquellas que están ocultas y que son un número definido de neuronas conectadas con elementos de otra capa (Puig, 2018).

En resumen, se puede decir que las CNN cuenta con una capa de entrada, que es la que recibe todos los píxeles de la imagen, después esta capa de entrada pasa toda la información a las capas ocultas, en donde se realizan dos operaciones importantes que son “Max Pooling” o Agrupación que permite reducir el tamaño de la imagen en alto y largo, descartando la profundidad para poder entregar a la siguiente capa una imagen más pequeña y menos pesada.

Las convoluciones permiten pasar la imagen por varios filtros para detectar ciertos patrones relevantes, estos filtros son como pequeñas redes neuronales, que van a ir procesando parches de la imagen y las conexiones son mucho menos (Puig, 2018).

Es decir, en cada convolución se recorre toda la imagen y se genera una nueva imagen de salida denominados filtros que terminaran identificando bordes, sombras contrastes que permiten incrementar el tamaño de la profundidad que había quedado intacta desde un principio.

Este tipo de redes, normalmente es una combinación de, capa de convolución y max pooling un determinado número de veces y conforme se acerca al final de la red neuronal estas convoluciones identifican elementos cada vez más elaborados.

Procesamiento de Imágenes

El procesamiento e interpretación de imágenes permite a un computador procesar imágenes o fotografías bidimensionales aisladas o bien conectadas en secuencias dinámicas o temporales (Mizrahy, Reis de goes, & Ruschel, 2016).

Consiste en someter las señales obtenidas a partir de fotografías o fotogramas, a un procesamiento de perfil bajo y extraer características, atributos, parámetros, y desplegar nuevas imágenes procesadas como resultado.

Las investigaciones afirman que la visión artificial puede ser considerada como una forma genérica del procesamiento de imágenes, cercana a la interpretación, con el objetivo de procesar, comprender y descifrar características, en una imagen o una secuencia de imágenes de vídeo denominadas fotogramas (Vicomtech, n.d.).

En la actualidad, esta tecnología se encuentra incorporada en equipos domésticos, como cámaras digitales, escáneres y teléfonos celulares, entre otros, y ha sido utilizado en investigaciones relacionados con redes neuronales (Sanabria & Archila, 2011).

Proceso de filtrado de imágenes

Son las técnicas que están dentro del pre procesamiento de imágenes que tienen el objetivo de obtener características, resultados de una imagen origen en una imagen final, mejorando ciertas características de la imagen origen que posibilite efectuar operaciones del procesamiento de imagen (Sanabria & Archila, 2011).

Los principales objetivos que se persiguen con la aplicación de filtros son:

- **Suavizar la imagen:** reducir la cantidad de variaciones de intensidad entre píxeles vecinos.
- **Eliminar ruido:** eliminar aquellos píxeles cuyo nivel de intensidad es muy diferente al de sus vecinos y cuyo origen puede estar tanto en el proceso de adquisición de la imagen como en el de transmisión.
- **Realzar bordes:** destacar los bordes que se localizan en una imagen.

- **Detectar bordes:** detectar los píxeles donde se produce un cambio brusco en la función intensidad.

Los filtros son operaciones que se aplican a los píxeles de una imagen digital para optimizarla, enfatizar cierta información o conseguir un efecto especial en ella.

Varias son las aplicaciones que utilizan aprendizaje automático en sus distintos tipos de aprendizaje entre ellos están: Procesamiento del lenguaje natural, Spam Filtering, Visión Artificial, OCR, Jugadores Artificiales, Data Mining (Rivas & Bertha, 2017).

Visión Artificial o visión por computador

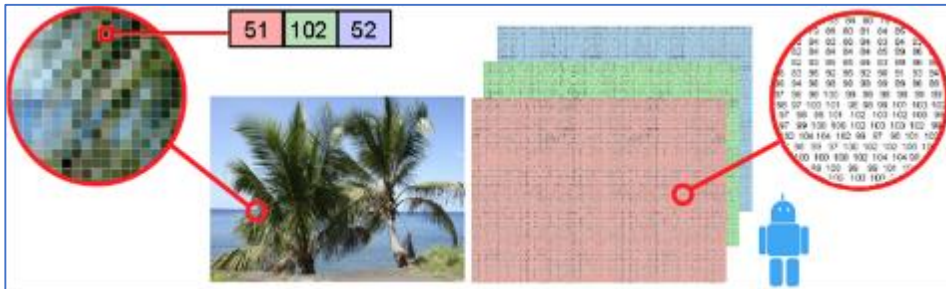
La Visión Artificial es la disciplina que estudia cómo procesar, analizar e interpretar imágenes de forma automática.

La detección de objetos, es una de las aplicaciones más populares dentro de esta ciencia. Se trata de crear sistemas computacionales que sean capaces de encontrar un determinado objeto en una imagen dada (Sanabria & Archila, 2011).

En general, para una máquina, las imágenes son enormes cajas tridimensionales llenas de números, cada píxel o punto de la imagen está representado con valores, que codifican su color con cierta cantidad de rojo, verde y azul (Sanabria & Archila, 2011), luego el computador, busca el objeto dentro de la imagen, mediante la obtención de patrones que se correspondan con el objeto. (Universitat Oberta de Catalunya, 2012)

Figura 11

Análisis de imágenes por computador



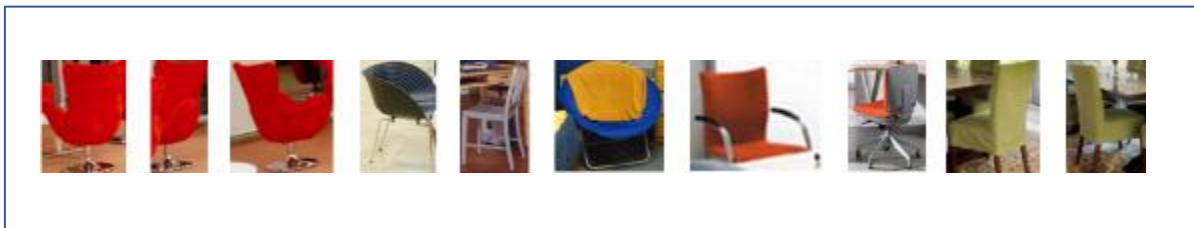
Nota: En la figura 11 se presenta un ejemplo del análisis de imágenes por computador. Tomado de: (Universitat Oberta de Catalunya, 2012).

Según la investigación de la Universidad Oberta de Catalunya, hay varios aspectos que hacen que la detección automática de objetos en imágenes sea un auténtico reto. En primer lugar, la variabilidad dentro de una misma clase es una de las mayores dificultades.

Por ejemplo, hay sillas de todos los colores, formas, y para todos los gustos, como podemos ver en la Figura 12.

Figura 12

Ejemplo de imágenes con distinta iluminación, sombras y reflejos



Fuente: (Universitat Oberta de Catalunya, 2012)

Nota: En la figura 12 se ilustra también, otras dificultades tales como el cambio de perspectiva, la presencia de oclusiones parciales, o los cambios de iluminación, que pueden crear sombras o reflejos, y producir pérdidas importantes de información.

Tomado de (Universitat Oberta de Catalunya, 2012).

Así pues, para poder reconocer automáticamente sillas en cualquier situación, se necesita que la máquina sea capaz de hacer una representación genérica de lo que es una silla, y esta representación tiene que ser invariante a todos estos cambios.

Estado del arte

Planteamiento del objetivo de búsqueda

En esta etapa se consideró la temática planteada para establecer el criterio de búsqueda de estudios científicos, basado en el contexto en el que se desenvuelve el problema, posteriormente se definió un objetivo de búsqueda que se basa en diversas interrogantes que ayudan a establecer los criterios de inclusión y exclusión de los artículos científicos para asegurarse que éstos están alineados con la búsqueda.

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión.

El artículo:

- Describe estudios empíricos relacionados con la problemática de los accidentes de tránsito por exceso de velocidad.
- Describe detalladamente los problemas que afectan a la seguridad de las vías.

- Describe las diferentes técnicas para reconocimiento y procesamiento de imágenes.
- Describe propuestas para construir sistemas que puedan reconocer las señales de tránsito.
- Describe formas de realizar una medición de velocidad en vehículos.

Criterios de exclusión.

Serán excluidos:

- Artículos publicados antes del año 2011.
- Artículos cortos, tutoriales y resúmenes de presentaciones o conferencias en torno a la temática de los requisitos.
- Artículos que solo reporten detalles meramente técnicos de soluciones a la problemática planteada.
- Artículos escritos en un idioma diferente al inglés.
- Artículos no accesibles en texto completo.
- Artículos pertenecientes a una disciplina no acorde al área de conocimiento.

Conformación del grupo de control

El grupo de control (GC) de literatura se conforma con el propósito de ser la fuente de la cual se seleccionan los términos que servirán como base para la conformación de la cadena de búsqueda.

Para esto, se tuvo la participación de dos investigadores, los cuales propusieron estudios conocidos y de buena fuente como candidatos para conformar el GC. Luego, por medio de una validación, se seleccionaron los artículos que integran el grupo de control, así como las palabras clave identificadas en cada estudio.

Tabla 4*Grupo de control del estado del arte*

Título	Cita	Palabras clave
Trends in Traffic Accidents in Ecuador: 2000-2015	(Algora, Russo, Suasnavas, Merino & Gómez, 2015)	traffic accidents; traffic; mortality; motor vehicles; public health; Ecuador.
Analysis of road safety indicators for the reduction of traffic accidents in Ecuador	(Córdova & Paucar, 2014)	road safety indicators, record of road accidents, approach, traffic accidents.
Motion Detection and Analysis Using Artificial Vision	(Sanabria & Archila, 2011)	Image Denoising, Image Processing, Knowledgebased Systems, Motion Analysis, Recognition of Movements, Image Enhancement.
Future Computer Vision Algorithms for Traffic Sign Recognition Systems	(Eickeler, Valdenegro, Werner & Kieninger, 2016)	Symmetry detector, Traffic sign detection, Traffic sign recognition
Embedded System Design for Speed Measurement and Timing of Vehicles	(Yong, Yu, Jie & Wei, 2012)	Speed Measurement, timing, embedded system

Nota: En la tabla 4 se puede observar las investigaciones que se han seleccionado como grupo de control.

Construcción de la cadena de búsqueda

Con las palabras clave que fueron obtenidas de los artículos científicos del grupo de control se conformó la cadena de búsqueda siguiente:

((“TRAFFIC ACCIDENTS”) AND (“MOTOR VEHICLES”) AND (“IMAGE PROCESSING” OR “KNOWLEDGE BASED SYSTEMS”) AND (“TRAFFIC SIGN DETECTION” OR “TRAFFIC SIGN RECOGNITION”) AND (“SPEED MEASUREMENT”))

Proceso de Selección de Estudios Primarios y Extracción de Datos

A partir de la conformación de la cadena de búsqueda se obtuvo 128 estudios en la base digital SpringerLink. Para estudiar la factibilidad del objetivo principal de la búsqueda fueron aplicados filtros en los estudios obtenidos en SpringerLink. Los filtros aplicados corresponden a los criterios de inclusión y exclusión antes establecidos en el primer punto de esta sección.

Como resultado de esta actividad, se obtuvo 11 estudios, denominados estudios primarios. Con el propósito de establecer el estado del arte, la información más relevante para la investigación contenida en los estudios primarios fue extraída.

Con el objetivo de delimitar el contexto de las investigaciones, se han definido las siguientes preguntas que serán parte importante, en la evaluación de los resultados obtenidos.

PL_1: ¿Qué herramientas y técnicas son útiles para el procesamiento de imágenes?

PL_2: ¿Qué procesos de inteligencia artificial pueden ser usados para la base de conocimiento?

PL_3: ¿Cuál es la API requerida para la medición de velocidad?

Elaboración Del Estado Del Arte

EP1 (Yang, Luo, Chung & Yang, 2019): Simplified Neural Networks with Smart Detection for Road Traffic Sign Recognition

En este documento se presenta un estudio de los sistemas avanzados de asistencia al conductor, los cuales tiene por objetivo mejorar la seguridad del mismo y se han ido implementando ampliamente en los últimos años.

Se propuso elaborar un sistema de asistencia neuronal de bajo cálculo para el reconocimiento de señales de tránsito.

Primero, propone algoritmos de detección basados en formas para detectar las regiones, que son con señales de tránsito circulares y triangulares en las regiones de interés designadas.

Para la clasificación de las regiones detectadas, sugiere una red neuronal convolucional para lograr aproximadamente un 5% de mejora en la precisión del primer lugar en comparación con el modelo LeNet en el conjunto de datos de referencia de reconocimiento de señales de tránsito alemán.

También establece una base de datos de señales de tránsito de Taiwán para capacitar a la red neuronal. Los resultados de la simulación en los videos de conducción de auto-recolección demuestran que el sistema de reconocimiento de señales de tránsito propuesto, alcanza por encima del 97% de tasa de reconocimiento y puede ser adoptado efectivamente en las aplicaciones ADAS (Advanced Driver Assistance Systems).

EP2 (Aghdam & Heravi, 2017): Traffic Sign Detection and Recognition

Este estudio presenta una perspectiva sobre los accidentes de tránsito, relacionada a la inobservancia de las señales de manera involuntaria, haciendo que el conductor no se percate del riesgo que corre al no saber los cambios que se aproximan en la vía.

Los conductores inexpertos y los conductores mayores (edad avanzada) corren mayor riesgo de experimentar un accidente por la inobservancia involuntaria de las señales de tránsito, especialmente en carreteras desconocidas, en las cuales se desconoce el trayecto establecido.

Se hace alusión a las altas cifras de accidentes de tránsito alrededor de mundo y la presencia humana en estos siniestros. Un estudio muestra que el error humano representa únicamente el 57% de todos los accidentes y es un factor contribuyente en más del 90% de los accidentes.

Además, los autos que se manejan solos se usarán comúnmente en un futuro cercano. También deben cumplir con las reglas de la carretera para no poner en peligro a otros usuarios de la carretera.

Del mismo modo, los autos inteligentes intentan ayudar a los conductores humanos y hacen que la conducción sea más segura y cómoda. El sistema Advanced Driver Assistant System (ADAS) es un componente crucial en estos autos. Una de las tareas principales de este módulo es reconocer las señales de tránsito. Esto ayuda a un conductor humano a ser consciente de todas las señales de tránsito y tener una experiencia de conducción más segura.

EP3 (Martín, González, Villarrubia & De Paz, 2017): Intelligent Transport System Through the Recognition of Elements in the Environment

En este trabajo se realizó un estudio de las principales técnicas de visión artificial, aprendizaje automático y aprendizaje supervisado aplicadas en vehículos autónomos, para que reconozcan el camino y no lo abandonen. Este trabajo presenta la viabilidad de las diferentes técnicas de aprendizaje automático para su aplicación en el problema de la conducción autónoma.

Para ello, un prototipo robótico de automóvil ha sido construido y se ha desarrollado un algoritmo basado en el algoritmo de la Red Neural Artificial (ANN) y una aplicación de usuario que permite realizar todos los análisis integrados y observar en tiempo real la vista del vehículo y el procesamiento de las diferentes instantáneas.

También se ha demostrado que la aplicación del algoritmo establecido, las diversas técnicas de procesamiento y la visión artificial fueron suficientes para que el robot pudiera conducir con precisión y continuar la pista de una carretera en un entorno controlado.

EP4 (Rieken, Reschka & Maurer, 2015): Development Process of Forward Collision Prevention Systems

En este estudio analizan los sistemas apropiados de advertencia y prevención de colisiones, que son de gran importancia para aumentar la seguridad del tránsito. Estos sistemas, llamados FVCX, difieren en la forma en que afectan todo el sistema conductor-vehículo-entorno como la mitigación de colisión frontal, la advertencia de colisión frontal y los sistemas de prevención de colisión frontal.

Una definición más específica de los sistemas FVCX se obtiene al distinguirlos de otros sistemas relacionados, como el control de crucero adaptativo y los sistemas de seguridad peatonal, que también pueden tener un impacto en las colisiones delanteras.

Todavía hay limitaciones de los sistemas de percepción de vanguardia en comparación con los conductores humanos atentos que deben tenerse en cuenta al diseñar funciones FVCX.

EP5 (Chaim, Amit & Daphna, 2016): A Cheap System for Vehicle Speed Detection

En este estudio se describe un sistema de detección de velocidad que se basa en equipos simples y cotidianos: una computadora portátil y una cámara web de consumo.

Se basa en el seguimiento de las matrículas de los automóviles, lo que proporciona el movimiento relativo de los automóviles en la imagen.

Este desplazamiento de la imagen se traduce en movimiento real utilizando el método de proyección a un plano de referencia, donde el plano de referencia es la propia carretera. Sin embargo, dado que las placas de matrícula no tocan el camino, se debe compensar la distorsión relacionada con la medición de velocidad.

Se muestra cómo calcular el factor de compensación utilizando el conocimiento de las dimensiones estándar de la placa. Se asegura que el sistema calcula la velocidad real de los vehículos en movimiento de forma rápida y precisa.

Finalmente, se muestran resultados prometedores en videos obtenidos en varias escenas y con diferentes modelos de automóviles.

EP6 (Nursabilillah, Sobran & Azalia, 2013): Individual Processing Speed Analysis for Traffic Sign Detection and Recognition

En esta investigación los autores afirman que, la detección y el reconocimiento de señales de tránsito se han convertido en un tema muy frecuente, puesto que impulsa a mejorar la seguridad vial y alerta a los conductores con información de precaución. Se informa también sobre el tiempo de procesamiento de la detección de color individual y reconocimiento de la señal de tránsito de oclusión parcial que tiene previamente implementado usando HSV y relación de color RGB y método ANN y PCA respectivamente para detección y reconocimiento.

Como experimentación, se han creado un conjunto de datos para el proceso de detección y clasificación de señales y se han utilizado tres tipos estándar de imágenes que contienen signos rojos, azules y amarillos, se analizan la velocidad de procesamiento del sistema de detección de color individual y clasificación respectivamente usando rojo, verde y azul (RGB) y segmentación de color de tono, técnicas de saturación y valor (HSV), alimentación supervisada de red neuronal artificial y análisis de componentes principales (PCA). El resultado experimental mostró que la red neuronal de alimentación supervisada ha alcanzado casi 1 segundo en reconocer imágenes de señales de tránsito en lugar de analizar las componentes principales con solo 0.0238s.

En resumen, el análisis de velocidad de rendimiento de la señal de se evalúa en base a cinco sistemas de rendimiento: tiempo de detección en color HSV y RGB, tiempo de procesamiento utilizando ANN y PCA, porcentaje de precisión para el proceso de detección y reconocimiento y resúmenes del desempeño de las ocurrencias. Sin embargo, el tiempo de procesamiento de las imágenes involucradas con la oclusión son

muy difíciles de alcanzar para las tasas de procesamiento de detección debido a que las imágenes se ven afectadas por cambios de iluminación.

EP7 (Ilya, Sergey & Demitri, 2019): Traffic Sign Recognition on Video Sequence Using Deep Neural Networks and Matching Algorithm

El documento analiza conjuntos de datos que contienen imágenes con señales de tránsito etiquetadas, así como enfoques modernos para su detección y clasificación en imágenes de escenas urbanas, para lo cual se estudiaron la detección y clasificación simultánea de objetos incluyendo Faster R-CNN, Mask R-CNN, Cascade R-CNN, RetinaNet. Para aumentar la eficiencia de la red neuronal reconocimiento de objetos en una secuencia de video, Seq-BBox Matching

Se utiliza el algoritmo. Capacitación y prueba del enfoque propuesto. se llevó a cabo en el conjunto de datos de señales de tránsito de Rusia y IceVision

EP8 (Changzhen, Cong, Weixin, Yanmei, 2016) A Traffic Sign Detection Algorithm Based on Deep Convolutional Neural Network.

Este artículo ha presentado un algoritmo de detección de señales de tráfico chino basado en una red neuronal convolucional profunda que utiliza una red de propuesta de región en Faster R-CNN. El método puede detectar las siete categorías principales de señales de tráfico chinas. El modelo entrenado se puede utilizar para capturar la señal de tráfico en los videos o imágenes de la web y generar un conjunto de datos completo sobre señales de tráfico a través de un simple pos procesamiento, por lo tanto, este método es de gran importancia en términos de recopilación de datos de señales de tráfico.

EP9 (Gomez, Bromberg, 2014) Design and evaluation of a traffic sign recognition system based on support vector machines

El objetivo de esta investigación es desarrollar una aplicación de visión artificial robusto para reconocer señales de tránsito reguladoras instaladas verticalmente en carretas Colombianas, la misma que podría proveer actualizaciones e información precisa, ventajas que no siempre están presentes en sistemas basados en GPS o más digitales, para lo cual se han enumerado 47 categorías de señales de tránsito, organizadas estratégicamente por clases para ser entrenadas cada conjunto para poder ser un sistema robusto. Se utiliza SVM (Suport Vector Mchines) como clasificador para hacer patrones de reconocimiento con algoritmos de Machine Learning. Cada SVM fue entrenado y probado usando datos de intensidad bruta de las imágenes sintéticas oficiales donde los colores del modelo se transforman a escala de grises.

Luego que el modelo del clasificador inicial es seleccionado es entrenado con cada uno de los modelos del dataset seleccionado dando una salida binaria que refleja la etiqueta de cada clase enviada.

Usando el error reportado en el entrenamiento los parámetros son ajustados antes que el sistema logre buena capacidad de generalización

El diseño de la aplicación en comparación con otros enfoques que logran clasificadores robustos mediante el uso de características y momentos invariables calculados a partir de la imagen de entrada, este enfoque alivia la carga computacional durante la operación, ya que solo requiere la capacidad de imágenes de entrada sin procesarla.

EP10 (Kulkarni, Dhavalikar, 2018) Traffic Light Detection and Recognition for Self Driving Cars using Deep Learning

En documento luego del análisis de los últimos años, de varias empresas tecnológicas y universidades que han mostrado interés en los vehículos autónomos y han invertido recursos técnicos financieros para su investigación y desarrollo. La combinación de señales de tránsito determina un lenguaje visual que forma un conjunto de reglas cuya interpretación ayuda a la conducción disciplinada. En el campo de la conducción autónoma, la percepción de la disciplina del tránsito tiene un alto potencial industrial. El sistema de visión ayuda a analizar la situación actual del tráfico en la carretera, el peligro y las dificultades cerca del vehículo, les advierte y les ayuda para una navegación segura, conveniente y saludable al proporcionar información útil.

En el método basado en el procesamiento de imágenes, se realiza una cantidad única o múltiple de acciones u operaciones en la imagen para lograr un resultado particular.

Para lograr el objetivo propuesto se recolectaron imágenes de semáforos, que fueron pre procesadas para generar el dataset, se entrenó la CNN para la detección y reconocimiento de semáforos y mediante los resultados experimentales se validó el modelo. Se utilizó una cámara de 16 Megapíxeles que soporta una resolución de 4616 x 3464 píxel en imágenes y en video 1920 X 1080 píxeles por frame con un total de 1237 frames.

EP11 (Reiken, Reschka, Maurer, 2015) Development Process of Forward Collision Prevention Systems)

Una parte significativa de esta investigación son las colisiones frontales de los accidentes de tránsito. Se esboza el estado del arte en los sistemas FVCX, destacando ejemplos realizados de sistemas FVCX de diferentes fabricantes de automóviles. Recomiendan un proceso de diseño sistemático para los sistemas de asistencia al conductor. En resumen, los autores afirman que las colisiones de vehículos delanteros son responsables de un porcentaje importante de accidentes de tráfico pesado y en tal caso, los sistemas adecuados de advertencia e intervención aumentan la seguridad del tráfico. Se clasificaron como sistemas de acondicionamiento, advertencia, mitigación y evitación. Se recomienda un enfoque de desinfección sistemática para el desarrollo de sistemas FVCX. Ya en las primeras fases de concepción, se deben considerar aspectos de seguridad funcional, aspectos legales, ergonomía del sistema y marketing. Solo con una definición de función coherente, el desarrollo posterior es razonable.

Resultados del estado del arte

De la información obtenida se puede responder las preguntas de investigación propuestas que servirá para el análisis de resultados. Los datos se muestran en la siguiente tabla 5 con las siguientes abreviaturas:

OH: otras herramientas,

PI_1: Pregunta de investigación 1

PI_2: Pregunta de Investigación 2

PI_3_ Pregunta de Investigación 3

Tabla 5*Preguntas de Investigación del estado del arte*

	Tema	OH	PI_1	PI_2	PI_3
EP1	Simplified Neural Networks with Smart Detection for Road Traffic Sign Recognition	visual studio 2012, OpenCV 2.4.9, NVIDIA DIGITS	clasificador svc (librería de python),	Red Neuronal Convolucional	No aplica
EP2	Traffic Sign Detection and Recognition	ADAS	Filtrado de imágenes	Redes Neuronales ConvNet	ADAS
EP3	Intelligent Transport System Through the Recognition of Elements in the Environment	Raspberry PI, Arduino, RPI.GPIO Prototipos de robots	Procesamiento interno de imágenes	Sistemas Reactivos	No aplica
EP4	Aplicación de TensorFlow en deeplearning	PyCharm INSIA	Python TensorFlow, Filtrado, escala de grises, reducción de ruidos	Redes neuronales artificiales	No aplica
EP5	A Cheap System for Vehicle Speed Detection	Cámara de bajo costo Laptop	Segmentación, desplazamiento, Homografía de calibración 2D	Razonamiento basado en casos	No aplica
EP6	Individual Processing Speed Analysis for Traffic Sign Detection and Recognition	Matlab R2012	Procesamiento del color, Segmentación saturación y valor	Red neuronal Analisis de components principales	No aplica

	Tema	OH	PI_1	PI_2	PI_3
EP7	Traffic Sign Recognition on Video Sequence Using Deep Neural Networks and Matching Algorithm	Python 3.7, PyTorch, NVidia CUDA	Preprocesamiento interno, librería PyTorch	Red neuronal convolucional, Faster, Mask, Cascade	No Aplica
EP8	A Traffic Sign Detection Algorithm Based on Deep Convolutional Neural Network	NVIDIA GTX980Ti GPU(6GB memory)	Preprocesamiento interno	Red neuronal Convolucional Faster	No Aplica
EP9	Design and evaluation of a traffic sign recognition system based on support vector machines	Matlab	Transformación a escala de grises	SVM Support Vector Machine	No Aplica
EP10	Traffic Light Detection and Recognition for Self Driving Cars using Deep Learning		Tensor Flow	RCNN	ADAS
EP11	Development Process of Forward Collision Prevention Systems	Análisis de procesos	No Aplica	No Aplica	ADAS

Nota: En la tabla 5, se muestra el resumen de artículos científicos investigados, en relación a las preguntas de investigación formuladas anteriormente.

Evaluación de resultados del estado del arte

Con la información obtenida anteriormente se puede resolver las interrogantes que permitirán evaluar correctamente los resultados obtenidos, estas son:

PI_1 ¿Qué herramientas y técnicas son útiles para el procesamiento de imágenes?

Según la tabla 5 se puede observar que, en 3 de los 11 artículos investigados, se refieren al preprocesamiento interno del software correspondiente al hardware utilizado como cámaras, Raspberry Pi, ADAS (Advanced Driver Assistance System), entre otros en el resto de artículos se puede observar que especifican el procesamiento de imágenes que va desde el filtrado, segmentación, deformación de color, escala de grises inclusive el desplazamiento por pixel de la misma imagen. Las librerías de Python como Pytorch, TensorFlow, incluyen este procesamiento a través de sus librerías de modelos de red neuronal.

Es decir, Python y sus librerías de IA permiten optimizar el trabajo y es una de las mejores herramientas de desarrollo actuales para aplicaciones de inteligencia artificial que incluye el procesamiento de imágenes

PI_2 ¿Qué procesos de inteligencia artificial pueden ser usados para la base de conocimiento?

Los procesos de inteligencia artificial están definidos en los artículos como redes neuronales convoluciones, como Faster, Mask Cascade, se utiliza también SVM (Support Vector Machine) Razonamiento basado en casos realizado por los autores de la investigación EP5, sistemas reactivos cuando se habla de ADAS.

De acuerdo a los buenos resultados obtenidos en estas investigaciones en el presente proyecto se utiliza R – CNN (Redes Neuronales Convolucionales).

PI_3 ¿Cuál es la API requerida para la medición de velocidad?

En este caso la mayoría de investigaciones no se utiliza algún medidor de velocidad a no ser ADAS, que contiene dentro de sus funcionalidades la detección de velocidad, puesto que no es necesario para el objetivo de la investigación.

Para el objetivo del presente proyecto, se ha decidido utilizar el Api de Google, el velocímetro denominado "Speedometer", que detecta la velocidad de un vehículo en movimiento y que al ser de software libre permite la adaptación de su código para los fines pertinentes,

Características rescatadas del Estado del Arte

Los elementos que más se han encontrado en la literatura son los relacionados con la conducción, los componentes con los que puede contar un vehículo para incrementar su seguridad en las vías, la adecuada señalización en las carreteras, y todo esto sumado a la pericia del conductor y su capacidad para reaccionar ante las señales de tránsito y ser consciente de los peligros que representa no seguirlas.

Se ha encontrado, que existe una extensa variedad de herramientas de desarrollo utilizadas en proyectos y desarrollos de software relacionado con inteligencia artificial, que proporcionan grandes ventajas de acuerdo al enfoque y alcance del proyecto. Tecnologías como Python, PyTorch, OpenCV, Matlab, TensorFlow, Adas entre otros son utilizadas para el tratamiento de algoritmos orientados al entrenamiento de redes neuronales.

La información recopilada en estos documentos, sirve de apoyo y orientación en el desarrollo y entrenamiento de datos para la obtención de un modelo que permita la identificación de las señales de tránsito.

Capítulo III

Desarrollo del sistema

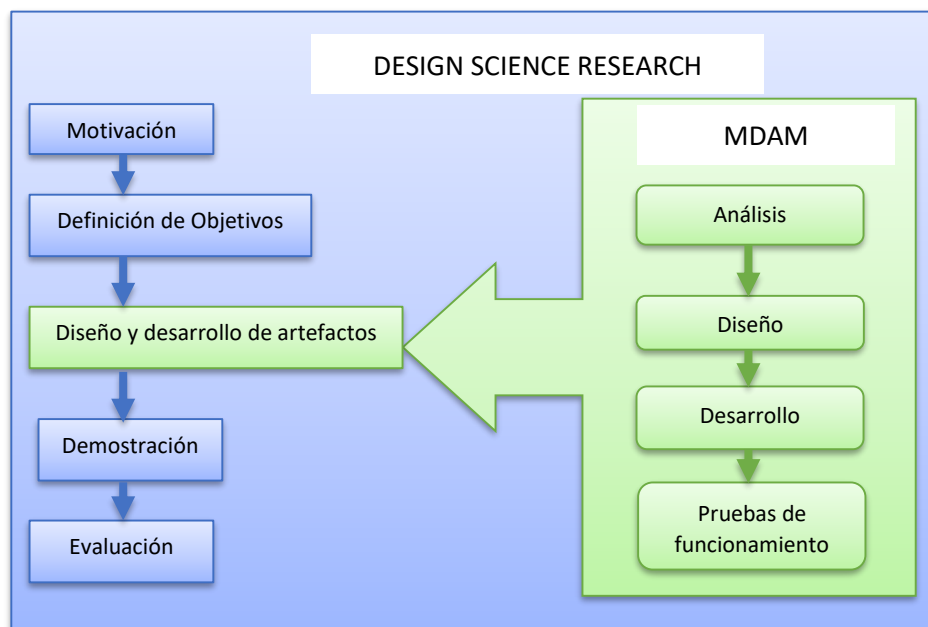
En el presente apartado se detalla el procedimiento seguido para la realización del aplicativo móvil mediante la aplicación de las metodologías de investigación, desarrollo y arquitectura, que permiten abordar los componentes del sistema, seguido del análisis de requerimientos funcional y diseños, además el desarrollo del modelo de visión artificial, y la integración de los componentes para obtener un producto software funcional.

Análisis y aplicación de las metodologías

La metodología Design Science Research abarca la visión general del proyecto desde aquellos aspectos que no son netamente técnicos, sin embargo, para el desarrollo del aplicativo se requiere también de una metodología que abarque los aspectos técnicos del desarrollo, en este caso se aplica también la metodología MDAM.

Figura 13

Metodología DSR y MDAM orientada al proyecto



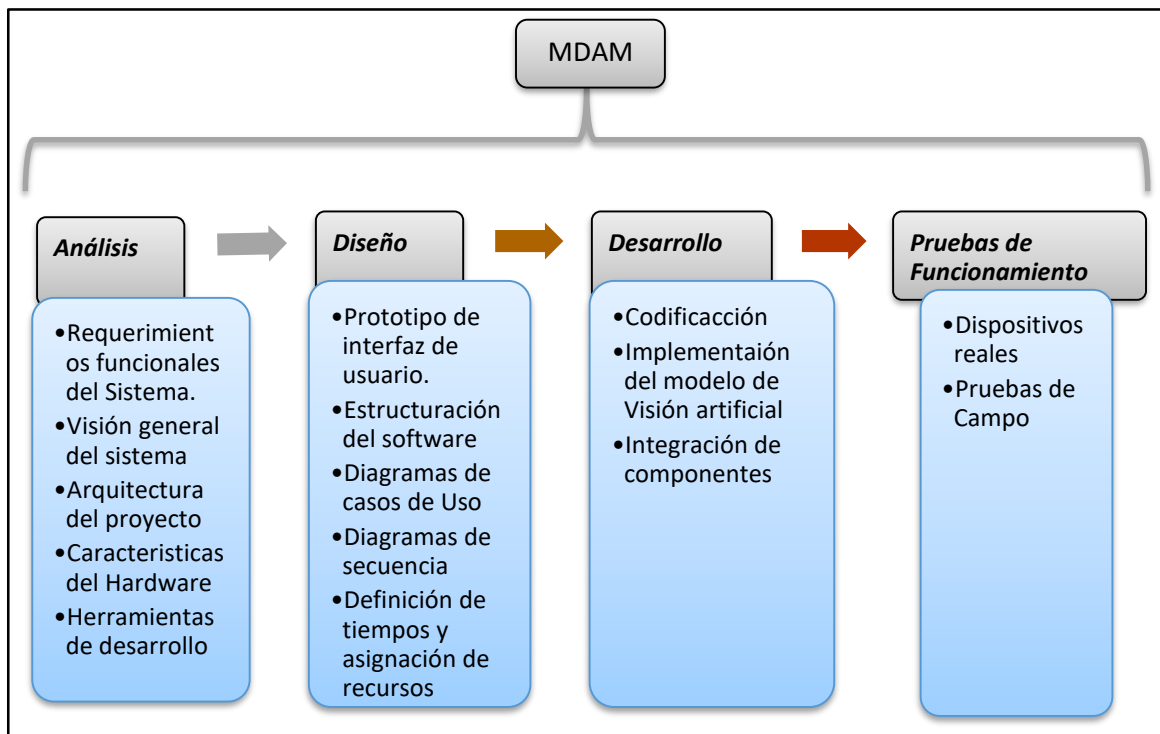
Nota: En la Figura 13 se observa la fusión de las metodologías que será aplicado en el desarrollo del presente proyecto.

Se han seleccionado 4 de las 5 etapas de la metodología MDAM, puesto que la quinta etapa se encuentra vinculada con la parte de “Demostración” de Design Science.

Estas 4 etapas están desarrolladas mediante actividades que se adaptan a la estructura de desarrollo, estas actividades se muestran en la figura 14

Figura 14

Actividades de la metodología MDAM adaptado según las necesidades del proyecto



Nota: La figura 14 muestra las actividades realizadas en cada etapa de la metodología MDAM, adaptado según las necesidades del proyecto.

Análisis del sistema

Con la finalidad de abordar de la mejor manera la funcionalidad completa y correcta del aplicativo que se desarrolló, como parte del Análisis se muestran los siguientes puntos.

- Definiciones y Acrónimos
- Requerimientos funcionales
- Arquitectura del proyecto
- Visión General del sistema
- Características Físicas del Hardware
- Herramientas de desarrollo

Definiciones y Acrónimos

Para facilitar la lectura y escritura de la documentación, sin la necesidad de redundar en varios términos que son nombrados continuamente, se utilizan definiciones y acrónimos.

Tabla 6

Definiciones y acrónimos del sistema

Acrónimo	Definición
SAVM-APP	Sistema de alerta de velocidad con visión artificial
APP	Aplicativo
MVA	Modelo de visión artificial
RFXX	R: Requisito F: Funcional XX: Secuencia de dos dígitos de enumeración
CUXX	C: Caso U: Uso XX: Secuencia de dos dígitos de enumeración

Nota: En la tabla 6, se muestra las abreviaciones y acrónimos utilizados para la documentación general del sistema, los cuales son utilizados durante todo el desarrollo, de aquí en adelante.

Requerimientos Funcionales

En el presente proyecto, los requisitos funcionales de software se presentan mediante una lista, en donde cada ítem se identifica con su acrónimo único y secuencial.

Tabla 7

Requerimientos funcionales

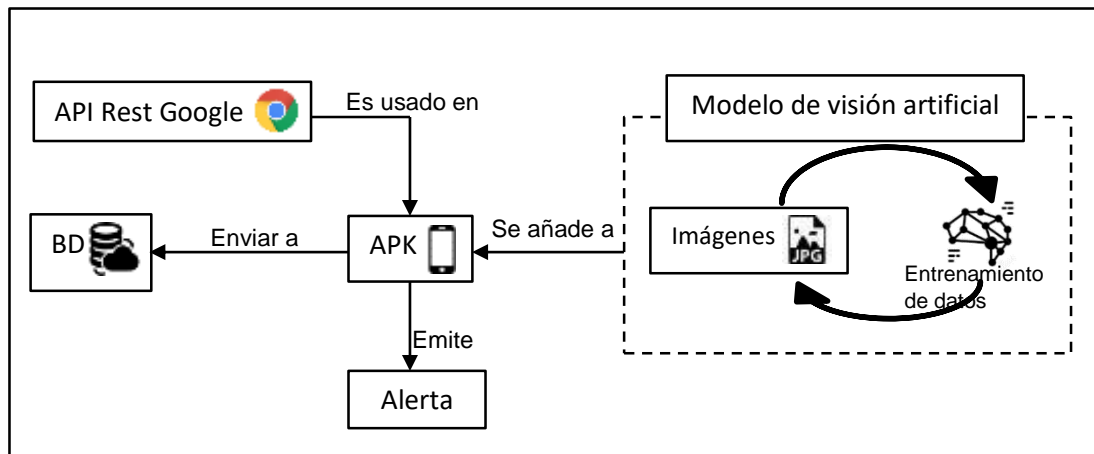
N°	Descripción
RF01	La aplicación encenderá la cámara del dispositivo móvil en el momento que se ejecute la aplicación
RF02	La aplicación permitirá que la cámara del dispositivo tome una foto
RF03	La aplicación activará el velocímetro externo adaptado, permitiendo observar el dato de la velocidad actual.
RF04	La aplicación mostrará el dato del análisis de la fotografía tomada
RF05	La aplicación activará una alerta en el caso de que el dato del velocímetro sea mayor al dato devuelto del análisis de la imagen analizada
RF06	La aplicación guardará en una base de datos, fecha, hora dato del velocímetro y del análisis de la imagen desde el momento en que se ejecuta la aplicación

Nota: En la tabla 7, se describen los requisitos funcionales del sistema.

Arquitectura de desarrollo

Figura 15

Arquitectura general del sistema



Nota: La figura 15 se observa la forma de trabajar en la funcionalidad del sistema y en la integración, sus interfaces y la comunicación entre sus distintos componentes, se muestra en la siguiente esquematización.

Como se puede observar en la figura 15, la integración de los componentes que conforma el aplicativo móvil, dando como resultado la emisión de la alerta que indica que se ha excedido el límite de velocidad. La aplicación además de capturar los datos de los componentes, realiza el envío de datos al repositorio web.

Por un lado, el velocímetro, especificado como el API REST de Google, es adaptado en la aplicación principal, mediante la adaptación y algunas modificaciones de su código, procesos que se realizaron al ser software libre.

El modelo de análisis de visión artificial, debe retornar un número correspondiente a la señal de tránsito identificada mediante la foto que se envía a través de la cámara del dispositivo móvil.

Por último, se identifica una base de datos, en este caso se utiliza Firebase que para el almacenamiento de datos que se envían desde la aplicación.

Visión general del sistema

Desde el punto de vista general se desarrolla un sistema móvil de alerta de velocidad de un automóvil basado en el reconocimiento de señales de tránsito por visión artificial, para lo cual, al ejecutar la aplicación en el teléfono móvil, el teléfono toma una foto, al mismo tiempo se entra en funcionamiento la app Speedometer integrada en la aplicación, el sistema activa una alerta cuando el valor del velocímetro sea menor que el valor obtenido del modelo de visión artificial.

Características físicas del hardware requerido

Las características mínimas generales que debe contener el dispositivo móvil se expresan en la tabla 8:

Tabla 8

Características de hardware

Característica	Detalle
Procesador	Octa Core 1.3 GHZ
Cámara	12Mpx / 720p
Ram	2GB
Versión de Android	8.0.0

Nota: En la tabla 8 se observa las características mínimas del dispositivo móvil para el funcionamiento de la aplicación

Herramientas de Desarrollo

Las herramientas de desarrollo para software basados en inteligencia artificial y visión artificial se seleccionan, de acuerdo a las características del estado del arte los trabajos relacionados, a partir del estado del arte del capítulo anterior y que indican una perspectiva general del alcance de cada herramienta en cada trabajo desarrollado.

De acuerdo a las investigaciones, la mayoría de los sistemas inteligentes se crean utilizando TensorFlow con Python, que son herramientas de software libre o conjunto de herramientas para cualquier persona que desarrolle aprendizaje automático, aprendizaje profundo, procesamiento de lenguaje natural o aplicaciones orientadas a la construcción de modelos de redes neuronales.

Además de estas dos herramientas se utilizan también, Android Studio para la aplicación móvil y FireBase como gestor de base de datos orientado a la web.

Tabla 9

Herramientas tecnológicas de desarrollo

Tecnología	Versión	Características
Android Studio	4.0.1	<ul style="list-style-type: none"> • Es un IDE completo y exclusiva para desarrollo móvil desarrollado como alternativa a Eclipse y está programado en java multiplataforma y de software libre. • Detecta código no compatible entre arquitecturas diferentes, problemas de rendimiento, compatibilidad de versiones y usabilidad. • Vista previa en diferentes resoluciones de dispositivos móviles • Vista previa del editor del diseñador GUI directa en el archivo xml (Android_Developers, 2020)
Python	3.6.8	<ul style="list-style-type: none"> • Python es un lenguaje de programación interpretado, multi paradigma

Tecnología	Versión	Características
		<ul style="list-style-type: none"> • Amplia legibilidad de código conocido como Seudocódigo • Cuenta con iteraciones rápidas de datos que favorecen la concentración en los datos y el desarrollo de algoritmos • Cuenta con varias librerías de data science y matemáticas y machine learning. (Alvarez, 2013)
TensorFlow	1.7.1	<ul style="list-style-type: none"> • Es una herramienta orientada a la construcción de modelos de redes neuronales • es de código abierto y permite el cálculo numérico basándose en gráficos de flujo de datos para un aprendizaje automático mediante un rango de tareas. • Es desarrollada por investigadores de “Google Brain” y facilita la investigación sobre el aprendizaje automático. • Arquitectura flexible que permite asignar cargar datos de computo a uno o más CPUs o GPUs, dispositivo móvil con una API o servidor (Buhigas, 2018)
FireBase		<ul style="list-style-type: none"> • Soporta múltiples plataformas y es de desarrollo gratuito de apps • Base de datos en tiempo real con Nube de almacenamiento extensa. • Persistencia de datos en disco permitiendo la funcionalidad de las aplicaciones inclusive sin conexión a internet (Giraldo, 2019)
DVDVideoSoft	5.0.101	<ul style="list-style-type: none"> • Free Studio es un paquete de <u>aplicaciones</u> desarrollado por DVDVideoSoft Ltda está disponibles en una sola instalación que reúne todos los programas, aunque cada programa puede ser instalado individualmente. • En el presente proyecto se utilizó este paquete para extraer los fotogramas del video realizado para la toma de imágenes desde el vehículo, y la transformación de los fotogramas en imágenes en formato JPG. (Torres, 2015). • DVDVideoSoft permite varias funcionalidades además de las anteriores como la descarga de videos imágenes, conversión de

Tecnología	Versión	Características
archivos entre otros con la facilidad y ventajas de ser un paquete de software libre (Torres, 2015).		

Nota: En la tabla 9, se muestra las características principales de las tecnologías que se utilizan en el presente proyecto.

Diseño

Prototipo inicial de la interfaz gráfica de usuario

Para conocer el diseño definitivo que se obtuvo al final del desarrollo, se partió del diseño de la maquetación de la interfaz gráfica de usuario, en el que se podría observar de forma clara los datos correspondientes al velocímetro, la señal obtenida por el modelo y la señal o alerta respectiva.

Figura 16

Maqueta inicial de la interfaz gráfica de usuario



Nota: La figura 16, muestra el diseño de la interfaz gráfica inicial, mockup realizado en Justmind Prototyper

Estructuración del software

En esta etapa se debe utilizar diagramas de Modelado de Lenguaje Unificado (UML) que permitan conceptualizar los requerimientos funcionales anteriormente planteados.

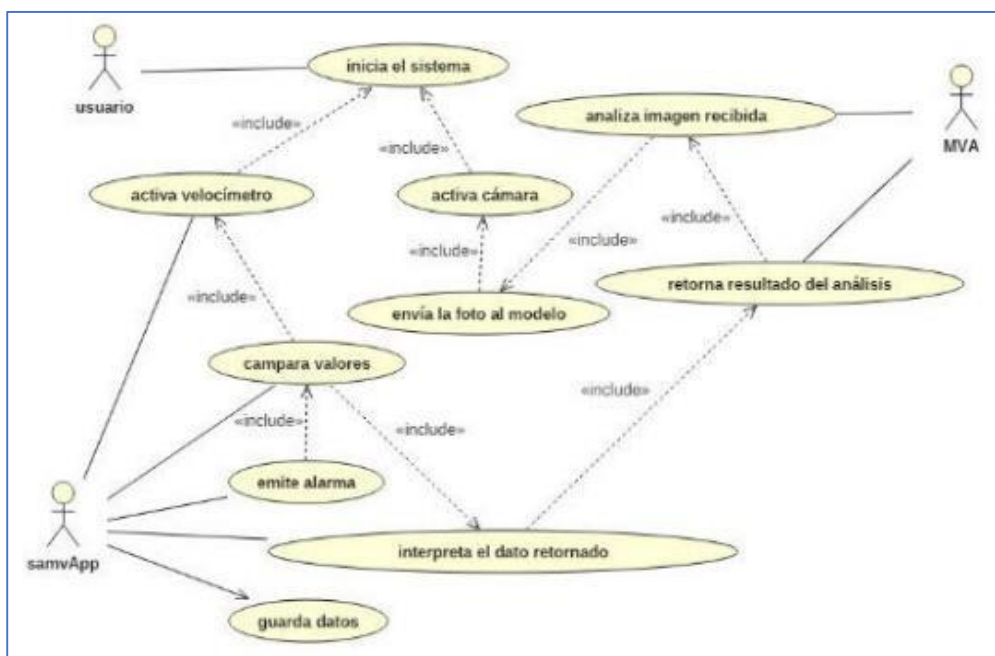
Diagramas de casos de uso

Los diagramas de casos de uso, en cualquier tipo de sistema, representan la forma en que cada usuario interactúan con el sistema, conocidos como actores (Adsus, 2012).

En este caso se decidió considerar a cada componente descrito en la arquitectura de software, como un actor y de esta manera, observar la funcionalidad total del sistema mediante casos de uso.

Figura 17

Diagrama de casos de uso



Nota: En la figura 17, se observan los casos de uso con los tres actores correspondientes a los componentes y uno más, el usuario final.

Formalización de casos de uso

Tabla 10

Formalización de casos de uso

Actor	Caso de uso	Referencia
Usuario	inicia el Sistema	CU01
Samv – app	activa velocímetro	CU02
	activa cámara	CU03
	envía la foto al modelo	CU04
	interpreta el dato retornado por el modelo	CU05
	campara valores	CU06
	emite alerta	CU07
	guarda datos	CU08
MVA	analiza una imagen recibida	CU09
	retorna un resultado del análisis	CU10

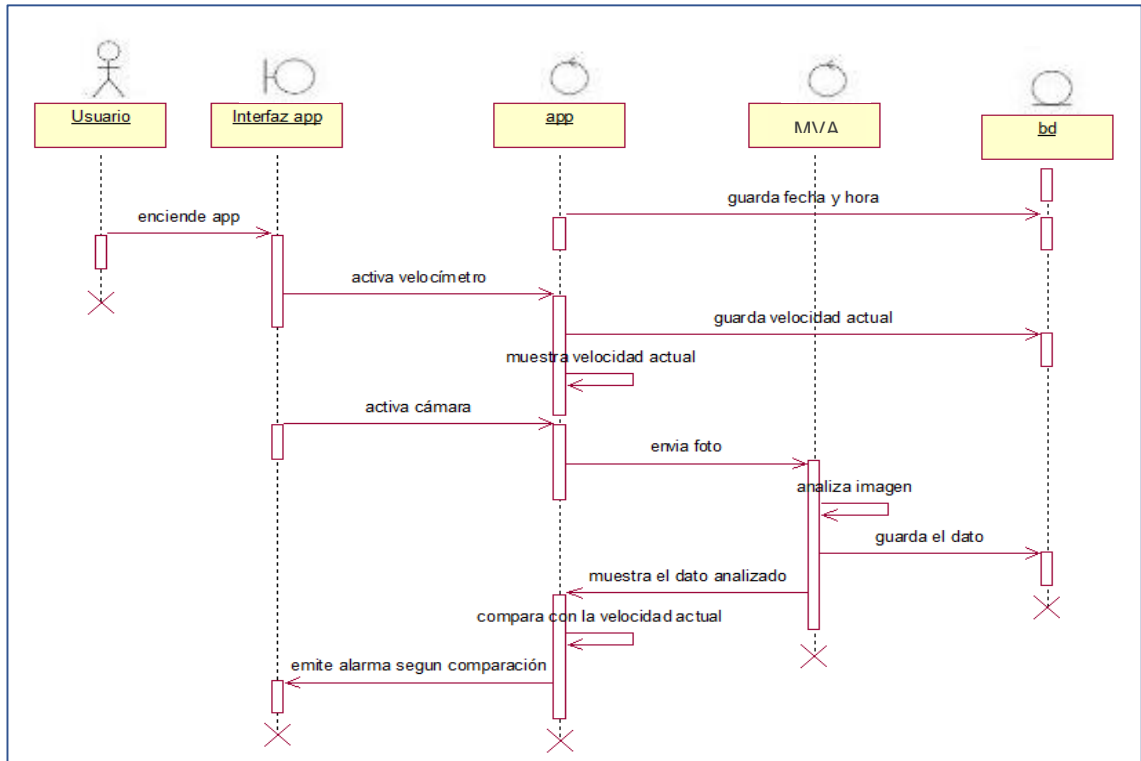
Nota: En la tabla 10, se muestra cada caso de uso con su respectiva referencia.

Diagrama de secuencia

Para complementar el proceso de diseño se realizó el diagrama de secuencia, que permite modelar los comportamientos de cada subsistema o componente (Adsus, 2012), en este caso se coordinó con los casos de usos descritos con la finalidad de formalizar la secuencia con la interactúan los distintos procesos.

Figura 18

Diagrama de secuencia



Nota: La figura 18 se observa el flujo de proceso en el diagrama de secuencia utilizando Rational Rose.

Definición de Tiempos y Asignación de Recursos

Luego del análisis de la arquitectura del sistema y a la implementación de los diagramas UML correspondientes, se han establecido tres componentes distintos. En la siguiente tabla se muestra la asignación de tiempo y recursos en base a componentes

Tabla 11*Definición de tiempos y asignación de recursos*

Componente	Recurso Humano		Ambiente de desarrollo	Tiempo	
	Nombre	Cargo		Tareas	Estimación
Api Rest de Google	Ricardo Herrera	Programador	Software Libre Java	Integración de código	24 h
				Adaptación de funcionalidad	24h
Modelo de Visión Artificial	Ricardo Herrera	Programador	Tensor Flow (Python)	Recolección de imágenes	100h
				Desarrollo de la capa de entrenamiento	50h
				Entrenamiento del modelo	24h
				Pruebas de validación del modelo	24h
Base de datos	Ricardo Herrera	Programador	Firestore	Configuración y conexión	24h
Integración de componentes	Ricardo Herrera	Programador	Android Studio	Integración de componentes	24h
				Comparación de datos (Velocímetro y modelo)	30h

Nota: La tabla 11 muestra la asignación de recursos y el tiempo de dedicación.

Desarrollo

Recolección de imágenes para la formación del dataset

En el tramo seleccionado de la avenida Simón Bolívar, desde el sector del puente de Guajaló hasta la intersección con la avenida Rumiñahui con aproximadamente 15 km se observó cinco tipos diferentes de señaléticas de límites de velocidad estos son: 30 km/h, 60 km/h (solo pesados) 70 km/h, 80 km/h y 90 km/h.

Para objetivos del presente proyecto se tomaron en cuenta las señales para vehículos livianos; las imágenes son fotogramas obtenidas a través de un video tomado del recorrido del tramo fotografías tomadas en las vías rápidas de la ciudad de quito entre ellas, la avenida Simón Bolívar y avenida Rumiñahui.

Figura 19

Fotogramas de señales de tránsito de la Av. Simón Bolívar



Nota: En la figura 19, se puede visualizar en la parte izquierda el ejemplo de la imagen que se desea mostrar y la que en realidad se visualiza en la cámara desde el dispositivo.






A través de estas imágenes se puede constatar que la visibilidad de la señalética de tránsito depende mucho de la condición y las horas del día en el que se toma la imagen, además que existen señales opacadas por rayas y el desgaste.

Procesamiento de imágenes para aprendizaje de máquina.

La dimensión de las imágenes seleccionadas son de 1920 x 1080 píxeles con una profundidad de 96 ppp (puntos por pulgada) los mismos que fueron organizados en carpetas como se indica en la tabla 11

Tabla 12

Formación del dataset

	Cantidad de imágenes de prueba	Total de Fotogramas	Cantidad final utilizada
 30 km_h	300	1052	700
 60 km_h	57	801	700
 70 km_h	340	853	700
 80 km_h	245	830	700
 90 km_h	287	810	700

Nota: En la tabla 12, se observa la cantidad de fotogramas obtenidos para cada uno de los tipos de señales de límite de velocidad de los cuales se seleccionaron aquellas imágenes en las que se identificaban la señal ya sean, borrosas o no, puesto que se capturaron imágenes que no mostraban nada de la señal seleccionada.

Este grupo de imágenes conformaron el primer entrenamiento de la red neuronal, y de acuerdo a los resultados obtenidos finalmente se añadieron más

imágenes claras que permitieran obtener una mejor predicción. La cantidad de imágenes finalmente fueron 700 para cada una de las señales

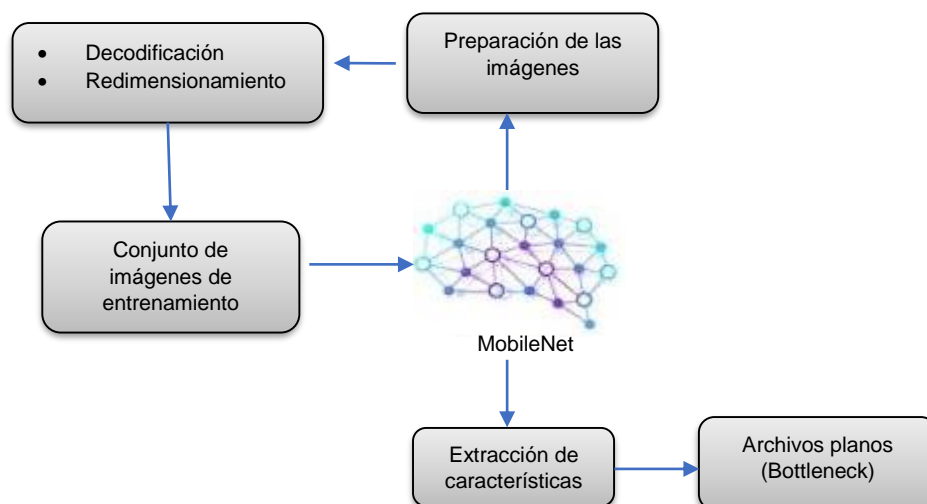
MobileNet

MobileNet es un modelo pre entrenado y optimizado para dispositivos móviles y que es parte de la biblioteca de TensorFlow, este modelo de visión artificial es capaz de distinguir entre 1000 clases de objetos diferentes. (Rodriguez, 2017), el cual fue utilizado para la predicción de las señales de tránsito.

Luego de importar y cargar el modelo MobileNet, este se encarga del procesamiento de las imágenes de entrenamiento que consiste en obtener una imagen en escala de grises es decir en formato unit8 y redimensionarlos respectivamente, para que puedan ser enviados al grafo de operaciones computacionales, en donde se extraerá las características de las imágenes.

Figura 20

Preparación del modelo en MobileNet



Nota: En la figura 20 se visualiza una aproximación de como MobileNet funciona internamente desde la toma de imágenes hasta la obtención de archivos planos.

Los archivos planos o también llamados Bottleneck son matrices de características de las imágenes vectoriales con peso y sesgo, los valores mayores a uno son los más importantes puesto que enmarcan la intensidad de los pixeles de cada imagen.






Desarrollo de la capa de entrenamiento

En esta etapa se definen distintas operaciones para contener los archivos bottleneck, es decir una variable de entrada de tipo bottleneck que al ser inicializada utiliza la media de los datos del tensor bottleneck y valores aleatorios mayores a 0, estos valores se denominan valores de predicción sin procesar.

Estos valores se envían a las funciones estándar de MobileNet SoftMax que permite asignar porcentajes de probabilidad de las etiquetas del tipo de señal, y Argmax da como resultado una matriz de porcentajes de probabilidad, la etiqueta con el porcentaje más alto se considera como la predicción más acertada.

Tabla 13

Proceso de predicción de las señales de tránsito

Vector de etiquetas	Datos sin procesar	Softmax	Argmax
	0.2	23.69	30 / treinta
	0.7	31.98	60 / sesenta
	0.4	19.40	70 / setenta
	0.4	31.98	80 / ochenta
	0.2	24.91	90 / noventa

Nota: En la tabla 13 se observa el proceso de predicción de las señales de tránsito.

Entrenamiento de la red Neuronal

Como parte de la instalación de paquetes de la MobileNet se ejecuta el siguiente comando:

```
"tensorboard --logdir tf_files/training_summaries &"
```

que permite generar TensorBoard en el cual se puede observar el entrenamiento de la red neuronal al ejecutarse en el navegador.

Figura 21

Generación de TensorBoard

```

RHR@DellRH MINGW64 /d/proyecto/tensorflow-for-poets-2 (end_of_first_codelab)
$ tensorboard --logdir tf_files/training_summaries &
[1] 3340

RHR@DellRH MINGW64 /d/proyecto/tensorflow-for-poets-2 (end_of_first_codelab)
c:\program files\python36\lib\site-packages\tensorflow\python\framework\dtypes.py:517: FutureWarning: Passing (type, 1) or 'ltype' as a synonym of type is deprecated; in a future version of numpy, it will be understood as (type, (1,)) / '(1,)type'.
  _np_int8 = np.dtype(['<int8', np.int8, 1])
c:\program files\python36\lib\site-packages\tensorflow\python\framework\dtypes.py:518: FutureWarning: Passing (type, 1) or 'ltype' as a synonym of type is deprecated; in a future version of numpy, it will be understood as (type, (1,)) / '(1,)type'.
  _np_quint8 = np.dtype(['<quint8', np.uint8, 1])
c:\program files\python36\lib\site-packages\tensorflow\python\framework\dtypes.py:519: FutureWarning: Passing (type, 1) or 'ltype' as a synonym of type is deprecated; in a future version of numpy, it will be understood as (type, (1,)) / '(1,)type'.
  _np_int16 = np.dtype(['<int16', np.int16, 1])
c:\program files\python36\lib\site-packages\tensorflow\python\framework\dtypes.py:520: FutureWarning: Passing (type, 1) or 'ltype' as a synonym of type is deprecated; in a future version of numpy, it will be understood as (type, (1,)) / '(1,)type'.
  _np_quint16 = np.dtype(['<quint16', np.uint16, 1])
c:\program files\python36\lib\site-packages\tensorflow\python\framework\dtypes.py:521: FutureWarning: Passing (type, 1) or 'ltype' as a synonym of type is deprecated; in a future version of numpy, it will be understood as (type, (1,)) / '(1,)type'.
  _np_int32 = np.dtype(['<int32', np.int32, 1])
c:\program files\python36\lib\site-packages\tensorflow\python\framework\dtypes.py:526: FutureWarning: Passing (type, 1) or 'ltype' as a synonym of type is deprecated; in a future version of numpy, it will be understood as (type, (1,)) / '(1,)type'.
  np_resource = np.dtype(['<resource', np.ubyte, 1])
TensorBoard 1.7.0 at http://DellRH:6006 (Press CTRL+C to quit)
$ |

```

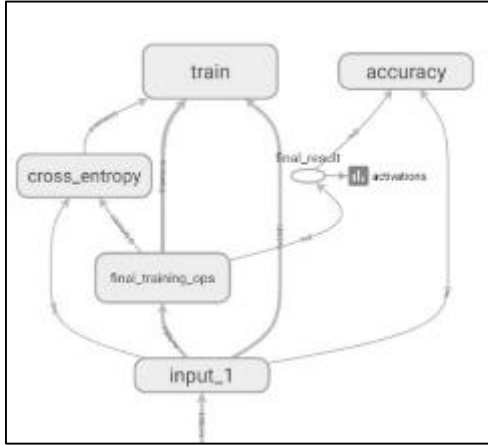
Nota: En la figura 21 se visualiza la salida del código que se genera con TensorBoard.

La url ejecutada es la siguiente:

```
"http://DellRH:6006"
```

Figura 22

Diagrama de entrenamiento de TensorBoard

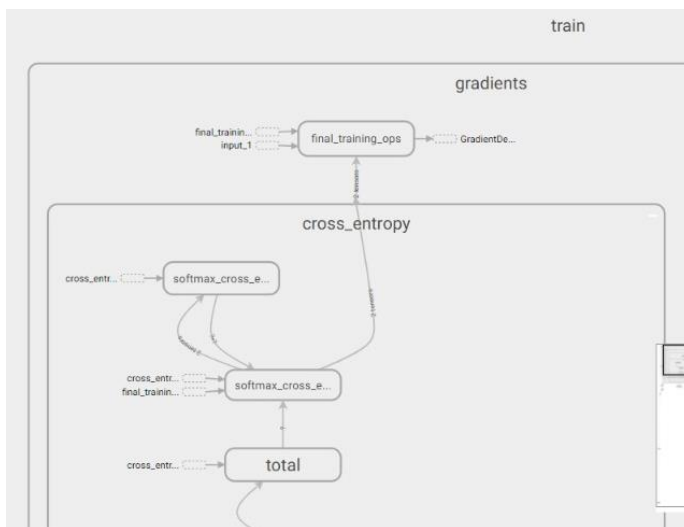


Nota: La figura 22, muestra el entrenamiento de la red en TensorBoard, train accuracy, el cual ha recibido alrededor de 700 imágenes para obtener una precisión más acertada con ejemplos clasificados y etiquetados.

La figura 23 muestra *cross_entropy* que contiene internamente las funciones de softmax y argmax.

Figura 23

Etapa cross_entropy del diagrama de entrenamiento



Nota: La figura 23 muestra esquema de las funciones de MobileNet. Tomado de TensorBoard

Finalmente, la precisión alcanzada fue del 100 % de clasificaciones acertadas.

Figura 24

Salida de la fase de entrenamiento

```

MINGW64/d/proyecto/tensorflow-for-poets-2
See tf.nn.softmax_cross_entropy_with_logits_v2.
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:17.172588: Step 0: Train accuracy = 52.0%
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:17.172588: Step 0: Cross entropy = 1.009034
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:17.528253: Step 0: Validation accuracy = 49.0% (N=100)
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:18.880839: Step 10: Train accuracy = 99.0%
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:18.880839: Step 10: Cross entropy = 0.126079
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:18.975749: Step 10: Validation accuracy = 81.0% (N=100)
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:19.997770: Step 20: Train accuracy = 100.0%
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:19.997770: Step 20: Cross entropy = 0.000016
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:20.090683: Step 20: Validation accuracy = 100.0% (N=100)
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:21.089753: Step 30: Train accuracy = 100.0%
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:21.089753: Step 30: Cross entropy = 0.000417
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:21.192656: Step 30: Validation accuracy = 100.0% (N=100)
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:22.206784: Step 40: Train accuracy = 100.0%
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:22.206784: Step 40: Cross entropy = 0.000001
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:22.308690: Step 40: Validation accuracy = 100.0% (N=100)
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:23.316505: Step 50: Train accuracy = 100.0%
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:23.317503: Step 50: Cross entropy = 0.000065
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:23.422413: Step 50: Validation accuracy = 100.0% (N=100)
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:24.453352: Step 60: Train accuracy = 100.0%
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:24.453352: Step 60: Cross entropy = 0.000088
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:24.560630: Step 60: Validation accuracy = 100.0% (N=100)
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:25.569681: Step 70: Train accuracy = 100.0%
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:25.569681: Step 70: Cross entropy = 0.000027
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:25.671593: Step 70: Validation accuracy = 100.0% (N=100)
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:26.663353: Step 80: Train accuracy = 100.0%
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:26.663353: Step 80: Cross entropy = 0.000131
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:26.764260: Step 80: Validation accuracy = 100.0% (N=100)
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:27.761352: Step 90: Train accuracy = 100.0%
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:27.761352: Step 90: Cross entropy = 0.000036
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:27.868251: Step 90: Validation accuracy = 100.0% (N=100)
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:28.861248: Step 100: Train accuracy = 100.0%
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:28.861248: Step 100: Cross entropy = 0.000036
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:28.966153: Step 100: Validation accuracy = 100.0% (N=100)
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:29.986749: Step 110: Train accuracy = 100.0%
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:29.986749: Step 110: Cross entropy = 0.000081
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:30.089654: Step 110: Validation accuracy = 100.0% (N=100)
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:31.072179: Step 120: Train accuracy = 100.0%
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:31.072179: Step 120: Cross entropy = 0.000189
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:31.185074: Step 120: Validation accuracy = 100.0% (N=100)
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:32.163050: Step 130: Train accuracy = 100.0%
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:32.163050: Step 130: Cross entropy = 0.000090
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:32.265962: Step 130: Validation accuracy = 100.0% (N=100)
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:33.276813: Step 140: Train accuracy = 100.0%
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:33.276813: Step 140: Cross entropy = 0.000124
INFO:tensorflow:2020-09-02 12:54:33.377114: Step 140: Validation accuracy = 100.0% (N=100)

```

Nota: En la figura 24, se muestra la salida obtenida del entrenamiento de la red neuronal.

Pruebas del modelo entrenado obtenido.

Para realizar las pruebas respectivas se cada imagen se utiliza el siguiente comando:

```
python -m scripts.label_image --graph=tf_files/retrained_graph.pb --
image=pruebas/imagenprueba1.jpg
```

Tabla 14

Resultados obtenidos de las pruebas realizadas

Señal de Tránsito	Acierto
30	99.5 %
70	99.01 %
80	98.15 %
90	99.20 %

Nota: En la tabla 14 se muestra los resultados obtenidos de cada prueba

Se debe tomar en cuenta que los datos pueden variar de acuerdo a la cantidad de datos de entrenamiento, es decir a mayor cantidad imágenes la predicción será más acertada.

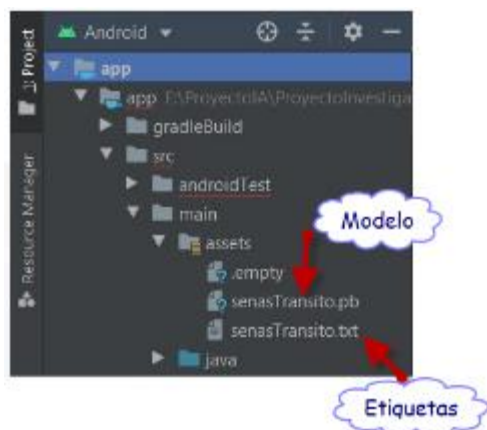
Integración de componentes

En esta sección se muestra de forma general la integración de cada componente a través de la creación de un proyecto en Android Studio.

Integración de la red neuronal artificial.

Figura 25

Integración del modelo en la aplicación



Nota: La figura 25, muestra la integración del modelo de red neuronal ubicado en la carpeta Assets del proyecto de Android.

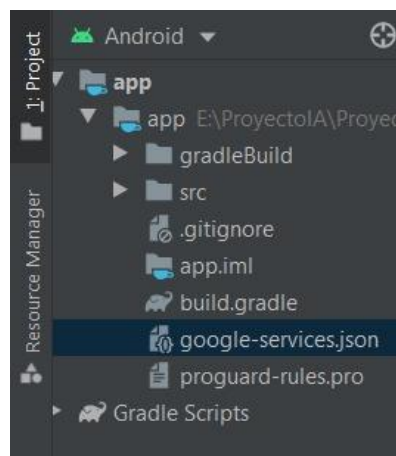
Este modelo será llamado en la clase de integración ClassifierActivity.

Integración del API Rest de Google. En esta parte se utilizó Speedometer cuyo código puede ser implantado fácilmente, puesto que es de software libre la clase se denomina CLocation.java, esta clase contiene las funciones que permiten obtener unidades medida, distancia hacia algún punto, altitud, velocidad, precisión, latitud y longitud.

Integración de base de datos. En este caso Firebase proporciona el enlace de conexión que debe ser configurado en el archivo principal denominado “google-service.json” en el que se establece los parámetros de conexión.

Figura 26

Estructura de la aplicación



Nota: La figura 26, muestra la estructura de la aplicación en Android Studio con el archivo de conexión.

Figura 27*Configuración de la conexión de Firebase*

```
project_info: {
  "project_number": "315268415789",
  "firebase_url": "https://sistema-recog-senas-transito.firebaseio.com",
  "project_id": "sistema-recog-senas-transito",
  "storage_bucket": "sistema-recog-senas-transito.appspot.com"
},
"client": [
  {
    "client_info": {"mobilesdk_app_id": "1:315268415789:android:d477e506f"},
    "oauth_client": [
      {"client_id": "315268415789-d0defiht28i7dgv3qcvme125mlf44t3i.apps.g"},
      {"client_id": "315268415789-3194j8nl1ssskqd68rkihl6nv9cjjv6h.apps.g"}
    ],
    "api_key": [...],
    "services": {...}
  }
],
"configuration_version": "1"
}
```

Nota: La figura 27, muestra la configuración del archivo con los parámetros de conexión.

Este archivo de configuración debe ser llamado desde la clase ClassifierActivity.

Finalmente, el objetivo de integrar los tres componentes fue realizar la comparación de los valores obtenidos del modelo y el velocímetro además de enviar los datos a FireBase y la interfaz de usuario final.

Pruebas de Funcionamiento

La metodología MDAM establece la realización de emulaciones y simulaciones con datos ficticios antes de poner en campo el funcionamiento real, sin embargo, el objetivo de la aplicación móvil radica en que se comparen dos valores, uno de los cuales debe ser obtenido obligatoriamente con el vehículo en movimiento.

Por estas razones se ha establecido un checklist, para la realización de pruebas de campo, también establecidas dentro de la metodología MDAM.







Pruebas de Campo



Este Checklist contiene los casos de uso en los cuales se basa el sistema y que se ha ido verificando en cada prueba de campo establecida.

Se realizaron cinco pruebas antes de obtener un resultado satisfactorio, de las cuales las correcciones se realizaron luego de cada prueba y no en conjunto.

Tabla 15

Checklist de pruebas de funcionamiento

Caso de Uso	Descripción	Resultado Esperado	Resultado Obtenido	
CU01	El usuario ejecuta la aplicación	se muestra la interfaz de inicio	Interfaz de inicio mostrada	
CU02	El velocímetro debe mostrar la velocidad actual, si el vehículo no está en movimiento debe mostrar cero	movimiento=vv reposo=0	movimiento=vv reposo=0	
CU03	Al ejecutarse la aplicación debe activarse la cámara del dispositivo móvil	Se enciende la cámara y captura de imágenes	Cámara iniciada e imágenes capturadas	
CU04 CU05	Cada imagen tomada es enviada al MVA y se comprueba cuando en la interfaz se muestra el dato de la señal de tránsito	Se muestra la velocidad del MVA mostrada	Velocidad del MVA mostrada	
CU06 -----	El valor del velocímetro y el valor del MVA son	Se muestra una señal	Señal y alerta respectivamente	
CU07	comparados y de acuerdo a la lógica de programación emitirá una señal de velocidad adecuada o alerta en el caso de exceso	O Se emite una alerta		

Caso de Uso	Descripción	Resultado Esperado	Resultado Obtenido	
CU08	La fecha y hora, valor del velocímetro y del modelo deben guardarse en una base de datos	Los datos registrados deben visualizarse en la base de datos	Registros de datos legibles	

Nota: La tabla 15, se muestra el checklist final obtenido en el que se realizaron las pruebas exitosas de la aplicación.

Se puede observar que se cumple con cada requerimiento funcional establecido y realizado en el desarrollo del aplicativo, el cual incluye, desde el análisis a través de los artefactos de diseño obtenidos para la integración, conjuntamente con el modelo de visión artificial MobileNet, Velocímetro y Base de datos.

Capítulo IV

Resultados

A continuación, luego de realizar las pruebas de funcionamiento de la aplicación propuesta, se realiza la demostración del sistema, de la cual se obtendrán los resultados a ser evaluados y que permitirán analizar la validación o rechazo de la hipótesis planteada en el presente proyecto.

Demostración del sistema

Luego de constatar la correcta funcionalidad de la aplicación se realizó la implantación del sistema móvil en los teléfonos celulares de un grupo de 20 personas las cuales realizan recorridos diariamente por la Av. Simón Bolívar, entonces se seleccionó un tramo de 15 km desde el sector de Guajaló hasta la intersección con la avenida Rumiñahui.

Los conductores que realizaron las pruebas de funcionamiento de SAMV—APP, han sido informados sobre la aplicación antes de que inicien su recorrido.

Descripción del escenario

Para los fines pertinentes, los usuarios debieron realizar dos veces el mismo viaje con el objetivo de obtener dos tramas de datos, de tal manera que se pueda observar la diferencia entre anunciar y no anunciar la alerta ante la presencia de una señal de tránsito, para esto únicamente se desactivo el sonido de la alerta en el primer viaje.

- Ubicar el dispositivo estratégicamente en el parabrisas del automóvil de manera que la cámara capture la imagen de la mejor manera.
- La aplicación debe ser ejecutada obligatoriamente antes de poner en movimiento el vehículo

- Durante la prueba, los conductores no deben observar ni apagar el dispositivo móvil.
- Los conductores deberán cerrar la aplicación únicamente cuando hayan detenido el vehículo luego de terminar el tramo.
- Los datos móviles del dispositivo móvil deben estar activados para asegurar el envío de datos a la base de datos.

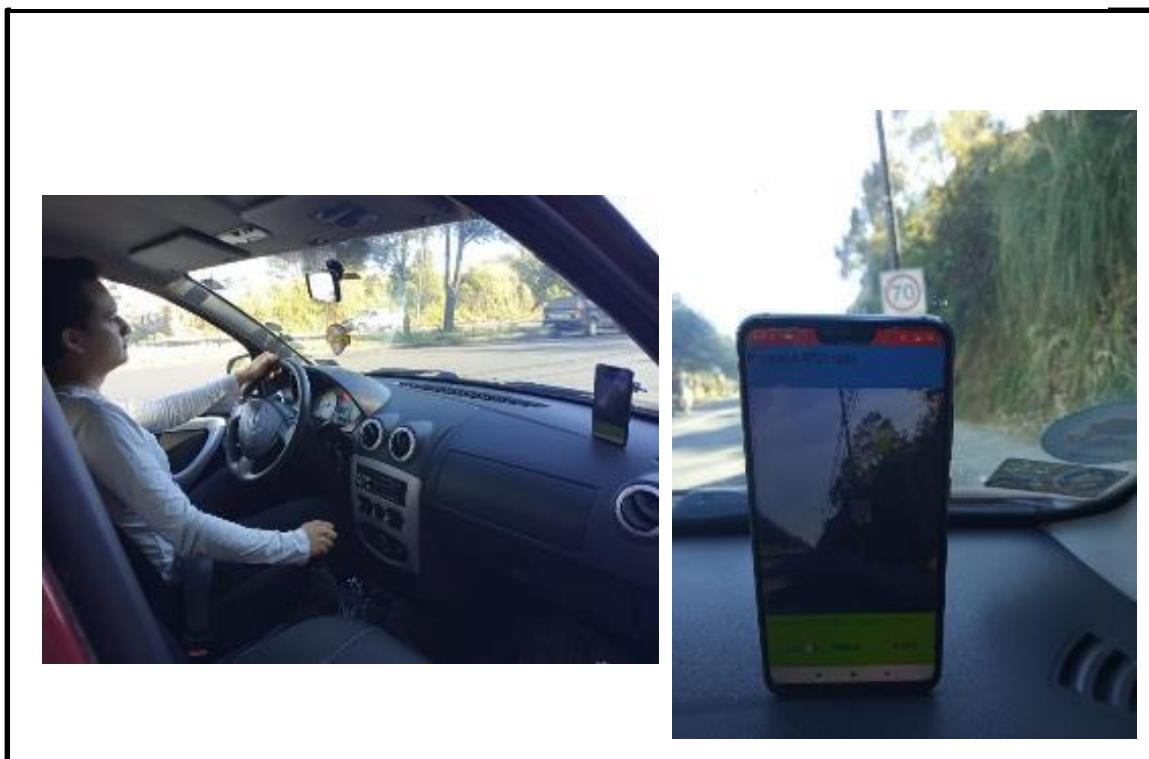
Ejecución del Escenario

Figura 28

Pruebas de aplicación



Nota: La figura 28, muestra el funcionamiento de la aplicación con señales de tránsito de 30 y 70 Km/h en la etapa de pruebas en la carretera.

Figura 29*Pruebas de campo de la aplicación*

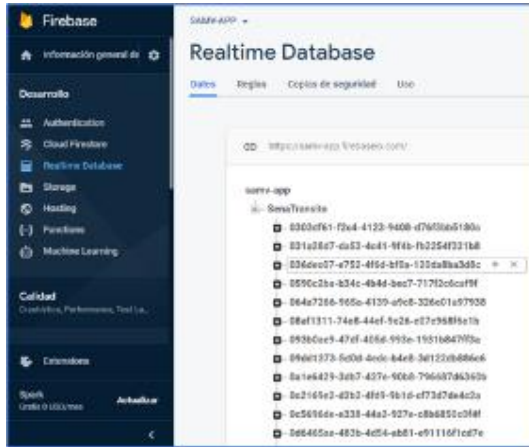
Nota: La figura 29, muestra las pruebas que se realizaron en campo con la aplicación en ejecución, en donde se la ubicación del dispositivo móvil con respecto al conductor.

Información Obtenida

Durante el proceso se observó la recepción de los datos en Firebase, en el cual se registraron los valores desde el momento que se ejecuta hasta que se cierra la aplicación.

Figura 30

Datos almacenados en Firebase

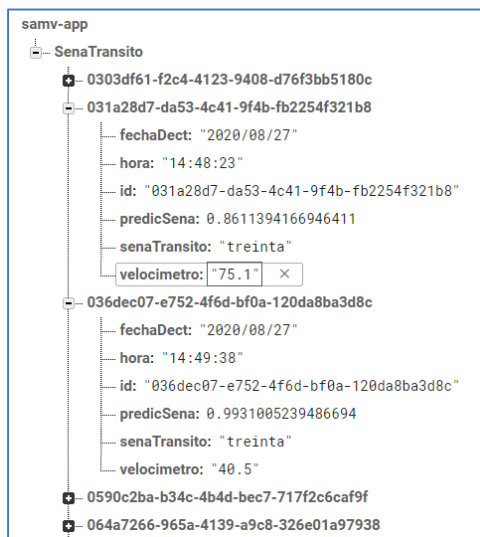


Nota: En la figura 30, se observa una muestra de los datos recibidos en FireBase mediante la aplicación por cada conductor.

Por cada usuario se insertaron de entre 174 a 250 registros.

Figura 31

Datos insertados de cada usuario



Nota: En la figura 31, se observa los campos insertados por cada registro.

Evaluación de resultados

El análisis de las dos tramas de datos obtenidas fue realizado de la misma manera y se describen en los siguientes pasos:

1. Se obtuvo el archivo Json de la data que proporciona FireBase, el mismo que fue transformado a un archivo de Excel, para mayor claridad.

La siguiente imagen muestra una captura de los datos visualizados en Excel.

Figura 32

Datos obtenidos sin activación de sonido

	A	B	C	D	E	F	G
1	_id_usuario	_id	_fechaDect	_hora	_predicSena	_senaTransito	_velocimetro
2	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	7b73a630-655c-471d-a1cc-bdf45444b4e5	27/8/2020	13:50:07	0.8964426517486572	30,00	59,70
3	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	1d072503-e53f-46a1-b2ce-c364713bd2fe	27/8/2020	13:50:15	0.9710426330566406	30,00	59,70
4	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	912674a4-fe68-4a1d-b2e9-4e056ff8278b	27/8/2020	13:50:29	0.9843150973320007	30,00	59,00
5	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	bc854d8f-4eb2-4720-a1c4-869794b80464	27/8/2020	13:50:29	0.9943887591362	30,00	53,80
6	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	eb75cbe1-6e31-4091-b956-74c4abc048f3	27/8/2020	13:50:29	0.9201377630233765	30,00	53,80
7	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	f9407a0f-a2e6-432e-a4c7-81b88555a729	27/8/2020	13:51:07	0.8751257658004761	30,00	44,80
8	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	f2644496-6401-4b4b-9f22-2e5e59aefcd7	27/8/2020	13:51:39	0.9049503207206726	30,00	42,70
9	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	26d16d3b-be47-406c-a2a9-3e775876aea7	27/8/2020	13:51:40	0.8787333965301514	30,00	39,90
10	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	bc9665cc-96fa-4e8c-8d4a-5d01d046a165	27/8/2020	13:51:41	0.9684230089187622	30,00	39,90
11	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	768583fd-f960-4cfa-ba4f-713fa4642402	27/8/2020	13:51:41	0.8093439340591431	70,00	39,90
12	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	8ac1111c-15e5-4390-9896-d9a98871f3d5	27/8/2020	13:52:23	0.8389886617660522	70,00	40,00
13	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	5a834ba9-a194-4d0b-b6d4-9589a55cdedc	27/8/2020	13:52:28	0.8491497039794922	70,00	45,50
14	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	6fd4d602-a389-4059-a6c4-2152b99a030e	27/8/2020	13:52:58	0.9112071990966797	70,00	60,00
15	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	6316e036-bd3b-4838-9a6c-abbbc772968a	27/8/2020	13:53:04	0.9368281960487366	30,00	50,20
16	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	bb7e87d9-d061-4fc6-9bbc-a13d0082d02c	27/8/2020	13:53:39	0.9664672613143921	30,00	49,20
17	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	fb6d7fad-3e92-4f14-81a9-0c785231eeb7	27/8/2020	13:54:11	0.8022400736808777	30,00	36,00
18	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	0c5696de-e338-44a2-927e-c8b6850c0f4f	27/8/2020	13:54:15	0.9711138606071472	30,00	35,00
19	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	6c7ca6ad-9879-40f2-86ab-9051ca1589e3	27/8/2020	13:55:23	0.8808743953704834	70,00	35,00
20	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	86c89ee9-dccf-4b2d-8482-b9b2126450a7	27/8/2020	13:55:23	0.945337176322937	70,00	30,00
21	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	81ea2483-b2db-46dd-afeb-2192edd56b5a	27/8/2020	13:55:28	0.8192027807235718	70,00	33,00

Nota: La figura 32 muestra los datos obtenidos desde FireBase en la prueba con la alerta desactivada, y que fueron transformados a un archivo de Excel para una mejor visibilidad.

Figura 33

Datos obtenidos con activación de sonido

	A	B	C	D	E	F	G
1	_id_usuario	_id	_fechaDect	_hora	_predicSena	_senaTransito	_velocimetro
2	5da790ad-13e6-4018-ac8b-8167f38ec980	1e573938-52ba-4aac-a3bd-f2cbdaddcc06	27/8/2020	15:50:07	0.9982725381851196	30,00	35,00
3	5da790ad-13e6-4018-ac8b-8167f38ec981	7d1a5285-9385-46f3-b6db-ebb5fa8dafa9	27/8/2020	15:50:15	0.8384160995483398	30,00	33,00
4	5da790ad-13e6-4018-ac8b-8167f38ec982	9f86916b-4987-4b0f-bfe8-e351ef6ad060	27/8/2020	15:50:29	0.8317012786865234	30,00	32,29
5	5da790ad-13e6-4018-ac8b-8167f38ec983	064a7266-965a-4139-a9c8-326e01a97938	27/8/2020	15:50:29	0.9853894710540771	30,00	30,00
6	5da790ad-13e6-4018-ac8b-8167f38ec984	531c4764-965f-497f-aea0-326e93b18890	27/8/2020	15:50:29	0.9567707180976868	30,00	29,89
7	5da790ad-13e6-4018-ac8b-8167f38ec985	ce0ec1d6-a623-4ac4-990f-e0f491ea2b3c	27/8/2020	15:51:07	0.892112135887146	30,00	29,70
8	5da790ad-13e6-4018-ac8b-8167f38ec986	e70ad06b-2a9d-4b9d-9db2-e38b111abb8a	27/8/2020	15:51:39	0.8712669014930725	30,00	29,69
9	5da790ad-13e6-4018-ac8b-8167f38ec987	247c045f-2788-4506-a3c8-7325dfbf798	27/8/2020	15:51:40	0.963827908039093	30,00	29,70
10	5da790ad-13e6-4018-ac8b-8167f38ec988	43f6500c-ef13-4169-a0a9-a336bf4daf0b	27/8/2020	15:51:41	0.8046792149543762	30,00	29,72
11	5da790ad-13e6-4018-ac8b-8167f38ec989	a89dbbd6-d9ea-4740-8d87-e14ab85b7d19	27/8/2020	15:51:41	0.8887690901756287	70,00	29,75
12	5da790ad-13e6-4018-ac8b-8167f38ec990	09dd1373-5d0d-4edc-b4e8-3d122db886c6	27/8/2020	15:52:23	0.9332678318023682	70,00	32,00
13	5da790ad-13e6-4018-ac8b-8167f38ec991	c38b0e50-80c1-4356-abdd-9882a02886c6	27/8/2020	15:52:28	0.9965786337852478	70,00	35,25
14	5da790ad-13e6-4018-ac8b-8167f38ec992	3fc182c1-88cf-4096-8d7f-ba2e88761c42	27/8/2020	15:52:58	0.8556854724884033	70,00	39,60
15	5da790ad-13e6-4018-ac8b-8167f38ec993	563bec64-0dbd-49c9-99d4-d326aa87164f	27/8/2020	15:53:04	0.8665485978126526	30,00	39,70
16	5da790ad-13e6-4018-ac8b-8167f38ec994	cf7757b6-5005-4884-ba72-198b8dbd5eb3	27/8/2020	15:53:39	0.9878556132316589	30,00	35,00
17	5da790ad-13e6-4018-ac8b-8167f38ec995	86a39df1-a4a4-44e6-95ed-7c2e7c024e8b	27/8/2020	15:54:11	0.9993140697479248	30,00	32,33
18	5da790ad-13e6-4018-ac8b-8167f38ec996	b1a4f203-86b8-4e26-ab40-a9f4049719f4	27/8/2020	15:54:15	0.9437797665596008	30,00	29,98
19	5da790ad-13e6-4018-ac8b-8167f38ec997	c8ba514c-8cff-4a79-b77c-8571462187f6	27/8/2020	15:55:23	0.9881409406661987	70,00	29,80
20	5da790ad-13e6-4018-ac8b-8167f38ec998	1ababb79-d6e9-40b1-9608-07291e5e7d6e	27/8/2020	15:55:23	0.945337176322937	70,00	30,00
21	5da790ad-13e6-4018-ac8b-8167f38ec999	5a1284e4-6f70-4e2f-ad7b-bdc54f6adea9	27/8/2020	15:55:28	0.8192027807235718	70,00	33,00

Nota: La figura 33 muestra los datos obtenidos desde Firebase en la prueba con la alerta activada, y que fueron transformados a un archivo de Excel para una mejor visibilidad.

- Ya en Excel se creó un campo denominado “acción” en el cual se inserta un valor según las siguientes consideraciones:
 - Insertar el valor de 0, si solo si el valor del velocímetro es menor al valor del modelo, entonces el conductor desaceleró el vehículo
 - Insertar el valor de 1 en el campo acción, si y solo si el valor del velocímetro es mayor o igual que el valor del modelo, entonces el conductor mantuvo la velocidad y no tomó en cuenta el sonido emitido.
- Con los valores insertados, se clasifica al conductor por la acción realizada mediante el promedio de cada acción.

Figura 34

Clasificación del conductor por acción sin emisión de alerta

	A	B	C	D	E	F
1	id conductor	total de registros	desacelera	mantiene velocidad	conclusión	% de conclusión
2	74a2b77a-1b01-4dda-9e5e-d2547b1e8c2f	250	0,74	0,26	desacelera	74%
3	7b73a630-655c-471d-a1cc-bdf45444b4e5	150	0,06	0,94	caso omiso	94%
4	1d072503-e53f-46a1-b2ce-c364713bd2fe	189	0,80	0,2	desacelera	80%
5	912674a4-fe68-4a1d-b2e9-4e056ff8278b	215	0,10	0,9	caso omiso	90%
6	bc854d8f-4eb2-4720-a1c4-869794b80464	245	0,85	0,15	desacelera	85%
7	eb75cbe1-6e31-4091-b956-74c4abc048f3	249	0,90	0,1	desacelera	90%
8	f9407a0f-a2e6-432e-a4c7-81b8855a729	250	0,10	0,9	caso omiso	90%
9	f2644496-6401-4b4b-9f22-2e5e59aefcd7	244	0,85	0,15	desacelera	85%
10	26d16d3b-be47-406c-a2a9-3e775876aea7	240	0,03	0,97	caso omiso	97%
11	bc9665cc-96fa-4e8c-8d4a-5d01d046a165	190	0,72	0,28	desacelera	72%
12	768583fd-f960-4cfa-ba4f-713fa4642402	245	0,79	0,21	desacelera	79%
13	8ac1111c-15e5-4390-9896-d9a98871f3d5	200	0,17	0,83	caso omiso	83%
14	5a834ba9-a194-4d0b-b6d4-9589a55cdecd	200	0,80	0,2	desacelera	80%
15	6fd4d602-a389-4059-a6c4-2152b99a030e	210	0,10	0,9	caso omiso	90%
16	6316e036-bd3b-4838-9a6c-abbbc772968a	220	0,88	0,12	desacelera	88%
17	bb7e87d9-d061-4fc6-9bbc-a13d0082d02c	250	0,08	0,92	caso omiso	92%
18	fb6d7fad-3e92-4f14-81a9-0c785231eeb7	200	0,13	0,87	caso omiso	87%
19	0c5696de-e338-44a2-927e-c8b6850c0f4f	178	0,12	0,88	caso omiso	88%
20	6c7ca6ad-9879-40f2-86ab-9051ca1589e3	199	0,12	0,88	caso omiso	88%

Nota: La figura 34, muestra la clasificación del conductor por la acción realizada con la alerta sonora desactivada.

Figura 35

Clasificación del conductor por acción con emisión de alerta

	A	B	C	D	E	F
1	id conductor	total de registros	desacelera	mantiene velocidad	conclusión	% de conclusión
2	1e573938-52ba-4aac-a3bd-f2cbdadddcc06	250	0,74	0,26	desacelera	74%
3	7d1a5285-9385-46f3-b6db-ebb5fa8dafa9	150	0,94	0,06	desacelera	94%
4	9f86916b-4987-4b0f-bfe8-e351ef6ad060	189	0,80	0,2	desacelera	80%
5	064a7266-965a-4139-a9c8-326e01a97938	215	0,90	0,1	desacelera	90%
6	531c4764-965f-497f-aea0-326e93b18890	245	0,85	0,15	desacelera	85%
7	ce0ec1d6-a623-4ac4-990f-e0f491ea2b3c	249	0,90	0,1	desacelera	90%
8	e70ad06b-2a9d-4b9d-9db2-e38b111abb8a	250	0,10	0,9	caso omiso	90%
9	247c045f-2788-4506-a3c8-7325dfbff798	244	0,85	0,15	desacelera	85%
10	43f6500c-ef13-4169-a0a9-a336bf4daf0b	240	0,03	0,97	caso omiso	97%
11	a89d8bd6-d9ea-4740-8d87-e14ab85b7d19	190	0,72	0,28	desacelera	72%
12	09dd1373-5d0d-4edc-b4e8-3d122db886c6	245	0,79	0,21	desacelera	79%
13	c38b0e50-80c1-4356-abdd-9882a02886c6	200	0,83	0,17	desacelera	83%
14	3fc182c1-88cf-4096-8d7f-ba2e88761c42	200	0,80	0,2	desacelera	80%
15	563bec64-0dbd-49c9-99d4-d326aa87164f	210	0,10	0,9	caso omiso	90%
16	cf7757b6-5005-4884-ba72-198b8dbd5eb3	220	0,88	0,12	desacelera	88%
17	86a39df1-a4a4-44e6-95ed-7c2e7c024e8b	250	0,08	0,92	caso omiso	92%
18	b1a4f203-86b8-4e26-ab40-a9f4049719f4	200	0,87	0,13	desacelera	87%
19	c8ba514c-8cff-4a79-b77c-8571462187f6	178	0,88	0,12	desacelera	88%
20	1ababb79-d6e9-40b1-9608-07291e5e7d6e	199	0,88	0,12	desacelera	88%

Nota: La imagen 35, muestra la clasificación del conductor por la acción realizada con la alerta sonora activada.

La evaluación de los datos mostrados por las figuras 34 y 35 permiten observar la cantidad de conductores que hicieron caso omiso al sonido de la alerta y quienes sí optaron por desacelerar al escuchar el sonido de la alerta.

Tabla 16

Resumen de resultados

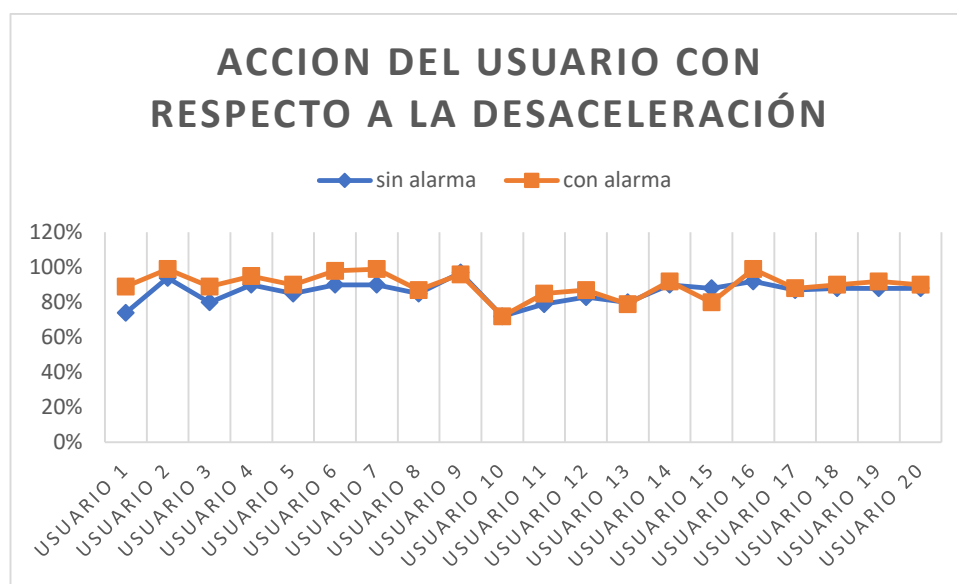
	Sin Alerta	Con Alerta
Usuario		
usuario 1	74%	89%
usuario 2	94%	99%
usuario 3	80%	89%
usuario 4	90%	95%
usuario 5	85%	90%
usuario 6	90%	98%
usuario 7	90%	99%
usuario 8	85%	87%
usuario 9	97%	96%
usuario 10	72%	72%
usuario 11	79%	85%
usuario 12	83%	87%
usuario 13	80%	79%
usuario 14	90%	92%
usuario 15	88%	80%
usuario 16	92%	99%
usuario 17	87%	88%
usuario 18	88%	90%
usuario 19	88%	92%
usuario 20	88%	90%

Nota: En la tabla 16 se observa el resumen de datos con respecto a la desaceleración del vehículo luego de escuchar la alerta.

Con los datos anteriores se obtiene la figura 36, en la que se puede observar el cambio de acción de los conductores de desacelerar el vehículo al escuchar el sonido de la alerta.

Figura 36

Resumen de Acciones realizadas por los conductores



Nota: En la figura 36 se muestra un gráfico estadístico, en el cual se muestra un contraste entre la acción del conductor al usar la aplicación sin alerta y con alerta.

Análisis y validación de la hipótesis

Para el análisis y validación de resultados consecuente de la evaluación realizada se realizó la comprobación de la hipótesis del presente proyecto.

Para la prueba de hipótesis se utilizó el estadístico Ji-Cuadrado, para lo cual se definió la hipótesis nula y alternativa, partiendo de la hipótesis general.

La hipótesis planteada es:

“Si se desarrolla un sistema de alerta de velocidad de un automóvil basado en reconocimiento de señales de tránsito por visión artificial, entonces, se incentiva la conciencia vial en los conductores”

La mejor manera de promover o incentivar en los conductores la conciencia vial es a través del acto de ser responsables ante un lineamiento de tránsito, en este caso, tomar acciones al ver un letrero del límite de velocidad.

Entonces el desarrollo de la aplicación proporciona al conductor, la posibilidad de conocer el límite de velocidad, por lo tanto, si el conductor desacelera el auto al escuchar la alerta, se habrá creado conciencia vial. Si el conductor hace caso omiso de la alerta entonces no se ha generado conciencia vial en el conductor.

Por lo tanto, se obtiene la hipótesis nula y alternativa son:

H₀= El sistema de alerta de velocidad de un automóvil basado en reconocimiento de señales de tránsito por visión artificial, promueve e incentiva la conciencia vial en el conductor.

H₁ = El sistema de alerta de velocidad de un automóvil basado en reconocimiento de señales de tránsito por visión artificial, no promueve e incentiva la conciencia vial en el conductor.

Para analizar las acciones del conductor al escuchar la alerta se desarrolló la siguiente tabla basada en la evaluación de los datos realizado anteriormente, y en resumen se obtuvo lo siguiente:

Tabla 17

Tabla de datos observados para Ji- Cuadrado

Activación de la alerta de la app	Acción		Total
	Desacelera	Caso omiso	
Sin alerta	9	11	20
Con alerta	15	5	20
Total	24	16	40

Nota: En la tabla 17 se puede observar los datos observados en el registro de datos.

Tabla 18

Tabla de datos esperados para Ji- Cuadrado

Activación de la alerta de la app	Acción		Total
	Desacelera	Caso omiso	
Sin alerta	12	8	20
Con alerta	12	8	20
Total	24	16	40

Nota: En la tabla 18 se puede observar los datos esperados que resultan de las operaciones para Ji- Cuadrado.

Datos estándar para Ji cuadrado

- Nivel de confianza 95%
- Nivel de significancia 0.05
- Valor crítico 3.84
- Grados de libertad $(f-1) (c-1) = 1$

Estadístico de prueba Ji- cuadrado

$$x^2 = \sum \frac{(O_1 - e_i)^2}{e_i}$$

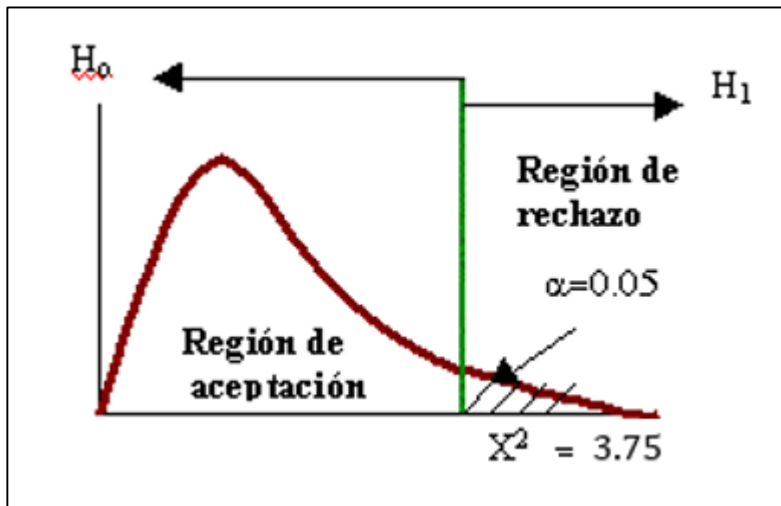
$$x^2 = 3.75$$

Por lo tanto: $X^2 = 3.75 < 3.84$

Análisis de la Hipótesis

Figura 37

Gráfico de Análisis de Ji - Cuadrado



Nota: La figura 37, muestra la región de aceptación, y la región de rechazo según el análisis de Ji- Cuadrado.

Según la figura 37, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, ya que el valor encontrado es menor que el valor crítico, por lo tanto, se comprueba la hipótesis:

“El sistema de alerta de velocidad de un automóvil basado en reconocimiento de señales de tránsito por visión artificial, promueve e incentiva la conciencia vial en el conductor.”

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Las investigaciones revisadas en el estado del arte permitieron observar distintos métodos y herramientas relacionadas con el desarrollo del proyecto, de las cuales se determinó que TensorFlow con Python, Android y FireBase eran las adecuadas para el presente proyecto.
- La combinación de las metodologías Design Science y MDAM, permitió establecer un orden sistemático en el desarrollo del sistema, desde la selección de herramientas de software y artefactos diseñados para obtener finalmente la aplicación móvil, tales como diagramas, modelos, entre otros.
- La arquitectura de software diseñada fue acertada y permitió identificar las partes importantes del proyecto, el API de Google o “Speedometer”, el modelo de visión artificial, y la base de datos Firebase, que luego de ser integrados exitosamente, se obtuvo el aplicativo móvil funcional.
- Las pruebas de funcionamiento del software se realizaron exitosamente en 20 usuarios distintos en dos escenarios diferentes, uno con la alerta desactivada y otro con la alerta activada, lo que permitió analizar la acción del conductor ante la señal emitida por la aplicación.
- Los datos registrados en Firebase fueron transformados a formato Excel, lo que facilitó su procesamiento y análisis, con lo cual, se comprobó la hipótesis del proyecto mediante el estadístico Ji – Cuadrado.
- Finalmente, los resultados indicaron que los conductores sí reducen la velocidad del vehículo cuando escuchan el sonido de la alerta emitida por la aplicación, y

con esto, se puede decir que se ha generado conciencia vial en los conductores, a través del desarrollo e implantación de la aplicación.

Recomendaciones

- Se sugiere la implementación y adaptación de prototipos de geolocalización, que permitan realizar pruebas virtuales del sistema y de esta manera optimizar el tiempo destinado a la realización de pruebas.
- Se sugiere adherirse a las características de hardware establecidas para el correcto funcionamiento del sistema, ya que la variedad de dispositivos móviles, por sus distintas características, puede tener un efecto diferente al esperado.
- Se recomienda establecer todas las normas y acuerdos necesarios con los usuarios que realizan las pruebas con el vehículo, con la finalidad de evitar incidentes en las vías durante el desarrollo de las pruebas correspondientes.

Trabajos Futuros

Luego de comprobar a través de los datos obtenidos mediante la aplicación, de que se puede generar conciencia en cierto grado mediante el sonido de una alerta, se analizan distintas ideas que pudieran aportar en generar conciencia y en colaboración con otras áreas de conocimiento.

- Se propone extender el desarrollo de esta aplicación en el objetivo de generar también impuestos y subsidios psicológicos con respecto a la conciencia vial, como lo indica la investigación teórica realizada en este proyecto, ya que, al trabajar conjuntamente con organismos de control vial, los resultados pueden ser más alentadores.

- Al ejecutar el proyecto se obtiene una gran cantidad de datos, que, al aplicar herramientas tecnológicas actuales relacionadas con análisis de datos tales como R, RapidMiner, entre otros, sería posible almacenar y procesar información valiosa que pudiera ser utilizada para distintos objetivos, por ejemplo, una alternativa para disminuir los accidentes de tránsito.
- Un enfoque hacia patrones de comportamiento, que pretenda influir en el conductor más allá que solo reducir la velocidad del vehículo, representa una visión interesante a futuro, de manera que sea posible lograr cambios en hábitos incorrectos y peligrosos que tienen muchos conductores.

Referencias Bibliográficas

- Adsus, B. (06 de 09 de 2012). *jadsuafu.com*. Obtenido de *jadsuafu.com*: <https://jadsuafu.wordpress.com/2012/09/06/diagrama-de-casos-de-uso-y-diagrama-sde-secuencia-uml/#:~:text=El%20diagrama%20de%20secuencia%20permite,para%20la%20consecuci%C3%B3n%20del%20mismo.>
- Alvarez, M. (19 de 11 de 2013). *DesarrolloWeb.com*. Obtenido de *DesarrolloWeb.com*: <https://desarrolloweb.com/articulos/1325.php>
- Android_Developers. (05 de 01 de 2020). *Android Developers.com*. Obtenido de *Android Developers.com*: <https://developer.android.com/studio/intro?hl=es-419>
- ANT. (30 de 05 de 2018). *Agencia Nacional de Tránsito* . Obtenido de <https://www.ant.gob.ec/index.php/noticias/estadisticas#siniestros-2017>
- Balaguera, A., & Daniel, Y. (2013). Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. Estado actual. *Dialnet - Revista de Tecnología*, 111-123.
- Blog, A. (06 de 09 de 2012). *jadsuafu.com*. Obtenido de *jadsuafu.com*: <https://jadsuafu.wordpress.com/2012/09/06/diagrama-de-casos-de-uso-y-diagrama-sde-secuencia-uml/#:~:text=El%20diagrama%20de%20secuencia%20permite,para%20la%20consecuci%C3%B3n%20del%20mismo.>
- Buhigas, J. (18 de 02 de 2018). *puentesdigitales.com*. Obtenido de *puentesdigitales.com*: <https://puentesdigitales.com/2018/02/14/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-tensorflow-la-plataforma-para-inteligencia-artificial-de-google/>
- Carpintero, H. (2005). Psicología, Comportamiento y Salud. El lugar de la Psicología en los campos de conocimiento. *Infocop*, 93-101.
- Cataldo, A. (2015). Design science research, una breve introducción. *Design science research, una breve introducción*. Talca, Talca, Chile.
- Copeland, M. (29 de 07 de 2016). *Nvidea.com*. (Nvidea) Recuperado el 27 de 02 de 2020, de <https://blogs.nvidia.com/blog/2016/07/29/whats-difference-artificial-intelligence-machine-learning-deep-learning-ai/>
- Córdova, B. (2017). Propuesta de reubicación de los puntos de control de velocidad (radares) que se encuentran ubicados en la avenida Simon Bolivar del Distrito Metropolitano de Quito mediante una evaluacion multicriterio. *Propuesta de reubicación de los puntos de control de velocidad (radares) que se encuentran ubicados en la avenida Simon Bolivar del Distrito Metropolitano de Quito mediante una evaluacion multicriterio*. Quito, Pichincha, Ecuador: PUCE.

- Cv MX-Comunidad, V. (05 de 05 de 2015). *Cv MX Comunidad Vial*. Obtenido de Cv MX Comunidad Vial: <https://www.comunidadvialmx.org/articulos/2015-05-05-qu-es-conciencia-vial>
- Digital, R. (09 de 10 de 2019). *Inteligencia artificial, historia, evolución y futuro empresarial*. Obtenido de <https://reportedigital.com/e-learning/evolucion-inteligencia-artificial-aprendizaje-automatico/>
- Durán, F. (2013). *Desarrollo de un sistema de información para el campeonato ecuatoriano de fútbol primera A para plataforma Iphone*. Quito: EPN.
- Florez, R., & Fernández, J. M. (2008). *Las Redes Neuronales Artificiales*. España: Netbiblo.
- Gasca, M., Cmargo, L., & Medina, B. (2014). Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles. *Tecnura*, 18(40), 20-35.
- Giraldo, V. (16 de 05 de 2019). *rockcontent.com*. Obtenido de rockcontent.com: <https://rockcontent.com/es/blog/que-es-firebase/>
- Gomez, A., Ayala, M., & Campos, Y. (2018). Caracterización de 1.967 casos de fallecimientos por accidentes de tránsito en Ecuador. *Espirales, Revista Multidisciplinaria de investigación científica*, 57-68.
- Gomez, B., & Abadia, H. (18 de 05 de 2020). Proyecto de educación vial - Marinilla. *Proyecto de educación vial - Municipio de Marinilla*. Marinilla, Antioquia, Colombia.
- Gonzales, J. (09 de 01 de 2018). El exceso de velocidad es la primera causa de accidentes. *El comercio*.
- Guerrero, R. (1972). La evolución Psicológica según Kurt Lewin: dos conferencias. (págs. 35-74). Bogotá: Revista Latinoamericana de Psicología.
- Iberdrola. (2019). *¿Somos conscientes de los retos y principales aplicaciones de la Inteligencia Artificial?* Obtenido de <https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-inteligencia-artificial>
- Iberdrola. (2019). *Iberdrola*. Obtenido de Iberdrola.
- Iberdrola. (2019). *Iberdrola*. Obtenido de *¿Somos conscientes de los retos y principales aplicaciones de la Inteligencia Artificial?*: <https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-inteligencia-artificial>
- La educación vial. Una forma más de educar. (2013). *El guiniguada*, 114-127.
- Manes, F. (19 de 10 de 2018). Psicología del cambio de conducta. *Psicología del cambio de conducta*. Buenos Aires: Clarin.
- Mizrahy, A., Reis de goes, A., & Ruschel, R. (2016). Desemvolvimiento de aplicativo de realidad aumentada para uso em projeto participativo en areas de lazer. *Educação Gráfica*, 20-44.

- Protección de tránsito. (09 de 01 de 2019). *Protección de tránsito*. Obtenido de <https://www.protecciontransito.gob.ec/servicios/consecuencias-del-exceso-de-velocidad/>
- Puig, A. (20 de 06 de 2018). *Youtube.com*. Obtenido de AMP Tech: <https://www.youtube.com/watch?v=ns2L2T6wvAY>
- Quintero, M. (2013). La educación vial. Una forma más de educar. *El guiniguada*, 114-127.
- Rafino, M. E. (2 de 2 de 2019). *Conducta*. Obtenido de Concepto.de: <https://concepto.de/conducta/>
- Rivas, W., & Bertha, M. (2017). *Redes Neuronales aplicadas al reconocimiento de patrones*. Machala: Utmach.
- Rouhiainen, L. (2018). Aprendizaje Profundo. En *Inteligencia Artificial, 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro* (págs. 21-22). España: alienta.
- Sanabria, J., & Archila, J. (2011). Detección y análisis de movimiento usando visión artificial. *Scientia et technica*.
- Torres, J. (11 de 09 de 2015). *colaborAulaTic.com*. Obtenido de colaborAulaTic.com: <https://wp.catedu.es/colaboraulatic/free-studio-de-dvdvideosoft-un-software-multifuncion-clasico-gratuito-y-libre-que-sigue-creciendo/>
- tránsito, P. d. (09 de 01 de 2019). *Protección de tránsito*. Obtenido de Protección de tránsito: <https://www.protecciontransito.gob.ec/servicios/consecuencias-del-exceso-de-velocidad/>
- Wieringa, R. (2010). Design science methodology: principles and practice. *ICSE '10: Proceedings of the 32nd ACM/IEEE International Conference on Software*, (págs. 493-494).
- Zamorano, J. (2018). Comparativa y análisis de algoritmos de aprendizaje automático para la predicción del tipo predominante de cubierta arbórea. En *Comparativa y análisis de algoritmos de aprendizaje automático para la predicción del tipo predominante de cubierta arbórea* (págs. 22-60). Madrid: Universidad Complutense de Madrid.