

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA REPORTAR
CONTRAVENCIONES DE TRÁNSITO EN EL DISTRITO
METROPOLITANO DE QUITO

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERÍA EN SISTEMAS INFORMÁTICOS Y DE
COMPUTACIÓN

ALEXANDER DANIEL OLMEDO VINUEZA

alexander.olmedo@epn.edu.ec

MAYRA LIZBETH ROSERO PÁEZ

mayra.rosero@epn.edu.ec

DIRECTOR: PhD. Edison Fernando Loza Aguirre

edison.loza@epn.edu.ec

CODIRECTOR: Msc. Vicente Adrian Equez Sarzosa

adrian.equez@epn.edu.ec

Quito, abril 2020

DECLARACIÓN

Nosotros, Alexander Daniel Olmedo Vinueza y Mayra Lizbeth Rosero Páez declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



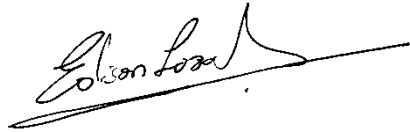
Alexander Daniel Olmedo Vinueza



Mayra Lizbeth Rosero Páez

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Alexander Daniel Olmedo Vinuesa y Mayra Lizbeth Rosero Páez, bajo nuestra supervisión.



Edison Loza Aguirre, PhD.

DIRECTOR DE PROYECTO



Adrián Eguez MSc.

CODIRECTOR DE PROYECTO

DEDICATORIA

A mis padres, Mariana y Napoleón.

Quienes me apoyaron cuando decidí cambiar de carrera, y perseguir mis sueños.

Alexander

DEDICATORIA

A mis padres, Marco y Zayda.

Quienes han sido mi apoyo incondicional y mi motivación para nunca rendirme.

Este logro no es solo mío sino también de ustedes.

Con amor, Mayra

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por todos los sacrificios que hicieron por mí. Por su apoyo incondicional, y por motivarme a ser una persona de bien.

A mis hermanos Isabela y Nicolás, quienes me dieron sus puntos de vista y me ayudaron a hacer una aplicación que sea fácil de entender.

A Adri, por sus palabras de ánimo y por su amor a cada instante.

A Esteban Iribarra, por la idea de este proyecto. Por su esfuerzo para poder llevarlo a cabo y presentarlo a la sociedad.

A Edison Loza, por invitarme a ser parte. Por su guía constante y tiempo dedicado para la elaboración de este trabajo.

A Adrián Eguez, por su guía y por los conocimientos impartidos sobre desarrollo web.

A Mayra, por ser excelente programadora. Por su amistad y por el trabajo en equipo para hacer este proyecto realidad.

A mis amigos, por todos los momentos compartidos durante esta etapa de aprendizaje.

Alexander

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a todas las personas que han contribuido para que sea posible la realización de este proyecto.

Gracias:

A mis padres, por ser mi guía y mi respaldo en todas las circunstancias que me ha presentado la vida. Por todos los esfuerzos que han realizado para que pueda cumplir mis sueños. Por darme su amor y su paciencia, por creer en mí.

A mis abuelitos, por ser un modelo a seguir, por su constancia y trabajo duro.

A todos mis familiares, por estar pendientes de mi bienestar, por darme una mano cuando lo necesité. En especial a mi prima Mari por ser mi cómplice y mi compañía en muchas etapas de mi vida.

A mis amigas y amigos, por sus palabras de aliento, por las risas, por los abrazos, por las experiencias alegres y tristes que hemos compartido juntos.

A Alexander, por haber trabajado en conjunto durante el desarrollo de este proyecto y muchos otros a lo largo de la carrera.

A Esteban Iribarra, por ser el mentor del proyecto y aportar con sus ideas y conocimientos en el desarrollo del mismo.

A Edison Loza y Adrián Eguez, por su guía constante, sus recomendaciones y su valioso tiempo.

Mayra.

ÍNDICE DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	XII
LISTA DE TABLAS	XV
LISTA DE ANEXOS	XVI
RESUMEN	XVIII
<i>ABSTRACT</i>	XIX
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. OBJETIVOS	1
Objetivo General.....	1
Objetivos Específicos.....	2
1.3. ALCANCE	2
1.4. TRABAJOS RELACIONADOS	3
1.5. MARCO TEÓRICO.....	4
1.5.1. Conceptos Técnicos	4
Aplicación Web.....	4
Aplicación Móvil.....	5
Android.....	5
Google Play Services.....	7
1.5.2. Marco Legal	8
Infracciones y contravenciones de tránsito	8
Fotos y videos como evidencia legal.....	9

Agencias reguladoras de Transporte Terrestre y Tránsito	10
1.6. HERRAMIENTAS, FRAMEWORKS Y LIBRERÍAS DE DESARROLLO	11
Android Studio	11
Room Persistence Library.....	12
Maps SDK para Android	12
OKHttp.....	13
Sails.js	13
Angular	14
2. METODOLOGÍA.....	15
2.1. SCRUM	15
2.1.1. Roles Scrum	15
Dueño del Producto	16
Equipo de Desarrollo	16
Scrum Master	16
2.1.2. Actividades de Scrum	17
2.1.3. Artefactos de Scrum	19
2.1.4. Sprint 0.....	19
2.2. DESARROLLO	20
2.2.1. Sprint 0.....	20
2.2.2. Sprint 1.....	22
Sprint Planning	22
Ejecución del Sprint.....	23

Sprint Review	25
Sprint Retrospective.....	25
2.2.3. Sprint 2.....	26
Sprint Planning	26
Ejecución del Sprint	26
Sprint Retrospective.....	28
2.2.4. Sprint 3.....	29
Sprint Planning	29
Ejecución del Sprint.....	29
Sprint Review	31
Sprint Retrospective	31
2.2.5. Sprint 4.....	32
Sprint Planning	32
Ejecución del Sprint.....	32
Sprint Review	34
Sprint Retrospective.....	34
2.2.6. Sprint 5.....	35
Sprint Planning	35
Ejecución del Sprint.....	36
Sprint Review	38
Sprint Retrospective.....	38
2.2.7. Sprint 6.....	39

Sprint Planning	39
Ejecución del Sprint	40
Sprint Review	42
Sprint Retrospective.....	42
2.2.8. Sprint 7.....	43
Sprint Planning	43
Ejecución del Sprint	44
Sprint Review	46
Sprint Retrospective.....	47
2.2.9. Sprint 8.....	47
Sprint Planning	47
Ejecución del Sprint	48
Sprint Review	51
Sprint Retrospective.....	52
2.3. EVALUACIÓN DEL SISTEMA	52
2.3.1. MODELO DE ACEPTACIÓN DE TECNOLOGÍA (TAM)	52
Utilidad Percibida	52
Facilidad de Uso Percibida	52
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ARQUITECTURA DE LA SOLUCIÓN	53
3.2. MODELO DE LA BASE DE DATOS	54
3.3. MACROPROCESO DE REPORTE Y ANÁLISIS DE UNA INFRACCIÓN	54

3.4. PRODUCTO FINAL.....	55
Aplicación Móvil	55
Consola Web	58
3.5. EXACTITUD DE LAS MEDICIONES.....	65
3.6. RESULTADOS DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA	68
Aplicación Móvil	68
Consola Web	70
3.7. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS EN SEMINARIOS Y CONGRESOS.....	72
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
4.1. CONCLUSIONES.....	73
4.2. RECOMENDACIONES.....	73
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
6. ANEXOS.....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arquitectura de Android	6
Figura 2 – Diagrama de frameworks y tecnologías utilizadas.....	11
Figura 3 – Formulario para el ingreso de datos del bus	23
Figura 4 – Velocímetro en el control de velocidad.....	24
Figura 5 – Diseño de la pantalla principal	24
Figura 6 – Captura de contravenciones por foto	27
Figura 7 – Registro de Datos	27
Figura 8 – Diálogo de envío de reporte.....	28
Figura 9 – Pantalla de captura de video.....	30
Figura 10 – Notificación de Monitoreo en Segundo Plano.....	30
Figura 11 – Barra de Navegación de administrador.	33
Figura 12 – Barra de Navegación de estudiante o agente.....	33
Figura 13 – Autenticación con una cuenta de Google.....	33
Figura 14 – Visualización de recorrido en el mapa.....	34
Figura 15 – Cuadro de inicio de sesión.....	36
Figura 16 – Lista de excesos de velocidad	37
Figura 17 – Detalles de reporte de exceso de velocidad.....	37
Figura 18 – Creación de usuarios por parte del administrador	37
Figura 19 – Lista de contravenciones por foto o video	40
Figura 20 – Detalle de reportes por Foto o Video.....	40
Figura 21 – Lista de Usuarios	41

Figura 22 – Historial de reportes	41
Figura 23 – Lista de reportes de exceso de velocidad para el perfil Estudiante	44
Figura 24 – Lista de reportes por foto o video para el perfil Agente	44
Figura 25 – Registro de usuarios con perfil Estudiante	45
Figura 26 – Opción de ingreso anónimo	45
Figura 27 – Ruta con colores según rango de velocidad.....	46
Figura 28 – Fotografía para validar información del bus	48
Figura 29 – Pantalla de perfil del usuario	49
Figura 30 – Gráfico con ruta por colores según rango de velocidad.....	49
Figura 31 – Mapa con ruta por colores según rango de velocidad	50
Figura 32 – Pantalla de revisión para el perfil estudiante	50
Figura 33 – Pantalla de sanción para el perfil agente.....	51
Figura 34 – Arquitectura del sistema.....	53
Figura 35 – Modelo de la base de datos del sistema	54
Figura 36 – Página de Play Store y Página inicial de la aplicación móvil	55
Figura 37 – Módulos principales de la aplicación móvil.....	56
Figura 38 – Monitoreo de velocidad	57
Figura 39 – Reporte de contravención mediante fotografía.....	57
Figura 40 – Reporte de contravenciones mediante un video.....	58
Figura 41 – Pantalla de inicio de sesión.....	58
Figura 42 – Registro de usuarios con perfil Estudiante	59
Figura 43 – Pantalla de Inicio para el perfil Estudiante.....	59

Figura 44 – Pantalla de Inicio para el perfil Administrador.	60
Figura 45 – Lista de usuarios registrados en la consola web	60
Figura 46 – Formulario para crear un nuevo usuario en la consola web	61
Figura 47 – Formulario para editar un usuario en la consola web	61
Figura 48 – Lista de reportes de contravenciones de exceso de velocidad.....	62
Figura 49 – Detalles de un reporte de exceso de velocidad para el perfil Agente.	62
Figura 50 – Detalles de un reporte de exceso de velocidad para el perfil Estudiante.	63
Figura 51 – Detalles de un reporte de exceso de velocidad para el perfil Agente.	63
Figura 52 – Lista de reportes de contravenciones reportadas por foto o video	64
Figura 53 – Detalles de un reporte por foto para el perfil Administrador.....	64
Figura 54 – Detalles de un reporte por video para el perfil Estudiante.	65
Figura 55 – Detalles de un reporte por video para el perfil Agente.....	65
Figura 56 – Comparación de mediciones de latitud geográfica	66
Figura 57 – Mediciones de velocidad de manera individual	67
Figura 58 – Promedio de las mediciones de velocidad de los celulares	68
Figura 59 – Resumen de resultados sobre utilidad percibida en la aplicación móvil	69
Figura 60 – Resumen de resultados sobre facilidad de uso percibida en la aplicación móvil	70
Figura 61 – Resumen de resultados sobre utilidad percibida en la consola web.....	71
Figura 62 – Resumen de resultados sobre facilidad de uso percibida en la consola web	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 - Clasificación de las contravenciones según su clase	9
Tabla 2 – Roles del equipo Scrum en el proyecto	20
Tabla 3 – Historias Épicas	20
Tabla 4 – Product Backlog	21
Tabla 5 – Sprint Backlog 1	22
Tabla 6 – Criterios de aceptación del Sprint 1	25
Tabla 7 – Sprint Backlog 2	26
Tabla 8 – Criterios de Aceptación del Sprint 2	28
Tabla 9 – Sprint Backlog 3	29
Tabla 10 – Criterios de Aceptación del Sprint 3	31
Tabla 11 – Sprint Backlog 4	32
Tabla 12 – Criterios de Aceptación del Sprint 4	34
Tabla 13 – Sprint Backlog 5	36
Tabla 14 – Criterios de aceptación del Sprint 5	38
Tabla 15 – Sprint Backlog 6	39
Tabla 16 – Criterios de aceptación del Sprint 6	42
Tabla 17 – Sprint Backlog 7	43
Tabla 18 – Criterios de Aceptación del Sprint 7	46
Tabla 19 – Sprint Backlog 8	47
Tabla 20 – Criterios de Aceptación del Sprint 8	51

LISTA DE ANEXOS

Anexo I – Resultados de cada pregunta de la encuesta realizada para la aplicación móvil.	87
Anexo II – Resultados de cada pregunta de la encuesta realizada para la aplicación web..	91
Anexo III – Poster presentado en CITIS 2020.....	95

LISTA DE ABREVIACIONES

API	Application Programming Interface (Interfaz de Programación de Aplicaciones)
APK	Android Application Package (Paquete de Aplicación Android)
AMT	Agencia Metropolitana de Tránsito
ANT	Agencia Nacional de Tránsito
DMQ	Distrito Metropolitano de Quito
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)
IDE	Integrated Development Environment (Entorno de Desarrollo Integrado)
JDK	Java Development Kit
LOTTTSV	Ley Orgánica de Tránsito, Transporte Terrestre y Seguridad Vial

RESUMEN

El presente proyecto de titulación plantea una solución al problema de contravenciones y faltas a las normativas de tránsito que afectan a la seguridad vial y a la movilidad en el Distrito Metropolitano de Quito. Se propone un sistema centralizado que agilite el reporte de contravenciones de tránsito. El sistema consiste en una aplicación móvil para capturar y enviar en un reporte: fotos, videos o datos de posición geográfica, como evidencia de una contravención. Además, incluye una consola web que permite visualizar los detalles de cada reporte de contravención y determinar si amerita una sanción. Para el desarrollo se empleó la metodología ágil Scrum.

Palabras clave: Contravención, seguridad vial, movilidad, aplicación móvil, desarrollo web, scrum

ABSTRACT

This dissertation presents a solution to the problem of infringement and non-compliance with traffic laws, which affect mobility and road safety in the Quito Metropolitan District. It proposes a centralized system to speed up the report of traffic infringements. The system consists of a mobile app to capture and send on a report: pictures, video and geographic position data, as evidence of a traffic violation. It also includes a web console to visualize details of each report and determine if it deserves a sanction. The Scrum methodology was used for development.

Keywords: traffic violation, road safety, mobility, mobile app, web development, scrum

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del Problema

Los problemas de movilidad en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) han ubicado a la capital del país en el vigésimo sexto lugar de las ciudades con más problemas de tráfico del mundo [1]. Entre los principales factores que dificultan la movilidad se encuentra el irrespeto a las leyes y normativas de tránsito por parte de conductores, ciclistas y peatones. Este incumplimiento a las leyes provoca una desorganización en el transporte, lo que a su vez trae como consecuencia el aumento del riesgo de sufrir accidentes de tránsito, tanto para conductores como para peatones [2].

Actualmente, no existe un mecanismo ágil y centralizado que permita a los ciudadanos reportar contravenciones de tránsito. La indignación de muchas personas las ha impulsado a hacer uso de redes sociales para reportar abusos y contravenciones. Así, en el año 2015, por ejemplo, la cuenta de Twitter de la Agencia Metropolitana de Tránsito (AMT) recibió 2134 reportes de este tipo [3]. Los reportes más frecuentes se referían a la calidad del transporte público y a vehículos mal estacionados. En dichos casos, los responsables de gestionar la cuenta de Twitter coordinaban con la central de radio para enviar un agente civil al lugar.

A fin de aportar en la solución del problema de contravenciones de tránsito y faltas a las normativas existentes, en este trabajo se plantea elaborar una aplicación móvil que permita a los habitantes de Quito reportar contravenciones de tránsito de las cuáles son testigos. Los reportes serán almacenados en una base de datos alojada en una plataforma web, para su posterior análisis por la AMT o entidad de control que corresponda. De esta manera, se espera que los actores viales, tanto conductores como peatones, tomen conciencia y sean respetuosos con las leyes y normativas de tránsito.

1.2. Objetivos

Objetivo General

- Desarrollar un sistema constituido por una aplicación móvil basada en Android y una consola de administración web que permita a transeúntes, pasajeros y conductores reportar, mediante fotos, videos y datos de posición geográfica, contravenciones de tránsito dentro del DMQ.

Objetivos Específicos

- Identificar las necesidades de los auspiciantes del proyecto en términos de funcionalidades e interfaces del sistema.
- Implementar una aplicación móvil basada en Android que permita a transeúntes y pasajeros la captura y envío de fotos, videos y datos de posición geográfica de una contravención de tránsito.
- Diseñar un mecanismo que permita la detección de contravenciones de exceso de velocidad en transporte público del DMQ, mediante la recopilación de datos de posición geográfica del dispositivo móvil de un usuario.
- Implementar una consola de administración que permita a los administradores del sistema acceder a los detalles de las contravenciones reportadas y así determinar su sanción correspondiente.

1.3. Alcance

Este trabajo se divide en dos partes funcionales: Monitoreo de exceso de velocidad en vehículos de transporte público, y reporte de contravenciones mediante la captura de fotos y videos.

En primer lugar, se abordará el exceso del límite de velocidad de los buses transporte público, debido al alto índice de siniestros de tránsito que produce. En el año 2019, se produjeron 977 accidentes en los que estuvieron involucrados 1540 buses. En esos percances hubo 1142 heridos y 134 fallecidos [4]. El exceso de velocidad es la causa número dos de muertes al volante, después de distracciones del conductor. [5]

Como solución a esta problemática, el presente proyecto plantea el uso del dispositivo de posicionamiento global (GPS) del teléfono móvil para realizar un monitoreo en tiempo real de la velocidad. Cuando un bus supere cierto límite de velocidad preestablecido, se generará un reporte de manera automática. En el reporte se incluirá información como la ubicación donde se cometió la contravención, así como la velocidad en dicho momento. Este monitoreo, no obstante, estará limitado a que el usuario abra la aplicación y la active cuando se movilice en un vehículo de transporte público.

En segundo lugar, el proyecto permitirá capturar evidencia fotográfica de una variedad de contravenciones de tránsito distintas. Tanto los reportes de exceso de velocidad como los reportes con evidencia fotográfica podrán ser reportados a un sistema centralizado. Se considera que empoderar a los ciudadanos con una herramienta que permita levantar

evidencias de las contravenciones que se cometen a diario es un paso importante para mejorar la movilidad de la ciudad. Entre las contravenciones más comunes y que se pretenden capturar están:

- Vehículos estacionados en lugares prohibidos, o que entrañen peligro.
- Transporte de personas en estribos, pisaderas o baldes de camionetas.
- Vehículos que no respeten el semáforo en rojo.
- Personas en moto sin casco.
- Motos con exceso de pasajeros.
- Invasión de vías asignadas al transporte público.
- Buses de transporte de pasajeros con puertas abiertas.
- Otras que los usuarios consideren importantes de reportar.

Este trabajo de titulación se enmarca dentro de dos proyectos de vinculación de la Escuela Politécnica Nacional: PVS-2018-052 “Aplicaciones móviles para mejorar la movilidad en Quito” y PVS-2018-053 “Aplicaciones móviles para el control de velocidad de vehículos”. Es responsabilidad del director de dichos proyectos que la información recopilada con la aplicación sea reconocida como evidencia por parte de autoridades competentes. El presente proyecto se limita únicamente a crear una plataforma para que los ciudadanos puedan denunciar contravenciones de manera automática y centralizada.

1.4. Trabajos relacionados

El reporte de infracciones de tránsito a través de aplicaciones ha tomado impulso en los últimos años, y varias aplicaciones han sido lanzadas a lo largo del mundo. A continuación, se detallan algunas de estas aplicaciones y sus resultados.

- El uso de aplicaciones móviles para registrar y reportar incidencias de tránsito puede tener influencia positiva en la sensibilización sobre la seguridad vial, así como el respeto de los conductores a las leyes de tránsito, tal como lo demostró la app “Mobile Roadwatch” [6]. Desarrollada en el año 2017 por el Instituto Coreano Avanzado de Ciencia y Tecnología para grabar infracciones en video, encontró que los usuarios que la utilizaban trataban a su vez de conducir de manera más segura, y así ser justos con otros conductores a quienes reportaban. Es decir, se volvieron más conscientes sobre su propia manera de conducir.
- En Perú, la app “VideoPapeleta” surgió en un principio como una iniciativa para advertir a las autoridades sobre vehículos mal estacionados [7]. Al darse cuenta de

la favorable acogida tanto de usuarios como de municipalidades, sus creadores decidieron incluir más categorías de infracciones, como el irrespeto al semáforo o los pasos peatonales. Las infracciones se capturan en forma de video, y se incluye automáticamente la posición GPS y su hora de creación. Hasta el mes de septiembre de 2019, alrededor de 15 000 denuncias ciudadanas han concluido en multas concretas contra los propietarios de los vehículos infractores [8].

- En el año 2014, el gobierno de la ciudad de Buenos Aires lanzó la app “Denuncia Vial” como iniciativa para reducir el número de vehículos mal estacionados, la segunda infracción más común en la ciudad. Para hacer un reporte con la aplicación, los usuarios deben tomar dos fotografías: una donde se vea claramente la infracción y otra donde se identifique la placa del vehículo, además deben ingresar otros datos como el lugar y fecha donde ocurrió el hecho. En el año 2016 se reportaron más de 46 000 infracciones, de las cuales se sancionó al conductor en el 50% de los casos [9]. Hasta el mes de septiembre de 2019 la aplicación ha sido descargada más de 100 000 veces y es la sexta aplicación más descargada del gobierno de Buenos Aires.

1.5. Marco Teórico

Esta sección empieza detallando conceptos que establecen el contexto técnico sobre el cual se desarrolla este trabajo. Continúa con el marco legal ecuatoriano que haría posible el reporte de contravenciones por medio de una aplicación. Finalmente, se indican las herramientas y frameworks utilizados durante el desarrollo del software.

1.5.1. Conceptos Técnicos

A continuación, se abordan conceptos acerca de aplicaciones web y móviles; y se explican razones por las que se decidió trabajar con este tipo de tecnologías.

Aplicación Web

Una aplicación web es un tipo especial de programa con arquitectura cliente-servidor [10]. En esta arquitectura existen tres elementos: Un cliente donde se ejecuta la aplicación web, en este caso el navegador; un servidor, que almacena y procesa la información; y un protocolo de comunicación, que puede ser HTTP o HTTPS [11]. Entre los navegadores más conocidos se encuentran Mozilla Firefox, Google Chrome, Opera, Safari, entre otros.

Se optó por el desarrollo de una aplicación web debido a que el desarrollador no necesita crear un programa específico para cada sistema operativo o para un cada tipo de

computadora, facilitando su portabilidad en cualquier sistema. Además, el usuario puede acceder a la aplicación desde cualquier lugar del mundo mediante internet [11].

Sin embargo, las aplicaciones web tienen ciertas limitaciones, por ejemplo, no pueden acceder a sensores de los dispositivos móviles. Para dichas situaciones es mejor desarrollar una aplicación móvil nativa como se detalla a continuación.

Aplicación Móvil

Una aplicación móvil, también conocida como “app”, es un programa o software diseñado para ser ejecutado en dispositivos móviles, como pueden ser un celular o una *tablet*. Las aplicaciones móviles generalmente se descargan a través de plataformas de distribución llamadas “tiendas de aplicaciones”, operadas por el mismo fabricante del sistema operativo móvil [12]. Las 3 principales tiendas de aplicaciones son: App Store en iOS, Google Play Store en Android y Microsoft Store en Windows.

En un principio las aplicaciones móviles nacieron con el propósito de ser herramientas de productividad, con aplicaciones para leer el correo, gestionar el calendario o guardar contactos. La demanda del público y el lanzamiento de nuevas herramientas de desarrollo ha expandido su crecimiento hacia otras categorías como videojuegos, compras en línea, servicios de localización, entre otras [12]. En este proyecto se implementa una aplicación móvil, debido a que los usuarios deben poder utilizarla mientras se movilizan en la ciudad, y además harán uso de sensores como la cámara y el GPS del dispositivo.

La demanda por aplicaciones móviles es tan grande, que en el año 2018 fueron descargadas 194 mil millones de apps en todo el mundo [13]. El sistema operativo móvil más extendido del planeta es Android, que en el Ecuador ocupa un 86.96% del mercado [14]. Al tratarse de la plataforma más popular en nuestro medio, Android resulta la mejor alternativa para llegar al mayor número de personas posible.

Android

Durante su lanzamiento en 2007, Android fue descrito como *“la primera plataforma verdaderamente abierta y comprensible para dispositivos móviles. Junto a un sistema operativo, interfaz de usuario y aplicaciones, incluye todo el software necesario para un teléfono móvil, sin los obstáculos propietarios que han imposibilitado la innovación en el pasado”* [15].

La arquitectura de Android se compone de seis componentes principales [16]:

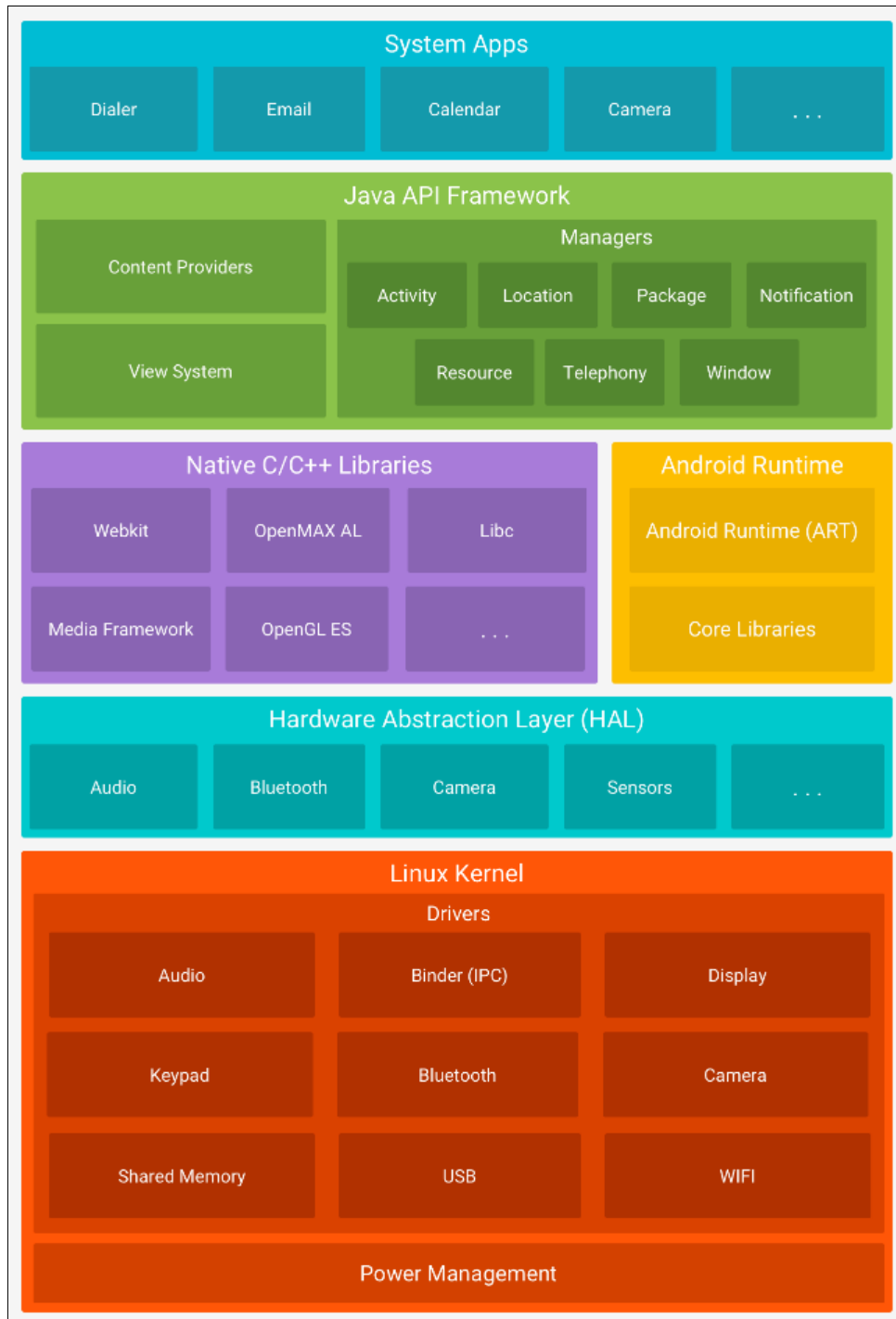


Figura 1 – Arquitectura de Android

1. Kernel de Linux. Constituye la base del sistema Android. Entre sus funcionalidades están: el procesamiento por hilos, administración de la memoria a bajo nivel, manejo de energía, configuraciones de seguridad, entre otras.
2. Capa de Abstracción de Hardware. Provee interfaces estándar que exponen capacidades del hardware a la API Java de más alto nivel. Consiste en múltiples

- módulos de librerías, cada uno de ellos implementa una interfaz para un componente de hardware en específico, como pueden ser la cámara o el bluetooth.
3. Android Runtime. En Android cada app se ejecuta en su propio proceso y su propia instancia del Android Runtime (ART). ART es un intérprete de byte code que está optimizado para ejecutar múltiples máquinas virtuales en dispositivos móviles.
 4. Librerías Nativas C/C++. Muchos componentes y servicios del sistema están contruidos en código nativo que requiere librerías nativas escritas en C y C++. Por ejemplo, mediante la librería OpenGL se puede dibujar y manipular gráficos 2D y 3D.
 5. Framework de la API Java. Consiste en APIs escritas en Java, mediante las que se pueden acceder a todo el conjunto de funcionalidades que brinda el Sistema Operativo de Android. Simplifican el desarrollo de apps mediante la reutilización de componentes y servicios modulares.
 6. Aplicaciones. Es la capa más alta del stack de Android, la capa con la que interactúa el usuario común. Las aplicaciones pueden ser desarrolladas por el mismo equipo de Android y venir incluidas como apps del sistema, o pueden ser desarrolladas por un tercero y ser distribuidas e instaladas a través de la tienda de aplicaciones Play Store.

Este proyecto reside en la capa de aplicaciones y la capa de la API Java, las dos capas más altas del stack de Android. Comprende una app de usuario que será distribuida a través de Play Store. Para el desarrollo de la app se utilizará la API Java para acceder a funcionalidades como la grabación de video, servicios basados en la localización, servicios en segundo plano, mapas, notificaciones, sensores, bases de datos relacionales, entre otras.

Una de las principales ventajas de Android es que está desarrollado por Google, y al tratarse de uno de sus productos más populares, está estrechamente integrado a otros servicios de la empresa. A continuación, se describe la manera en que Android accede a estos servicios.

Google Play Services

Google Play Services es un conjunto de librerías que brindan acceso a características propietarias de Google, entre las que se incluyen Location Services, Google Maps y Analytics, mismas que son empleadas para cumplir con los requerimientos de este proyecto. Estas librerías permiten que los usuarios reciban las actualizaciones más

recientes y que los desarrolladores puedan integrar un amplio número de servicios que Google tiene para ofrecer [17].

Funciona a través de dos componentes: una librería cliente de Google Play Services y un paquete de aplicación (APK). La librería cliente contiene los métodos que dan acceso a los servicios individuales de Google, además contiene interfaces de aplicación (APIs) que permiten resolver problemas comunes tales como una APK faltante, desactivada o desactualizada. Por otro lado, la APK de Google Play Services contiene los servicios de Google y se ejecuta como un servicio de fondo en el sistema operativo de Android. La interacción con el servicio de fondo se realiza a través de la librería cliente.

Este proyecto plantea que los reportes de contravenciones sean generados en la aplicación móvil para posteriormente ser analizados a través de una plataforma web, y de ser el caso sean sancionados. A continuación, se señala el marco legal que validaría si el reporte de una contravención debe conducir a una sanción y las entidades que regularían el proceso.

1.5.2. Marco Legal

Con la finalidad de tener un marco legal centralizado, en el año 2014 se publicó en el registro oficial el nuevo Código Orgánico Integral Penal (COIP). De esta manera fueron derogados artículos y capítulos enteros en otros cuerpos legales, entre ellos el TÍTULO III de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial. En este título se especificaban las sanciones para acciones y omisiones culposas en el ámbito del transporte, y pasaron a ser reguladas por el COIP.

Infracciones y contravenciones de tránsito

En el capítulo octavo, sección primera, artículo 371, del COIP se define a las infracciones de tránsito de la siguiente forma: “*Son infracciones de tránsito las acciones u omisiones culposas producidas en el ámbito del transporte y seguridad vial*” [18]. El COIP señala una clasificación de las infracciones en Delitos y Contravenciones, en la Sección Segunda y Sección Tercera respectivamente. Sin embargo, no se establece una definición de las mismas.

Este proyecto se centra en las Contravenciones de Tránsito, las cuales están descritas en la Sección Tercera, desde el artículo 383 al 392. En estos artículos se detallan las contravenciones, que se encuentran clasificadas en contravenciones generales y siete tipos de contravenciones de distinta clase, según su gravedad, multa y reducción de

puntos. Las multas van desde 5% de un Salario Básico Unificado (SBU) hasta 3 SBU. Por otro lado, la reducción de puntos en la licencia va desde 1.5 hasta 30 puntos.

Clase	Multa	Reducción de Puntos	Artículo
Contravenciones Generales		5	383
		15	384
	1 SBU	5	385.1
	2 SBU	10	385.2
	3 SBU		385.3
		30	385.4
Primera Clase	1 SBU	10	386.1
	2 SBU	10	386.2
Segunda Clase	50% SBU	9	387
Tercera Clase	40% SBU	7.5	388
Cuarta Clase	30% SBU	6	389
Quinta Clase	15% SBU	4.5	390
Sexta Clase	10% SBU	3	391
Séptima Clase	5% SBU	1.5	392

Tabla 1 - Clasificación de las contravenciones según su clase

El exceso de velocidad está tipificado como contravención de primera clase si es dentro del rango moderado, o de cuarta clase si es fuera del rango moderado. Los límites de velocidad se definen en el artículo 191 del Reglamento General para la Aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre [19]. Para este proyecto se considera el límite para vehículos de transporte público en sectores perimetrales, que es de 70 km/h. El exceso entre 70 y 100 km/h está dentro del rango moderado, mientras que velocidades mayores a 100km/h se consideran excesos fuera del rango moderado.

Las fotos y videos que se realicen de contravenciones deben tener validez en el sistema legal ecuatoriano para que se pueda llegar a una sanción de los responsables, como se aborda a continuación.

Fotos y videos como evidencia legal

El artículo 471 del COIP señala que “...*No requieren autorización judicial las grabaciones de audio, imágenes de video o fotografía relacionadas a un hecho constitutivo de infracción, registradas de modo espontáneo al momento mismo de su ejecución, por los medios de*

comunicación social, por cámaras de vigilancia o seguridad, por cualquier medio tecnológico, por particulares en lugares públicos y de libre circulación... [18]. De esta manera se faculta que las personas puedan realizar grabaciones de contravenciones, siempre y cuando se trate de lugares públicos.

Han existido varios casos donde transeúntes graban videos o fotografías de contravenciones de tránsito que presencian. Uno de esos casos es el de una buseta escolar que invadió la vereda en la ciudad de Quito [20]. A partir de dicho suceso la AMT se pronunció a través de su cuenta de Twitter diciendo lo siguiente: *“Comprometidos con tu #SeguridadVial Hemos atendido de manera oportuna las denuncias ciudadanas, por ello nuestro personal de control y sanción ubicó al propietario del vehículo, sancionándolo de acuerdo a lo que establece el COIP. ¡Juntos fomentamos una movilidad responsable!”* [21].

Esta citación demuestra que es posible que un video de evidencia termine en una sanción para el conductor responsable. No obstante, es necesario puntualizar que quienes determinan si es aplicable o no una sanción son las Agencias reguladoras de Transporte Terrestre y Tránsito.

Agencias reguladoras de Transporte Terrestre y Tránsito

Según la Ley de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial, se establece en el artículo 16 que la entidad encargada de la regulación control y planificación del transporte terrestre seguridad vial y tránsito en el territorio ecuatoriano, es la Agencia Nacional de Regulación y Control del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. Entre sus competencias está el control de tránsito en las vías de la red estatal y troncales nacionales en coordinación con Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs). La Agencia Nacional de Regulación y Control del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial es también conocida como Agencia Nacional de Tránsito o ANT [22].

Por otro lado, el artículo 30.2 de la misma ley establece que, las autoridades regionales, municipales o metropolitanas estarán a cargo de la seguridad vial y el transporte en sus respectivas circunscripciones territoriales. Esto se realiza a través de las Unidades de Control de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, mismas que dependen operativa, orgánica, financiera y administrativamente de los GADs [22].

Cumpliendo con el artículo 30.2, y mediante Resolución No. A 0006 del 22 de abril de 2013, el alcalde del DMQ expidió la resolución administrativa de creación de la Agencia

Metropolitana de Control de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, misma que cuenta con plena autonomía administrativa, financiera y funcional. Esta institución es también conocida como Agencia Metropolitana de Tránsito de Quito o AMT [23].

El presente proyecto busca proveer de herramientas que permitan a los ciudadanos reportar las contravenciones ante estas entidades, las cuales serán quienes analicen estos reportes y emitan sanciones. Para el análisis de los reportes, se ha previsto el desarrollo de una interfaz web para que sea usada por los agentes de tránsito.

Para culminar con la introducción, a continuación, se describen los frameworks, herramientas y librerías que fueron utilizadas durante el proceso de desarrollo del software.

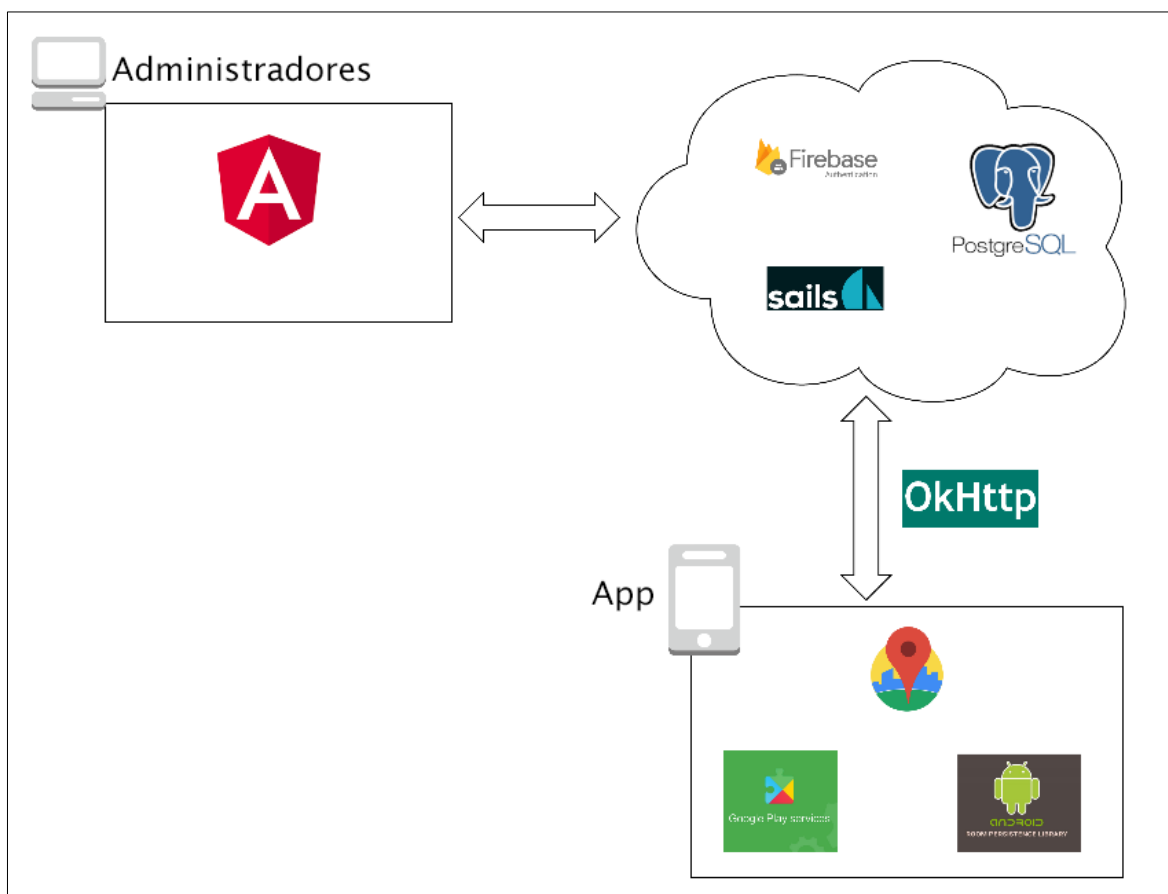


Figura 2 – Diagrama de frameworks y tecnologías utilizadas

1.6. Herramientas, frameworks y librerías de desarrollo

Android Studio

Android Studio es el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) oficial para el desarrollo de aplicaciones en Android. Está basado en otro IDE comercial llamado IntelliJ IDEA, de la

empresa JetBrains [24]. Se considera como el mejor IDE para el desarrollo en Android debido a que es un entorno multiplataforma y trae incorporado consigo el Kit de Desarrollo de Software (SDK) de Android, es decir que no es necesario instalarlo aparte [25]. Se utilizó este IDE para el desarrollo de la aplicación móvil debido a que no tiene ningún costo, y el único requisito para poder utilizarlo es tener la versión de Java Developer Kit (JDK) más reciente.

Room Persistence Library

Room es una librería que provee una capa de abstracción sobre SQLite con la cual se facilita el acceso a una base de datos en el mismo dispositivo móvil, aprovechando todas las capacidades de SQLite. Es la librería oficial para el manejo de bases de datos en Android y está desarrollada por Google [26].

Se utilizó esta librería en la aplicación móvil porque permite almacenar datos en la caché del dispositivo aun cuando no se tenga acceso a la red. Esto es importante porque muchos usuarios no cuentan con planes de datos y esperan conectarse a una red wifi para poder utilizar internet. Si el usuario realiza algún reporte mientras no tiene internet, este se debe sincronizar cuando se vuelva a conectar a la red.

Maps SDK para Android

Maps SDK para Android permite crear e integrar de manera sencilla interfaces basadas en mapas. Esta API maneja automáticamente el acceso a los servidores de Google, la descarga de mapas, y respuesta a gestos, como hacer zoom con los dedos. Además, permite trazar marcadores, polígonos y otros tipos de figuras interactivas [27]. Fue empleada para graficar sobre el mapa la ruta seguida por los buses de transporte público e indicar por color el rango de velocidad al que se desplazaban.

Google Location Services API

La API Location Services permite encontrar la ubicación actual del dispositivo y obtener actualizaciones a medida que cambia. La ubicación se obtiene a partir de varias fuentes, de esta manera se asegura la mayor precisión [28]:

- GPS
- Wi-Fi
- Redes de telefonía

Esta API se utilizó para obtener periódicamente las localizaciones del usuario mientras se encuentra en un bus de transporte público, o cuando fotografía una contravención. Cada localización contiene datos como la latitud, longitud y velocidad; los cuales son fundamentales para el desarrollo de este proyecto.

OKHttp

OKHttp es una librería para enviar y recibir peticiones HTTP. Es muy eficiente debido a que permite que las solicitudes dirigidas hacia un mismo host utilicen un socket común [29]. Entre los beneficios de esta herramienta están que se recupera sigilosamente de problemas de conexión comunes, y que si el servicio que se consume tiene varias direcciones IP se probará a otras direcciones por si falla la primera conexión. Se utilizó esta librería para poder enviar los reportes que realizan los usuarios desde la aplicación móvil hacia el servidor web.

Firebase Authentication

Firebase Authentication es una herramienta de Google que brinda servicios autenticación de usuarios para aplicaciones móviles o web. La autenticación se puede realizar a través de correo y contraseña, número de teléfono, o algún proveedor de identidad federada como Facebook, Twitter o Google [30].

Esta herramienta fue utilizada por su facilidad de integración en las aplicaciones del proyecto. Permitiendo reducir el tiempo de desarrollo del sistema de autenticación y registro de usuarios, tanto en el servidor web como en la aplicación móvil.

Github

Github es un sitio web y un servicio en línea que brinda a los desarrolladores la oportunidad de almacenar y gestionar su código, además de mantener un registro y control de cambios sobre el mismo. Está basado en Git, un sistema de control de versiones creado en 2005 por Linus Torvalds [31]. Este servicio se utilizó para almacenar y llevar un control de los cambios del código a lo largo de todo el proceso de desarrollo.

Sails.js

Sails.js es un framework de desarrollo web que utiliza la arquitectura Modelo-Vista-Controlador y está basado en Node.js. Sails brinda soporte para acceder a bases de datos, programación en tiempo real con web sockets, seguridad de grado empresarial, y patrones

de desarrollo modernos [32]. Al estar basado sobre Node.js, es posible construir aplicaciones con 100% JavaScript.

Se utilizó este framework por su simplicidad y flexibilidad de uso. Permitió agilizar el desarrollo de la API REST hacia la cual se envían los reportes desde la aplicación móvil para ser almacenados en una base de datos.

Angular

Angular es un framework de desarrollo web basado en Typescript, diseñado para simplificar el desarrollo de aplicaciones de página única o single-page application (SPA). En un SPA, los recursos HTML, CSS y Javascript se cargan de manera dinámica y se añaden a la página a medida que sean necesarios, sin recargar la página en ningún punto del proceso. Angular adapta y amplía el HTML tradicional para servir mejor contenido dinámico a través de un data binding bidireccional que permite la sincronización automática de modelos y vistas [33].

Angular se empleó por ser uno de los frameworks de frontend más utilizados para desarrollar interfaces amigables y modernas. Estas interfaces fueron implementadas en la aplicación web para visualizar y generar informes de las contravenciones reportadas mediante la app móvil.

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la app y la interfaz de administración de este proyecto, se adoptó una metodología de desarrollo ágil, Scrum, porque ésta permite abordar problemas complejos de manera iterativa e incremental, a la vez que se entrega un producto con el máximo valor posible.

2.1. Scrum

Scrum es un marco de trabajo usado para gestionar proyectos de desarrollo de software de forma ágil [34]. Entre los principales beneficios de usar Scrum se encuentran:

- **Adaptabilidad:** Scrum permite acoger cambios durante el proceso de desarrollo. Es común que los usuarios del software cambien ideas respecto a lo que quieren o lo que necesitan, por ello es importante flexibilidad al momento de implementar nuevas funcionalidades o cambiar funcionalidades ya existentes.
- **Entrega temprana y continua de valor:** En cada iteración se realiza la entrega de un producto funcional y potencialmente entregable. De esta manera el cliente puede tomar decisiones en relación a lo observado.
- **Transparencia:** Scrum busca brindar un ambiente de trabajo abierto y que el equipo se mantenga informado sobre el progreso y el estado actual del proyecto.
- **Mejora continua:** Se obtiene a través de la adaptabilidad y transparencia. Todo el equipo Scrum trabaja por realizar un entregable que mejora continuamente gracias a los cambios que se van incluyendo y a que todo el equipo está al tanto.

El marco de trabajo Scrum tiene componentes con propósitos específicos, que son fundamentales para el éxito y la aplicación de Scrum. Los componentes son: roles, eventos, artefactos y reglas asociadas. Las reglas rigen las relaciones e interacciones entre los roles, eventos y artefactos. A continuación, se definen con más detalle a estos componentes.

2.1.1. Roles Scrum

Para aplicar Scrum es necesario al menos un equipo Scrum, autoorganizado y multifuncional. Este equipo elige la mejor forma de llevar a cabo su trabajo y tiene las competencias para realizarlo sin depender de personas ajenas. Un equipo Scrum consiste en un Dueño de Producto (Product Owner), Equipo de Desarrollo (Development Team) y Scrum Master.

Dueño del Producto

El dueño de producto (Product Owner) es el representante de la voz del cliente o usuario. Es responsable de decidir qué funcionalidades y características se tienen que realizar, y en qué orden hacerlo, con el fin de maximizar el valor que el equipo entrega [35]. Este rol está desempeñado por una sola persona, no un comité.

Entre sus responsabilidades están: definir de manera clara los requerimientos del cliente, ordenar los ítems para lograr los objetivos de la mejor forma, y asegurar que todos los miembros del equipo tengan en claro las tareas a realizarse.

Para que el Dueño del producto pueda realizar su trabajo adecuadamente, todos los miembros del equipo deben respetar las decisiones que tome.

Equipo de Desarrollo

El equipo de desarrollo (Development Team) está conformado por quienes llevan a cabo todas las tareas necesarias para construir incrementos de valor. Son los responsables de diseñar, implementar y probar el producto que se entrega en cada iteración.

El equipo de desarrollo tiene la capacidad de autoorganizarse para cumplir con las prioridades que determina el Dueño de producto. Aunque se refiere a este equipo como desarrolladores, el término involucra a cualquiera que juega un papel en el desarrollo y soporte del sistema o producto, y puede incluir a investigadores, analistas, arquitectos, diseñadores, entre otros.

Scrum Master

El Scrum Master es el responsable de que se practiquen y entiendan los valores, prácticas y reglas de Scrum [36]. Entre las responsabilidades del Scrum Master están: Ayudar a llegar a un consenso de las actividades que se pueden lograr en un periodo de tiempo, remover los obstáculos que impidan el progreso del equipo, proteger al equipo de distracciones externas y ayudar a que el equipo cree productos de alto valor.

Aunque el título Scrum Master puede sonar a una persona con gran autoridad, el Scrum Master no es el líder del proyecto, y tampoco es responsable por todos los resultados del sprint. El equipo completo es el responsable por los resultados.

En Scrum existen actividades predefinidas que crean regularidad y minimizan las reuniones innecesarias. Estas actividades constituyen una oportunidad para la inspección y adaptación, y se describen a continuación.

2.1.2. Actividades de Scrum

Sprint

Un Sprint es la unidad básica de desarrollo en Scrum. Es una iteración de esfuerzo cuyo inicio y fin se definen con anterioridad y que normalmente dura entre una semana y un mes [37]. Cada nuevo Sprint se realiza inmediatamente después que el anterior y se recomienda que todos tengan la misma duración.

Mientras se ejecuta un sprint es importante evitar cambios que alteren el objetivo del Sprint, evitar que los objetivos de calidad disminuyan, y de ser posible aclarar y renegociar el alcance del proyecto. Cada Sprint inicia con un evento de planeación que establece los objetivos y selecciona ítems del Product Backlog. El equipo decide qué ítems están listos y los traslada al Sprint Backlog, junto a un estimado del esfuerzo requerido para alcanzar el objetivo del Sprint.

Cada Sprint incluye:

- Reunión de Planificación del Sprint (Sprint Planning Meeting)
- Ejecución del Sprint
- Revisión del Sprint (Sprint Review)
- Retrospectiva del Sprint (Sprint Retrospective).

Reunión de Planificación del Sprint

La reunión de planificación del Sprint (Sprint Planning Meeting) se realiza antes de iniciar cada Sprint, con todo el Equipo Scrum, es decir, Product Owner, Scrum Master y el Equipo de Desarrollo [38]. En esta reunión se define el objetivo del Sprint, los ítems del Product Backlog que se deben realizar para lograr el objetivo y el trabajo que se requiere para cumplir con estos ítems.

Ejecución del Sprint

La ejecución del Sprint se refiere el trabajo que el equipo lleva a cabo para alcanzar el objetivo del Sprint. Aquí se realizan todas las tareas necesarias para el desarrollo de un producto potencialmente entregable. Durante la ejecución del Sprint el Scrum Master guía,

facilita, y remueve cualquier impedimento que bloquee o retrase el progreso del equipo. El Dueño de Producto por su parte, está disponible para resolver dudas, revisar el progreso y brindar retroalimentación inmediata al equipo.

Al llegar al final del Sprint, el equipo lleva a cabo dos importantes tareas de inspección y adaptabilidad: la Revisión del Sprint y la Retrospectiva del Sprint.

Revisión del Sprint

La revisión del Sprint (Sprint Review) es el momento donde las partes interesadas brindan su retroalimentación sobre el producto en sí. Durante el Sprint Planning el equipo planeó el trabajo. Después, durante la ejecución del Sprint el trabajo se llevó a cabo. Y ahora, durante el Sprint Review, el equipo inspecciona el resultado del trabajo, el incremento del producto potencialmente entregable.

Una demostración del producto, también conocida como demo, puede ser una herramienta útil durante el Sprint Review. Pero es importante recalcar que la demo no es la meta del Review, la meta es que la conversación y colaboración de todos los miembros del equipo ayuden a guiar el producto en la dirección correcta [39]. El resultado de esta conversación es una lista de producto revisada y los posibles elementos a realizarse en el siguiente Sprint.

Retrospectiva de Sprint

La retrospectiva de Sprint (Sprint Retrospective) permite que todo el equipo dedique un momento para examinar lo que está sucediendo en el proceso de Scrum, analizar la manera en que trabajan, identificar maneras de mejorar y hacer planes para implementar estas mejoras. Cualquier factor que afecte la creación del producto está abierto a discusión.

Las retrospectivas son una parte crucial porque permiten que los equipos adapten Scrum a sus circunstancias únicas. Una manera efectiva de realizar una retrospectiva es que los miembros del equipo respondan las siguientes preguntas:

- ¿Qué se hizo bien, y debería continuar haciéndose?
- ¿Qué se hizo mal, y debería mejorarse o dejarse de hacer?

Los artefactos de Scrum son aquellos instrumentos que brindan transparencia sobre información crucial del proyecto, de forma que todos los miembros del equipo la puedan comprender. Los artefactos de Scrum se abordan a continuación.

2.1.3. Artefactos de Scrum

Product Backlog

El Product Backlog es una lista ordenada que enumera todas las características, funcionalidades, requerimientos, correcciones y mejoras que deben realizarse para los próximos entregables del producto.

El responsable del Product Backlog es el Product Owner, quien evalúa y ordena los elementos de la lista. Misma que se realiza desde el inicio del proyecto y va evolucionando a la par del producto a entregar.

Sprint Backlog

El Sprint Backlog es una lista que contiene los elementos que van a realizarse en el Sprint, seleccionados desde el Product Backlog. También incluye un plan de trabajo con detalle de las actividades necesarias para lograr el objetivo del Sprint y el incremento del producto entregable.

Los elementos que forman parte de esta lista son seleccionados por el equipo de desarrollo y en el transcurso del Sprint se modifican y adaptan de acuerdo a lo que se va realizando. El Sprint Backlog representa el trabajo que el equipo de desarrollo planea llevar a cabo.

Incremento

El incremento es aquello que se obtiene al final del Sprint, que incluye lo realizado en los Sprints pasados y los elementos del Product backlog completados durante el Sprint. Este incremento se debe entregar en condición de ser utilizado.

2.1.4. Sprint 0

El Sprint 0 toma lugar antes del inicio formal del proyecto, permite identificar los objetivos del proyecto y aclarar el alcance y las expectativas de la organización. Durante este Sprint se produce todo lo necesario para empezar a trabajar con un enfoque ágil, lo cual incluye el Product Backlog.

Una vez definidos los conceptos de Scrum, se detalla la forma en que se implementó Scrum en este proyecto.

2.2. Desarrollo

2.2.1. Sprint 0

Definición de roles

El presente proyecto se encuentra conformado por 4 integrantes, por lo que fue posible definir los roles que indica SCRUM (ver Tabla 2).

Rol Scrum	Responsable
Product Owner	Esteban Iribarra
Scrum Master	Edison Loza
Development Team	Alexander Olmedo y Mayra Rosero

Tabla 2 – Roles del equipo Scrum en el proyecto

Historias Épicas

Al dar inicio al proyecto se definieron dos historias épicas. La primera comprende el desarrollo de la aplicación móvil, la otra se refiere al desarrollo de la consola de administración web (Tabla 3).

ID	Título	Prioridad
HE1	Desarrollo de una aplicación móvil para reportar las contravenciones de tránsito.	Alta
HE2	Desarrollar una consola Web de administración de los usuarios y las contravenciones reportadas.	Alta

Tabla 3 – Historias Épicas

Product Backlog

Las historias épicas a su vez se dividieron en historias de usuario. Por cada historia de usuario se definió una estimación del esfuerzo que tomaría realizarla, en días. También se definió la prioridad, en función de qué tanto valor representa cada historia. La lista completa de historias de usuario se muestra en la Tabla 4.

Para optimizar el tiempo de desarrollo se determinó que cada Sprint tendría una duración promedio de dos semanas, por lo que se procuró que se sume 12 puntos de estimación por cada Sprint.

Épica	Historia de usuario			
	ID	Título	Estimación (días)	Prioridad
HE1	ECU-01	Ingreso con cuenta de Google	3	Baja
HE1	ECU-02	Ingreso con usuario anónimo	2	Baja
HE1	ECU-03	Módulos de la aplicación	1	Media
HE1	ECU-04	Opciones en módulo reportar	1	Alta
HE1	ECU-05	Datos del bus en monitoreo de velocidad	2	Alta
HE1	ECU-06	Mostrar velocidad durante el monitoreo	5	Alta
HE1	ECU-07	Mapa en el monitoreo de la velocidad	5	Media
HE1	ECU-08	Ruta de colores trazada en el mapa del monitoreo de velocidad	5	Alta
HE1	ECU-09	Monitoreo de velocidad en segundo plano	3	Alta
HE1	ECU-10	Notificación de exceso de velocidad	1	Media
HE1	ECU-11	Envío automático reporte de exceso de velocidad	2	Alta
HE1	ECU-12	Tomar foto de contravención de tránsito	5	Alta
HE1	ECU-13	Grabar video de contravención de tránsito	8	Alta
HE1	ECU-14	Datos de contravención de tránsito	2	Alta
HE1	ECU-15	Validar datos de bus por foto	3	Baja
HE1	ECU-16	Enviar reporte	5	Alta
HE1	ECU-17	Guardar reporte como borrador	2	Media
HE1	ECU-18	Descartar reporte	2	Media
HE1	ECU-19	Historial de reportes	5	Media
HE1	ECU-20	Perfil con datos de usuario	3	Baja
HE2	ECU-21	Perfiles en consola web de administración	1	Alta
HE2	ECU-22	Ingreso a la consola de administración	2	Alta
HE2	ECU-23	Módulos de la consola	1	Alta
HE2	ECU-24	Módulo Usuarios solo para administrador	1	Alta
HE2	ECU-25	Lista de usuarios solo para administrador	1	Media
HE2	ECU-26	Creación de usuarios con distintos tipos de perfil	2	Alta
HE2	ECU-27	Creación de usuarios con perfil estudiante	1	Baja
HE2	ECU-28	Lista de todos los reportes de exceso de velocidad	1	Alta
HE2	ECU-29	Lista de reportes por foto o video	1	Alta
HE2	ECU-30	Detalles de reporte de exceso de velocidad	5	Alta
HE2	ECU-31	Detalles de reporte de contravenciones	5	Alta
HE2	ECU-32	Lista de reportes de exceso de velocidad aceptados	1	Media
HE2	ECU-33	Lista de reportes de contravenciones aceptados	1	Media
HE2	ECU-34	Sanción de contravenciones reportadas	2	Media
HE2	ECU-35	Lista de reportes de exceso de velocidad pendientes revisión	1	Media
HE2	ECU-36	Lista de reportes de contravenciones pendientes revisión	1	Media
HE2	ECU-37	Aceptar un reporte de contravención para su revisión	1	Media
HE2	ECU-38	Gráfico de velocidad en consola	3	Baja

Tabla 4 – Product Backlog

2.2.2. Sprint 1

Sprint Planning

El objetivo de este primer Sprint fue dar inicio al desarrollo de la aplicación móvil, implementando el módulo de control de velocidad. Entre los componentes de este módulo se encontraban un formulario para ingresar los datos del bus, así como una pantalla para mostrar la velocidad actual en tiempo real. También se definió el diseño general que seguiría la aplicación.

Las historias seleccionadas se detallan en la Tabla 5. En cada historia se estableció una lista de tareas para llevar a cabo su implementación.

ID	Título	Descripción	Tareas
ECU-04	Opciones en módulo reportar	Como usuario necesito reportar infracciones monitoreando la velocidad, tomando una foto o grabando un video.	<ul style="list-style-type: none">• Instalar librerías de material design.• Agregar botones en pantalla de reporte.• Agregar ícono a cada botón.
ECU-05	Datos del bus en monitoreo de velocidad	Como usuario necesito ingresar los datos del bus antes de iniciar el monitoreo de la velocidad.	<ul style="list-style-type: none">• Instalar librería de base de datos.• Agregar diálogo de ingreso de datos.• Guardar datos ingresados en la base de datos.
ECU-06	Mostrar velocidad durante el monitoreo	Como usuario necesito visualizar la velocidad a la que viaja el vehículo, al activar el monitoreo de velocidad.	<ul style="list-style-type: none">• Instalar librerías para obtener la ubicación GPS.• Obtener la velocidad de forma periódica.• Actualizar la pantalla mostrando la velocidad obtenida.
ECU-11	Envío automático reporte de exceso de velocidad	Como usuario necesito que se envíe un reporte de manera automática al detectar un exceso de velocidad.	<ul style="list-style-type: none">• Instalar librerías HTTP.• Generar un reporte de manera automática al exceder el límite de velocidad.
ECU-03	Módulos de la aplicación	Como usuario necesito pantallas para reportar contravenciones, ver un historial de los reportes, y ver mi perfil.	<ul style="list-style-type: none">• Crear pantallas distintas para las distintas secciones: reporte de contravenciones, historial y perfil• Implementar la navegación entre las distintas pantallas.
ECU-10	Notificación exceso de velocidad	Como usuario necesito se muestre una notificación al exceder el límite de velocidad.	<ul style="list-style-type: none">• Diseñar las notificaciones de exceso de velocidad.• Mostrar una notificación al exceder el límite de velocidad.• Abrir la aplicación al dar clic en la notificación.

Tabla 5 – Sprint Backlog 1

Ejecución del Sprint

Registro de datos del bus

Antes de empezar con el monitoreo de velocidad se diseñó un formulario para ingresar datos que permitan identificar el bus, según la Figura 3. En este formulario es necesario seleccionar al menos un tipo de identificativo: placa o número de unidad, sino no se puede proceder al monitoreo de velocidad.



El formulario, titulado "Datos del bus", solicita la información del vehículo. Incluye un menú desplegable para el "Tipo de bus" (actualmente "Interprovincial"), un campo de "Placa" con un selector de letras (A, B, C) y dígitos (1, 2, 3, 4), y un campo de "Cooperativa" con subcampos para el nombre y el número de unidad. Botones de "CANCELAR" y "INICIAR MONITOREO" están ubicados en la parte inferior.

Figura 3 – Formulario para el ingreso de datos del bus

Velocímetro

El módulo de control de velocidad incluye un velocímetro, como se muestra en la Figura 4. Tiene un código de color según los límites de velocidad para vehículos de transporte público de pasajeros, definidos en el Reglamento General para la Aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre [19]. La velocidad por debajo del límite de velocidad es de color verde, el exceso de velocidad en un rango moderado es de color amarillo, y el exceso de velocidad fuera del rango moderado es de color rojo.

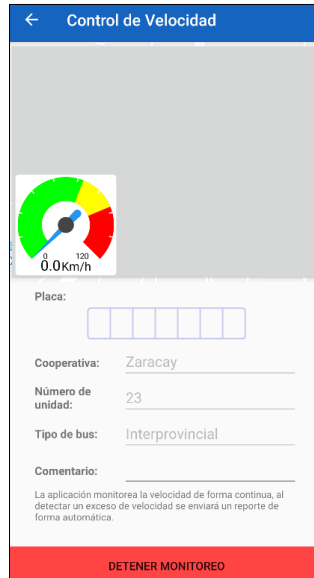


Figura 4 – Velocímetro en el control de velocidad

Diseño general de la aplicación

El diseño general de la aplicación móvil se basó en pestañas en la parte inferior, y el uso de botones para ingresar a cada módulo, como se muestra en la Figura 5. Existen tres módulos principales: Reportar, Historial y Perfil.

Desde el módulo Reportar se puede capturar evidencia de una contravención, mediante foto, video o datos de velocidad. En el módulo Historial se encuentra la lista de reportes que el usuario ha generado. Y en el módulo Perfil se muestran datos del usuario e información sobre la aplicación.

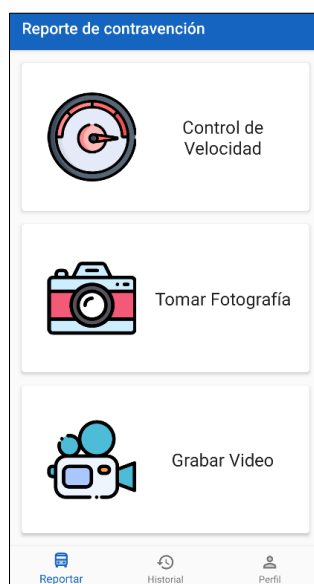


Figura 5 – Diseño de la pantalla principal

Sprint Review

ID	Descripción	Criterios de Aceptación	Cumple
ECU-04	Como usuario necesito reportar infracciones monitoreando la velocidad, tomando una foto o grabando un video.	La aplicación tendrá una pantalla con tres botones para los siguientes submódulos: "Control de Velocidad", "Tomar Fotografía" y "Grabar Video"	SI
ECU-05	Como usuario necesito ingresar los datos del bus antes de iniciar el monitoreo de la velocidad.	La aplicación tendrá una pantalla para ingresar los datos del bus como: tipo de bus, placa, nombre de la cooperativa, número de la unidad.	SI
ECU-06	Como usuario necesito visualizar la velocidad a la que viaja el vehículo, al activar el monitoreo de velocidad.	La aplicación tendrá una pantalla donde se muestre la velocidad a la que se moviliza el vehículo que se está monitoreando.	SI
ECU-11	Como usuario necesito que se envíe un reporte de manera automática al detectar un exceso de velocidad.	La aplicación enviará un reporte automáticamente el momento en que se exceda la velocidad.	SI
ECU-03	Como usuario necesito pantallas para reportar contravenciones, ver un historial de los reportes, y ver mi perfil.	La aplicación tendrá pestañas inferiores donde se pueda navegar entre los distintos módulos.	SI
ECU-10	Como usuario necesito se muestre una notificación al exceder el límite de velocidad.	La aplicación enviará una notificación al usuario cuando se exceda el límite de velocidad permitida.	SI

Tabla 6 – Criterios de aceptación del Sprint 1

Sprint Retrospective

¿Qué salió bien en la iteración?

Durante el desarrollo de las interfaces se utilizó la librería oficial de diseño de Google, llamada Material Design, esta le da un aspecto atractivo y moderno a la aplicación. Por tanto, se decidió implementar el mismo diseño en el resto de la aplicación.

¿Qué se puede mejorar?

La aplicación monitorea la velocidad de manera continua, pero se detiene al apagar la pantalla o cambiar de aplicación. No resulta práctico que el monitoreo funcione únicamente al tener abierta la aplicación, por ello es importante que en futuras iteraciones la aplicación permanezca activa aún en segundo plano.

2.2.3. Sprint 2

Sprint Planning

Durante el Sprint 2 se decidió implementar el envío de reportes de contravenciones de tránsito mediante la captura de fotos.

En la Tabla 7 se muestran las historias de usuario seleccionadas para este Sprint y las tareas necesarias para completar el Sprint, la sumatoria de la estimación de las tareas es de 12 puntos.

ID	Título	Descripción	Tareas
ECU-12	Tomar foto de contravención de tránsito	Como usuario necesito tomar una fotografía para reportar una contravención de tránsito.	<ul style="list-style-type: none">• Instalar librería para la captura de fotos.• Diseñar una pantalla para la captura de fotos.• Guardar las fotografías en la base de datos interna del teléfono.
ECU-14	Datos de Contravención de Tránsito	Como un usuario necesito ingresar datos del vehículo que cometió la infracción.	<ul style="list-style-type: none">• Diseñar un formulario para el ingreso de datos de la contravención.• Mostrar la fotografía capturada mediante la cámara.• Guardar los datos ingresados en la base de datos interna del teléfono.
ECU-16	Enviar Reporte	Como usuario necesito la opción de enviar el reporte de la contravención.	<ul style="list-style-type: none">• Realizar un HTTP POST para el envío del reporte.• Ejecutar el envío al hacer clic en Enviar.• Crear proyecto Sails, para servicios web• Definir el modelo de datos.

Tabla 7 – Sprint Backlog 2

Ejecución del Sprint

Captura de fotografías

Para el módulo de captura de fotografías se utilizó la librería de código abierto CameraView [40]. Esta librería permitió configurar opciones como flash, resolución de la imagen y cambiar entre las distintas cámaras, como se muestra en la Figura 6. Al momento de abrir la pantalla de cámara también se obtiene un registro de la ubicación actual, obtenido a partir del GPS.



Figura 6 – Captura de contravenciones por foto

Registro de datos

Después de que una fotografía haya sido capturada, se muestra una pantalla que permite ingresar más detalles sobre la contravención, según la Figura 7. Desde aquí se puede descartar la fotografía, guardarla como borrador para enviarla después, o enviarla inmediatamente.

← Reporte de contravención



Placa:

Categoría: Vehículo mal estacionado ▾

Detalle:

Hora:

Ubicación:

BORRAR **GUARDAR BORRADOR** **ENVIAR**

Figura 7 – Registro de Datos

Envío de reporte

Al dar clic al botón enviar se muestra el diálogo de carga de la Figura 8. En caso de que el envío falle el usuario tiene la opción de guardar la infracción para enviarla después, o descartarla. Para recibir los reportes se creó un servicio Web con Sails.js [41], sobre una base de datos PostgreSQL.

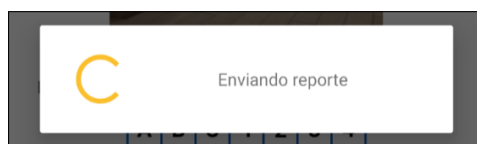


Figura 8 – Diálogo de envío de reporte

Sprint Review

ID	Descripción	Criterios de Aceptación	Cumple
ECU-12	Como usuario necesito tomar una fotografía para reportar una contravención de tránsito.	La aplicación tendrá una pantalla que permita tomar una fotografía de la contravención.	SI
ECU-14	Como un usuario necesito ingresar datos del vehículo que cometió la infracción.	La aplicación mostrará una pantalla para ingresar los datos del reporte como: Placa del vehículo, categoría de la infracción y detalle. La hora y ubicación se capturarán de forma automática y se mostrarán en la pantalla.	SI
ECU-16	Como usuario necesito la opción de enviar el reporte de la contravención.	La aplicación enviará el reporte a un servicio web y lo almacenará en la base de datos.	SI

Tabla 8 – Criterios de Aceptación del Sprint 2

Sprint Retrospective

¿Qué salió bien en la iteración?

Se utilizó una librería para tomar fotografías en lugar de desarrollar la implementación desde cero, lo cual disminuyó el tiempo empleado para completar las historias de usuario. Además, se logró obtener la ubicación de forma automática para que el usuario no deba ingresar la dirección manualmente.

¿Qué se puede mejorar?

Cuando no se tiene conexión a internet el envío del reporte falla y se pierde el reporte de la contravención. En el futuro es necesario guardar los reportes como borradores que puedan ser enviados al volver a tener una conexión.

2.2.4. Sprint 3

Sprint Planning

Para el Sprint 3 se decidió desarrollar el submódulo de reporte de contravenciones de tránsito mediante la captura de video, así como agregar el monitoreo de velocidad en segundo plano. Otra de las actividades seleccionadas para el Sprint fue definir el manejo de perfiles en la aplicación web. Las historias de usuario seleccionadas para este Sprint se indican en la Tabla 9.

ID	Título	Descripción	Tareas
ECU-09	Monitoreo de velocidad en segundo plano	Como usuario necesito que el monitoreo de velocidad continúe aun en segundo plano.	<ul style="list-style-type: none">• Implementar un servicio para ejecutar la aplicación en segundo plano.• Crear una notificación para que el sistema operativo no detenga el servicio.• Guardar los datos de velocidad generados en segundo plano.
ECU-13	Grabar video de contravención de Tránsito	Como usuario necesito grabar un video para reportar una contravención de tránsito.	<ul style="list-style-type: none">• Diseñar una pantalla para la captura de videos.• Guardar los videos capturados en la base de datos interna del teléfono.• Limitar la captura de video para solo capturar los últimos 60 segundos.
ECU-21	Perfiles en consola Web de Administración	Como product owner necesito que existan 3 roles en la consola web, estos son: "Administrador", "Estudiante", "Agente"	<ul style="list-style-type: none">• Definir si se trabajará con una tabla más para perfiles o únicamente se creará un campo en la tabla usuarios.• Crear un nuevo proyecto en angular para iniciar desarrollo.

Tabla 9 – Sprint Backlog 3

Ejecución del Sprint

Grabación de video

La pantalla de grabación de video se diseñó de manera similar a la pantalla de captura de fotografías, como se indica en la Figura 9. La librería utilizada es la misma, ya que también ofrece funcionalidad de captura de video.



Figura 9 – Pantalla de captura de video

Monitoreo de velocidad en segundo plano

Se implementó un servicio de Android para permitir que la aplicación siga funcionando en segundo plano. Al salir de la aplicación mientras el control de velocidad está activo aparece una notificación que indica la velocidad actual, según la Figura 10. Al dar clic a la notificación se abre la aplicación.

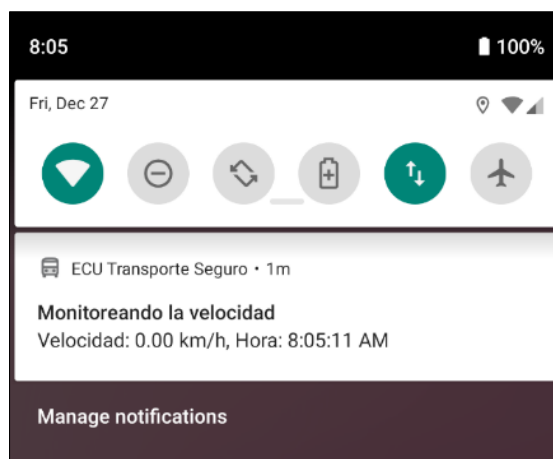


Figura 10 – Notificación de Monitoreo en Segundo Plano

Perfiles en la consola web.

Para simplificar el manejo de perfiles se decidió crear un nuevo campo a la tabla de usuarios. De esta manera se guarda el tipo de perfil sin necesidad de crear una nueva tabla.

Sprint Review

ID	Descripción	Criterio de Aceptación	Cumple
ECU-09	Como usuario necesito que el monitoreo de velocidad continúe aun en segundo plano.	La aplicación continuará monitoreando la velocidad, aunque se estén utilizando otras aplicaciones o el teléfono esté bloqueado.	SI
ECU-13	Como usuario necesito grabar un video para reportar una contravención de tránsito.	La aplicación tendrá una pantalla que permita grabar un video de la contravención a reportar.	SI
ECU-21	Como product owner necesito que existan 3 roles en la consola web, estos son: "Administrador", "Estudiante", "Agente"	El modelo de la base de datos estará actualizado integrando los perfiles de usuario.	SI

Tabla 10 – Criterios de Aceptación del Sprint 3

Sprint Retrospective

¿Qué salió bien en la iteración?

La misma librería de captura de fotos permitió la captura de video, de modo que se evitó la duplicación de código y se cumplió con los criterios de aceptación. Se logró mantener el monitoreo de velocidad activo aún con la pantalla bloqueada o al cambiar de aplicación, lo cual mejora la funcionalidad de la aplicación ya que no es práctico tener a ésta siempre en primer plano para que funcione

¿Qué se puede mejorar?

Al dar clic en la notificación de monitoreo en segundo plano se abre la pantalla principal de la app, se podría mejorar si la notificación lleva directamente al monitoreo de velocidad. En la consola web los perfiles están predefinidos, es posible mejorar de manera que el administrador pueda crear nuevos tipos de perfiles y asignar los permisos que se requieran.

2.2.5. Sprint 4

Sprint Planning

Para el Sprint 4, en la consola web se decidió implementar una barra de navegación según el tipo de perfil y una guía de cómo usar la consola web. Para la aplicación móvil se agregarán funciones como el acceso con cuenta de Google, la visualización del recorrido en un mapa y guardar los reportes como borrador. En la Tabla 11 se detallan las historias seleccionadas para el Sprint.

ID	Título	Descripción	Tareas
ECU-23	Módulos de la consola	Como usuario de la consola necesito gestionar los reportes de exceso de velocidad y los reportes por foto o video.	<ul style="list-style-type: none">• Crear una barra de navegación superior.• Instalar librerías necesarias• Crear componentes para gestión de Reportes de Velocidad y para gestión de Reportes de Contravenciones.
ECU-24	Modulo Usuarios solo para administrador	Como administrador necesito gestionar usuarios.	<ul style="list-style-type: none">• Crear componente para Gestión de Usuario.• Restringir la gestión de usuarios solo para el administrador.
ECU-01	Ingreso con cuenta de Google	Como usuario necesito ingresar a la aplicación con mi cuenta de Google.	<ul style="list-style-type: none">• Instalar las librerías de Google Firebase para autenticación.• Diseñar la pantalla de ingreso por medio de Cuenta de Google.• Abrir la pantalla principal una vez se haya ingresado correctamente con Google.
ECU-07	Mapa en el monitoreo de la velocidad	Como usuario necesito visualizar el mapa por donde avanza el vehículo.	<ul style="list-style-type: none">• Instalar la librería de Google Maps.• Agregar un mapa en la pantalla de control de velocidad.• Colocar un marcador en el mapa con la posición actual del vehículo.• Actualizar la posición del marcador a medida que la posición actual cambia.
ECU-17	Guardar Reporte como borrador	Como usuario necesito la opción de guardar como borrador el reporte para editarlo y posteriormente enviarlo.	<ul style="list-style-type: none">• Agregar un botón para guardar un reporte como borrador.• Actualizar el estado de la contravención a "Borrador" en la base de datos.

Tabla 11 – Sprint Backlog 4

Ejecución del Sprint

Módulos de la Consola Web

En la consola web se agregó una barra de navegación que muestra distintos módulos de acuerdo al perfil del usuario que ingresa. En la Figura 11 se puede apreciar la barra

diseñada para el usuario con perfil de administrador y en la Figura 12 se muestra la barra para el usuario con perfil de estudiante o agente.



Figura 11 – Barra de Navegación de administrador.



Figura 12 – Barra de Navegación de estudiante o agente.

Acceso con cuenta Google

En la aplicación se utilizó la librería de Firebase Authentication [42] para habilitar el ingreso mediante una cuenta de Google, como se muestra en la Figura 13. El uso de esta librería facilitó de gran manera la administración de usuarios, logrando integrarla con un número reducido de líneas de código. La base de datos de usuarios se almacena automáticamente en los propios servidores de Firebase.

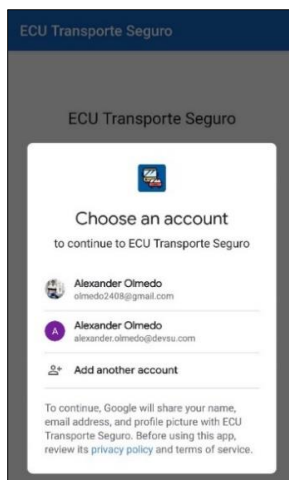


Figura 13 – Autenticación con una cuenta de Google.

Visualización de recorrido en el mapa

Mediante la librería de Google Maps para Android [43] se implementó un mapa que muestra la ubicación del autobús en tiempo real. Un marcador con forma de bus se actualiza a medida que la posición actual cambia, como muestra la Figura 14.

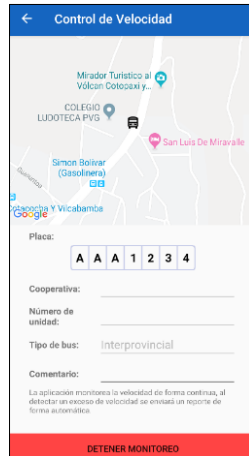


Figura 14 – Visualización de recorrido en el mapa

Sprint Review

ID	Descripción	Criterios de Aceptación	Cumple
ECU-23	Como usuario de la consola necesito gestionar los reportes de exceso de velocidad y los reportes por foto o video.	La consola tendrá una barra de navegación que permita acceder a los módulos para gestionar reportes de excesos de velocidad y reportes por foto o video.	SI
ECU-24	Como administrador necesito gestionar usuarios.	La consola web tendrá en la barra de navegación una opción que permita acceder al módulo para la gestión de usuarios, únicamente para usuarios con perfil administrador	SI
ECU-01	Como usuario necesito ingresar a la aplicación con mi cuenta de Google	La aplicación permitirá que el usuario inicie sesión con una cuenta de Google.	SI
ECU-07	Como usuario necesito visualizar el mapa por donde avanza el vehículo.	La aplicación mostrará en un mapa la ubicación en la que se encuentra el vehículo durante el monitoreo de velocidad.	SI
ECU-17	Como usuario necesito la opción de guardar como borrador la contravención a reportar para editarla y posteriormente enviarla.	La aplicación permitirá guardar un reporte como borrador, mismo que se agregará al historial para luego editarlo y enviarlo.	SI

Tabla 12 – Criterios de Aceptación del Sprint 4

Sprint Retrospective

- ¿Qué salió bien en la iteración?

El uso de Angular agilitó la creación de interfaces para la consola web de modo que tenga un aspecto moderno y que sea funcional. También se logró agilizar el desarrollo mediante el uso de librerías como Firebase para la autenticación de usuarios y el SDK de Google Maps para indicar la posición actual del bus.

- ¿Qué se puede mejorar?

Es importante hacer pruebas con las librerías antes de utilizarlas ya que, por ejemplo, en la barra de navegación se utilizó Angular Material en un principio, pero finalmente se optó por MDBootstrap para hacerla responsiva. En la aplicación, el mapa solo muestra la posición actual del bus, una posible mejora es trazar la ruta sobre el mapa, a medida que el bus avanza.

2.2.6. Sprint 5

Sprint Planning

Para el Sprint 5, se optó por implementar que el ingreso a la consola web sea mediante Google o mediante correo y contraseña. Entre las tareas seleccionadas se incluye desarrollar el módulo de Gestión de reportes de exceso de velocidad y el formulario para la creación de nuevos usuarios por parte del administrador. Para la app móvil se decidió implementar la función de descartar reportes de contravenciones.

Las historias de usuario seleccionadas para el Sprint 5 se muestran en la Tabla 13.

ID	Título	Descripción	Tareas
ECU-26	Creación y edición de usuarios.	Como administrador necesito una pantalla para crear y editar usuarios y asignarles el perfil según corresponda	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar librerías de Firebase. • Crear componente para creación de usuarios. • Crear componente de edición de usuarios. • Validar que todos los campos se ingresen de forma correcta. • Crear servicio para registrar usuarios en Firebase. • Crear el servicio para almacenar el usuario en PostgreSQL. • Crear el servicio para actualizar el usuario en PostgreSQL.
ECU-22	Ingreso a la consola de administración	Como usuario de la consola necesito acceder mediante Google o con correo y contraseña.	<ul style="list-style-type: none"> • Crear componente de login. • Crear servicio para iniciar sesión utilizando firebase. • Mostrar datos del usuario actualmente activo. • Restringir el acceso a las distintas rutas únicamente a sesiones activas.
ECU-28	Lista de todos los reportes de exceso de velocidad	Como administrador necesito una lista con todos los reportes de exceso de velocidad, que se pueda filtrar y ordenar.	<ul style="list-style-type: none"> • Crear servicio para obtener todos los reportes de exceso de velocidad. • Mostrar la lista de reportes con sus principales datos en una tabla. • Implementar filtrado y ordenamiento de la lista.

ECU-30	Detalles de reportes de exceso de velocidad	Como usuario de la consola necesito visualizar la información de la contravención de exceso de velocidad, con un gráfico de velocidad vs tiempo y un mapa donde se trace la ruta.	<ul style="list-style-type: none"> • Crear componente para mostrar el detalle del reporte de exceso velocidad. • Crear servicio para obtener los datos del reporte según el ID. • Instalar librerías necesarias (Google Maps, Chart.js). • Realizar un gráfico de velocidad vs tiempo. • Crear método para trazar la ruta sobre el mapa.
ECU-18	Descartar Reporte	Como usuario necesito la opción de descartar el reporte de la contravención.	<ul style="list-style-type: none"> • Agregar un botón para descartar un reporte que aún no se ha enviado. • Eliminar el reporte de la base de datos, así como el archivo multimedia capturado.

Tabla 13 – Sprint Backlog 5

Ejecución del Sprint

Inicio de sesión en la consola

Para iniciar sesión en la consola web se implementó una ventana de login, como se muestra en la Figura 15. El manejo del acceso se configuró para realizarse mediante Firebase.

The image shows a login interface with the following elements:

- Top right: [¿Necesitas una cuenta? Regístrate](#)
- Input field: Correo
- Input field: Contraseña (with a visibility toggle icon)
- Link: [¿Olvidaste tu contraseña?](#)
- Button: Ingresa con tu correo (blue)
- Text: O sino
- Button: Ingresa con Google (red)

Figura 15 – Cuadro de inicio de sesión

Gestión de reportes de exceso de velocidad

En este módulo se muestra una pantalla que permite visualizar una lista con todos los reportes de contravenciones de exceso de velocidad, como se aprecia en la Figura 16.

Fecha	Cooperativa/Unidad	Placa	Descripción	Estado	Acción
21/12/2019 14:17:52	TACA Transportes Andina - 21			Por revisar	Ver más
18/12/2019 22:16:44	-	AAA999		Por revisar	Ver más

Items per page: 50 1 - 2 of 2 < >

Figura 16 – Lista de excesos de velocidad

Al dar clic en uno de los reportes, se abre una nueva pantalla donde se pueden visualizar los detalles del reporte junto a gráficos de la velocidad y la ruta, según la Figura 17.

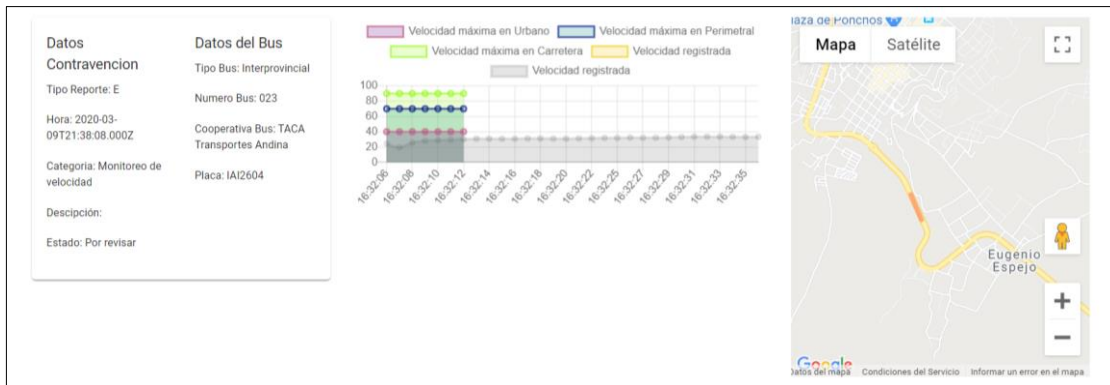


Figura 17 – Detalles de reporte de exceso de velocidad

Creación de nuevos usuarios por parte del administrador.

Para la creación de usuarios por parte del administrador se implementó un formulario, validando que el usuario no deje campos en blanco, como se indica en la Figura 18.

Nuevo Usuario

Perfil * ▼

Nombres * Apellidos *

Correo * Password *

Tipo Documento * ▼ Número Documento *

Teléfono * Nacionalidad *

Figura 18 – Creación de usuarios por parte del administrador

Sprint Review

ID	Descripción	Criterios de Aceptación	Cumple
ECU-26	Como administrador necesito una pantalla para crear nuevos usuarios y asignarles el perfil según corresponda	La consola web tendrá una pantalla donde crear nuevos usuarios con el perfil que se requiera y se validarán todos los campos que se ingresen	SI
ECU-22	Como usuario de la consola necesito acceder mediante Google o con correo y contraseña.	La consola web tendrá una pantalla para iniciar sesión mediante Google o mediante correo y contraseña.	SI
ECU-28	Como administrador necesito una lista con todos los reportes de exceso de velocidad, que se pueda filtrar y ordenar.	Para el administrador, la consola web tendrá una pantalla que permita visualizar una lista de todos los reportes de exceso de velocidad, en la cual podrá buscar y ordenar.	SI
ECU-30	Como usuario de la consola necesito visualizar la información de la contravención de exceso de velocidad, con un gráfico de velocidad vs tiempo y un mapa donde se trace la ruta.	La consola web tendrá una pantalla donde se muestren todos los datos del reporte de exceso de velocidad además un gráfico de velocidad vs tiempo y un mapa donde se trace la ruta que se recorrió.	SI
ECU-18	Como usuario necesito la opción de descartar el reporte de la contravención.	La aplicación tendrá la opción de descartar un reporte cuando se realiza la captura de la contravención o cuando se abra desde el historial.	SI

Tabla 14 – Criterios de aceptación del Sprint 5

Sprint Retrospective

¿Qué salió bien en la iteración?

Se utilizó Firebase para el manejo de sesiones en la consola web, manteniendo una única base de datos de usuarios entre la app móvil y la consola. El componente Table de Angular Material en la lista de contravenciones facilitó filtrar y ordenar los datos. Para la presentación del mapa se utilizó la API JavaScript de Google Maps que tiene una sintaxis similar a la API móvil utilizada en la aplicación, por lo que fue posible aprovechar el código ya desarrollado.

¿Qué se puede mejorar?

Es posible mejorar la lista de reportes de contravenciones para que se ajuste a pantallas pequeñas y se muestre todo el contenido de la tabla. Además, se requiere ampliar el gráfico de velocidad vs. tiempo ya que cuando existen muchos registros, no se visualizan claramente. Al presionar el botón atrás mientras se graba un video se debería descartar ese reporte, para no ocupar espacio innecesario en la memoria.

2.2.7. Sprint 6

Sprint Planning

En el Sprint 6, para la consola web se optó por implementar el módulo de gestión de reportes por fotos y videos. Otras de las tareas seleccionadas fueron agregar una lista para visualizar los usuarios en el módulo en gestión de usuarios. En cuanto a la aplicación móvil, se procedió a la implementación del historial de reportes.

A continuación, en la Tabla 15 se muestran las historias de usuario correspondientes a este Sprint.

ID	Título	Descripción	Tareas
ECU-19	Historial de Reportes	Como usuario de la aplicación necesito una lista con todos los reportes enviados y por enviar. Al dar clic en cada uno se muestran más detalles.	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar una pantalla para mostrar el historial de reportes generados. • Obtener una lista de todos los reportes de la base de datos. • Mostrar un resumen de cada reporte y una vista previa en caso de contener fotografías. • Abrir el detalle del reporte al dar clic en un elemento de la lista.
ECU-25	Lista usuarios solo para administrador	Como administrador necesito visualizar una lista de usuarios, que se pueda filtrar y ordenar	<ul style="list-style-type: none"> • Crear servicio para obtener los datos de todos los usuarios. • Mostrar la lista de usuarios con sus principales datos en una tabla. • Implementar filtrado y ordenamiento de la lista.
ECU-29	Lista de reportes por foto o video	Como administrador necesito una lista con todos los reportes por foto o video, que se pueda filtrar y ordenar	<ul style="list-style-type: none"> • Crear servicio para obtener todos los reportes por foto o video. • Mostrar la lista de reportes con sus principales datos en una tabla. • Implementar filtrado y ordenamiento de la lista.
ECU-31	Detalles de reporte de contravenciones	Como usuario de la consola necesito una pantalla para visualizar toda la información de la contravención junto a la foto o video capturados, además de un mapa donde se indique el lugar donde ocurrió la contravención.	<ul style="list-style-type: none"> • Crear componente con detalles del reporte por foto o video. • Crear servicio para obtener los datos del reporte por foto o video. • Crear método para mostrar el video o foto capturada. • Colocar un marcador en un mapa señalando el lugar donde se dio la contravención.

Tabla 15 – Sprint Backlog 6

Ejecución del Sprint

Módulo de gestión de reportes por foto o video.

Se creó un nuevo módulo para mostrar únicamente las contravenciones por foto o video. Las contravenciones se muestran en una lista, según la Figura 19.

Filter				
Fecha	Contravención	Placa	Estado	Acción
16/12/2019 0:10:43	Vehículo mal estacionado		Por revisar	Ver más
18/12/2019 22:22:44	Otra		Por revisar	Ver más
18/12/2019 22:14:45	Vehículo mal estacionado		Aceptada	Ver más

Figura 19 – Lista de contravenciones por foto o video

Al dar clic en cualquiera de las contravenciones de la lista se abre una nueva pantalla con detalles como la ubicación, y la imagen o video capturado, como se muestra en la Figura 20.

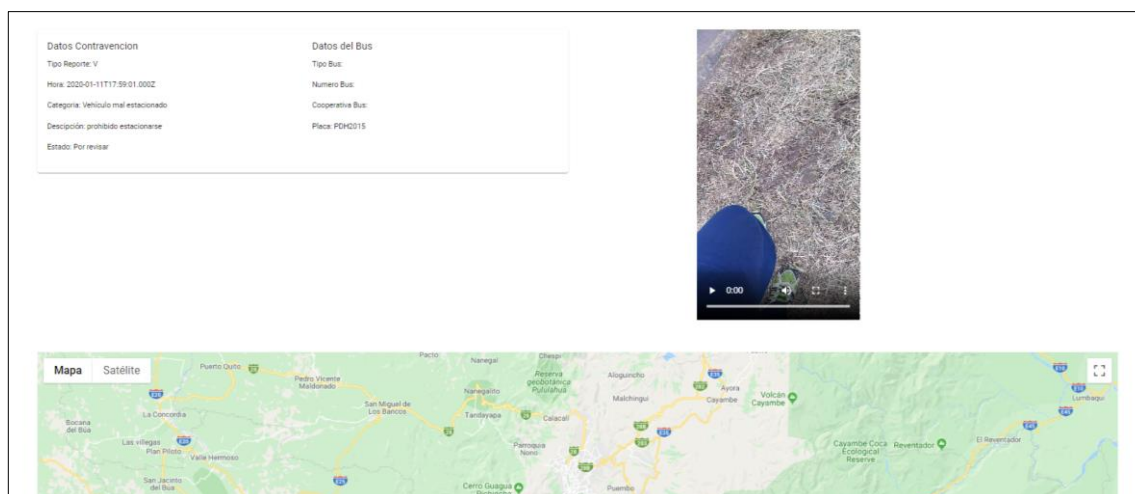


Figura 20 – Detalle de reportes por Foto o Video

Módulo de Gestión de Usuarios.

El Módulo de Gestión de Usuarios se presenta únicamente para el administrador, contiene una lista de todos los usuarios con sus principales datos, como se muestra en la Figura 21.

Perfil	Nombre	Teléfono	Correo	Nacionalidad
Administrador	May	0995051604	admin@gmail.com	Ecuatoriana
Estudiante	Alex	0995051604	estudiante@gmail.com	Ecuatoriana
Agente	Liz	0995051604	agente@gmail.com	Ecuatoriana

Figura 21 – Lista de Usuarios

Historial de reportes en la aplicación

Para la aplicación se desarrolló un módulo que permita visualizar un historial con los reportes realizados, como se aprecia en la Figura 22. Al hacer clic en uno de los reportes se abre una nueva ventana con más detalles de la contravención. En caso de ser un reporte con foto o video, éstos también se muestran.



Figura 22 – Historial de reportes

Sprint Review

ID	Descripción	Criterios de Aceptación	Cumple
ECU-19	Como usuario de la aplicación necesito una lista con todos los reportes enviados y por enviar. Al dar clic en cada uno se muestran más detalles.	La aplicación móvil tendrá una pantalla que muestre una lista con los reportes, tanto enviados como por enviar	SI
ECU-25	Como administrador necesito visualizar una lista de usuarios, que se pueda filtrar y ordenar	La consola web tendrá una pantalla donde se muestre una tabla con todos los usuarios registrados, la cual podrá ordenar y filtrar a los mismos. Esta pantalla estará disponible únicamente para usuarios con perfil de administrador	SI
ECU-29	Como administrador necesito una lista con todos los reportes por foto o video, que se pueda filtrar y ordenar	Para los usuarios con perfil administrador, la consola web tendrá una pantalla donde se muestre una tabla con todos los reportes por foto o video, en la cual se podrá ordenar y filtrar.	SI
ECU-31	Como usuario de la consola necesito una pantalla para visualizar toda la información de la contravención junto a la foto o video capturados, además de un mapa donde se indique el lugar donde ocurrió la contravención.	La consola web tendrá una pantalla donde se muestre todos los datos de un reporte de contravención además de un mapa con la ubicación donde ocurrió la contravención y una foto o video.	SI

Tabla 16 – Criterios de aceptación del Sprint 6

Sprint Retrospective

¿Qué salió bien en la iteración?

Las nuevas listas de usuarios y de reportes por foto o video se basaron en código realizado previamente para los reportes de exceso de velocidad. También se utilizó la misma API de Google para colocar un marcador que señale la ubicación donde ocurrieron las contravenciones.

¿Qué se puede mejorar?

Los videos que se graban en la aplicación móvil resultan pesados, y el envío a la consola web se vuelve lento. Una mejora es utilizar códecs de video para que los archivos resulten de menor tamaño. Se debe aumentar el tamaño de las fotografías y videos mostradas en la consola web, ya que son las evidencias más importantes para determinar si hubo o no infracción. En el historial de la aplicación móvil las imágenes se tardan en cargar y la aplicación se vuelve lenta, esto se puede optimizar cargando las imágenes de manera asíncrona.

2.2.8. Sprint 7

Sprint Planning

Para el Sprint 7 se decidió mostrar diferentes tipos de reportes en la consola según el tipo de perfil. Además, se decidió implementar la opción de que los estudiantes puedan registrarse por sí solos, sin necesidad de que lo haga el administrador. Para la aplicación móvil se optó por agregar color a la ruta en el mapa, según el rango de velocidad. Otra de las historias en este Sprint fue permitir el acceso a la app como usuario anónimo. En la Tabla 17 se muestran las historias de usuario seleccionadas para este Sprint.

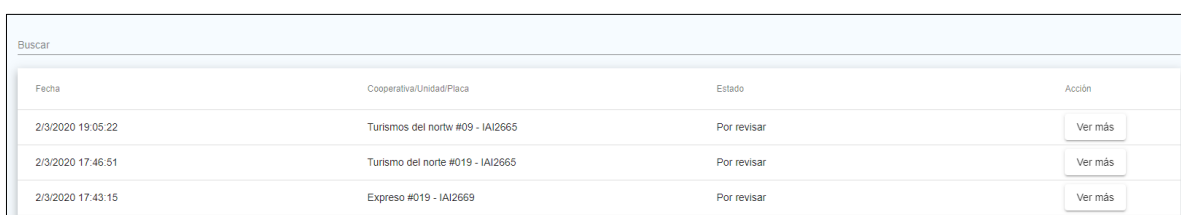
ID	Título	Descripción	Tareas
ECU-02	Ingreso con usuario anónimo	Como un usuario necesito ingresar a la aplicación de manera anónima	<ul style="list-style-type: none"> • Agregar un botón para ingresar de manera anónima a la aplicación • Mostrar la pantalla principal una vez se haya ingresado correctamente de manera anónima
ECU-08	Ruta de colores trazada en el mapa del monitoreo de velocidad	Como un usuario necesito poder visualizar la ruta por la que viaja el vehículo, con colores según el rango de velocidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Trazar la ruta recorrida por el vehículo • Dar color a la ruta según el rango de velocidad
ECU-27	Creación de usuarios con perfil estudiante	Como estudiante necesito registrarme en la consola web.	<ul style="list-style-type: none"> • Crear componente de registro de usuarios. • Deshabilitar el campo "Perfil", por defecto se asignará tipo "Estudiante"
ECU-35	Lista de reportes de exceso de velocidad pendientes revisión	Como estudiante necesito visualizar una lista de los reportes de exceso de velocidad enviados por los usuarios de la aplicación móvil	<ul style="list-style-type: none"> • Crear servicio para obtener los reportes de exceso de velocidad según su estado. • Mostrar en una tabla los reportes de exceso de velocidad que aún no han sido revisados.
ECU-36	Lista de reportes por foto o video pendientes revisión	Como estudiante necesito visualizar una lista de los reportes por foto o video enviadas por los usuarios de la aplicación móvil	<ul style="list-style-type: none"> • Crear servicio para obtener los reportes por foto o video según su estado. • Mostrar en una tabla los reportes por foto o video que aún no han sido revisados.
ECU-32	Lista de reportes de exceso de velocidad aceptados	Como agente necesito visualizar una lista de los reportes de exceso de velocidad que han sido aceptados como válidos.	<ul style="list-style-type: none"> • Mostrar en una tabla los reportes de exceso de velocidad que se han aceptado como válidos por los estudiantes.
ECU-33	Lista de reportes por foto o video aceptados	Como agente necesito visualizar una lista de los reportes por foto o video que han sido aceptados como válidos.	<ul style="list-style-type: none"> • Mostrar en una tabla los reportes por foto o video que se han aceptado como válidos por los estudiantes.

Tabla 17 – Sprint Backlog 7

Ejecución del Sprint

Gestión de reportes para el perfil estudiante

Para el perfil estudiante, se muestra una lista con los reportes que han sido enviados por los usuarios de la aplicación móvil y que están pendientes de revisión. Por cada reporte se incluye la fecha y estado en que se encuentra. Al tratarse de reportes de exceso de velocidad se visualiza la cooperativa, unidad y placa del bus. Si se trata de reportes por foto o video se muestra la placa del vehículo y el tipo de contravención. En la Figura 23 se observa como ejemplo una lista de reportes de exceso para el perfil estudiante.

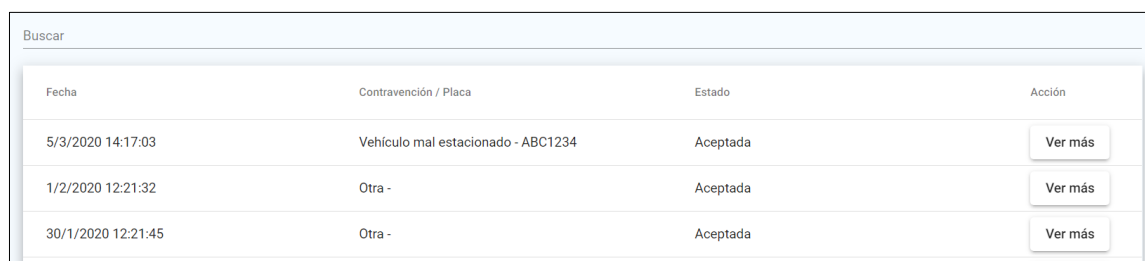


Fecha	Cooperativa/Unidad/Placa	Estado	Acción
2/3/2020 19:05:22	Turismos del nortw #09 - IA12665	Por revisar	Ver más
2/3/2020 17:46:51	Turismo del norte #019 - IA12665	Por revisar	Ver más
2/3/2020 17:43:15	Expreso #019 - IA12669	Por revisar	Ver más

Figura 23 – Lista de reportes de exceso de velocidad para el perfil Estudiante

Gestión de reportes para el perfil agente

En el perfil agente, se muestran los reportes que han sido aceptados como válidos por parte de los estudiantes. La información que se incluye por cada reporte de la lista es la misma que en el perfil estudiante. En la Figura 24 se puede apreciar como ejemplo una lista de reportes por foto o video.



Fecha	Contravención / Placa	Estado	Acción
5/3/2020 14:17:03	Vehículo mal estacionado - ABC1234	Aceptada	Ver más
1/2/2020 12:21:32	Otra -	Aceptada	Ver más
30/1/2020 12:21:45	Otra -	Aceptada	Ver más

Figura 24 – Lista de reportes por foto o video para el perfil Agente

Registro de estudiantes

Se implementó el registro de estudiantes para que ellos puedan realizarlo por sí mismos, sin necesidad de que lo haga el administrador. El formulario de registro de usuario se muestra en la Figura 25.

Figura 25 – Registro de usuarios con perfil Estudiante

Ingreso de manera anónima

Se agregó la opción para ingresar a la aplicación de manera anónima, para usuarios que no desean compartir sus datos personales. La implementación se realizó usando Firebase, que ofrece una opción de inicio de sesión anónimo, como se muestra en la Figura 26.



Figura 26 – Opción de ingreso anónimo

Color de la ruta según la velocidad

Se mejoró el módulo de control de velocidad, permitiendo ahora trazar la ruta sobre el mapa, y agregando color de acuerdo con el rango de velocidad del bus, como se muestra en la Figura 27. Se dibuja el color verde si la velocidad es inferior al límite máximo, el amarillo si se excede la velocidad dentro del rango moderado, y el rojo si se excede fuera del rango moderado.



Figura 27 – Ruta con colores según rango de velocidad

Sprint Review

ID	Descripción	Criterios de Aceptación	Cumple
ECU-02	Como un usuario necesito ingresar a la aplicación de manera anónima	La aplicación permitirá al usuario acceder como usuario anónimo.	SI
ECU-08	Como un usuario necesito poder visualizar la ruta por la que viaja el vehículo, con colores según el rango de velocidad.	La aplicación mostrará un mapa con la ruta por la que viaja el vehículo, misma que tendrá color según el rango de velocidad.	SI
ECU-27	Como estudiante necesito registrarme en la consola web.	La consola web tendrá una pantalla que permitirá el registro de los usuarios, únicamente con perfil estudiante.	SI
ECU-35	Como estudiante necesito visualizar una lista de los reportes de exceso de velocidad enviados por los usuarios de la aplicación móvil.	La consola web tendrá una tabla con una lista de los reportes de exceso de velocidad que se encuentran pendientes para revisar. Esta tabla la van a visualizar solo los usuarios con perfil estudiante.	SI
ECU-36	Como estudiante necesito visualizar una lista de los reportes por foto o video enviadas por los usuarios de la aplicación móvil	La consola web tendrá una tabla con una lista de los reportes por foto o video que se encuentran pendientes para revisar. Esta tabla la van a visualizar solo los usuarios con perfil estudiante.	SI
ECU-32	Como agente necesito visualizar una lista de los reportes de exceso de velocidad que han sido aceptados como válidos.	La consola web tendrá una tabla con una lista de los reportes de exceso de velocidad que los estudiantes hayan aceptado como válidos. Esta tabla la van a visualizar solo los usuarios con perfil agente.	SI
ECU-33	Como agente necesito visualizar una lista de los reportes por foto o video que han sido aceptados como válidos.	La consola web tendrá una tabla con una lista de los reportes por foto o video que los estudiantes hayan aceptado como válidos. Esta tabla la van a visualizar solo los usuarios con perfil agente.	SI

Tabla 18 – Criterios de Aceptación del Sprint 7

Sprint Retrospective

¿Qué salió bien en la iteración?

Además de trazar la ruta sobre el mapa se logró darle color en función de los rangos de velocidad, esto permite que los excesos de velocidad se puedan identificar más fácilmente y localizar el lugar donde ocurrieron.

¿Qué se puede mejorar?

Actualmente la creación de usuarios de tipo estudiante solo se puede hacer de uno en uno, esto se podría agilizar si se permite la carga masiva de usuarios mediante un archivo.

2.2.9. Sprint 8

Sprint Planning

Para el Sprint 8 se decidió validar los datos del bus mediante la fotografía del boleto, y mostrar los datos del usuario que inició sesión. Además, en la consola web se seleccionaron las historias para aceptar, sancionar o rechazar de acuerdo con el perfil, y trazar la ruta sobre el mapa con colores según el rango de velocidad. En la Tabla 19 se muestran las historias de usuario seleccionadas para el Sprint 8.

ID	Título	Descripción	Tareas
ECU-15	Validar datos de bus por foto	Como usuario necesito la opción de validar los datos del bus tomando una foto del boleto	<ul style="list-style-type: none">• Agregar un botón para tomar una fotografía del boleto de bus.• Mostrar en pantalla la foto capturada y guardarla en la base de datos
ECU-20	Perfil con datos de usuario	Como usuario necesito visualizar mi perfil y un botón para cerrar sesión	<ul style="list-style-type: none">• Diseñar una pantalla para mostrar los datos del usuario activo.• Agregar un botón para cerrar la sesión.
ECU-38	Agregar color según el rango de velocidad	Como usuario de la consola necesito que el gráfico de velocidad vs tiempo y la ruta trazada sobre el mapa tengan color según el rango de velocidad	<ul style="list-style-type: none">• Definir los rangos de velocidad y el color que le corresponde.• Crear método para colorear la ruta según rangos de velocidad.• Crear método para realizar el gráfico velocidad vs tiempo según rangos de velocidad.
ECU-37	Aceptar un reporte de contravención para su revisión	Como estudiante necesito aceptar o rechazar un reporte para su revisión	<ul style="list-style-type: none">• Colocar botones para aceptar o rechazar.
ECU-34	Sanción de contravenciones reportadas	Como agente necesito decidir si una contravención debe ser sancionada.	<ul style="list-style-type: none">• Crear formulario para seleccionar la clase, agregar observación y botones sancionar o rechazar.• Crear servicio para cambiar de estado el reporte de la contravención.

Tabla 19 – Sprint Backlog 8

Ejecución del Sprint

Validar datos de bus por foto

Para aumentar la confiabilidad en los datos que reporta el usuario, se agregó la opción de tomar una fotografía del boleto en el módulo de monitoreo de velocidad, como se muestra en la Figura 28.

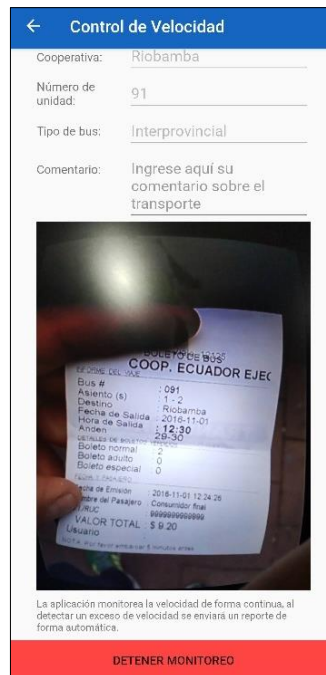


Figura 28 – Fotografía para validar información del bus

Perfil con datos de usuario

En el módulo de perfil de usuario se implementó una pantalla donde se muestran los datos del usuario, como su nombre y correo. Se incluyen créditos de quienes hicieron posible la aplicación, así como también la opción de cerrar la sesión.

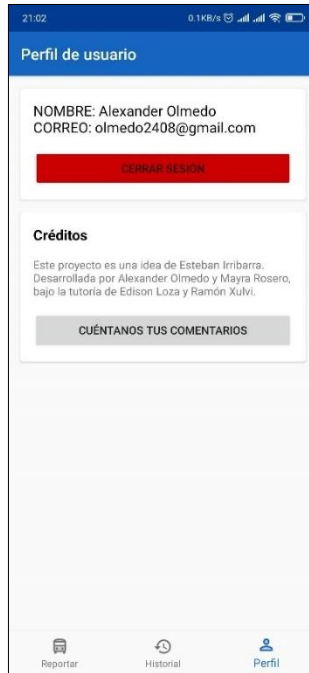


Figura 29 – Pantalla de perfil del usuario

Agregar color según el rango de velocidad

En la vista de reportes de exceso de velocidad se agregó color al gráfico de velocidad vs tiempo como, se muestra en la Figura 30 y a la ruta trazada en el mapa, como se muestra en la Figura 31. Los colores se grafican de acuerdo a los límites de velocidad para el transporte público, establecidos en el reglamento a la LOTTTSV.

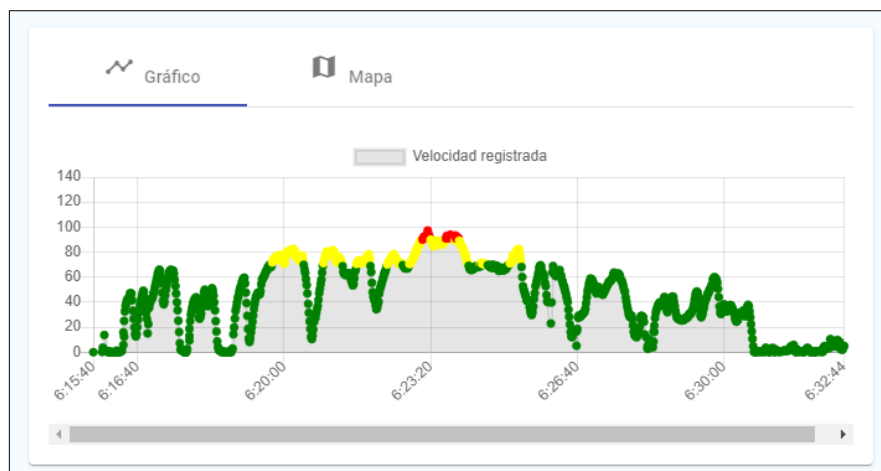


Figura 30 – Gráfico con ruta por colores según rango de velocidad

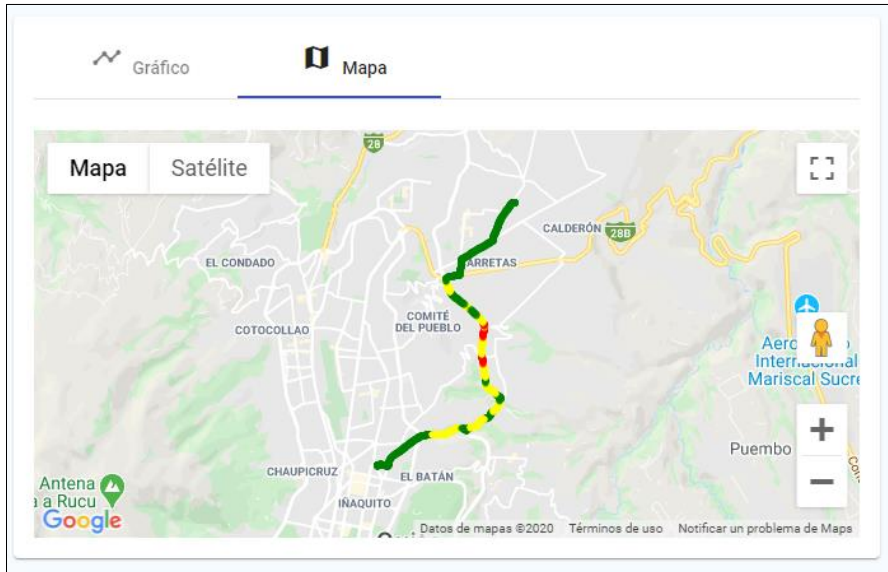


Figura 31 – Mapa con ruta por colores según rango de velocidad

Aceptar un reporte para ser evaluado por agente

Los usuarios con perfil estudiante son los primeros en evaluar los reportes enviados por usuarios de la aplicación móvil, por esto se desarrolló la funcionalidad de aceptar un reporte como válido para ser revisado por un agente o rechazarlo en caso de que consideren que no existe contravención alguna. En la Figura 32 se muestra la pantalla para aceptar o rechazar un reporte.

📋

Datos del Reporte

<p>Datos Contravencion</p> <p>Tipo Reporte: Exceso de Velocidad</p> <p>Fecha: 2/3/2020</p> <p>Hora: 17:03:30</p> <p>Categoría: Monitoreo de velocidad</p> <p>Descripción:</p> <p>Estado: Por revisar</p>	<p>Datos del Bus</p> <p>Tipo Bus: Interprovincial</p> <p>Numero Bus: 019</p> <p>Cooperativa Bus: Expresó turismo del norte</p> <p>Placa:</p>
--	---

✓ Aceptar
✗ Rechazar

Figura 32 – Pantalla de revisión para el perfil estudiante

Sanción de contravenciones reportadas

Los usuarios con perfil de agente podrán decidir si una contravención reportada merece o no sanción. Los reportes se mostrarán a los agentes solo si han sido previamente aceptados como válidos por los estudiantes. Si en efecto existe una contravención, los agentes podrán indicar la clase de contravención y hacer observaciones en caso de que lo amerite. La Figura 33 muestra la pantalla de sanción de contravenciones.

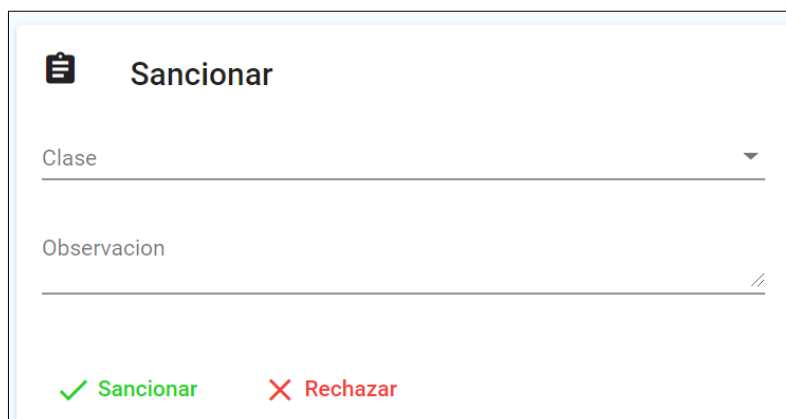


Figura 33 – Pantalla de sanción para el perfil agente

Sprint Review

ID	Descripción	Criterios de Aceptación	Cumple
ECU-15	Como usuario necesito la opción de validar los datos del bus tomando la foto del boleto	La aplicación tendrá un botón para fotografiar el boleto. Después de capturar la fotografía del boleto se mostrará en la pantalla	SI
ECU-20	Como usuario necesito visualizar mi perfil y un botón para cerrar sesión	La aplicación tendrá una pantalla que muestre el nombre y correo del usuario que ha iniciado sesión. Existirá un botón para cerrar la sesión.	SI
ECU-38	Como usuario de la consola necesito que el gráfico de velocidad vs tiempo y la ruta trazada sobre el mapa tengan color según el rango de velocidad	La consola web mostrará colores en el gráfico de velocidad vs tiempo según el rango de velocidad. La consola web mostrará colores en la ruta del recorrido según el rango de velocidad.	SI
ECU-37	Como estudiante necesito indicar si una contravención se acepta para ser revisada por un agente, o se rechaza.	Mostrar la opción de aceptar o rechazar una contravención de tránsito, para el perfil estudiante.	SI
ECU-34	Como agente necesito decidir si una contravención debe ser sancionada.	Mostrar la opción de sancionar o rechazar una contravención de tránsito. En el caso de existir una contravención se podrá indicar su clase y hacer observaciones.	SI

Tabla 20 – Criterios de Aceptación del Sprint 8

Sprint Retrospective

¿Qué salió bien en la iteración?

En la consola web se utilizó el mismo algoritmo de la aplicación móvil para dar color según el rango de velocidad a la ruta trazada en el mapa. Para dar color al gráfico de velocidad vs tiempo se utilizaron métodos propios de la librería ya existente.

¿Qué se puede mejorar?

Cuando un reporte se marca como sancionado, simplemente queda el registro en la base de datos, esto podría ser mejorado notificando al usuario mediante un correo o una notificación en la aplicación el estado de su reporte.

2.3. Evaluación del Sistema

2.3.1. Modelo de Aceptación de Tecnología (TAM)

Para evaluar la aceptación del producto por parte de los usuarios finales, se utilizó una metodología basada en el modelo TAM (*Technology Acceptance Model*) [44]. Este modelo propone que, para predecir el uso de una nueva tecnología, es necesario basarse en dos métricas principales: Utilidad Percibida y Facilidad de Uso Percibida, las cuales definen la aceptación de la tecnología por sus usuarios.

Utilidad Percibida

La utilidad percibida se refiere al grado en que una persona cree que mejorará su desempeño utilizando cierto sistema tecnológico. Es un indicador de que las personas perciben a la tecnología evaluada como algo útil para lograr sus objetivos.

Facilidad de Uso Percibida

La facilidad de uso percibida implica el grado en que una persona cree que utilizando cierto sistema realizará un esfuerzo menor para realizar sus tareas. Si la tecnología es fácil de utilizar, entonces se superan las barreras de uso. Por otro lado, si la tecnología no es fácil de utilizar y la interfaz es complicada, las personas no tienen una actitud positiva hacia ella.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Descripción de la arquitectura de la solución

El sistema desarrollado para el reporte de infracciones consiste de un front-end y un back-end.

El front-end, también conocido como lado del cliente, es donde los usuarios del sistema interactúan. En este caso comprende la aplicación móvil, que tiene el propósito de recolectar los reportes de contravenciones; y por otro lado la consola web, cuya finalidad es evaluar dichos reportes. La aplicación está desarrollada en Java mientras que para el desarrollo de la consola web se utilizó el framework de Angular.

El back-end, también conocido como el lado del servidor, es la parte no accesible por los usuarios, donde se almacenan y procesan los datos. El back-end recibe datos desde el front-end y los almacena en una base de datos, las fotos y videos de los reportes se guardan en el sistema de archivos. Se desarrolló sobre Node utilizando el Framework Sails.js, para la base de datos se utilizó PostgreSQL.

En la Figura 34 se muestra un diagrama de la arquitectura del sistema.

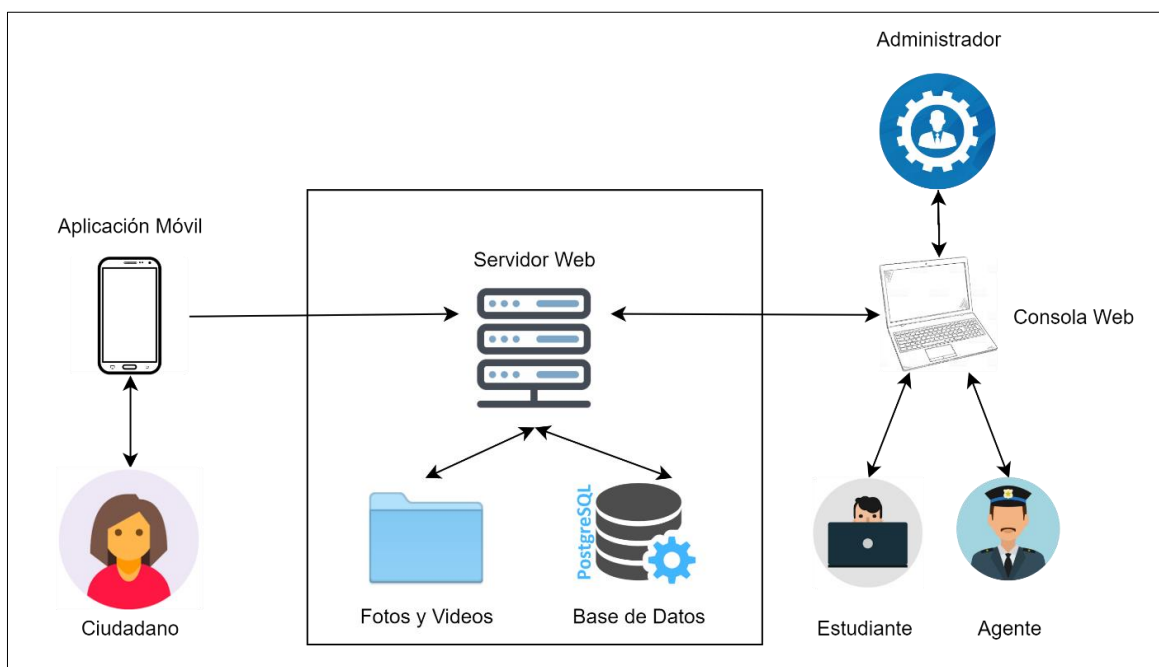


Figura 34 – Arquitectura del sistema

3.2. Modelo de la base de datos

La base de datos del sistema desarrollado consiste en 4 tablas. La tabla Contravención es donde se almacenan los datos generales de las contravenciones, tanto de exceso de velocidad como contravenciones por foto y video. La tabla Multimedia es donde se almacena la ruta de archivo de la foto o video en caso de que haya sido incluidos en un reporte. La tabla Localización contiene los datos GPS registrados durante el monitoreo de velocidad, o en el momento en que una foto o video hayan sido capturados. La tabla Usuario contiene la información de los usuarios del sistema. En la Figura 35 se muestra un diagrama del modelo de base de datos.

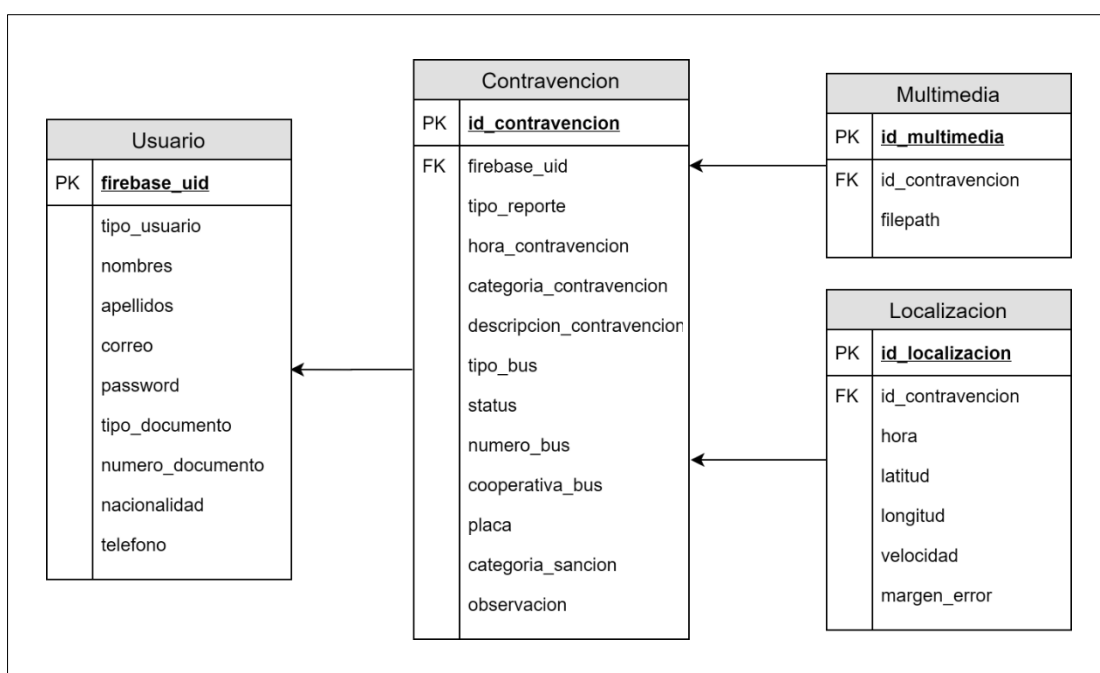


Figura 35 – Modelo de la base de datos del sistema

3.3. Macroproceso de reporte y análisis de una infracción

El sistema propone un proceso de recepción, validación y sanción de reportes, que funciona de la siguiente manera:

1. Un ciudadano, a través de la aplicación móvil, reporta una contravención. El reporte puede ser de exceso de velocidad, mediante una fotografía o mediante un video. El reporte se registra en la base de datos con estado “Por revisar”.
2. Los reportes con estado “Por revisar” reciben una validación previa por parte de estudiantes, para así optimizar el tiempo de los agentes. Los reportes donde no se pueda apreciar claramente una contravención, o que contengan datos inválidos

serán rechazados y no pasarán a la siguiente etapa. Si se trata de reportes válidos su estado cambia a “Aceptado”.

3. Los reportes con estado “Aceptado” deberán ser evaluados por un agente de tránsito, el cual puede decidir si el reporte amerita o no una sanción. En caso de merecer sanción, debe indicar la clase de la contravención y si es necesario agregar alguna observación. Si no merece sanción, el reporte se descarta.

3.4. Producto Final

Aplicación Móvil

La aplicación final del proyecto fue publicada en Google PlayStore, como versión beta. De esta manera fue más fácil compartir el link con los estudiantes para que prueben la aplicación. Al abrir la aplicación por primera vez se muestra una pantalla tutorial, después se muestra la opción de acceder con el correo de Google o de manera anónima, según la Figura 36.

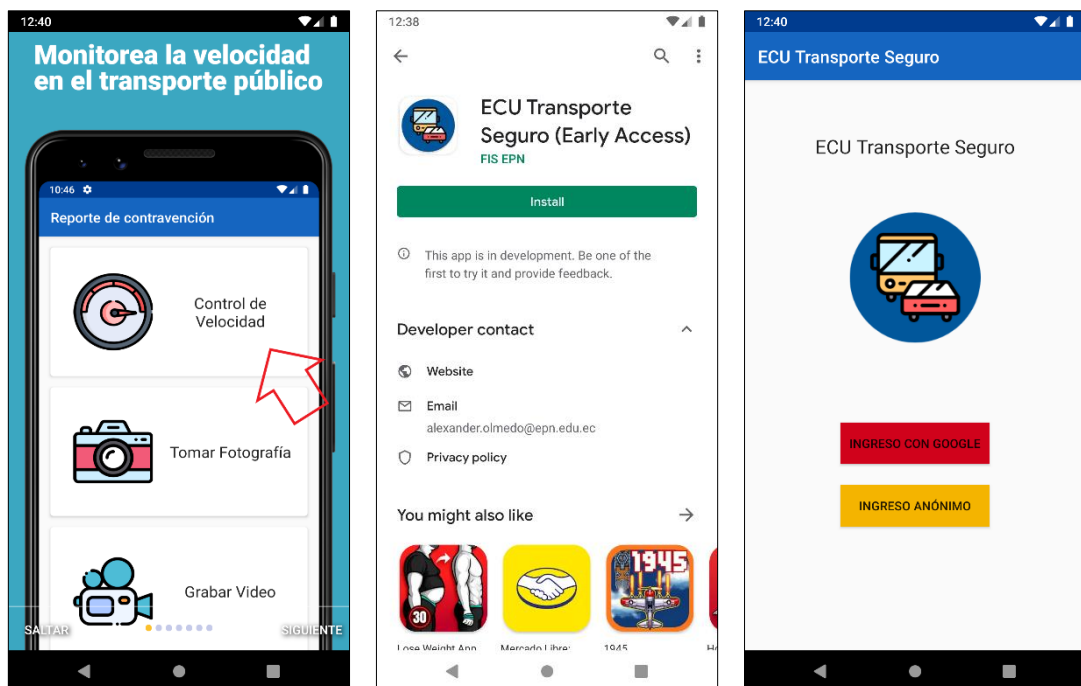


Figura 36 – Página de Play Store y Página inicial de la aplicación móvil

La aplicación tiene tres módulos principales: Un módulo para realizar reportes, un módulo para ver el historial de los reportes realizados, y un módulo del perfil de usuario. La navegación entre los distintos módulos se realiza a través de botones en la barra inferior, como se puede visualizar en la Figura 37.

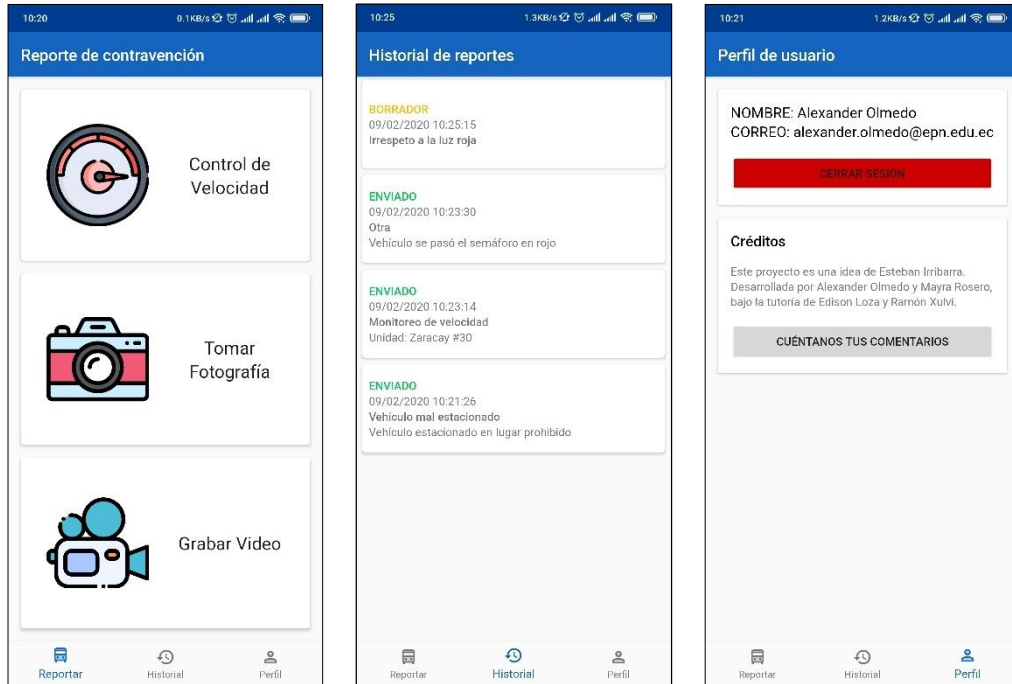


Figura 37 – Módulos principales de la aplicación móvil

Al dar clic en el botón “Monitoreo de Velocidad” aparece una pantalla solicitando datos del bus, solo cuando se hayan llenado los datos se podrá dar inicio al monitoreo. Una vez iniciado el monitoreo, éste continúa aún en segundo plano y se muestra una notificación persistente mediante la que se puede regresar a la aplicación, como se muestra en la Figura 38.

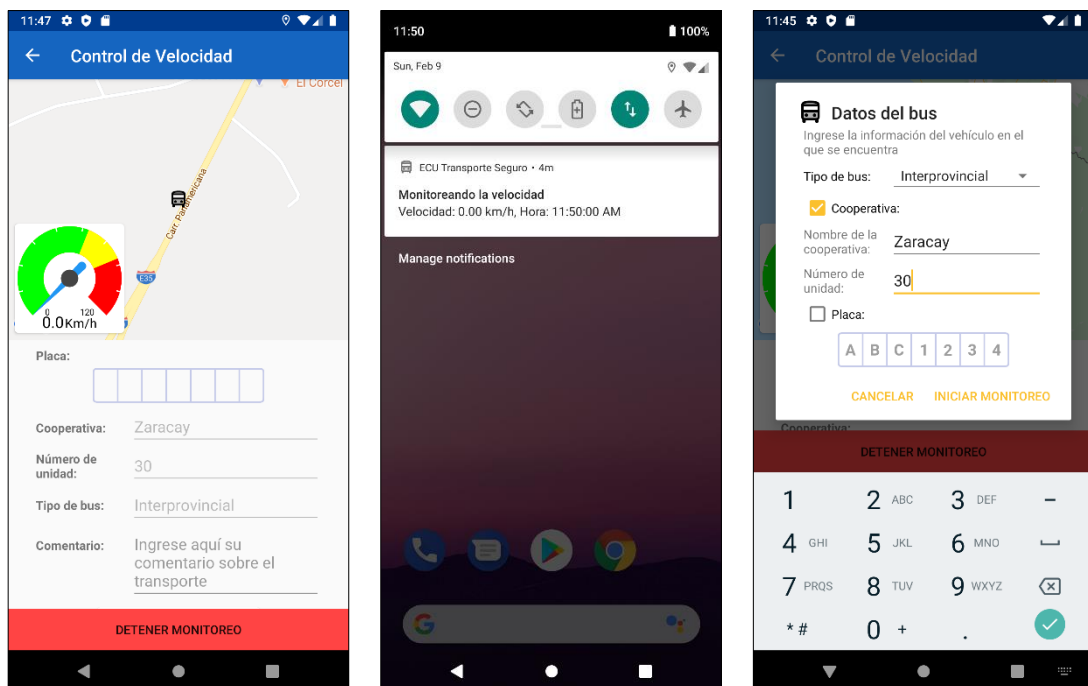


Figura 38 – Monitoreo de velocidad

Al dar clic en el botón “Tomar fotografía” se abre inmediatamente la cámara. Después de fotografiar una contravención, aparece un formulario donde se pueden ingresar detalles. Desde esta pantalla se podrá enviar el reporte, guardarlo para completar los datos más tarde, o simplemente descartarlo, en la Figura 39 se detalla este proceso.

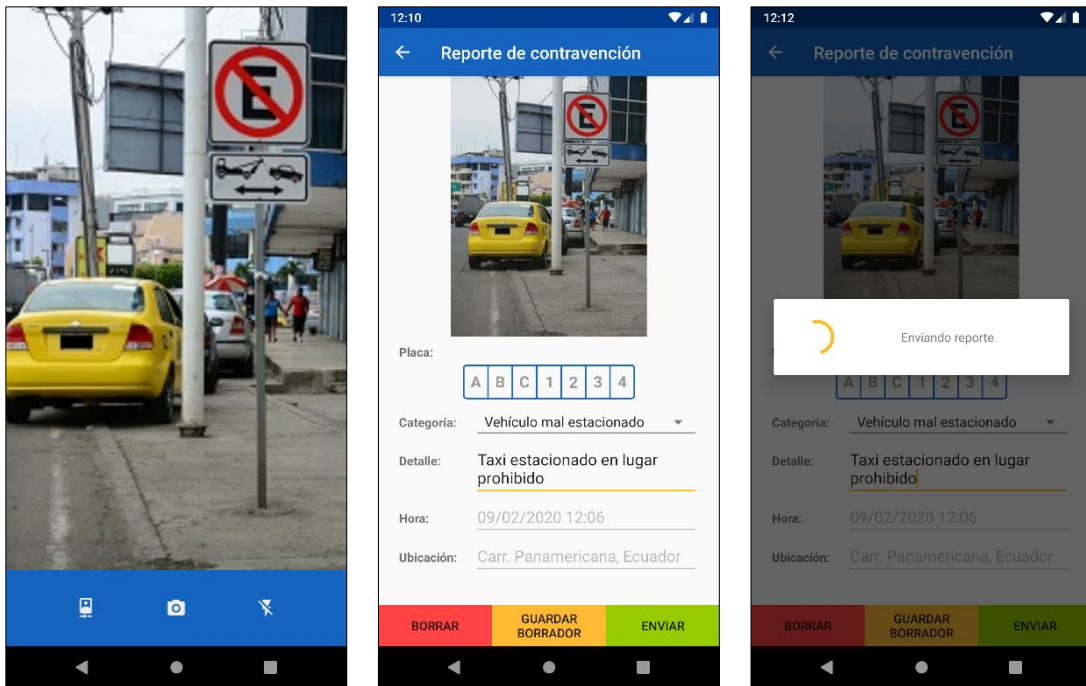


Figura 39 – Reporte de contravención mediante fotografía

Al dar clic en el botón “Grabar Video” se abre inmediatamente la cámara de video, de manera similar a la captura de fotografías. Después de grabar una contravención aparece una pantalla donde se puede visualizar el video grabado, así como un formulario para dar más detalles. Igualmente se podrá enviar el reporte, guardarlo para completar los datos más tarde, o simplemente descartarlo. Este proceso se muestra en la Figura 40.

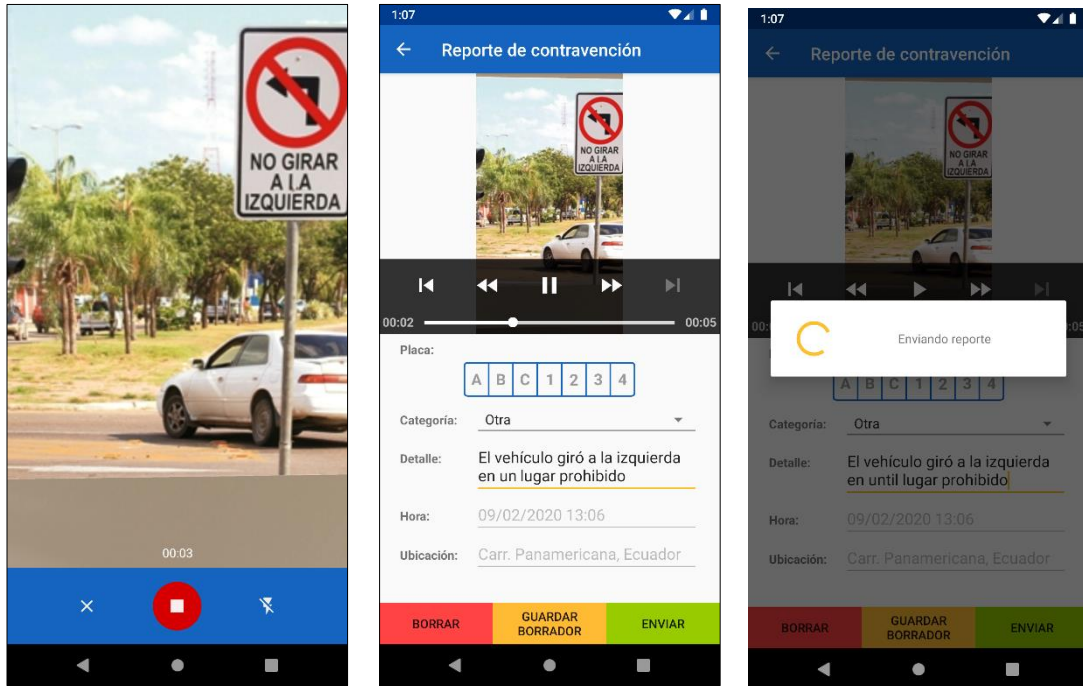


Figura 40 – Reporte de contravenciones mediante un video.

Consola Web

Al ingresar a la Consola Web, lo primero que se muestra es la página de inicio de sesión, como se aprecia en la Figura 41.

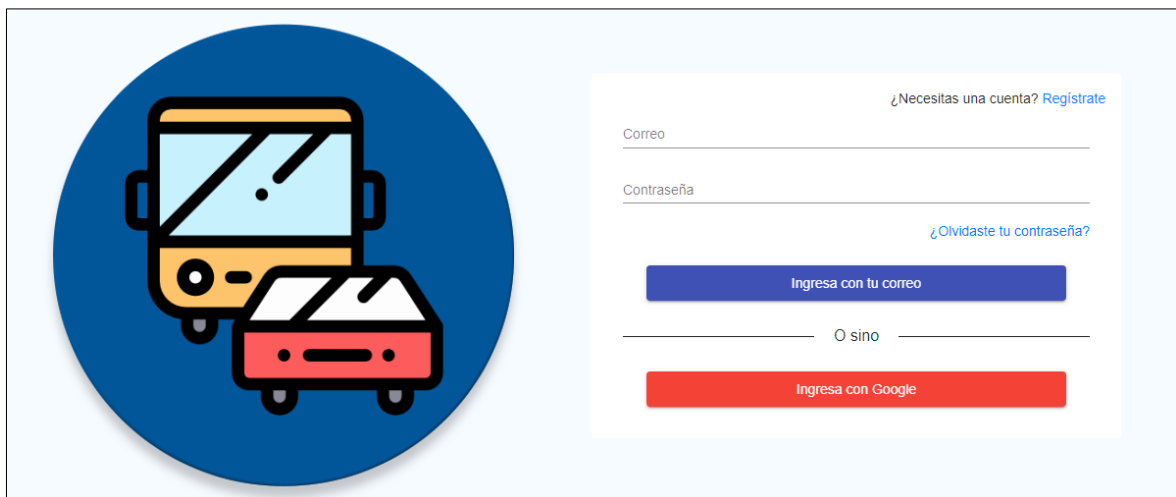


Figura 41 – Pantalla de inicio de sesión

Para acceder a la consola web es necesario primero registrarse. El registro se puede realizar mediante correo y contraseña o mediante una cuenta de Google. En ambos casos

se solicita al usuario que complete sus datos personales y se le asigna por defecto el perfil de Estudiante. El formulario de registro se puede observar en la Figura 42.

← Atras

Registro

Perfil
Estudiante

Nombres * Apellidos *

Correo * Password *

Tipo Documento ▼ Número Documento *

Teléfono * Nacionalidad *

Registrar

Figura 42 – Registro de usuarios con perfil Estudiante

En la pantalla de inicio se muestra una guía rápida acerca de cómo utilizar la consola web. En la parte superior se encuentra una barra de navegación con los módulos a los que el usuario tiene acceso, dependiendo de su tipo de perfil. Los perfiles de tipo Agente y Estudiante tienen acceso a reportes tanto de exceso de velocidad como a reportes por foto y video (Figura 43). El perfil administrador además tiene acceso a la gestión de usuarios, como se muestra en la Figura 44.

Ecu Transporte Seguro Gestión de Reportes Liz Rosero

Estudia

Exceso de Velocidad
Por Foto o Video

En la consola web como estudiante puedes visualizar todas los reportes de contravenciones que estan en estado "Por Revisión" y puedes decidir si la contravención se "Acepta" para que sera revisada por un Agente o se "Rechaza" debido a que es spam, no se demuestra la contravención o los datos son incorrectos, entre otros. Para ello debe realizar el siguiente proceso:

- 1 Tipo de reporte
- 2 Reporte a evaluar
- 3 Decide

Una vez se muestran los detalles del reporte debes decidir, si el reporte debe ser revisado por un Agente seleccionando "Aceptar" o si cree que el reporte no es valido seleccionando "Rechazar"

Datos del Reporte

Datos Contravencion		Datos del Bus	
Tipo Reporte: Exceso de Velocidad		Tipo Bus: Interprovincial	
Fecha: 12/9/2020		Numero Bus: 0994	
Hora: 10:45:41		Compañía Bus: Agallo Orinda	
Categoría: Monitoreo de velocidad		Placa:	
Descripción:			
Estado: Por revisión			

✓ Aceptar ✗ Rechazar

Atras Reiniciar

Figura 43 – Pantalla de Inicio para el perfil Estudiante

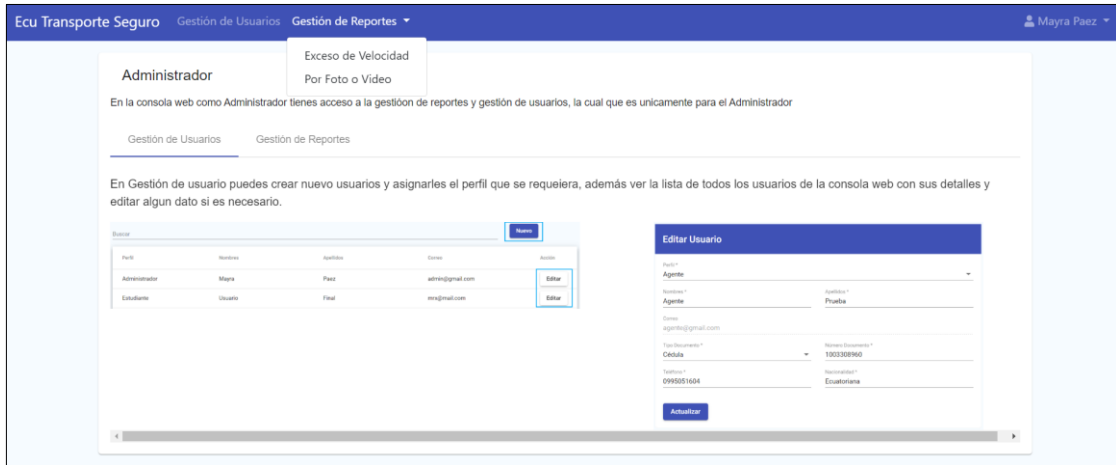


Figura 44 – Pantalla de Inicio para el perfil Administrador.

Al módulo de gestión de usuario únicamente pueden acceder los usuarios con perfil de administrador. En este módulo se muestra una lista de todos los usuarios registrados (Figura 45). Es posible también crear nuevos usuarios, como se muestra en la Figura 46. Al dar clic en el botón “Editar” se pueden actualizar los datos de los usuarios registrados, como se puede apreciar en la Figura 47.

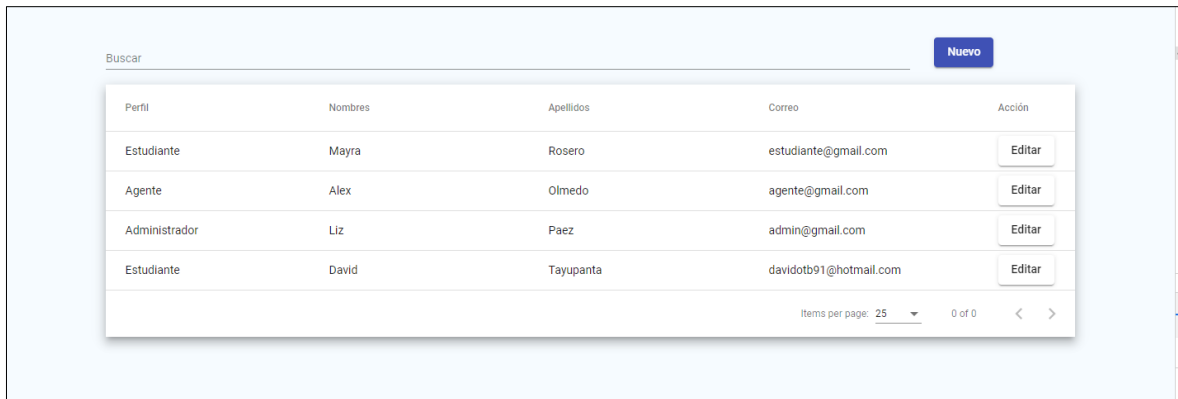


Figura 45 – Lista de usuarios registrados en la consola web

← Atras

Nuevo Usuario

Perfil *

Nombres * Apellidos *

Correo * Password *

Tipo Documento * Número Documento *

Teléfono * Nacionalidad *

Registrar

Figura 46 – Formulario para crear un nuevo usuario en la consola web

← Atras

Editar Usuario

Perfil *
Estudiante

Nombres * Mayra Apellidos * Rosero

Correo estudiante@gmail.com

Tipo Documento * Cédula Número Documento * 1003308960

Teléfono * 0995051604 Nacionalidad * Ecuatoriana

Actualizar

Figura 47 – Formulario para editar un usuario en la consola web

En el módulo de “Gestión de Reportes”, al dar clic en “Exceso de Velocidad”, se muestra una lista de los reportes de exceso de velocidad, como se muestra en la Figura 48. Los reportes que se muestran dependen del perfil del usuario. Para el administrador se muestran todos los reportes sin importar el estado en el que se encuentren. Para los estudiantes se muestran los reportes en estado “Por revisar”. Y para los agentes se muestran los reportes en los que la contravención ha sido “Aceptada”.

Fecha	Cooperativa/Unidad/Placa	Estado	Acción
7/3/2020 9:02:35	Pillareña #39 - TBI2746	Por revisar	Ver más
28/1/2020 8:47:11	Pillareña #11 - TBI2746	Aceptada	Ver más
25/1/2020 10:03:01	Pillareña #19 - TBI2819	Aceptada	Ver más
25/1/2020 10:02:35	Pillareña #11 - TBI2819	Aceptada	Ver más
25/1/2020 10:01:59	Pillareña #11 - TBI2746	Aceptada	Ver más
25/1/2020 10:01:02	Pillareña #18 - TBI2819	Rechazada	Ver más

Figura 48 – Lista de reportes de contravenciones de exceso de velocidad

En el módulo de “Exceso de Velocidad”, se puede dar clic en “Ver más” para visualizar los detalles del reporte seleccionado. Los detalles incluyen datos del reporte, una imagen del boleto en caso de que exista, un gráfico de velocidad vs tiempo y un mapa donde se traza la ruta recorrida. Un usuario con perfil administrador puede ver los detalles de cualquier reporte, sin importar su estado. Pero no puede realizar ninguna acción sobre ellos, como se muestra en la Figura 49.

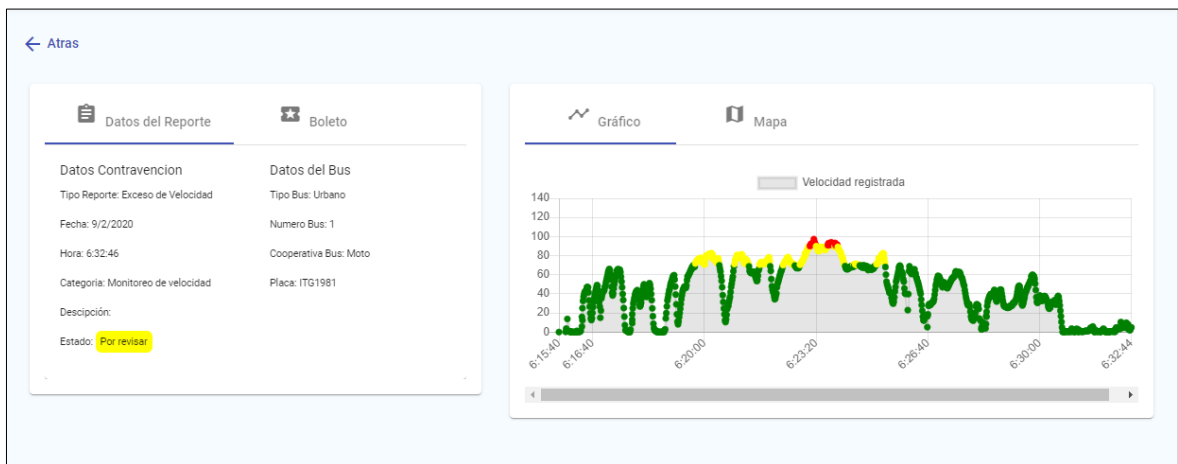


Figura 49 – Detalles de un reporte de exceso de velocidad para el perfil Agente.

Si se trata de un usuario con perfil estudiante puede decidir si el reporte es rechazado o aceptado para ser revisado por un agente, como se ve en la Figura 50.

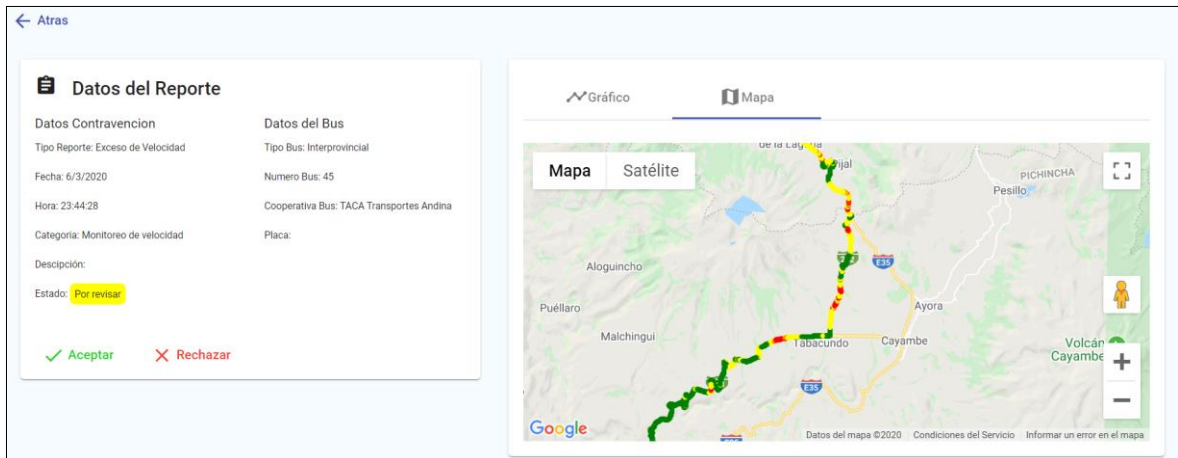


Figura 50 – Detalles de un reporte de exceso de velocidad para el perfil Estudiante.

Si un usuario con perfil agente accede a los detalles del reporte, puede seleccionar si la contravención se debe sancionar, o rechazar el reporte. En caso de existir una contravención es posible seleccionar su clase y hacer alguna observación de ser necesario, como se muestra en la Figura 51.

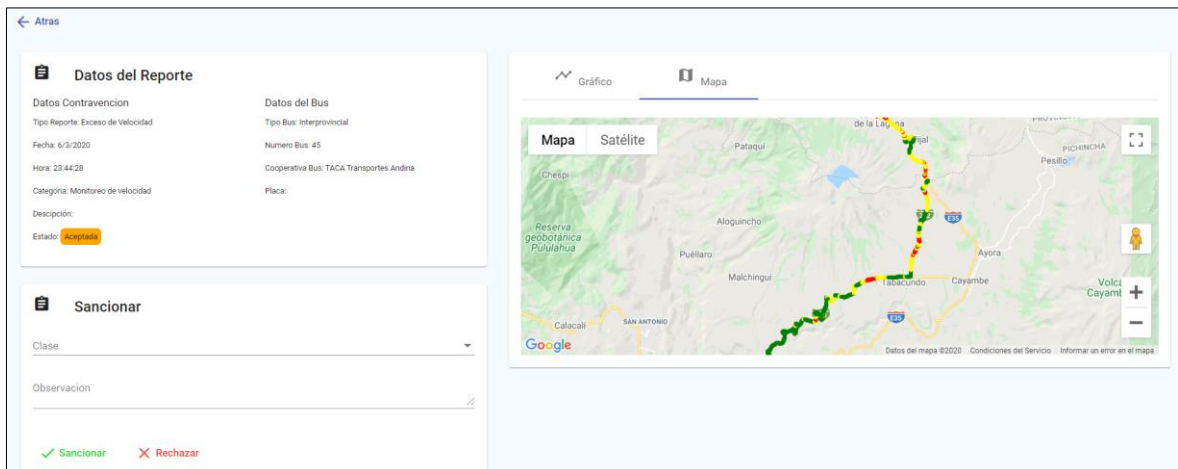


Figura 51 – Detalles de un reporte de exceso de velocidad para el perfil Agente.

Al dar clic en “Por Foto o Video” en el módulo de Gestión de Reportes, se muestra una lista con los reportes de contravenciones capturadas por foto o video, según la Figura 52. Para los usuarios con perfil administrador, la lista muestra todos los reportes sin importar el estado en el que se encuentren, para los usuarios con perfil estudiante se visualizan los reportes que se encuentran en estado “Por revisar”, y para los usuarios con perfil agente se muestran los reportes en los que la contravención ha sido “Aceptada”.

Fecha	Contravención / Placa	Estado	Acción
5/3/2020 14:17:03	Vehículo mal estacionado - ABC1234	Aceptada	Ver más
1/2/2020 12:21:32	Otra -	Aceptada	Ver más
30/1/2020 12:21:45	Otra -	Aceptada	Ver más
30/1/2020 11:09:36	Otra -	Aceptada	Ver más
30/1/2020 11:09:07	Otra -	Aceptada	Ver más
22/1/2020 22:12:09	Otra - MMM1111	Aceptada	Ver más
22/1/2020 21:42:33	Vehículo mal estacionado -	Aceptada	Ver más

Items per page: 25 1 - 7 of 7 < >

Figura 52 – Lista de reportes de contravenciones reportadas por foto o video

Al dar clic en “Ver más” se pueden visualizar los detalles del reporte seleccionado. Los detalles incluyen datos del reporte, la foto o el video que evidencian la contravención y un mapa con la ubicación donde fue capturada la contravención.

La pantalla de detalle varía según el tipo de perfil, tal y como ocurre para los reportes de exceso de velocidad. En la Figura 53 se muestra la pantalla para el perfil Administrador. En la Figura 54 se muestra la pantalla para el perfil Estudiante, con botones para aceptar o rechazar el reporte. En la Figura 55 se observa la pantalla para el perfil Agente, con botones para indicar que existe una contravención y la clase a la que corresponde.

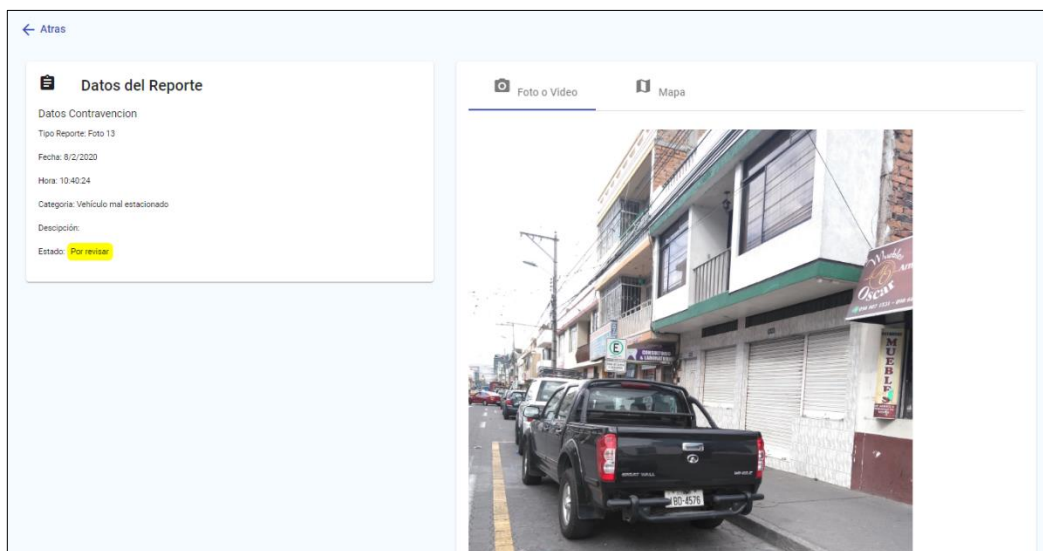


Figura 53 – Detalles de un reporte por foto para el perfil Administrador.

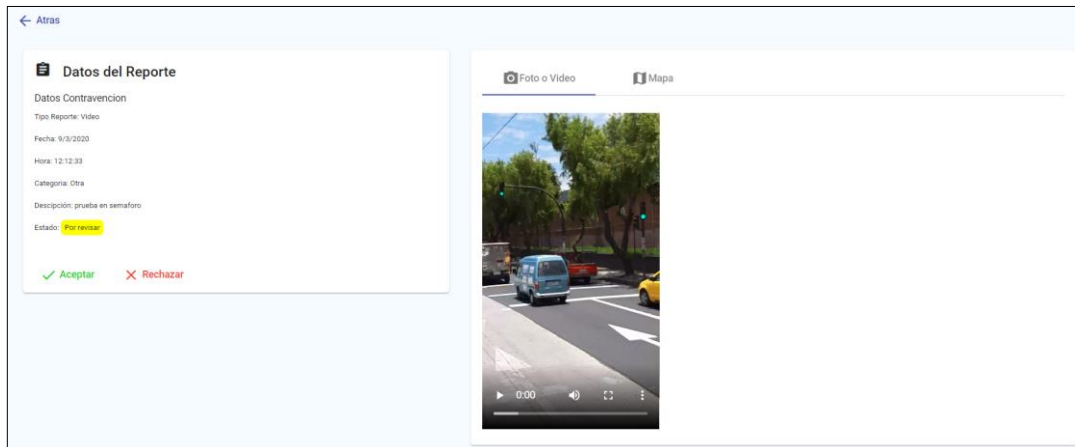


Figura 54 – Detalles de un reporte por video para el perfil Estudiante.

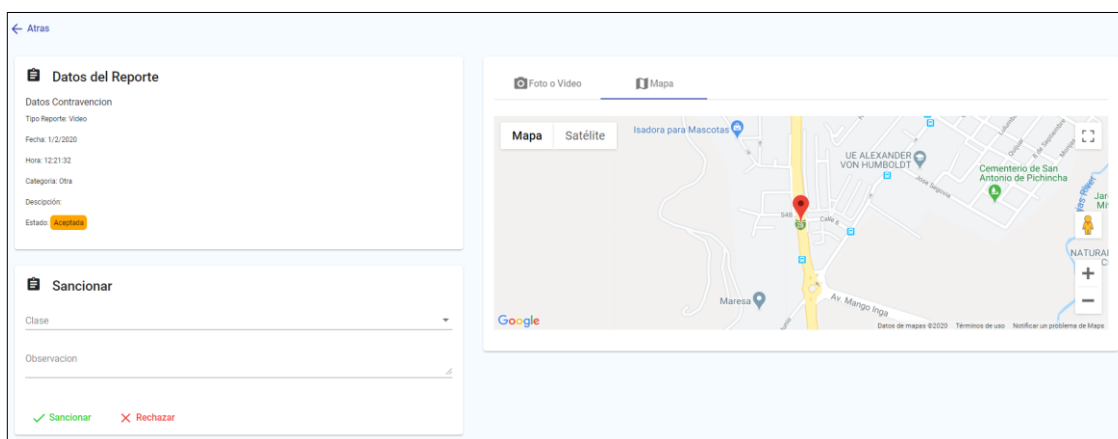


Figura 55 – Detalles de un reporte por video para el perfil Agente.

3.5. Exactitud de las mediciones

Para que la aplicación pueda ser aceptada como un instrumento válido por parte de autoridades, es necesario evaluar la incertidumbre de las mediciones. Por lo tanto se evaluó la exactitud tanto de la posición geográfica obtenida al tomar una foto, así como de la velocidad registrada al monitorear la velocidad de un autobús.

Para evaluar la exactitud de las mediciones en la aplicación, se realizaron comparaciones con equipos especializados. Se tuvo acceso a estos equipos gracias a la colaboración del Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV) y al departamento de Física de la Escuela Politécnica Nacional. Las comparaciones realizadas fueron:

3.5.1. Posición geográfica

La exactitud de la posición geográfica se evaluó comparando los datos obtenidos por 6 celulares diferentes que ejecutaban la aplicación y un dispositivo Sokkia GRX1, que tiene una incertidumbre de 3mm [45]. Los celulares evaluados son los siguientes:

- Samsung J7 Pro
- Sony Xperia XA1
- Xiaomi Mi 8 Lite
- Huawei P20 Lite
- Samsung J1 Ace
- Alcatel Pixi 3

En esta comparación se encontró que la medición de cada celular llegaba a variar tan solo 0,002 grados de latitud respecto a la medición del dispositivo Sokkia, como se muestra en la Figura 56. Además, el promedio entre las mediciones de todos los celulares se encuentra dentro del margen de error de la medición del dispositivo.

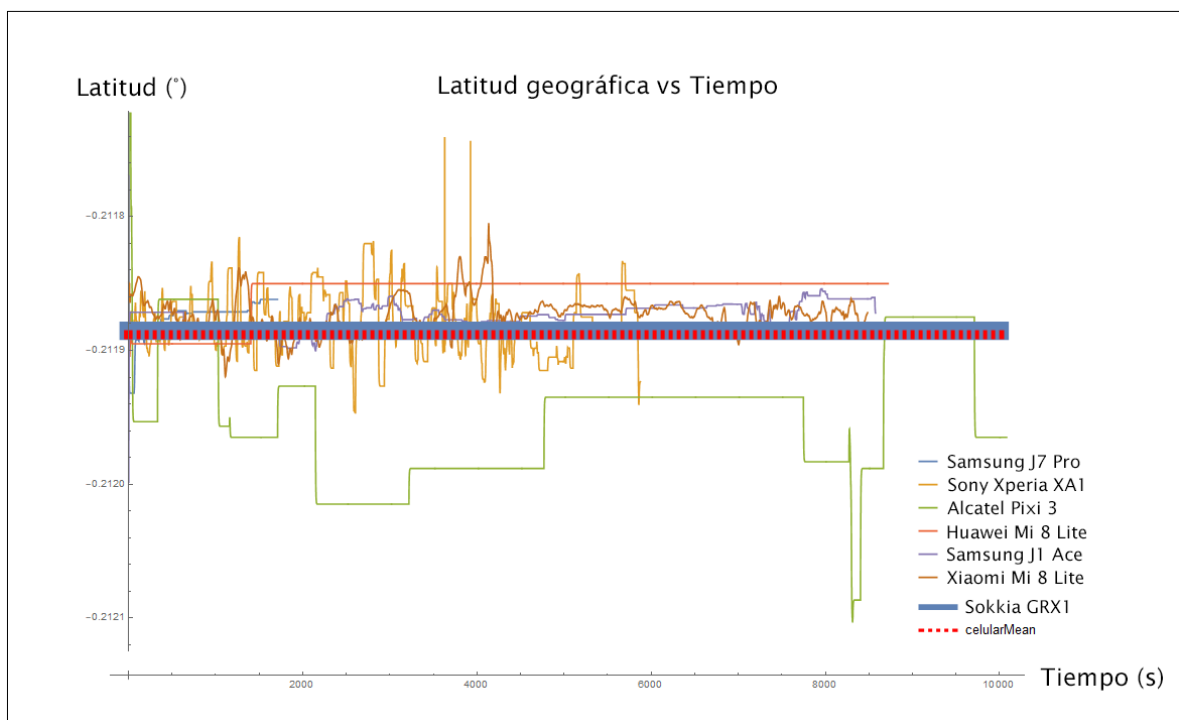


Figura 56 – Comparación de mediciones de latitud geográfica

3.5.2. Velocidad

La exactitud del monitoreo de velocidad se evaluó comparando los datos capturados por 8 celulares que ejecutaban la aplicación y un dispositivo Correvit® L-350, el cual tiene una incertidumbre de 0.2% [46] . Las marcas de los celulares son las siguientes:

- Samsung J7 Pro
- Sony Xperia XA1
- Xiaomi Mi 8 Lite
- Huawei P20 Lite
- Xiaomi Redmi Note 6 Pro
- Xiaomi Redmi Note 4
- Samsung J1 Ace
- Alcatel Pixi 3

Como se puede apreciar en la Figura 57, existe cierta variación en las mediciones obtenidas con los celulares respecto a la medida de referencia provista por el dispositivo Correvit® L-350. Sin embargo, se encontró que el promedio de las mediciones de los celulares está dentro del 2% del valor de referencia. Esto se puede ver en la Figura 58, donde en azul se muestra las mediciones del dispositivo Correvit agregando una incertidumbre del 2%, mientras que en rojo se muestra el promedio de las mediciones obtenidas por los celulares. Cabe recalcar que antes de calcular este promedio primero se descartaron valores atípicos, es decir demasiado distantes del resto de los datos.

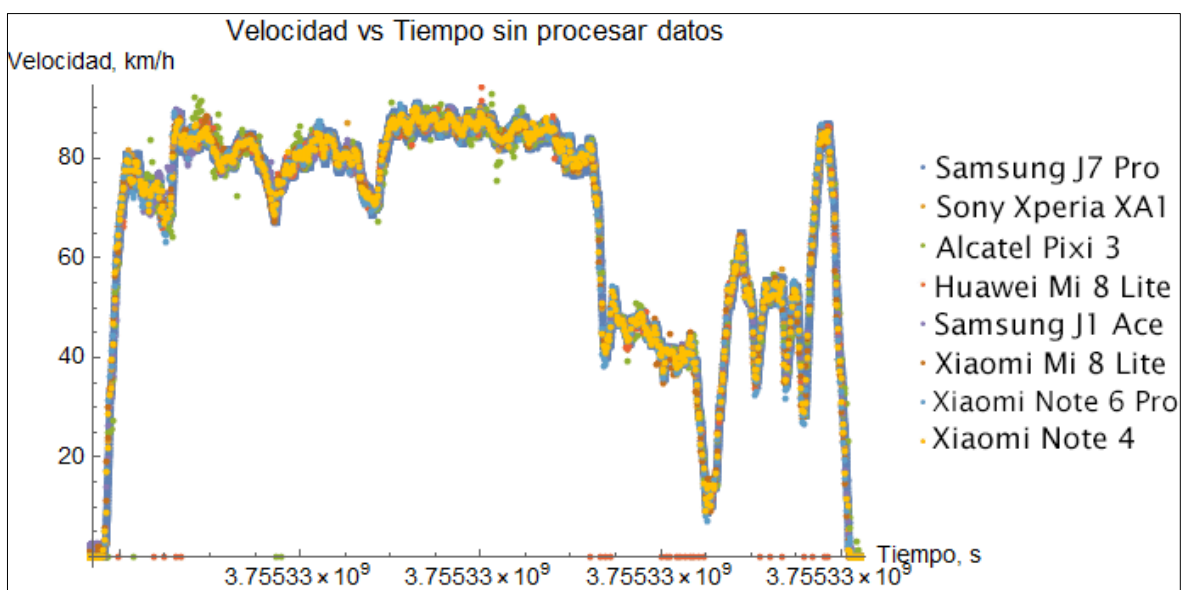


Figura 57 – Mediciones de velocidad de manera individual

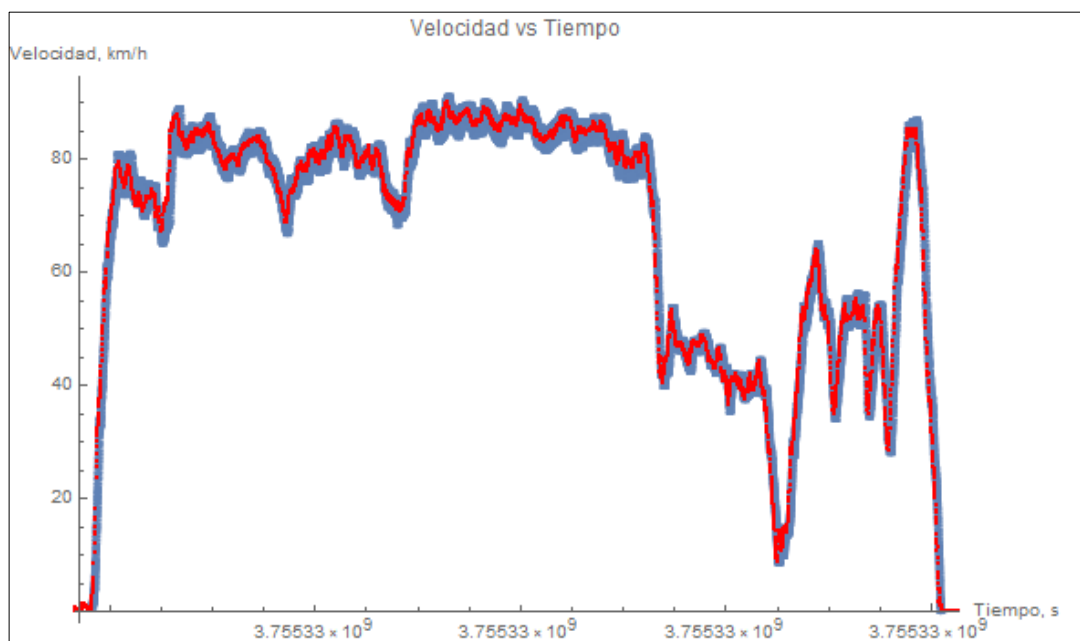


Figura 58 – Promedio de las mediciones de velocidad de los celulares

Tras evaluar la exactitud de las mediciones tanto de posición como de velocidad que realiza la aplicación, se encontró que en ambos casos el margen de error es mínimo respecto a instrumentos especializados.

3.6. Resultados de evaluación del sistema

Aplicación Móvil

Las pruebas de la versión final de la aplicación móvil se realizaron con un total de 24 estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional, con ellos se evaluó la utilidad percibida y la facilidad de uso percibida, de acuerdo con el modelo TAM. Se realizó una encuesta con 8 preguntas por cada usuario, de las cuales 4 tratan la utilidad percibida y 4 la facilidad de uso. En cada una de estas preguntas se utilizó una escala de Likert del 1 al 5, donde 1 es “Muy en desacuerdo” y 5 es “Muy de acuerdo”. Los resultados en detalle de esta encuesta se encuentran en el Anexo I.

Utilidad Percibida

En la Figura 59 se muestra un gráfico con el puntaje promedio de las preguntas sobre utilidad percibida. En general se obtuvieron respuestas muy positivas, con un promedio superior a 4.

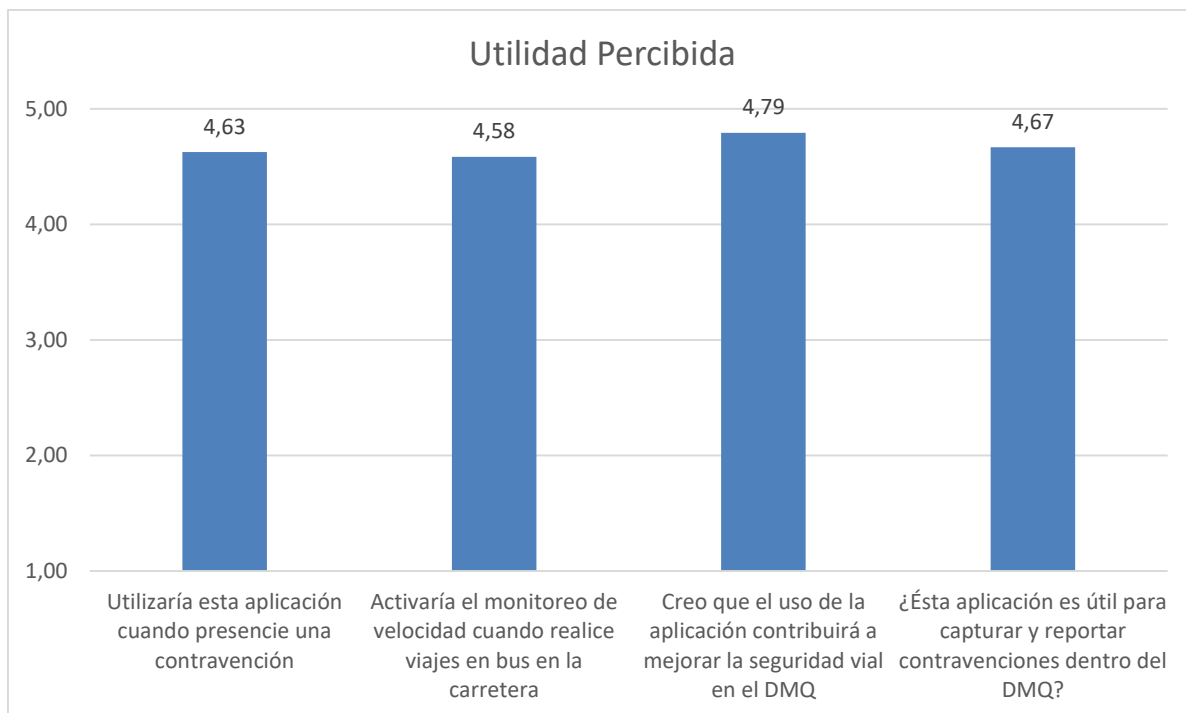


Figura 59 – Resumen de resultados sobre utilidad percibida en la aplicación móvil

A partir de esta encuesta se encontró que los usuarios consideran que la aplicación sería muy útil para mejorar la seguridad vial en la ciudad, como lo demuestra la pregunta 3, que tiene el mayor puntaje de todas. Además, se evidencia que la gran mayoría de encuestados realizaría un reporte en caso de que presencien una contravención o activarían el monitoreo de velocidad cuando viajen en bus. Estos resultados son indicadores de la voluntad de las personas por ser partícipes activos en la mejora de la seguridad vial.

Facilidad de uso percibida

En la Figura 60 se muestra un gráfico con el puntaje promedio de cada pregunta sobre facilidad de uso. Los resultados obtenidos también fueron positivos, en todas las preguntas se obtuvo un puntaje aproximado a 4 puntos.

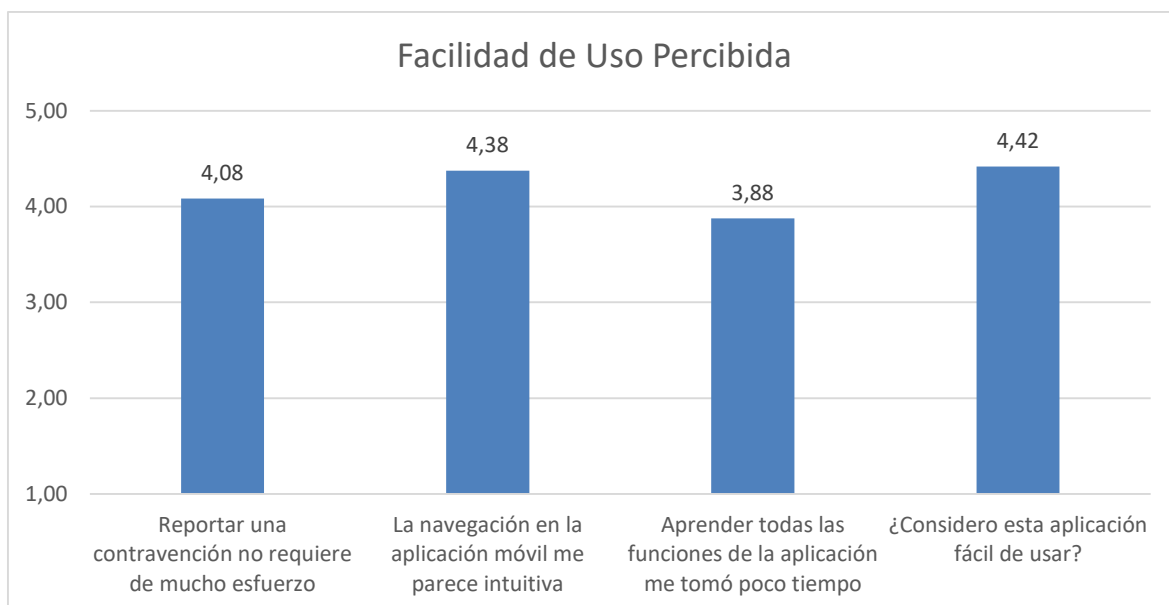


Figura 60 – Resumen de resultados sobre facilidad de uso percibida en la aplicación móvil

De los resultados de la encuesta se obtuvo que la mayoría de las personas consideran que la aplicación es fácil de usar, y que la navegación entre los distintos módulos es intuitiva. Ciertas personas requirieron un poco más tiempo para aprender todas las funciones que tiene la aplicación, esto se reflejó en la pregunta 3, que tiene menor puntaje promedio que las otras. Uno de los factores que influyen en la facilidad de uso es el poco esfuerzo requerido para hacer un reporte.

Consola Web

Para probar la versión final de la consola web se realizó una encuesta a 23 estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional, con ellos también se evaluó la utilidad percibida y la facilidad de uso percibida, de acuerdo con el modelo TAM. Se formularon 8 preguntas por cada usuario, de las cuales 4 tratan la utilidad percibida y 4 la facilidad de uso. En cada una de estas preguntas se utilizó una escala de Likert del 1 al 5, donde 1 es “Muy en desacuerdo” y 5 es “Muy de acuerdo”. Los resultados en detalle de esta encuesta encuentran se encuentran en el Anexo II.

Utilidad Percibida

En la Figura 61 se muestra un gráfico con el puntaje promedio de las preguntas acerca de la utilidad percibida. En este se puede apreciar que las respuestas fueron positivas, en promedio superiores a 4.

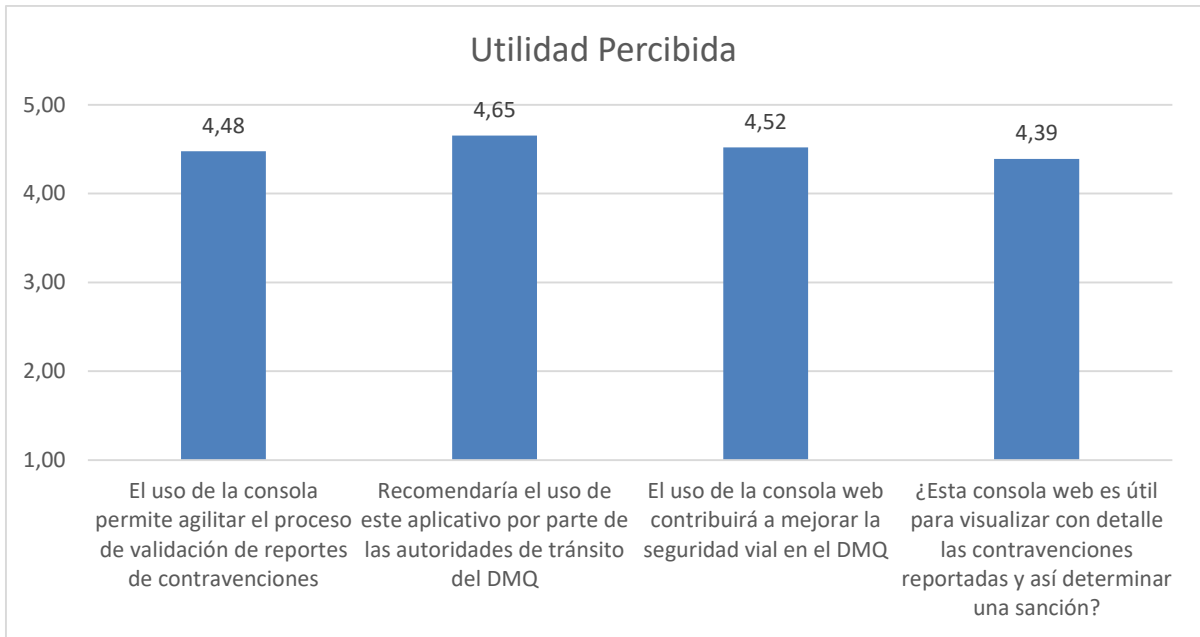


Figura 61 – Resumen de resultados sobre utilidad percibida en la consola web

Según la encuesta realizada, la mayoría de los usuarios recomiendan la consola web a las autoridades de tránsito del DMQ, como se evidencia en la pregunta 2. Además, consideran también que la consola web agilizará la validación de contravenciones y contribuirá a mejorar la seguridad vial en el DMQ.

Facilidad de uso percibida

En la Figura 62 se muestra un gráfico con el puntaje promedio de cada pregunta sobre la facilidad de uso. Los resultados fueron positivos, con un puntaje sobre los 4 puntos en la mayoría de las preguntas.

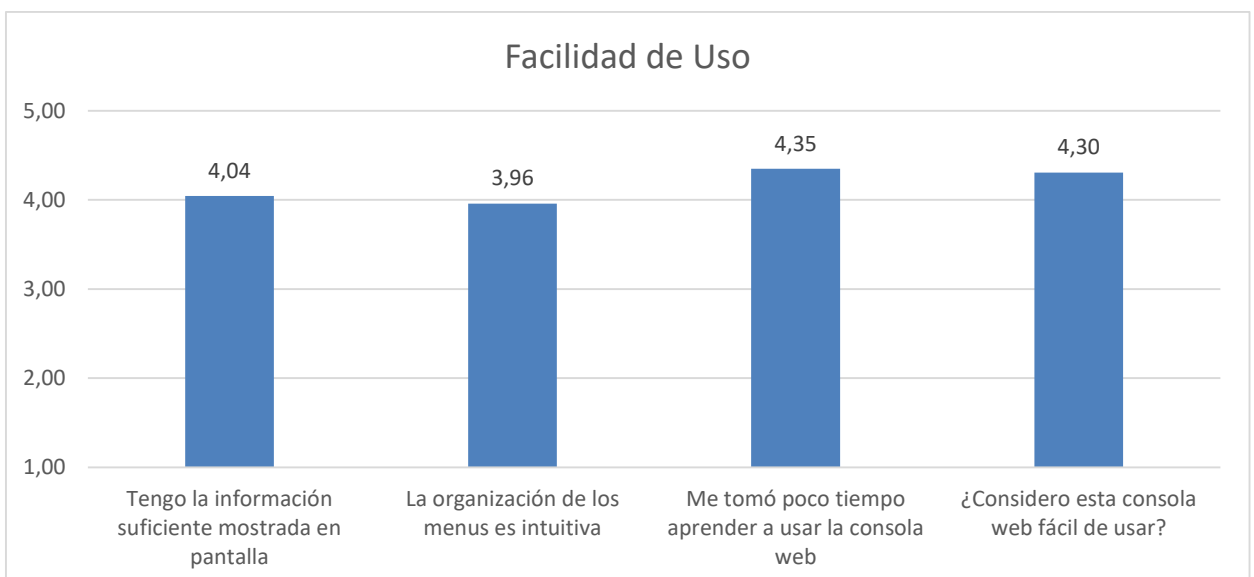


Figura 62 – Resumen de resultados sobre facilidad de uso percibida en la consola web

A partir de los resultados de la encuesta, se encontró que la mayoría de los usuarios consideran que la consola web es fácil de usar. Aprender las funcionalidades toma poco tiempo y se muestra la información suficiente en pantalla. Algunos usuarios consideraron que la organización de los menús no era tan intuitiva, porque el color y el tamaño de las letras no permitía ver claramente las opciones.

3.7. Presentación de resultados en seminarios y congresos

Como parte de los proyectos de vinculación relacionados a este trabajo, se presentaron varias oportunidades para dar a conocer la aplicación al público y a la academia.

En primer lugar, el director de los proyectos de vinculación, Esteban Irribarra, realizó una presentación en la 4ta Jornada Iberoamericana de Seguridad Vial, en el auditorio del Paseo San Francisco el 25 de junio de 2019. A estas jornadas asistieron autoridades de transporte y seguridad vial de la ciudad y el país, quienes se mostraron muy interesadas en el alcance del proyecto.

Como parte de la vinculación con la academia, el póster del Anexo III se presentó en el congreso CITIS 2020 (Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad). Este congreso se enfoca en plantear soluciones a problemas de impacto en la sociedad moderna desde el punto de vista de la ingeniería. El póster fue aceptado y expuesto en el campus de la Universidad Politécnica Salesiana - sede Guayaquil, del 5 al 7 de febrero de 2020.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

En base a las encuestas realizadas, se evidenció la voluntad de las personas para reportar contravenciones de tránsito y por ende contribuir a la mejora de la seguridad vial. De los resultados de la evaluación, se puede afirmar que el sistema tendría una buena acogida por parte de la comunidad en caso de ser lanzado de manera oficial, ya que tanto la aplicación móvil como su consola de administración web fueron evaluadas positivamente.

En los congresos y presentaciones realizadas durante el transcurso del proyecto, muchas organizaciones estatales y gobiernos seccionales demostraron su interés en la aplicación, de modo que, en caso de continuar con el proyecto, existiría apoyo por parte de las autoridades. Además, se lograría un ahorro significativo en la adquisición de hardware, que muchas veces queda obsoleto.

Al evaluar la exactitud de las mediciones de posición y velocidad que hacía la aplicación, se demostró que tienen un margen de error mínimo respecto a instrumentos especializados. Este margen de error se reduce aún más al tomar el promedio de varios dispositivos móviles, esto significa que si varias personas activan el monitoreo de velocidad en un mismo viaje los datos obtenidos equivaldrían a los de un dispositivo especializado.

El uso de Scrum como metodología ágil para el desarrollo del proyecto permitió obtener incrementos potencialmente entregables en cada Sprint, y de esta manera recibir retroalimentación temprana a medida que el software crecía en complejidad.

La utilización de librerías de terceros y APIs propias de Google para implementar funcionalidades en la aplicación y en la consola redujo en gran medida el tiempo de desarrollo. Escribir una implementación propia hubiera requerido más tiempo de desarrollo y un mayor esfuerzo.

4.2. Recomendaciones

Para futuros trabajos, se recomienda:

- Implementar una cola de pendientes en el caso de no tener una conexión a internet y que los reportes se envíen cuando vuelva la conexión, de forma automática.
- Notificar a los usuarios el estado de sus reportes, en caso de que su estado haya cambiado. De la misma manera, mantener actualizado el historial en la aplicación.

- Agregar la opción de recortar los videos antes de enviar un reporte de este tipo, así se puede seleccionar únicamente la sección relevante del video, el momento exacto donde ocurre la infracción.
- Integrar la opción de capturar más de una fotografía o video de una contravención en un solo reporte, con más evidencias se puede tener un mejor contexto de la contravención.
- Permitir filtrar los reportes dentro del historial de la aplicación, por tipo de reporte, categoría o estado.
- Sincronizar el historial de reportes de usuario en el caso que la aplicación sea reinstalada, o al cambiar de teléfono. En la versión actual los reportes del usuario desaparecen en dichas situaciones.
- En la pantalla principal de la consola web implementar un resumen con información destacada como: número de contravenciones en el último día, tipo de contravención más frecuente, zonas donde ocurren el mayor número de contravenciones, entre otros.
- Analizar los datos y generar reportes en base a los que autoridades puedan tomar decisiones que mejoren la seguridad vial.

Adicionalmente, es necesario que los reportes tengan consecuencias para los infractores, por ello se debería contar con el respaldo de una entidad pública de transporte y seguridad vial para que puedan ser sancionados.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] «INRIX 2018 Global Traffic Scorecard,» [En línea]. Available: <http://inrix.com/scorecard>. [Último acceso: 2 Agosto 2019].
- [2] «El irrespeto entre actores viales eleva los riesgos de accidentes,» [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/irrespeto-ciclistas-conductores-quito-accidentes.html>. [Último acceso: 2 Agosto 2019].
- [3] «Las quejas de tránsito son expuestas en redes sociales,» 4 Septiembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/quejas-transito-expuestas-redes-sociales.html>. [Último acceso: 2 Agosto 2019].
- [4] «En 2019, los accidentes de buses dejaron 134 muertes,» 28 Diciembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.expreso.ec/actualidad/2019-accidentes-buses-dejaron-134-muertes-2684.html>. [Último acceso: 17 Marzo 2020].
- [5] «Desatención al conducir, principal causa probable de accidentes de tránsito en Ecuador,» [En línea]. Available: <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/01/28/nota/7713150/accidentes-causas-2019-ant-siniestros-ecuador>.
- [6] S. Park, E.-S. Ilincai, O. Jeungmin, S. Kwon, R. Mizouni y U. Lee, «Facilitating Pervasive Community Policing on the Road,» Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2017.
- [7] E. C. Perú, «Videopapeleta.pe: la plataforma para denunciar a malos choferes,» 19 Octubre 2018. [En línea]. Available: <https://elcomercio.pe/lima/transporte/videopapeleta-pe-web-denunciar-malos-conductores-notepases-noticia-569217>. [Último acceso: 06 Septiembre 2019].
- [8] «VideoPapeleta - Reportes Recientes,» [En línea]. Available: <https://videopapeleta.pe/infracciones?fined=true&page=1>. [Último acceso: 06 Septiembre 2019].
- [9] Clarín, «Se hacen 64 multas por día gracias a las denuncias que llegan por fotos de los vecinos,» 20 Marzo 2017. [En línea]. Available: https://www.clarin.com/ciudades/hacen-64-multas-dia-gracias-denuncias-llegan-fotos-vecinos_0_HkFOjShje.html. [Último acceso: 6 Septiembre 2019].
- [10] S. L. Mora, Programación en Internet: Clientes Web, Editorial Club Universitario, 2001.

- [11] D. Nations, «What Exactly Is a Web Application?,» Lifewire, 24 junio 2019. [En línea]. Available: <https://www.lifewire.com/what-is-a-web-application-3486637>. [Último acceso: 20 agosto 2019].
- [12] «Wikipedia - Mobile app,» [En línea]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_app. [Último acceso: 30 Julio 2019].
- [13] T. McCue, «Mobile App 'State of Mobile 2019 Report' From App Annie,» 30 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://www.forbes.com/sites/tjmccue/2019/01/30/mobile-app-state-of-mobile-2019-report-from-app-annie/>. [Último acceso: 2 Agosto 2019].
- [14] Statcounter, «Mobile Operating System Market Share Ecuador,» [En línea]. Available: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/ecuador>. [Último acceso: 19 Agosto 2019].
- [15] A. Rubin, «Where's my Gphone?,» 5 Noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://googleblog.blogspot.com/2007/11/wheres-my-gphone.html>. [Último acceso: 29 Julio 2019].
- [16] «Android Platform Architecture,» [En línea]. Available: <https://developer.android.com/guide/platform>. [Último acceso: 08 Septiembre 2019].
- [17] «Overview of Google Play Services,» [En línea]. Available: <https://developers.google.com/android/guides/overview>. [Último acceso: 31 Julio 2019].
- [18] «CODIGO ORGANICO INTEGRAL PENAL,» 10 Febrero 2014. [En línea]. Available: http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/LOTAIP_AneXos/Lit_A/lit_a2/4_codigo_integral_penal_29_12_17.pdf. [Último acceso: 11 Agosto 2019].
- [19] «Reglamento General para la Aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial,» [En línea]. Available: <https://www.ant.gob.ec/index.php/ant/base-legal/reglamento-general-para-la-aplicacion-de-la-lotttsv>. [Último acceso: 29 Febrero 2020].
- [20] M. Ecuador, «Buseta escolar invade la vereda en el norte de Quito,» [En línea]. Available: <https://www.metroecuador.com.ec/ec/destacado-tv/2019/06/06/buseta-escolar-invade-la-vereda-en-el-norte-de-quito.html?pais=EC>. [Último acceso: 23 Agosto 2019].
- [21] A. Quito, «@AMTQuito,» [En línea]. Available: https://twitter.com/AMTQuito/status/1135199467924316160?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwtterm%5E1135199467924316160&ref_url=http

s%3A%2F%2Fwww.metroecuador.com.ec%2Fec%2Fnoticias%2F2019%2F06%2F06%2Fbuseta-escolar-invade-la-vereda-en-el-norte-d. [Último acceso: 12 Agosto 2019].

- [22] «LEY ORGANICA DE TRANSPORTE TERRESTRE,» 31 diciembre 2014. [En línea]. Available: <https://www.ant.gob.ec/index.php/ant/base-legal/ley-organica-reformatoria-a-la-ley-organica-de-transporte-terrestre-transito-y-seguridad-vial>. [Último acceso: 13 agosto 2019].
- [23] «Resolución A0006,» 22 abril 2013. [En línea]. Available: http://www.amt.gob.ec/files/resolucionA0006_22-04-2013.pdf. [Último acceso: 13 agosto 2019].
- [24] «Introducción a Android Studio,» [En línea]. Available: <https://developer.android.com/studio/intro?hl=es-419>. [Último acceso: 30 Agosto 2019].
- [25] «Android Studio: El mejor aliado para crear Apps,» [En línea]. Available: <http://www.tecnopedia.net/android-mobile/android-studio-el-mejor-aliado-para-crear-apps/>. [Último acceso: 30 Agosto 2019].
- [26] «[https://developer.android.com/topic/libraries/architecture/room,](https://developer.android.com/topic/libraries/architecture/room)» [En línea]. Available: Room Persistence Library. [Último acceso: 30 Agosto 2019].
- [27] «Maps SDK for Android,» [En línea]. Available: <https://developers.google.com/maps/documentation/android-sdk/intro>. [Último acceso: 31 Julio 2019].
- [28] «Gestionar los ajustes de ubicación de tu dispositivo,» [En línea]. Available: <https://support.google.com/accounts/answer/3467281?hl=es>. [Último acceso: 31 Julio 2019].
- [29] «OkHttp,» [En línea]. Available: <https://square.github.io/okhttp/>. [Último acceso: 30 Agosto 2018].
- [30] «Firebase Authentication,» [En línea]. Available: <https://firebase.google.com/docs/auth>. [Último acceso: 30 Agosto 2019].
- [31] «¿Qué es GitHub? Una Guía para Principiantes sobre GitHub,» [En línea]. Available: <https://kinsta.com/es/base-de-conocimiento/que-es-github/>. [Último acceso: 30 Agosto 2019].
- [32] «Sails.js,» [En línea]. Available: <https://www.npmjs.com/package/sails>. [Último acceso: 12 Agosto 2019].

- [33] C. d. Wikipedia, «AngularJS,» [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/AngularJS>. [Último acceso: 12 Agosto 2019].
- [34] «Mountain Goat Software,» [En línea]. Available: <https://www.mountaingoatsoftware.com/agile/scrum>. [Último acceso: 25 Noviembre 2019].
- [35] «Scrum.org,» [En línea]. Available: <https://www.scrum.org/resources/what-is-a-product-owner>. [Último acceso: 3 December 2019].
- [36] «WhatIs,» [En línea]. Available: <https://whatis.techtarget.com/definition/scrum-master>. [Último acceso: 3 Diciembre 2019].
- [37] K. Schwaber, Agile Project Management with Scrum, Redmond: Microsoft Press, 2004.
- [38] K. Schwaber, «Scrum Guides,» [En línea]. Available: <https://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v1/scrum-guide-es.pdf>. [Último acceso: 12 Diciembre 2019].
- [39] «Chapter 21: Sprint Review,» [En línea]. Available: <https://innolution.com/essential-scrum/table-of-contents/chapter-21-sprint-review>. [Último acceso: 12 01 2020].
- [40] «CameraView,» [En línea]. Available: <https://natario1.github.io/CameraView/>. [Último acceso: 29 Febrero 2020].
- [41] «Sails 1.0 has arrived,» [En línea]. Available: <https://sailsjs.com/>. [Último acceso: 01 Marzo 2020].
- [42] «Firebase Authentication,» [En línea]. Available: <https://firebase.google.com/docs/auth>. [Último acceso: 01 Marzo 2020].
- [43] «Maps SDK for Android,» [En línea]. Available: <https://developers.google.com/maps/documentation/android-sdk/intro>. [Último acceso: 01 Marzo 2020].
- [44] F. D. Davis, «Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology,» MIS Quarterly, vol. 13, n° 3, pp. 319-340, 1989.
- [45] «GRX1 Specifications,» [En línea]. Available: https://www.sokkia.com.sg/products/GNSS/uploads/GRX1_brochure.pdf. [Último acceso: 11 Marzo 2020].
- [46] «Correxit® L-350 Aqua Non-Contact Optical Sensor,» [En línea]. Available: <https://www.flowtronic.de/products/distance-sensors/l-350-aqua.html>. [Último acceso: 11 Marzo 2020].

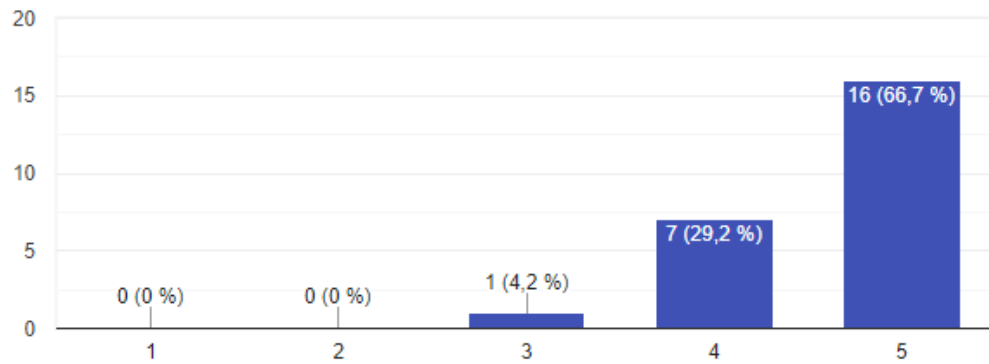
- [47] R. Meier, «Android Application Development,» de Professional Android, Indianapolis, John Wiley & Sons, 2018, pp. 1-2.
- [48] «Agencia Nacional de Tránsito - Misión, Visión y Objetivos,» [En línea]. Available: <https://www.ant.gob.ec/index.php/ant/vision-mision-y-objetivos#.XVJQ9uhKjIU>. [Último acceso: 13 agosto 2019].
- [49] «AMT - Misión y Visión,» [En línea]. Available: <http://www.amt.gob.ec/index.php/quienes-somos/mision-vision.html>. [Último acceso: 13 agosto 2019].
- [50] «Conoce Android Studio,» [En línea]. Available: <https://developer.android.com/studio/intro?hl=es-419>. [Último acceso: 13 agosto 2019].
- [51] «Sprint 0, clave en la gestión de proyectos ágiles.,» [En línea]. Available: <https://www.paradigmadigital.com/techbiz/sprint-0-clave-la-gestion-proyectos-agiles/>. [Último acceso: 20 Febrero 2020].

6. ANEXOS

Anexo I – Resultados de cada pregunta de la encuesta realizada para la aplicación móvil

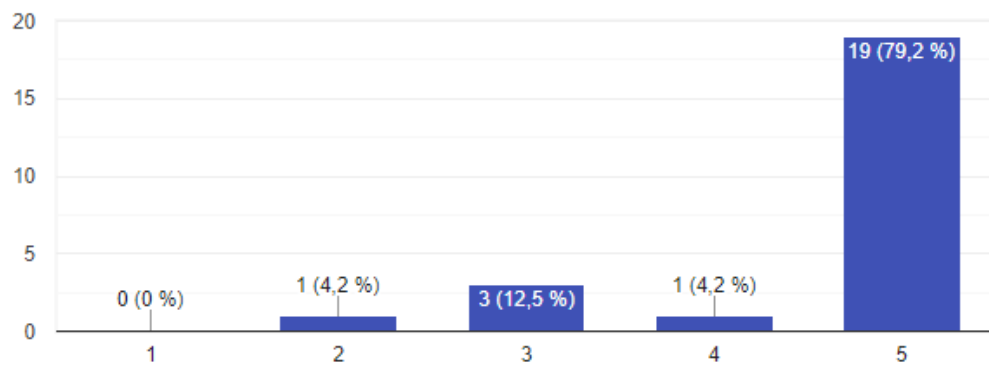
Utilizaría esta aplicación cuando presencia una contravención


24 respuestas



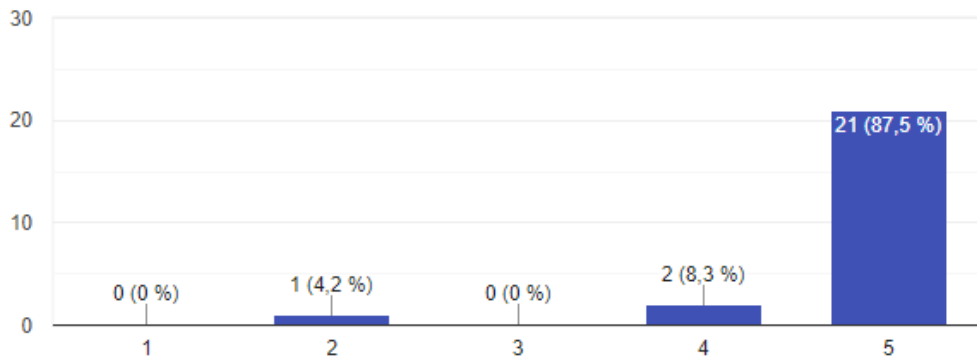
Activaría el monitoreo de velocidad cuando realice viajes en bus en la carretera

24 respuestas



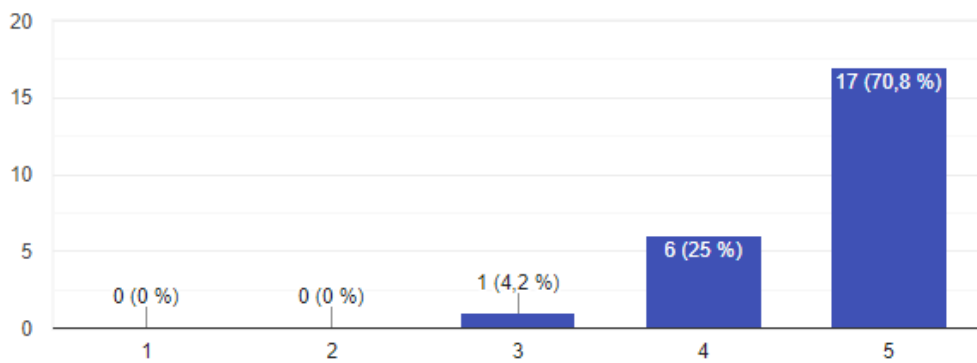
Creo que el uso de la aplicación contribuirá a mejorar la seguridad vial en el DMQ 

24 respuestas



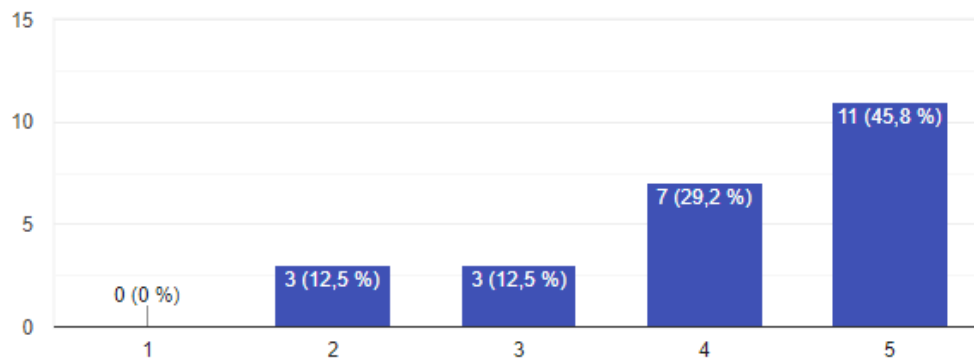
¿Esta aplicación es útil para capturar y reportar contravenciones dentro del DMQ?

24 respuestas



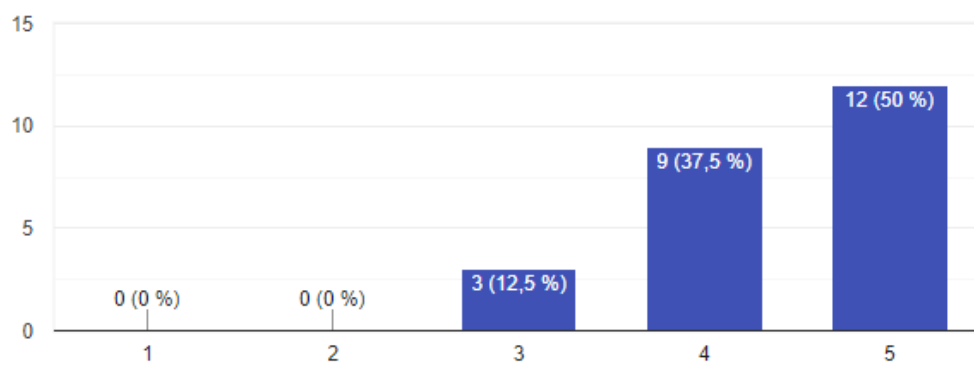
Reportar una contravención no requiere de mucho esfuerzo

24 respuestas



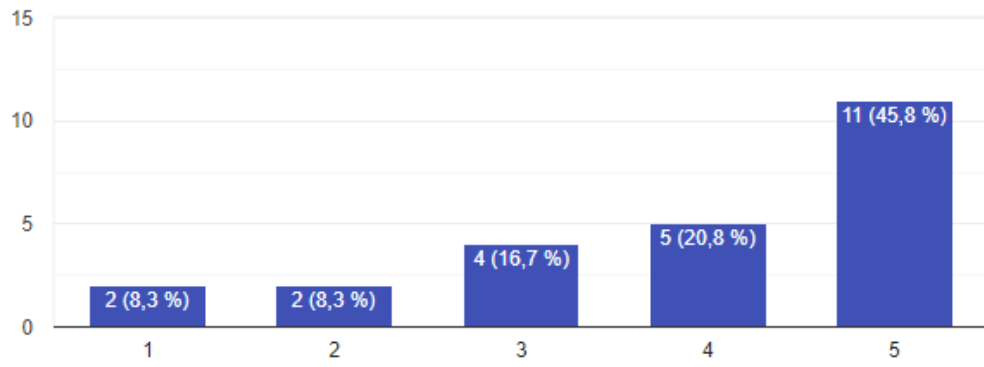
La navegación en la aplicación móvil me parece intuitiva

24 respuestas



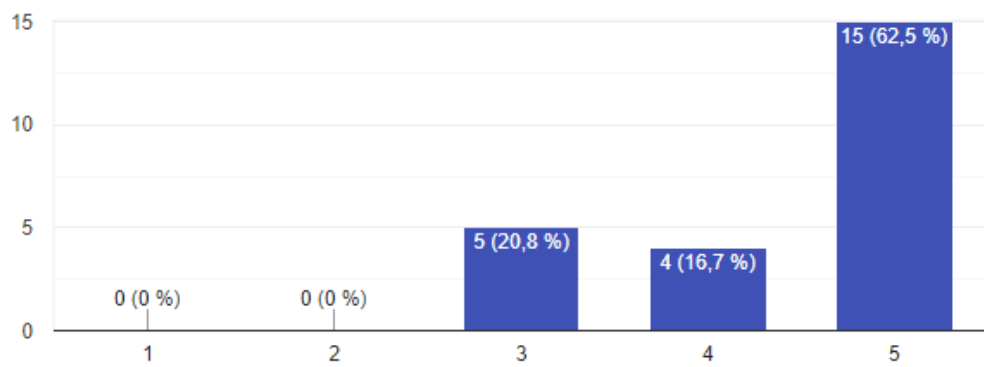
Aprender todas las funciones de la aplicación me tomó poco tiempo

24 respuestas



¿Considero esta aplicación fácil de usar?

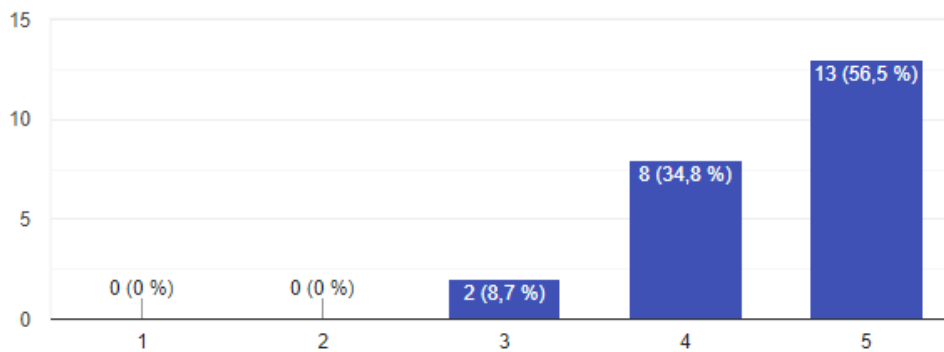
24 respuestas



Anexo II – Resultados de cada pregunta de la encuesta realizada para la aplicación web

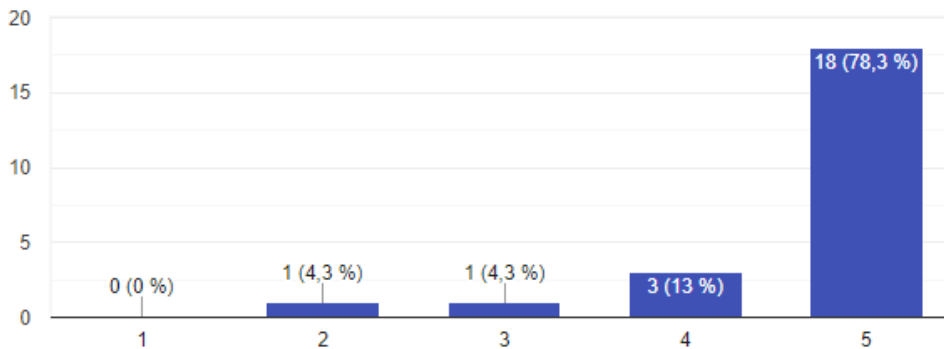
El uso de la consola permite agilizar el proceso de validación de reportes de contravenciones

23 respuestas



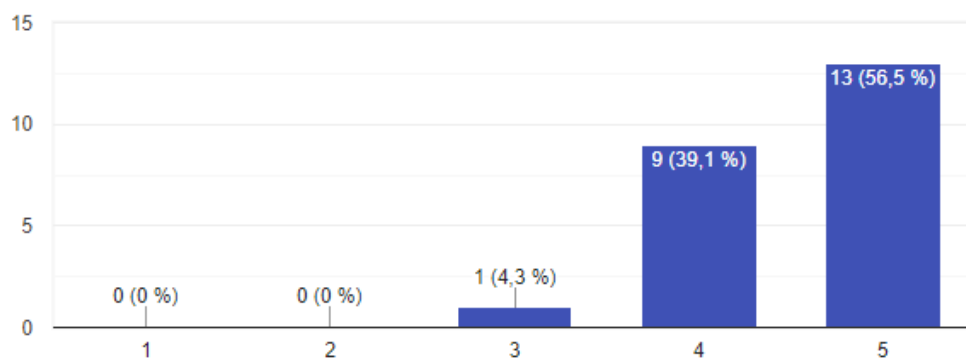
Recomendaría el uso de este aplicativo por parte de las autoridades de tránsito del DMQ

23 respuestas



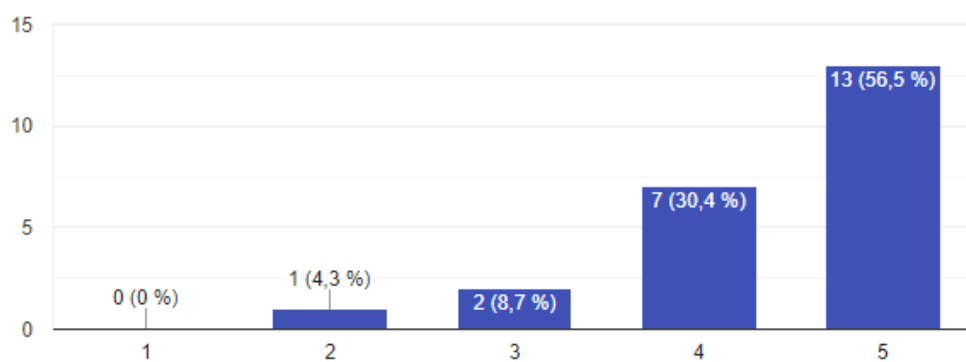
El uso de la consola web contribuirá a mejorar la seguridad vial en el DMQ

23 respuestas



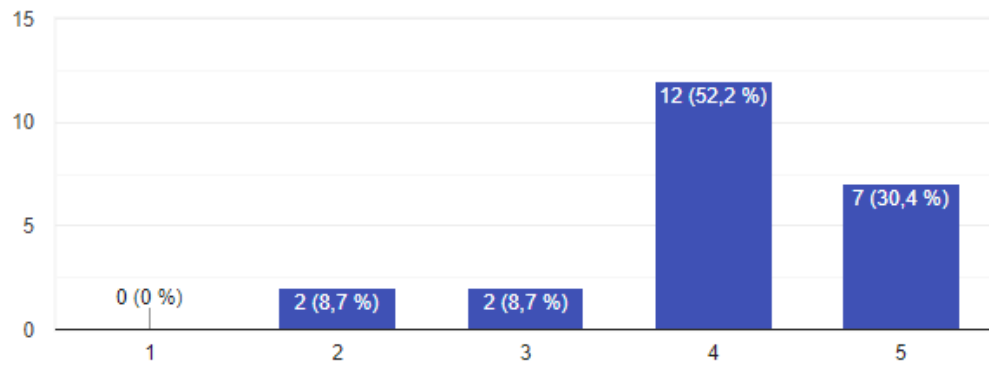
¿Esta consola web es útil para visualizar con detalle las contravenciones reportadas y así determinar una sanción?

23 respuestas



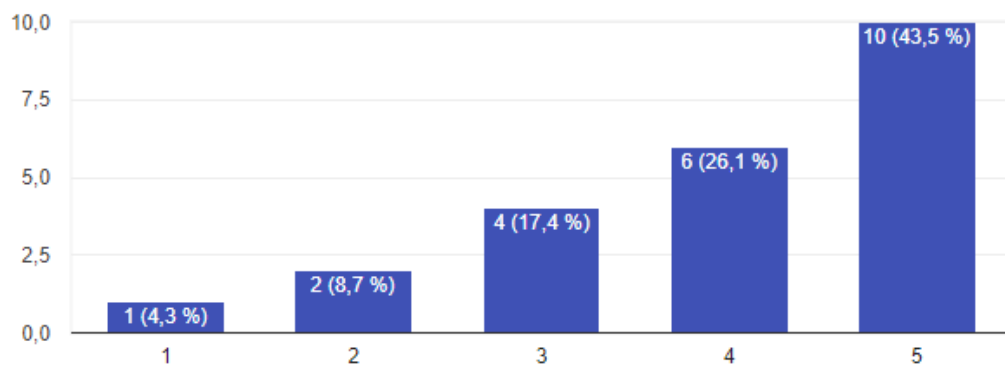
Tengo la información suficiente mostrada en pantalla

23 respuestas



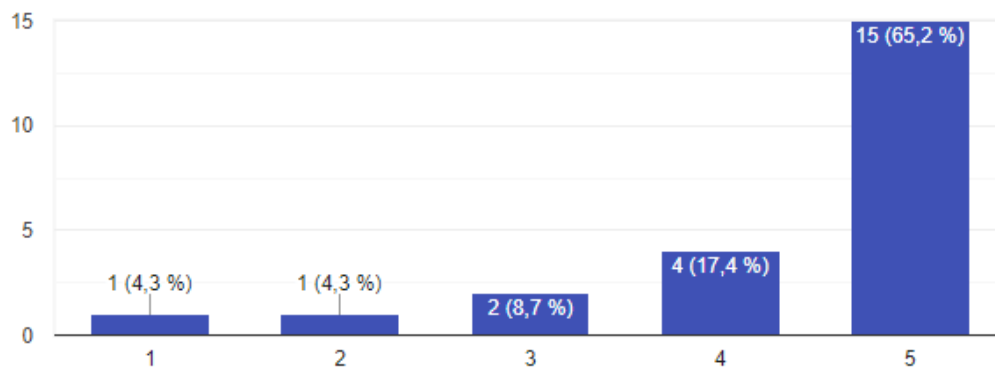
La organización de los menus es intuitiva

23 respuestas



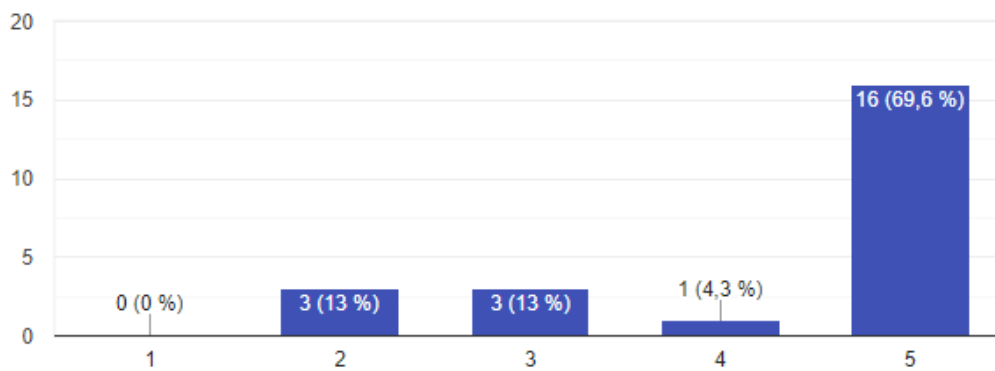
Me tomó poco tiempo aprender a usar la consola web

23 respuestas



¿Considero esta consola web fácil de usar?

23 respuestas





CITIS
VI Congreso Internacional
de Ciencia, Tecnología e
Innovación para la Sociedad

Aplicación móvil para mejorar la movilidad en el Ecuador

Esteban Iribarra¹, Ramón Xulvi¹, Edison Loza², Alexander Olmedo²,
Mayra Rosero², Selena Barragán¹, Fabian Espinosa³ y Nicolas Calero¹
¹Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Física, esteban.irribarra@epn.edu.ec
²Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Informática, edison.loza@epn.edu.ec
³Escuela Politécnica Nacional, CCICEV, fabian.espinosa@epn.edu.ec





PROBLEMA

En el país mueren más de 2000 personas por año a causa de accidentes de tránsito [1]. Por otra parte, el irrespeto a las leyes provoca accidentes, obstaculiza y dificulta la movilidad. Guayaquil y Quito se encuentran entre las 30 ciudades más congestionadas del mundo [2] sin ser siquiera una de las 100 aglomeraciones urbanas más pobladas [3], [4].

MÉTODOS

Se decidió utilizar los sensores que tienen disponible la mayoría de los teléfonos móviles como instrumento para levantar información sobre las infracciones cometidas. En particular se usó la cámara para el reporte de todo tipo de infracciones y el dispositivo de posicionamiento para el control de la velocidad de vehículos de transporte público. Utilizar los dispositivos de la población es una ventaja importante para los organismos de control ya que no realizan una inversión en hardware. Además, existe la posibilidad de que gran parte de la población se involucre en el proceso incrementando significativamente el control, sin aumentar el gasto público.

Se utilizó la plataforma Android por ser la más común en el Ecuador. Los usuarios pueden descargar la herramienta gratuitamente de PLAYSTORE. Una vez realizada la denuncia, la evidencia se envía a un servidor para su posterior análisis por las entidades de control por medio de una consola de administración web.

Para evaluar la precisión en la determinación de la velocidad se realizaron mediciones simultáneas con la aplicación y un sensor Correvit® L-350 sensor que tiene una incertidumbre de 0.2% en la medición de la distancia [5].

OBJETIVOS

Desarrollar una aplicación móvil que permita:

- Controlar la velocidad de buses interprovinciales en el Ecuador.
- Empoderar a los ciudadanos con una herramienta para autoprotgerse denunciando infracciones de tránsito

RESULTADOS



Figura 1 – Pantalla principal de la aplicación desarrollada.



Figura 3 – Medición de velocidad respecto al tiempo. En azul se muestra las mediciones del sensor Correvit a las que se añadió una incertidumbre del 2%. En rojo se muestran las mediciones realizadas con la aplicación en 6 celulares.



Figura 2 – Consola web de administración de la aplicación. El agente de control puede observar la velocidad del vehículo en función del tiempo y también en un mapa.

CONCLUSIONES

- Actualmente, la aplicación permite que el usuario envíe fotos y videos que evidencian una infracción de tránsito.
- Por otra parte, permite contralar la velocidad de cualquier vehículo, aunque esté destinada a ser utilizada sobre todo en buses interprovinciales.
- Los resultados obtenidos en mediciones de velocidad muestran un error menor al 5% respecto a la velocidad real.

REFERENCIAS

- [1] Agencia Nacional de tránsito, "Tabulados del Reporte Nacional de Siniestros de Tránsito, Agosto 2019," Quito, 2019.
- [2] "Scorecard - INRIX." [Online]. Available: <http://inrix.com/scorecard/>. [Accessed: 25-Oct-2019].
- [3] W. Cox, "DEMOGRAPHIA WORLD URBAN AREAS 15 th ANNUAL EDITION," 2019.
- [4] "Major Agglomerations of the World - Population Statistics and Maps." [Online]. Available: <http://www.citypopulation.de/world/Agglomerations.html>. [Accessed: 25-Oct-2019].
- [5] Kistler Group, "Correvit® L-350 Aqua Non-contact Optical Sensors." 2019.



5 al 7 de febrero de 2020
Guayaquil - Ecuador