



**Prototipo de un sistema de alerta para preservar la seguridad vial del ciclista y su  
bicicleta en caso de robo**

Cuenca Pinzón, Jordan Andrés

Departamento de Ciencias de la Computación

Carrera de Ingeniería de Sistemas e Informática

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

Ing. Guerrero Idrovo, Rosa Graciela. MSc.

9 de agosto del 2022

## Reporte de similitud de contenidos



Tesis\_Cuenca\_Jordan\_CompletaCorregida.docx

Scanned on: 19:31 August 9, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	244
Words with Minor Changes	15
Paraphrased Words	136
Omitted Words	1187



Forma autorizada por:  
ROSA GRACIELA  
GUERRERO IDROVO



**Departamento de Ciencias de la Computación**

**Carrera de Ingeniería de Sistemas e Informática**

**Certificación**

Certifico que el trabajo de titulación: **“Prototipo de un sistema de alerta para preservar la seguridad vial del ciclista y su bicicleta en caso de robo”**, fue realizado por el señor **Cuenca Pinzón, Jordan Andrés**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

**Sangolquí 9 de agosto del 2022**



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

**Ing. Rosa Graciela Guerrero Idrovo. MSc.**

**C. C: 1720513322**



**Departamento de Ciencias de la Computación**

**Carrera de Ingeniería de Sistemas e Informática**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, **Cuenca Pinzón, Jordan Andrés**, con cédula de ciudadanía N° 1721043758., declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Prototipo de un sistema de alerta para preservar la seguridad vial del ciclista y su bicicleta en caso de robo”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Sangolquí 9 de agosto del 2022**

**Cuenca Pinzón, Jordan Andrés**

**C.C.: 1721043758**



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

**Autorización de Publicación**

Yo **Cuenca Pinzón, Jordan Andrés**, con cédula de ciudadanía N° 1721043758 ,autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Prototipo de un sistema de alerta para preservar la seguridad vial del ciclista y su bicicleta en caso de robo”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

**Sangolquí 9 de agosto del 2022**

**Cuenca Pinzón, Jordan Andrés**

**C.C.: 1721043758**

### **Dedicatoria**

La razón de haber llegado tan lejos, haber cumplido con cientos de logros es gracias al apoyo incondicional de mi familia y al constante esfuerzo que he colocado en mi trabajo. Este trabajo va a dedicado principalmente a mi familia y a todos mis amigos y profesores, que de alguna manera u otra han aportado en mi crecimiento como persona y como profesional.

### **Agradecimiento**

Agradecido con mi familia, por todo el apoyo brindado en mi formación académica. A los profesores que sabían impartir su conocimiento con dedicación y empeño. A mis amigos con los que compartí momentos de risa y han influenciado de alguna manera en mi camino.

## Índice de Contenidos

Reporte de similitud de contenidos	2
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Índice de Contenidos	8
Índice de tablas	13
Índice de figuras	15
Resumen	17
Abstract	18
Capítulo I: Introducción	19
Antecedentes	20
Planteamiento del problema	21
Justificación	21
Objetivos	23
Objetivo General	23
Objetivos Específicos	23
Alcance	23
Hipótesis de Trabajo	25
Estructura del trabajo	26
Capítulo II: Estado del arte	27
Motivación de la investigación	27
Objetivo de la revisión	27

	9
Preguntas de investigación	27
Método de investigación	28
Enfoque de la revisión	28
Planificación de la revisión	28
Criterios de inclusión y exclusión	29
Criterios de inclusión	29
Criterios de exclusión	29
Conformación del grupo de control	29
Composición de la cadena de búsqueda	30
Construcción y afinación de la cadena de búsqueda	30
Selección de estudios	31
Estudios Candidatos	31
Estudios Relevantes	31
Estudios Primarios	31
Extracción de información	33
Tablas de características	35
Síntesis de resultados	38
Capítulo III: Desarrollo	41
Metodología XP	41
Planificación	41
Historias de usuario	41

	10
Diseño	48
Arquitectura	48
Servidor	49
Cliente	50
Herramientas	51
Entorno de desarrollo Integrado (IDE)	51
Lenguajes de programación	51
Gestor de base de datos	52
Google Cloud Platform (GCP)	52
Heroku	52
Angular	53
NodeJS	53
Arduino	53
Sim808 GSM/GPRS/GPS	53
Desarrollo	54
Creación de base de datos en Google Cloud	54
Creación de servidor NodeJS y despliegue en Heroku	57
Creación de aplicativo Web con Angular	61
Creación de aplicativo móvil para dispositivos Android	67
Creación de localizador con Arduino Uno y Sim808	71
Implementación	72

	11
Pruebas	75
Pruebas Unitarias	75
Mobile Ilities aplicadas	78
Capítulo IV: Evaluación y Resultados	79
Diseño de la evaluación	79
Escenario	83
Grupo 1	83
Tareas	84
Grupo 2	84
Tareas	84
Herramientas de evaluación	84
System Usability Scale (SUS)	84
Estructura	85
Medición de tiempos	86
Evaluación complementaria	86
Resultados de las evaluaciones	87
SUS	87
Resultados Grupo #1	87
Resultados Grupo #2	91
Evaluación complementaria	95
Resultados Grupo #1	95

	12
Resultados Grupo #2	97
Medición de tiempos	99
Resultados Grupo 1	99
Resultados Grupo 2	101
Discusión de resultados	103
Capítulo V: Conclusiones y Líneas de Trabajo Futuro	105
Conclusiones	105
Líneas de Trabajo Futuro	106
Bibliografía	108
Apéndices	114

## Índice de tablas

<i>Tabla 1: Alcance del trabajo de titulación</i>	24
Tabla 2: Grupo de control	30
Tabla 3: Estudios Primarios	32
Tabla 4: Tabla de características – Enfoque	35
Tabla 5: Tabla de características - Microcontroladores usados	36
Tabla 6: Tabla de características - Sensores empleados	37
Tabla 7: Tabla de características - Tecnología usada para transmitir a otros	38
Tabla 8: Historia de usuario 1: Implementar módulos Sim808	41
Tabla 9: Historia de usuario 2: Implementar SIM GSM para el envío de datos en Arduino	42
Tabla 10: Historia de usuario 3: Alimentar por medio de baterías al Arduino y módulo SIM808	42
Tabla 11: Historia de usuario 4: Crear endpoint en el servidor para la recepción de coordenadas	43
<i>Tabla 12: Historia de usuario 5: Creación de usuarios</i>	43
Tabla 13: Historia de usuario 6: Iniciar sesión en el sistema	44
Tabla 14: Historia de usuario 7: Guardar datos de una bicicleta	44
Tabla 15: Historia de usuario 8: Editar información de la cuenta del usuario	45
Tabla 16: Historia de usuario 9: Ver la ubicación de la bicicleta en tiempo real	45
Tabla 17: Historia de usuario 10: Inicio de sesión en el aplicativo móvil	46
Tabla 18: Historia de usuario 11: Creación de usuario en el aplicativo móvil	46
Tabla 19: Historia de usuario 12: Localizar una bicicleta en tiempo real en el aplicativo móvil	47
Tabla 20: Historia de usuario 13: Mostrar todas las bicicletas activas	47
Tabla 21: Historia de usuario 14: Alertar al usuario cuando una bicicleta está cerca	48

	14
Tabla 22: Características de los usuarios	81
Tabla 23: Resultados de SUS Grupo #1	87
Tabla 24: Resultados de SUS Grupo #2	91
Tabla 25: Resultados de evaluación complementaria Grupo #1	95
Tabla 26: Resultados de evaluación complementaria Grupo #2	97
Tabla 27: Resultado de medición de tiempos Grupo #1	100
Tabla 28: Resultados de medición de tiempos Grupo #2	102

## Índice de figuras

Figura 1: Arquitectura Cliente Servidor	49
Figura 2: Instancia en Google Cloud	54
Figura 3: Estado de Docker	55
Figura 4: Contenedores de MongoDB	55
Figura 5: Base Primaria	56
Figura 6: Base Secundaria	57
Figura 7: Métodos POST SignIn – SignUp	58
Figura 8: Función Watch	59
Figura 9: Función on()	59
Figura 10: Función “emit ()”	60
Figura 11: Página de Registro	61
Figura 12: Pantalla de Inicio de sesión	62
Figura 13: Token almacenado en Local Storage	63
Figura 14: Pantalla principal	63
Figura 15: Menú principal	64
Figura 16: Pantalla de ingreso de bicicleta	65
Figura 17: Botón de localización	66
Figura 18: Id de la Bicicleta	66
Figura 19: Rastreo de bicicleta	67
Figura 20: Gestión de perfil de usuario	67
Figura 21: Pantalla de registro en aplicativo móvil	68
Figura 22: Pantalla de inicio de sesión en aplicativo móvil	69
Figura 23: Pantalla principal en aplicativo móvil	69
Figura 24: Pantalla de localización	70
Figura 25: Pantalla de modo de conducción	71

Figura 26: Diagrama de Interacción en el aplicativo Web	72
Figura 27: Diagrama de Interacción en el aplicativo móvil	73
Figura 28: Proceso de localización en tiempo real	74
Figura 29: Proceso de detección de ciclistas en la vía	74
Figura 30: Creación de UnitTest	75
Figura 31: Unit est: Método de localización	76
Figura 32: Archivo de pruebas	76
Figura 33: Código de pruebas unitarias	77
Figura 34: Resultado de ejecución de pruebas	77

## Resumen

Uno de los medios de transporte más usados es la bicicleta, el poder transportarse de un lado a otro de manera sencilla y sobre todo el cuidado del medio ambiente, son características que se destacan en el vehículo. Desde los inicios del año 2020, el uso de este medio se ha incrementado exponencialmente debido a la llegada del virus COVID-19. Pues para evitar el contagio y la propagación de este virus el distanciamiento es obligatorio, lo que obligo a la población optar por el uso de este medio de transporte.

Como en todo medio de transporte, la integridad del conductor siempre estará en constante riesgo por factores externos, ya sea por la mala conducción de otros conductores o por actos delictivos. Los ciclistas se ven afectados ante el aumento del riesgo a que algún evento atente con su integridad. Frente a esta situación, en el presente trabajo se desarrolló un prototipo enfocado en la seguridad vial del ciclista y su bicicleta en caso de robo, con esto se pretende mejorar la percepción de seguridad del ciclista. Todo el proceso fue documentado y expuesto en cada uno de los capítulos del presente trabajo. El documento contiene los siguientes capítulos: I) Introducción, II) Estado del Arte, III) Desarrollo, IV) Evaluación de Resultados y V) Conclusiones y Recomendaciones.

*Palabras Clave:* Arduino, Sim808, localización en tiempo real, ciclismo, accidentes de tránsito

### **Abstract**

One of the most used means of transport is the bicycle, being able to transport from one place to another in a simple way and, above all, caring for the environment, are characteristics that stand out in the vehicle. Since the beginning of 2020, the use of this medium has increased exponentially due to the arrival of the COVID-19 virus. Well, to avoid the contagion and spread of this virus, distancing is mandatory, which forced the population to opt for the use of this means of transport.

As in any means of transport, the integrity of the driver will always be at constant risk due to external factors, either due to poor driving by other drivers or due to criminal acts. Cyclists are affected by the increased risk that an event threatens their integrity. Faced with this situation, in the present work a prototype focused on the road safety of the cyclist and his bicycle in case of theft was developed, with this it is intended to improve the cyclist's perception of safety. The entire process was documented and exposed in each of the chapters of this work. The document contains the following chapters: I) Introduction, II) State of the Art, III) Development, IV) Evaluation of Results and V) Conclusions and Recommendations.

*Keywords:* Arduino, Sim808, Real Time Location, Cycling, Traffic Accidents

## Capítulo I: Introducción

La bicicleta es un medio de transporte útil, cómodo y versátil. No requiere de una credencial para poder conducirla, mucho menos de algún tipo de combustible, es económica y favorece al cuidado del medio ambiente (Martinez, 2020), y por esta razón es muy común ver a diario ciclistas movilizándose por una ciudad, sendero, pueblo, etc. Al igual que otros medios de transporte, este también posee un espacio en la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial (Ley Organica de Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial, 2018).

De acuerdo con el INEC, 2'281.521 personas son pedalistas, esto representa un 14.8% de la población del país (El Universo, 2019). Estos pueden circular por todas las vías públicas del país, además de tener un derecho preferente de vía o circulación en los desvíos de avenidas y carreteras, cruce de caminos, intersecciones no señalizadas y ciclovías. Esto se menciona en el art. 204 de (Ley Organica de Transporte Terrestre Transito y Seguridad Vial, 2018).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó en (OMS, 2021) datos y cifras referente a los accidentes de tránsito, donde alrededor de 1.35 millones de personas fallecen cada año como consecuencia de un accidente de tránsito. Esta misma cifra se encuentra en (Toscano, 2018) donde se especifica que el 3% del número total de muertes en accidentes de tránsito corresponde a ciclistas.

En el Ecuador, en el año 2017 hasta junio 2019 fueron 32 ciclistas fallecidos y 739 con lesiones graves, el exceso de velocidad de los conductores y el uso del celular mientras conducen son los causantes más comunes de estos accidentes, además de que no se respeta el distanciamiento reglamentario de 1.5 metros al momento de rebasar ciclistas (Telégrafo, 2020).

En el 11 de marzo de 2020 el virus COVID-19 fue caracterizado como una pandemia, desde este momento hasta la actualidad el uso de la bicicleta ha

incrementado en el Ecuador (OMS, 2020). En Quito aumentó significativamente el uso de este medio de transporte un 700%, ya que la movilización en bicicleta disminuye la probabilidad de contagio en relación con el transporte público y también promueve la salud física y mental (Escobar, 2020).

Ahora que la bicicleta es identificada como una alternativa de transporte muy usada, se ha vuelto un foco de interés para los delincuentes. Son numerosas las publicaciones de bicicletas robadas en redes sociales, los agentes registran 130 robos de bicicletas en el año 2020. Es notable el aumento de estos actos delictivos por la emergencia sanitaria (Puente, 2020). La seguridad, tanto vial como personal del ciclista, está comprometida.

### **Antecedentes**

En la ciudad de Bogotá en Colombia, el uso de la bicicleta ha ido en aumento. Al menos 1.2 millones de viajes en bicicleta se realiza diariamente. Consecuentemente a esto, el hurto de estos vehículos también se ha incrementado. En respuesta a esta situación, la alcaldía de Bogotá a partir de enero del año 2022 obliga a los usuarios a registrar sus datos personales y los de su bicicleta en la plataforma “Registro Bici Bogotá”, Con esta información justificar la propiedad del vehículo en un presunto robo o recuperación del vehículo (El Nuevo Siglo, 2022).

Por otro lado, en la ciudad de Quito también existen casos de robo de bicicletas. El 18 de junio del 2017 se capturo a tres sospechosos al no demostrar comprobantes que demuestren la propiedad de los vehículos que poseían, pues estos vehículos no motorizados pertenecían al sistema de bicicletas públicas BiciQ. El municipio de Quito implemento una brigada de rescatistas para contrarrestar este tipo de eventos delictivos. Cabe recalcar que el sistema BiciQ también cuenta con bicicletas eléctricas con rastreador, con la finalidad de evitar este tipo de atracos (Oñate, 2017).

Además de las acciones para frenar el robo de bicicletas en Quito, también se entregaron ciclovías. El 9 de septiembre del 2020, la alcaldía de Quito comprobó el avance del ciclo vía para el sur de Quito, se pretende conectar el sur, centro y norte de la capital. Con la entrega de esta obra, los ciclistas tendrán su lugar para transitar y así evitar accidentes con otros vehículos motorizados o transeúntes (Quito Informa, 2020).

Estas son algunas de las soluciones propuestas he implementadas para disminuir índices de accidentes y robos de bicicletas.

### **Planteamiento del problema**

Un accidente de tránsito dónde esté involucrado un ciclista no es muy común en el Ecuador, pero existen casos y van en aumento. En el año 2020, fueron reportados 208 siniestros de tránsito donde se involucró un ciclista (ANT, 2020).

Además de los accidentes de tránsito, también existen casos delictivos sobre el ciclista. El robo de bicicletas es cotidiano, debido a que no es necesario portar documentos que certifiquen la propiedad de la bicicleta para poder hacer uso de ella, entonces para un delincuente será sencillo hurtarla y venderla. En Quito cerca de 130 casos de robo fueron reportados desde que inicio la pandemia COVID-19 (Puente, 2020). Debido a la necesidad de transportarse de los ciudadanos y los beneficios que aporta esta aporta para evitar el contagio del virus.

Bajo estas condiciones, se han identificado dos problemas. El primero es el índice de accidentabilidad que tienen los ciclistas en el Ecuador. Y el segundo, el aumento de casos de robos de bicicletas desde que inició la pandemia.

### **Justificación**

Debido a la situación mundial actual, la pandemia ha provocada que los ciudadanos opten por nuevos medios de transporte, tales que ayuden a prevenir el

contagio, la mejor opción y económica es la bicicleta. Este medio de transporte se involucra cada vez más en el diario vivir de varios ciudadanos, basándose en (Escobar, 2020) solamente en Quito hubo un incremento del 700% del uso de la bicicleta cuando empezó la emergencia sanitaria. Los ciudadanos lo usan para transportarse a su área de trabajo.

En el año 2020, se registraron 208 accidentes de ciclistas (ANT, 2020), sin embargo estos siguen siendo menores en comparación con los accidentes automovilísticos. En la mayoría de los casos, el accidente se origina por la imprudencia del conductor, provocando el arrollamiento del ciclista que a su vez produce lesiones graves o mucho peor el fallecimiento del ciclista. Al ser un número pequeño de accidentes la importancia que se le ha dado al caso no es notable en varios municipios. En Quito existe pocas ciclovías en comparación con la extensión geográfica de la Ciudad, únicamente hay en el sector centro y norte de la ciudad. En Guayaquil es lo mismo, solo pocos sectores cuentan con ciclovía. El interés de las autoridades es muy poco (El Universo, 2019).

Además de los accidentes de tránsito, nace otra preocupación en los ciclistas. El robo de bicicletas, de acuerdo con (Puente, 2020) el número de robos aumentó, un aproximado de 130 casos de robo en la temporada de pandemia. En redes sociales las publicaciones de robo de bicicletas son muy frecuentes. Frente a esta situación, la policía nacional lo considera un problema menor en comparación con otros, en consecuencia, existe un descuido parcial a estos delitos, principalmente porque una bicicleta es difícil de rastrear, y además que para los delincuentes no es complicado sustraer una de estas.

La seguridad del ciclista tanto vial como personal es un tema de interés, donde los casos de accidentes viales y robos se han vuelto cotidianos. Para esto, la combinación de la tecnología con el ingenio del ser humano, abren una infinidad de

posibilidades que de alguna manera contribuyen a que estos siniestros no se concreten en su totalidad.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Desarrollar un prototipo de un sistema de alerta para la detección de ciclistas en la vía y monitoreo de bicicletas en caso de robo, mediante la implementación de sensores de geolocalización, con el fin contribuir al desarrollo tecnológico enfocado a minimizar los siniestros viales y los casos de robo de bicicletas en el Ecuador.

### ***Objetivos Específicos***

- Obtener investigaciones que se enfoquen en la solución a problemas de seguridad vial de los ciclistas y robo de bicicletas, a través de una búsqueda en distintas librerías digitales, para conocer el nivel de avance tecnológico que existe en las soluciones propuestas
- Desarrollar un prototipo de un sistema de alerta y monitoreo para ciclistas basado en tecnologías de geolocalización y telecomunicación, para mejorar los niveles de percepción de la seguridad del ciclista.
- Evaluar el prototipo en condiciones reales y simuladas, creando escenarios simulados donde la seguridad vial y personal del ciclista puede complicarse, y así comprobar la funcionalidad del prototipo.
- Exponer los resultados obtenidos a partir de la investigación, desarrollo y evaluación del presente trabajado de titulación.

## **Alcance**

El alcance del proyecto de investigación se ha definido en las siguientes etapas como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1***Alcance del trabajo de titulación*

<b>Objetivos</b>	<b>Preguntas de investigación</b>	<b>Alcance</b>
<p>Obtener investigaciones que se enfoquen en la solución a problemas de seguridad vial de los ciclistas y robo de bicicletas, a través de una búsqueda en distintas librerías digitales, para conocer el nivel de avance tecnológico que existe en las soluciones propuestas</p> <p>Desarrollar un prototipo de un sistema de alerta y monitoreo para ciclistas basado en tecnologías de geolocalización y telecomunicación, para mejorar los niveles de percepción de la seguridad del ciclista.</p>	<p>a. ¿Qué tipo de sistemas o prototipos son empleados para precautelar la seguridad vial y personal de los ciclistas?</p> <p>b. ¿Qué soluciones son las más adecuadas y económicas para los ciclistas?</p> <p>a. ¿Qué tipo de tecnología es la más adecuada a utilizar en el desarrollo del prototipo portátil?</p> <p>b. ¿Qué tecnologías de desarrollo serán usadas en la creación de la plataforma web y aplicativo móvil?</p> <p>c. ¿Qué beneficios se obtiene al usar la tecnología seleccionada?</p>	<p>a. Se consultarán los trabajos realizados entre los años 2010 - 2021</p> <p>b. Se tomará en cuenta las investigaciones que se enfoquen únicamente en los problemas de seguridad vial y personal de los ciclistas.</p> <p>a. El desarrollo del prototipo incluirá módulos de geolocalización y telecomunicación que funcionen juntamente con la tecnología de Arduino.</p> <p>b. El aplicativo web y móvil se comunicará de manera bilateral y en tiempo real con el prototipo portátil.</p> <p>c. El aplicativo web y móvil se enfoca en funcionalidades de localización de ciclistas y rastreo de bicicletas.</p>

Evaluar el prototipo en condiciones reales y simuladas, creando escenarios simulados donde la seguridad vial y personal del ciclista puede complicarse, y así comprobar la funcionalidad del prototipo.

a. ¿El uso de este prototipo es el adecuado en cuanto a la comodidad y economía del ciclista?

b. ¿El rango de tiempo que existe en la comunicación del prototipo y los aplicativos es el adecuado para tomar una acción preventiva?

c. ¿Bajo qué tipo de condiciones el prototipo podría llegar a fallar o no cumplir con al menos una de sus funcionalidades?

a. Comprobando que la funcionalidad del dispositivo sea oportuna para evitar la culminación de algún evento que perjudique el bienestar del ciclista.

b. Verificando que el dispositivo portátil no afecte en el rendimiento del ciclista.

c. Analizar en qué condiciones climáticas o de energía podría llegar a fallar el dispositivo portátil.

d. Analizar si el nivel de percepción de seguridad del ciclista ha cambiado tras el uso del prototipo y aplicativo.

Exponer los resultados obtenidos a partir de la investigación, desarrollo y evaluación del presente trabajado de titulación.

a. ¿Los resultados obtenidos fueron los esperados y son adecuados para una futura investigación?

a. Se propone al menos un tema para trabajos futuros.

Nota. Esta tabla muestra el alcance que tiene el presente trabajo de titulación.

### **Hipótesis de Trabajo**

La creación de un prototipo de un sistema de alerta, para la detección de ciclistas en la vía y monitoreo de bicicletas en caso de robo, incrementará la percepción de seguridad del ciclista.

**Estructura del trabajo**

Este documento se compone de cinco capítulos, cada uno de estos abordan temáticas que hacen referencia a cada objetivo específico. El capítulo II es el estado del arte, se documenta todo el proceso de revisión de literatura que se llevó a cabo y gira entorno a la problemática planteada. Todo lo relacionada al desarrollo e implementación de la solución propuesta se encuentra en el capítulo III. El capítulo IV contiene las evaluaciones y resultados obtenidos al poner a prueba el prototipo portátil y aplicativos. Finalmente, en el capítulo V se da a conocer los resultados de todo este proceso de investigación a manera de conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros.

## Capítulo II: Estado del arte

Este capítulo se centra puntualmente en el análisis de investigaciones enfocadas en la seguridad vial y personal del ciclista, para esto se siguió un procedimiento compuesto por los siguientes apartados: i) Motivación de la investigación, ii) Método de investigación, iii) Enfoque de revisión, iv) Planificación de la revisión, v) Selección de estudios, vi) Extracción de información, concluyendo con vii) Síntesis de resultados. Cada uno de estos puntos forman parte de una Revisión de Literatura Preliminar.

### **Motivación de la investigación**

La bicicleta es el medio de transporte más económico que favorece al cuidado del medio ambiente, es común ver usarlo en niños, jóvenes y adultos. Pero lo que no es muy común son los accidentes de tránsito donde un involucrado sea un ciclista. Además de los problemas viales, también surgen problemas de seguridad personal del ciclista. De la misma manera que aumento el uso de la bicicleta, aumentó la cantidad de robos de bicicletas. Por lo tanto, es relevante proponer una solución adecuada a estos problemas.

### ***Objetivo de la revisión***

Obtener investigaciones que se enfoquen en la solución a problemas de seguridad vial de los ciclistas y robo de bicicletas, para conocer el nivel de avance tecnológico que existe en las soluciones propuestas.

### ***Preguntas de investigación***

**RQ1:** ¿Qué tipo de sistemas o prototipos han sido propuestos para precautelar la seguridad vial y personal de los ciclistas?

**RQ2:** ¿Qué componentes de hardware y software son los más utilizados en las soluciones propuestas?

**RQ3:** ¿Qué soluciones son las más adecuadas y económicas para los ciclistas?

### **Método de investigación**

Para alcanzar el objetivo de investigación se realizó una Revisión de Literatura Preliminar (PLR) basándose en (Kitchenham et al., 2015). Esta revisión incluye los siguientes pasos:

1. Enfoque de la revisión
2. Planificación de la revisión
3. Selección de estudios
4. Evaluación de calidad
5. Extracción de información
6. Síntesis de resultados

Estos pasos son desarrollados a continuación.

#### ***Enfoque de la revisión***

La revisión se enfoca únicamente en información relevante cualitativa que responda a las preguntas de investigación planteadas en el literal 1, logrando así el cumplimiento del objetivo de la revisión. Además, esta información brinda detalles sobre el nivel de progreso de las soluciones actuales.

#### ***Planificación de la revisión***

Se siguió la siguiente estrategia de búsqueda: Establecimiento de criterios de inclusión y exclusión, Conformación del grupo de control, Composición de la cadena de búsqueda

### **Criterios de inclusión y exclusión**

En los criterios de inclusión y exclusión se detallan las características que debe poseer un estudio para ser elegido o rechazado.

#### ***Criterios de inclusión***

Estudios que se enfoquen en la seguridad vial de los ciclistas.

Estudios que propongan una solución al problema de robo de bicicletas.

Estudios que en la solución propuesta se haga uso de tecnologías de la información.

#### ***Criterios de exclusión***

Estudios que no propongan el uso de tecnologías de la información.

Estudios que mencionen algún concepto relacionado con la inteligencia artificial como parte de la solución.

Estudios que empleen algoritmos de predicción de movimiento como parte de la solución.

Estudios que involucren a la motocicleta dentro de la problemática y solución.

#### ***Conformación del grupo de control***

El grupo de control (GC) es un conjunto de estudios que se caracterizan por estar relacionados con el objetivo de la revisión y responder estrictamente a los objetivos de la revisión. Además es la fuente de términos para la cadena de búsqueda (Fonseca C. et al., 2021) .

Para establecer el GC se tomó en cuenta artículos científicos relacionados con la problemática planteada, y que su solución propuesta sea similar a la que se va a desarrollar.

En la Tabla 2. Se detalla el grupo de control

Tabla 2

*Grupo de control*

<b>Título</b>	<b>Cita</b>	<b>Palabras clave</b>
Health analysis of bicycle rider and security of bicycle using IoT	(Nath et al., 2017)	Health analysis, Bicycling, Arduino, Internet of things, antitheft, tracking, security
Design and experimental tests of a LoRaWAN based beacon system for cyclist with automatic crash detection	(Moscoso-Montenegro & Serpa-Andrade, 2019)	Cyclist, beacon, crash detection, BLE, LoRaWAN, GNSS, accelerometer, gyroscope
Design and Implementation of a Smart Bike Accident Detection System	(Islam et al., 2020)	Arduino UNO, bike accidents, instantaneous help, bike riders, Raspberry PI

***Composición de la cadena de búsqueda***

Tras un análisis de los estudios del Grupo de Control, se seleccionaron las palabras más relevantes respecto al objetivo de la búsqueda, en este caso fueron: PERSONAL SECURITY, ROAD SAFETY, SECURITY, ACCIDENT, COLLISION, UNSAFETY, CYCLIST, CYCLING, BIKE, BICYCLING Y BIKE RIDER.

***Construcción y afinación de la cadena de búsqueda***

Con las palabras clave que fueron obtenidas de los artículos científicos del grupo de control se conformó la cadena de búsqueda: **(("CYCLIST" OR "CYCLING" OR "BIKE" OR "BICYCLING" OR "BIKE RIDER") AND ("PERSONAL SECURITY" OR "ROAD SAFETY" OR "SECURITY") AND ("ACCIDENT" OR "COLLISION" OR "UNSAFETY" OR "CRASH"))**, misma que se utilizó en la base digital IEEE Explore. Los resultados obtenidos fueron 45, lo cual es considerado un número manejable de artículos.

Sin embargo, algunos de los artículos estuvieron relacionados con las motocicletas y no las bicicletas. Para evitar esto se mejoró la cadena de búsqueda, y como resultado final se obtuvo la siguiente cadena: **((("CYCLIST" OR "BICYCLE" OR "BICYCLING" OR "BICYCLE RIDER") AND ("PERSONAL SECURITY" OR "ROAD SAFETY" OR "SECURITY") AND ("ACCIDENT" OR "COLLISION" OR "UNSAFETY" OR "CRASH" OR "THEFT")))**. Se obtuvo un total de 70 artículos en IEEE Explore y 152 artículos en WOS Web of Science. A partir de este resultado se procede a la selección de estudios candidatos.

### ***Selección de estudios***

El proceso de selección incluye la búsqueda de: Estudios Candidatos, Estudios Relevantes y Estudios Primarios

### **Estudios Candidatos**

Los estudios candidatos obtenidos son el resultado de la cadena de búsqueda aplicada en las librerías digitales. En IEEE Explore se obtuvo 70 artículos y en Web of Science un total de 152 artículos.

### **Estudios Relevantes**

Para obtener los estudios relevantes se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión a los estudios candidatos, específicamente en el título, resumen, palabras clave e introducción. Esto dio como resultado un total de 18 artículos en IEEE y 7 en Web of Science.

### **Estudios Primarios**

En base a los estudios relevantes se obtuvieron los estudios primarios. Esto se logró aplicando los criterios de inclusión y exclusión al artículo completo. Se obtuvo un total de 6 estudios primarios que están detallados en la Tabla 3.

**Tabla 3***Estudios Primarios*

<b>Código</b>	<b>Título</b>	<b>Cita</b>
EP1	Health analysis of bicycle rider and security of bicycle using IoT	(Nath et al., 2017)
EP2	Design and experimental tests of a LoRaWAN based beacon system for cyclist with automatic crash detection	(Moscoso-Montenegro & Serpa-Andrade, 2019)
EP3	Design of Low Cost IoT enabled Calorie Tracker for Bicycle	(Kondamu et al., 2020)
EP4	IoT Enabled Smart Bicycle Safety System	(Alam et al., 2018)
EP5	A privacy-preserving and power-efficient bicycle tracking scheme for theft mitigation	(Bochem et al., 2016)
EP6	Technologically Enhanced Bicycle: Anti-Theft Security, Automated Gear System and Rear Protection	(Amin et al., 2018)
EP7	DBDA: Distant Bicycle Detection and Avoidance Protocol based on V2V Communication for Autonomous Vehicle-Bicycle Road Share	(Hamdani & Benamar, 2019)
EP8	Research on Technology for Reducing Sudden Pedestrian or Cyclist Accidents with Vehicles	(Oda et al., 2007)
EP9	On the Reliability of VANET Safety Applications for Bicycles	(Baquer & Krings, 2019)
EP10	Microcontroller and Sensor Based Smart Biking System for Driver's Safety	(Swathi et al., 2019)

EP11	A safety system for intelligent portable hybrid electric bicycle	(Dai et al., 2010)
EP12	A feasibility study on a cooperative safety application for cyclists crossing intersections	(Thielen et al., 2012)
EP13	Design of sensor system for air pollution and human vital monitoring for connected cyclists	(Venkatanarayanan et al., 2019)
EP14	Towards a Sustainable City for Cyclists: Promoting Safety through a Mobile Sensing Application	(Boronat et al., 2021)
EP15	An IoT-Based Participatory Antitheft System for Public Safety Enhancement in Smart Cities	(Papadakis et al., 2021)

### ***Extracción de información***

El uso de la bicicleta es una opción económica y saludable para transportarse (Nath et al., 2017), no genera ningún tipo de contaminación al medio ambiente, lo cual es un punto importante a considerar sobre este medio de transporte (Kondamu et al., 2020). Pero también se toma en cuenta los problemas que involucran a este vehículo, el robo de bicicletas y los accidentes de tránsito son problemas recurrentes a nivel mundial de acuerdo con (Amin et al., 2018; Moscoso-Montenegro & Serpa-Andrade, 2019). Para estos problemas en las investigaciones de (Alam et al., 2018; Amin et al., 2018; Bochem et al., 2016; Nath et al., 2017; Papadakis et al., 2021), proponen una solución para disminuir el robo de bicicletas, mientras que los investigadores (Baquer & Krings, 2019; Moscoso-Montenegro & Serpa-Andrade, 2019; Oda et al., 2007) exponen soluciones para disminuir la probabilidad de accidentes de tránsito. Finalmente los trabajos de (Alam et al., 2018; Boronat et al., 2021; Moscoso-Montenegro & Serpa-Andrade, 2019; Nath et al., 2017; Swathi et al., 2019; Venkatanarayanan et al., 2019) abarcan ambos problemas.

Todos los artículos del grupo de estudios primarios siguen una misma lógica, la misma que es alertar al ciclista o conductor antes de que ocurra un siniestro, esto en el caso de los accidentes de tránsito. Para situaciones de robo, (Alam et al., 2018; Amin et al., 2018; Bochem et al., 2016; Kondamu et al., 2020; Moscoso-Montenegro & Serpa-Andrade, 2019; Nath et al., 2017; Venkatanarayanan et al., 2019) proponen incluir localizadores a la bicicleta y así estas puedan ser rastreadas.

Arduino es el principal componente de los prototipos diseñados de los trabajos propuestos por (Alam et al., 2018; Amin et al., 2018; Kondamu et al., 2020; Moscoso-Montenegro & Serpa-Andrade, 2019; Nath et al., 2017; Swathi et al., 2019; Venkatanarayanan et al., 2019), y en la investigación de (Papadakis et al., 2021) se usó Raspberry Pi 3, todos estos son microcontroladores, parte fundamental del prototipo dado que son los encargados de recibir, procesar y enviar la información a otros elementos que forman parte de la arquitectura del sistema.

(Baquer & Krings, 2019) usaron VANET Vehicular Ad-hoc Network, así los automóviles que contaban con esta tecnología podían comunicarse entre sí, si alguno de los automóviles detectaba un ciclista, esta información era distribuida en la red VANET de los autos cercanos, y así sea de conocimiento de otros automóviles y por ende del conductor.

En (Alam et al., 2018; Amin et al., 2018; Dai et al., 2010; Swathi et al., 2019) se usó sensores de proximidad y sensores ultrasónicos, para detectar a tiempo una posible colisión.

En (Moscoso-Montenegro & Serpa-Andrade, 2019), se hizo uso de una red LoRaWAN para la comunicación entre los componentes del caso y la bicicleta, además de

incluir giroscopios para detectar cuando un ciclista ha tenido un accidente o pierde el control mientras maneja.

EN (Bochem et al., 2016) propone una red de nodos Wireless para que funcionen como radar y localizar a la bicicleta robada que constantemente envía información acerca de posición, y así alertar a las autoridades competentes.

### ***Tablas de características***

En las siguientes tablas se demuestra la presencia o ausencia de características en los estudios primarios. Características relevantes basadas en el objetivo de la investigación.

Característica: Enfoque

La Tabla 4 representa la cantidad de estudios enfocados en la seguridad vial y personal del ciclista. En 8 investigaciones el interés es tanto en el ámbito vial y como personal.

**Tabla 4**

*Tabla de características – Enfoque*

	<b>Seguridad Vial</b>	<b>Seguridad Personal</b>	<b>Salud</b>
EP1	x	x	x
EP2	x	x	
EP3		x	x
EP4	x	x	
EP5		x	
EP6	x	x	
EP7	x		
EP8	x		
EP9	x		
EP10	x	x	
EP11	x	x	
EP12	x		

EP13	x	x	
EP14	x	x	
EP15		x	
Total	12	11	2

Característica: Microcontroladores usados

En el uso de microcontroladores, la Tabla 5 demuestra que la dominancia de Arduino es notable, debido a la gran variedad de componentes que se pueden adaptar a este y el potencial que ofrece en el desarrollo de prototipos.

**Tabla 5**

*Tabla de características - Microcontroladores usados*

	Arduino	Raspberry Pi 3	Sensor board MTS420CC	Otros
EP1	x			
EP2	x			
EP3	x			
EP4	x			
EP5			x	
EP6	x			
EP7				x
EP8	x			
EP9				x
EP10	x			
EP11				x
EP12				x
EP13	x			
EP14				x
EP15	x	x		
Total	9	1	1	5

Característica: Sensores empleados

En cuanto a sensores, la Tabla 6 demuestra que los sensores GPS o de localización son los más usados, y los sensores de proximidad, colisión y ultrasónicos vienen a ser los segundos más importantes.

**Tabla 6**

*Tabla de características - Sensores empleados*

	Ultrasón icos	Colis ión	Temper atura	Cardia cos	G PS	Girosc opio	Vibraci ones	RF ID	Proximi dad
EP 1				x	x				
EP 2	x	x			x	x			
EP 3									
EP 4	x	x			x		x		
EP 5			x		x				
EP 6	x	x			x				
EP 7									x
EP 8								x	
EP 9									x
EP 10								x	x
EP 11	x	x			x				
EP 12					x				x
EP 13				x	x				
EP 14					x				
EP 15					x				
Tot al	4	4	1	1	10	1	1	2	4

Característica: Tecnología usada para transmitir a otros dispositivos

Finalmente, la tecnología GSM es la más empleada para la transferencia de información, por su fácil implementación en microcontroladores Arduino, esto se evidencia en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Tabla de características - Tecnología usada para transmitir a otros*

	<b>GSM</b>	<b>LoRaWAN</b>	<b>Bluetooth</b>	<b>Wireless</b>	<b>VANET</b>	<b>LF Signal</b>	<b>No Transmite</b>
EP1	x		x				
EP2	x	x	x				
EP3	x						
EP4	x						
EP5				x			
EP6	x						
EP7					x		
EP8						x	
EP9					x		
EP10							x
EP11							x
EP12					x		
EP13	x						
EP14	x						
EP15	x		x				
Total	8	1	3	1	3	1	2

### ***Síntesis de resultados***

**RQ1:** ¿Qué tipo de sistemas han sido propuestos para precautelar la seguridad vial y personal de los ciclistas?

La mayoría de las propuestas se enfocan en la creación de un sistema de localización de bicicletas, usando un aplicativo móvil y un dispositivo anclado a la bicicleta para su localización como lo indican (Kondamu et al., 2020; Nath et al., 2017;

Venkatanarayanan et al., 2019), donde los módulos GSM y GPS son los más importantes en el sistema.

En los artículos (Baquer & Krings, 2019; Thielen et al., 2012) usan una red VANET Vehicular Ad-Hoc Network, donde los vehículos son los nodos de la red y transmiten información acerca de la ruta entre ellos.

El uso de RFID para detectar cuando un ciclista paso por un punto en específico (Oda et al., 2007; Swathi et al., 2019) es una propuesta interesante donde los ciclistas solo deben portar una tarjeta magnética para que esta sea detectado por los sensores, y esto sea notificado a los conductores cerca de la posición del ciclista.

**RQ2:** ¿Qué componentes de hardware y software son los más utilizas en las soluciones propuestas?

De acuerdo con las tablas de características, en los artículos (Alam et al., 2018; Amin et al., 2018; Kondamu et al., 2020; Moscoso-Montenegro & Serpa-Andrade, 2019; Nath et al., 2017; Oda et al., 2007; Papadakis et al., 2021; Swathi et al., 2019; Venkatanarayanan et al., 2019) se usa Arduino Uno como microcontrolador encargado del funcionamiento de los prototipos propuestos, cada uno compuesto por módulos GSM, GPS, sensores Ultrasónicos, sensores proximidad y entre otros.

**RQ3:** ¿Qué soluciones son las más adecuadas y económicas para los ciclistas?

La opción más adecuada es la propuesta por (Alam et al., 2018) en su prototipo para la localización y seguimiento de la bicicleta en caso de robo. Debido a que Arduino es un componente que su costo es de \$26 según (Arduino Nano 33 BLE | Arduino.cl - Compra tu Arduino en Línea, s. f.), al igual que los módulos de GPS y GSM no sobrepasan los \$25 dólares. En cuanto al desarrollo del aplicativo, en todos los estudios no se especifica o se relata acerca de una compra de algún tipo de framework o

complemento de software, lo cual no genera costo alguno más que el desarrollo de este.

### Capítulo III: Desarrollo

Es momento de materializar las ideas y hacer uso de la teoría, datos e información obtenida en el capítulo anterior. Este capítulo detalla cada una de las fases que conlleva el uso de la metodología XP para el desarrollo del sistema.

#### Metodología XP

XP o Extreme Programming es una metodología de desarrollo ágil compuesta por las siguientes fases:

- Planificación
- Diseño
- Desarrollo
- Pruebas
- Despliegue

#### *Planificación*

##### **Historias de usuario**

El funcionamiento del sistema en general es descrito en historias de usuario, estas representan una breve descripción del comportamiento que se desea obtener en el sistema.

A continuación, se presenta las historias de usuario para el presente proyecto.

#### **Tabla 8**

*Historia de usuario 1: Implementar módulos Sim808*

<b>Número:</b>	1	<b>Usuario:</b>	Cliente
<b>Nombre de historia:</b>	Implementar módulos SIM808 en Arduino		
<b>Prioridad en negocio:</b>	Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b>	Alta

<b>Puntos estimados:</b>	1	<b>Iteración asignada:</b>	1
<b>Programador responsable:</b>	Jordan Cuenca		
<b>Descripción:</b>	Obtener datos capturados por el módulo SIM808 en Arduino		
<b>Validación</b>	Los datos del GPS deben ser capturados en coordenadas de latitud y longitud		

**Tabla 9**

*Historia de usuario 2: Implementar SIM GSM para el envío de datos en Arduino*

<b>Número:</b>	2	<b>Usuario:</b>	Cliente
<b>Nombre de historia:</b>	Implementar SIM GSM para el envío de datos en Arduino		
<b>Prioridad en negocio:</b>	Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b>	Alta
<b>Puntos estimados:</b>	1	<b>Iteración asignada:</b>	1
<b>Programador responsable:</b>	Jordan Cuenca		
<b>Descripción:</b>	Agregar una SIM GSM que hará uso de la red móvil para la conexión futura con el servidor		
<b>Validación</b>	Arduino envía información a un servidor http de prueba		

**Tabla 10**

*Historia de usuario 3: Alimentar por medio de baterías al Arduino y módulo SIM808*

<b>Número:</b>	3	<b>Usuario:</b>	Cliente
<b>Nombre de historia:</b>	Alimentar por medio de baterías al Arduino y módulo SIM808		
<b>Prioridad en negocio:</b>	Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b>	Media

<b>Puntos estimados:</b>	0.5	<b>Iteración asignada:</b>	1
<b>Programador responsable:</b>	Jordan Cuenca		
<b>Descripción:</b>	Proveer de una batería capaz de alimentar todo el dispositivo creado con Arduino y el módulo SIM808		
<b>Validación</b>	El dispositivo debe funcionar adecuadamente con las baterías implementadas		

**Tabla 11**

*Historia de usuario 4: Crear endpoint en el servidor para la recepción de coordenadas*

<b>Número:</b>	4	<b>Usuario:</b>	Cliente
<b>Nombre de historia:</b>	Crear endpoint en el servidor para la recepción de coordenadas		
<b>Prioridad en negocio:</b>	Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b>	Medio
<b>Puntos estimados:</b>	1	<b>Iteración asignada:</b>	1
<b>Programador responsable:</b>	Jordan Cuenca		
<b>Descripción:</b>	Crear la respectiva ruta para recibir datos a través de un método GET		
<b>Validación</b>	Las coordenadas deben ser recibidas en el servidor		

**Tabla 12**

*Historia de usuario 5: Creación de usuarios*

<b>Número:</b>	5	<b>Usuario:</b>	Cliente
<b>Nombre de historia:</b>	Creación de usuarios		
<b>Prioridad en negocio:</b>	Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b>	Bajo

<b>Puntos estimados:</b>	1	<b>Iteración asignada:</b>	1
<b>Programador responsable:</b>	Jordan Cuenca		
<b>Descripción:</b>	Crear la interfaz y los endpoints en el servidor para la creación de usuarios.		
<b>Validación</b>	El usuario puede crear una cuenta y sus datos deben ser guardados		

**Tabla 13**

*Historia de usuario 6: Iniciar sesión en el sistema*

<b>Número:</b>	6	<b>Usuario:</b>	Cliente
<b>Nombre de historia:</b>	Iniciar sesión en el sistema		
<b>Prioridad en negocio:</b>	Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b>	Bajo
<b>Puntos estimados:</b>	1	<b>Iteración asignada:</b>	1
<b>Programador responsable:</b>	Jordan Cuenca		
<b>Descripción:</b>	El usuario que ya haya creado una cuenta podrá ingresar con sus credenciales al sistema		
<b>Validación</b>	El usuario podrá acceder a la pantalla principal del sistema		

**Tabla 14**

*Historia de usuario 7: Guardar datos de una bicicleta*

<b>Número:</b>	7	<b>Usuario:</b>	Cliente
<b>Nombre de historia:</b>	Guardar datos de una bicicleta		
<b>Prioridad en negocio:</b>	Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b>	Bajo

<b>Puntos estimados:</b>	1	<b>Iteración asignada:</b>	1
<b>Programador responsable:</b>	Jordan Cuenca		
<b>Descripción:</b>	El usuario podrá almacenar datos de su bicicleta en el sistema		
<b>Validación</b>	El usuario deberá observar todas las bicicletas creadas en la pantalla principal		

**Tabla 15**

*Historia de usuario 8: Editar información de la cuenta del usuario*

<b>Número:</b>	8	<b>Usuario:</b>	Cliente
<b>Nombre de historia:</b>	Editar información de la cuenta del usuario		
<b>Prioridad en negocio:</b>	Media	<b>Riesgo en desarrollo:</b>	Baja
<b>Puntos estimados:</b>	1	<b>Iteración asignada:</b>	1
<b>Programador responsable:</b>	Jordan Cuenca		
<b>Descripción:</b>	El usuario podrá editar la información como nombre, apellido y contraseña de acceso al sistema		
<b>Validación</b>	El usuario tendrá sus datos actualizados		

**Tabla 16**

*Historia de usuario 9: Ver la ubicación de la bicicleta en tiempo real*

<b>Número:</b>	9	<b>Usuario:</b>	Cliente
<b>Nombre de historia:</b>	Ver la ubicación de la bicicleta en tiempo real		
<b>Prioridad en negocio:</b>	Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b>	Alta

<b>Puntos estimados:</b>	1	<b>Iteración asignada:</b>	1
<b>Programador responsable:</b>	Jordan Cuenca		
<b>Descripción:</b>	El usuario puede localizar una bicicleta en tiempo real con el rastreador activado		
<b>Validación</b>	En el mapa se debe mostrar la ubicación actual de la bicicleta		

**Tabla 17**

*Historia de usuario 10: Inicio de sesión en el aplicativo móvil*

<b>Número:</b>	10	<b>Usuario:</b>	Cliente
<b>Nombre de historia:</b>	Inicio de sesión en el aplicativo móvil		
<b>Prioridad en negocio:</b>	Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b>	Baja
<b>Puntos estimados:</b>	1	<b>Iteración asignada:</b>	1
<b>Programador responsable:</b>	Jordan Cuenca		
<b>Descripción:</b>	El usuario puede acceder al sistema en el aplicativo móvil		
<b>Validación</b>	El usuario puede hacer uso de las funcionalidades del aplicativo una vez que haya iniciado sesión.		

**Tabla 18**

*Historia de usuario 11: Creación de usuario en el aplicativo móvil*

<b>Número:</b>	11	<b>Usuario:</b>	Cliente
<b>Nombre de historia:</b>	Creación de usuario en el aplicativo móvil		
<b>Prioridad en negocio:</b>	Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b>	Baja

<b>Puntos estimados:</b>	1	<b>Iteración asignada:</b>	1
<b>Programador responsable:</b>	Jordan Cuenca		
<b>Descripción:</b>	El usuario podrá crear una cuenta en el aplicativo móvil		
<b>Validación</b>	La cuenta de usuario creada sirve tanto en el aplicativo móvil como en el web		

**Tabla 19**

*Historia de usuario 12: Localizar una bicicleta en tiempo real en el aplicativo móvil*

<b>Número:</b>	12	<b>Usuario:</b>	Cliente
<b>Nombre de historia:</b>	Localizar una bicicleta en tiempo real en el aplicativo móvil		
<b>Prioridad en negocio:</b>	Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b>	Medio
<b>Puntos estimados:</b>	1	<b>Iteración asignada:</b>	1
<b>Programador responsable:</b>	Jordan Cuenca		
<b>Descripción:</b>	El usuario que ha iniciado sesión podrá localizar una bicicleta con el rastreador activo		
<b>Validación</b>	La bicicleta deberá mostrarse en el mapa siempre y cuando esta tenga su rastreador activo		

**Tabla 20**

*Historia de usuario 13: Mostrar todas las bicicletas activas*

<b>Número:</b>	13	<b>Usuario:</b>	Cliente
<b>Nombre de historia:</b>	Mostrar todas las bicicletas activas en el modo de conducción		
<b>Prioridad en negocio:</b>	Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b>	Medio

<b>Puntos estimados:</b>	1	<b>Iteración asignada:</b>	1
<b>Programador responsable:</b>	Jordan Cuenca		
<b>Descripción:</b>	Identificar todas las bicicletas activas en el mapa de modo de conducción		
<b>Validación</b>	El usuario podrá ver las bicicletas activas alrededor de su ubicación		

**Tabla 21**

*Historia de usuario 14: Alertar al usuario cuando una bicicleta está cerca*

<b>Número:</b>	14	<b>Usuario:</b>	Cliente
<b>Nombre de historia:</b>	Alertar al usuario cuando una bicicleta está cerca		
<b>Prioridad en negocio:</b>	Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b>	Alta
<b>Puntos estimados:</b>	1	<b>Iteración asignada:</b>	1
<b>Programador responsable:</b>	Jordan Cuenca		
<b>Descripción:</b>	Notificar al usuario con mensajes de voz advirtiendo el acercamiento de un ciclista		
<b>Validación</b>	El usuario escuchara cuando un ciclista esta cerca y a que distancia se encuentra		

Estas historias de usuario son tomadas en cuenta en la fase de diseño y desarrollo.

### ***Diseño***

#### **Arquitectura**

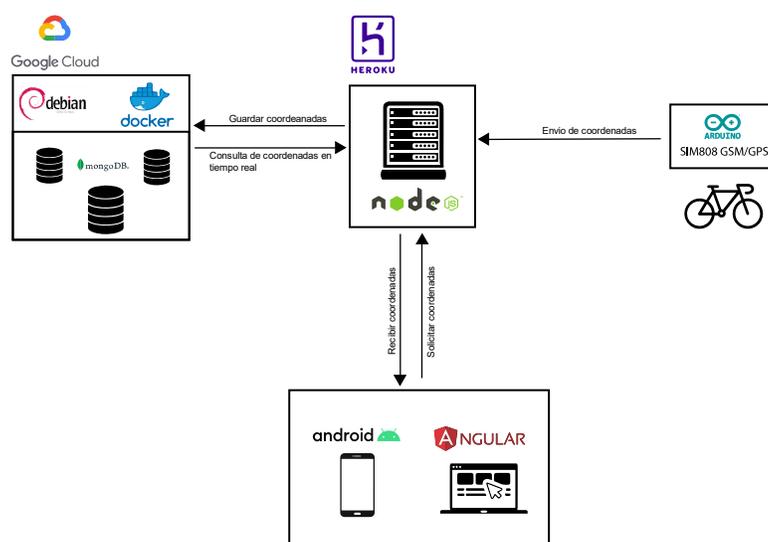
El sistema fue construido bajo los fundamentos de una arquitectura Cliente – Servidor. La capa del cliente corresponde a los componentes de la arquitectura que

interactúan directamente con el usuario, mientras que del lado del servidor se encuentra toda la lógica del negocio, es decir, la manera en la que los datos son recibidos, procesados y enviados a los clientes.

En la Figura 1, se presenta de manera general la arquitectura del sistema, cuáles son los componentes que la conforman y como interactúan entre sí.

**Figura 1**

### *Arquitectura Cliente Servidor*



### **Servidor**

Del lado del Servidor, se encuentra a MongoDB como base de datos NoSQL, y como servidor backend una aplicación desarrollada con el framework NodeJS.

MongoDB esta alojada en Google Cloud que es un proveedor de infraestructura (IaaS), plataforma (PaaS) y software como servicios (SaaS). En este caso se usó Google Cloud como IaaS. Primero se creó una instancia de máquina virtual con el sistema operativo Debian. En la máquina virtual se instaló Docker, que será el encargado de levantar las instancias de MongoDB en contenedores y puertos distintos.

La razón de crear 3 contenedores con MongoDB es para realizar una Real Time Database, y uno de los requisitos es crear réplicas de la base primaria, entonces al tener 3 instancias de MongoDB, uno actuara como primaria, mientras que las demás serán réplicas de esta.

La aplicación de NodeJS, es creada y estructurada para recibir y enviar datos usando una Api Rest y Web Sockets, y a su vez hace uso de la base de datos MongoDB que fue descrita en el párrafo anterior. La aplicación esta alojada en Heroku, que ofrece una plataforma como servicio PaaS, se encarga de compilar y construir la aplicación partiendo del código creado en un ambiente de desarrollo, donde finalmente provee de un dominio para hacer uso de la aplicación desde cualquier ubicación con acceso a internet.

### ***Cliente***

La capa del cliente, encargada de presentar los datos relevantes del sistema al cliente, cumpliendo con la lógica del negocio y el objetivo principal del sistema. Se compone de un dispositivo de geolocalización, un aplicativo móvil y web.

El dispositivo de geolocalización está construido con un Arduino uno y un módulo Sim808 GSM/GPS. Con estos dos elementos se realiza el envío de latitud y longitud al servidor. Este dispositivo es colocado en la infraestructura de la bicicleta.

La aplicación web es desarrollada con el framework Angular que fue desarrollado por Google, esta se comunica con el servidor usando API REST y Web Sockets.

La aplicación móvil es desarrollada en Java en el IDE Android Studio, al igual que la aplicación web, la comunicación con el servidor es con API REST y Web Sockets.

## **Herramientas**

### ***Entorno de desarrollo Integrado (IDE)***

Este es un software que contiene todas las funciones, o la mayoría de ellas, para la creación de aplicaciones. Las características que más se destacan son la edición de código fuente, automatización de compilación y depuración de código (Red Hat, 2022).

WebStorm 2021 es el IDE que se utilizó para el desarrollo del aplicativo web y servidor backend. Para el aplicativo móvil se usó el IDE Android Studio, y para el localizador se usó el propio de Arduino que es Arduino IDE.

### ***Lenguajes de programación***

Se trabajó con cuatro lenguajes de programación, JavaScript, TypeScript, Java y C.

JavaScript es un lenguaje de programación interpretado y orientado a objetos, comúnmente usado para el desarrollo de páginas web, aunque también es usado en entornos que no son de navegador, como por ejemplo NodeJS (*Acerca de JavaScript - JavaScript | MDN, 2022*).

TypeScript, explicándolo de manera sencilla, es un lenguaje de programación basado en JavaScript, pero con sintaxis adicional para admitir la detección temprana de errores, esto lo logra principalmente con el tipado de variables (*Documentation - TypeScript for the New Programmer, 2022*).

Java, un lenguaje de programación orientado a objetos, este fue creado en el año 1995 por Sun Microsystems. Con él se puede crear desde aplicaciones de escritorio, hasta robustas aplicaciones de servidor (Java, 2022). En este caso es usado para la creación de una aplicación para teléfonos Android.

El lenguaje C, apareció en el año 1972, uno de los más antiguos en comparación con los demás lenguajes. Este lenguaje ofrece una cantidad considerable de operadores y flexibilidad de escritura, se lo encuentra en aplicaciones, sistemas operativos o en sistemas embebidos (He, 2009). Y se usó en la creación del script para la captura y envío de coordenadas en Arduino Uno.

### ***Gestor de base de datos***

Toda la información que se maneja en el sistema será gestionada por un gestor de base de datos NoSQL. Que es una base de datos no relacional, este tipo de bases se caracterizan por la flexibilidad que ofrecen y la gran escalabilidad que brindan a las aplicaciones modernas. Como su nombre lo indica no hace uso del esquema entidad-relación que ofrecen las bases SQL.

MongoDB es el gestor de bases que se implementó en el desarrollo del sistema en cuestión. Este gestor de bases NoSQL trabaja con colecciones de documentos en formato JSON.

### ***Google Cloud Platform (GCP)***

Google Cloud Platform es una plataforma de Google que ofrece una gran cantidad de servicios, en donde se destaca la computación en la nube, análisis de datos, almacenamiento, y entre otros (Google Cloud, 2022). En el desarrollo del proyecto se usó Compute Engine y Google Maps Platform.

### ***Heroku***

Heroku es una plataforma como servicio o PaaS, que permite a los desarrolladores el despliegue de proyectos. La plataforma se encarga de la infraestructura de la red y todo lo que normalmente se necesita para levantar una aplicación en un servidor tradicional.

### **Angular**

Angular es un framework de desarrollo de aplicaciones frontend, estas aplicaciones son single-page, esto significa que ejecuta todo su contenido en una sola página. Como lenguaje de programación utiliza TypeScript y para mejorar el diseño de las aplicaciones se emplean librerías como Bootstrap o Angular Material, el uso de estas simplifica la creación del contenido de una página utilizando componentes ya creados.

### **NodeJS**

La parte esencial de este sistema es el servidor, este opera como intermediario entre el localizador de la bicicleta, la base de datos y las aplicaciones del cliente. Para su creación se usó NodeJS, que es un entorno de tiempo de ejecución para JavaScript que utiliza el motor V8 de Chrome y está orientada a eventos asincrónicos (*Introduction to Node.js*, 2022).

### **Arduino**

Arduino se define como una plataforma de desarrollo que utiliza una placa electrónica con un microcontrolador reprogramable, en esta se pueden incorporar diferentes tipos de sensores, módulos u otros componentes de hardware, que serán de ayuda para el desarrollar para la creación de prototipos (Arduino, 2014).

### **Sim808 GSM/GPRS/GPS**

Sim808 es un módulo que combina las funcionalidades GSM/GPRS y de geolocalización GPS, con estas dos características es posible el envío de coordenadas capturadas por el GPS y recepción de datos a través de una red de datos (SIMCOM, 2020).

## Desarrollo

El desarrollo de cada una de las partes que conforman la arquitectura del sistema se lo realizo utilizando herramientas, librerías y conocimientos propios en lenguajes de programación.

### Creación de base de datos en Google Cloud

MongoDB es la base de datos seleccionada para el presente proyecto. Esta base es alojada en Google Cloud, pero de una manera distinta.

Google Cloud ofrece una gran variedad de servicios en la nube, uno de ellos es Compute Engine, con este servicio se puede crear instancias de máquinas virtuales. En este caso se creó una instancia con el sistema operativo Debian. En la figura 2, se aprecia el resultado de una instancia creada y en estado de ejecución, la máquina virtual cuenta con una IP publica, esta será el medio para acceder a consumir sus servicios, en este caso será un servicio de base de datos.

## Figura 2

### Instancia en Google Cloud

<input type="checkbox"/>	Estado	Nombre ↑	Zona	Recomendaciones	En uso por	IP interna	IP externa	Conectar
<input type="checkbox"/>	✓	findke	us-west4-b			10.182.0.2 (nic0)	34.125.222.5 🔗 (nic0)	SSH ▾

Al finalizar con la creación de virtual, se obtiene acceso a esta a través de SSH. Una vez en este se instala Docker, que es una plataforma para crear contenedores con despliegues rápidos de aplicaciones.

Se comprueba que Docker este correctamente instalado y ejecutándose con el comando “systemctl status docker”, como resultado se obtiene el estado de este servicio el cual está activo, esto se aprecia en la siguiente figura.

### Figura 3

#### Estado de Docker

```
Last login: Tue Jun 14 15:20:12 2022 from 35.235.245.96
firstoreec@findke:~$ systemctl status docker
● docker.service - Docker Application Container Engine
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/docker.service; enabled; vendor preset: enabled)
   Active: active (running) since Sat 2022-05-28 01:56:21 UTC; 2 weeks 3 days ago
 TriggeredBy: ● docker.socket
   Docs: https://docs.docker.com
   Main PID: 3253 (dockerd)
```

En Docker se crea tres contenedores con una imagen de MongoDB, estos contenedores corren en los puertos 36663, 35426, 36363. Para conocer el estado de los contenedores se ingresa el comando “docker ps -a”, esto nos arroja como resultado los contenedores creados, que imagen está ejecutando y que puerto están utilizando, en la figura 4 se observa esta información.

### Figura 4

#### Contenedores de MongoDB

CONTAINER ID	IMAGE	COMMAND	CREATED	STATUS	PORTS	NAMES
964a5ab6ba30	mongo	"docker-entrypoint.s..."	2 weeks ago	Up 2 weeks	0.0.0.0:36663->27017/tcp, :::36663->27017/tcp	mongo2
75315482fc73	mongo	"docker-entrypoint.s..."	2 weeks ago	Up 2 weeks	0.0.0.0:35426->27017/tcp, :::35426->27017/tcp	mongo1
f785a3bdf321	mongo	"docker-entrypoint.s..."	2 weeks ago	Up 2 weeks	0.0.0.0:36363->27017/tcp, :::36363->27017/tcp	mongo0

La razón de crear estos contenedores es para la creación de replicas, para esto se defina una base primaria y las demás son secundarias, logrando así la alta disponibilidad en los datos.

El contenedor con el nombre “mongo 0” es la base primaria, esto se ve claramente al momento de ingresar al contenedor con el comando “docker exec -it mongo0 bash”. Una vez dentro del contenedor se ingresa el comando “mongo” para acceder a la base, como resultado obtenemos información sobre la réplica, en este caso es “PRIMARY” o sea la base primaria tal y como se aprecia en la Figura 5.

## Figura 5

### Base Primaria

```

=====
Warning: the "mongo" shell has been superseded by "mongosh",
which delivers improved usability and compatibility. The "mongo" shell has been deprecated and will
be removed in
an upcoming release.
For installation instructions, see
https://docs.mongodb.com/mongodb-shell/install/
=====
---
The server generated these startup warnings when booting:
  2022-05-27T20:58:53.532-05:00: Using the XFS filesystem is strongly recommended with the
iredTiger storage engine. See http://dochub.mongodb.org/core/prodnotes-filesystem
  2022-05-27T20:58:54.196-05:00: Access control is not enabled for the database. Read and w
ite access to data and configuration is unrestricted
  2022-05-27T20:58:54.196-05:00: /sys/kernel/mm/transparent_hugepage/enabled is 'always'. W
suggest setting it to 'never'
---
---
Enable MongoDB's free cloud-based monitoring service, which will then receive and display
metrics about your deployment (disk utilization, CPU, operation statistics, etc).

The monitoring data will be available on a MongoDB website with a unique URL accessible t
you
and anyone you share the URL with. MongoDB may use this information to make product
improvements and to suggest MongoDB products and deployment options to you.

To enable free monitoring, run the following command: db.enableFreeMonitoring()
To permanently disable this reminder, run the following command: db.disableFreeMonitoring
)
---
rs0:PRIMARY> █

```

Entonces, si esta corresponde a la base primaria, los contendores con el nombre “mongo 1” y “mongo 2” son las bases secundarias. Se accede a estos contendores de la misma manera que se accedió al contenedor “mongo 0” y se obtiene que es una base “SECONDARY”, como se demuestra en la siguiente figura.

Figura 6

*Base Secundaria*

```

https://docs.mongodb.com/mongodb-shell/install/
=====
Welcome to the MongoDB shell.
For interactive help, type "help".
For more comprehensive documentation, see
  https://docs.mongodb.com/
Questions? Try the MongoDB Developer Community Forums
  https://community.mongodb.com
---
The server generated these startup warnings when booting:
  2022-05-27T20:59:14.576-05:00: Using the XFS filesystem is strongly recommended with the
iredTiger storage engine. See http://dochub.mongodb.org/core/prodnotes-filesystem
  2022-05-27T20:59:15.254-05:00: Access control is not enabled for the database. Read and w
ite access to data and configuration is unrestricted
  2022-05-27T20:59:15.254-05:00: /sys/kernel/mm/transparent_hugepage/enabled is 'always'. W
suggest setting it to 'never'
---
---
  Enable MongoDB's free cloud-based monitoring service, which will then receive and display
metrics about your deployment (disk utilization, CPU, operation statistics, etc).

  The monitoring data will be available on a MongoDB website with a unique URL accessible t
you
  and anyone you share the URL with. MongoDB may use this information to make product
improvements and to suggest MongoDB products and deployment options to you.

  To enable free monitoring, run the following command: db.enableFreeMonitoring()
  To permanently disable this reminder, run the following command: db.disableFreeMonitoring
)
---
rs0:SECONDARY>

```

Si por razones externas la base primaria se elimina, automáticamente una base secundaria toma su lugar, evitando así una caída de la base de datos. Las réplicas en MongoDB también son un requisito para acceder a funcionalidades de una Real Time Database lo cual el sistema depende de ello, pues los cambios de ubicación de una bicicleta deben ser alertados inmediatamente al usuario.

### **Creación de servidor NodeJS y despliegue en Heroku**

En general, el servidor es clave en la arquitectura de cualquier sistema, y este caso no es la excepción. Para la creación del servidor lo primero a tomar en cuenta es el lenguaje en que se va a desarrollar, y para esta elección se toma en cuenta la experiencia del desarrollador en los lenguajes de programación. NodeJS es el entorno elegido.

Para facilitar la creación del servidor en NodeJS se utilizó la librería Express, con ella se simplifica la creación de la Api encargada de proveer información a través de los distintos endpoints o peticiones http. Por ejemplo, cualquier usuario tiene acceso a las rutas de registro e inicio de sesión, ambas son métodos POST tal y como se demuestra en la Figura 7.

### Figura 7

*Métodos POST SignIn – SignUp*

```
router.post('/signin', authCtrl.signIn)
router.post('/signup', [verifySignup.checkDuplicateUsernameOrEmail,
verifySignup.checkRolesExisted], authCtrl.signUp)
```

En cuanto a seguridad, se hace uso de la librería JSON Web Token, con ella se crea y se valida tokens de acceso, estos tokens son enviados a un usuario cada vez que se inicia sesión en el sistema. Con esto se protege las distintas rutas y endpoints privados del servidor.

Las operaciones de escritura, lectura, actualización y borrado de datos en la base MongoDB se realiza empleando la librería Moongose. Esta librería provee al desarrollador todas las funciones que ofrece MongoDB para el manejo de documentos y colecciones. Además de operaciones CRUD, se puede detectar los cambios que ocurren en una colección específica, con esto la base de datos también opera como una RealTime Database.

La función de Moongose encargada de detectar los cambios en una colección es “watac()” y su implementación se representa en la Figura 8.

## Figura 8

### *Función Watch*

```
const thoughtChangeStream = connection.collection("bikerealtimes").watch();
```

En la Figura 9, se utiliza el método “on()” para detectar los cambios en la colección especificada con el método “watch()” anteriormente. Cuando detecta un cambio se ejecuta un callback que recibe como parámetro el documento que ha sido cambiado. Entonces, si la ubicación de una bicicleta es actualizada estos datos se trabajan en esta función callback.

## Figura 9

### *Función on()*

```
thoughtChangeStream.on("change", async (change) => [...])
```

La detección de cambios de una colección de la base de datos en tiempo real es necesario para el seguimiento de una bicicleta, pues el usuario necesita la información actualizada. Ya implementado MongoDB como una base de datos en tiempo real, solo se necesita enviar esta información a los respectivos usuarios, esto se logra con la implementación de la librería Socket.IO. Esta librería crea los sockets son enlaces de comunicación bidireccional, es decir se puede escuchar y difundir un mensaje a todos los clientes, así los usuarios pueden obtener información a tiempo sobre la ubicación de una bicicleta.

La función callback de la Figura 9 es la encargada de enviar estos cambios a través de Sockets. Socket.IO provee de la función “emit ()” para emitir cualquier información en base a una palabra clave. En la Figura 10. se representa esta función, donde la palabra clave es “position” y envía el documento actualizado al usuario.

## Figura 10

Función "emit ()"

```
thoughtChangeStream.on("change", async (change) => {  
  currentBike = await BikeRealTime.findById(change.documentKey);  
  if(currentBike.idGps === idSession ){  
    socket.emit('position', { currentBike})  
  }  
})
```

Ya creado el servidor con todas las funcionalidades y características necesarias, este es alojado en Heroku. Para esto se crea una cuenta en Heroku y se crea un nuevo proyecto.

Para subir el proyecto de NodeJS hay que hacer uso de Heroku Git, a través de comandos git cargamos el proyecto a un repositorio de Heroku, donde es compilado y puesto en producción.

Lo primero es instalar Heroku CLI en el ordenador, después de esto iniciar sesión con el comando:

```
heroku login
```

Una vez terminado el comando se clona el repositorio del proyecto actual con el comando:

```
heroku git:clone -a findke-backend
```

Finalmente se carga el proyecto al repositorio al ejecutar los siguientes comandos:

```
$ git add .  
$ git commit -am "make it better"  
$ git push heroku master
```

Al finalizar con este proceso, la aplicación ya está corriendo en la siguiente dirección <https://findke-backend.herokuapp.com/> . Con este proceso terminado, el aplicativo web y móvil ya podrán consumir los servicios del servidor.

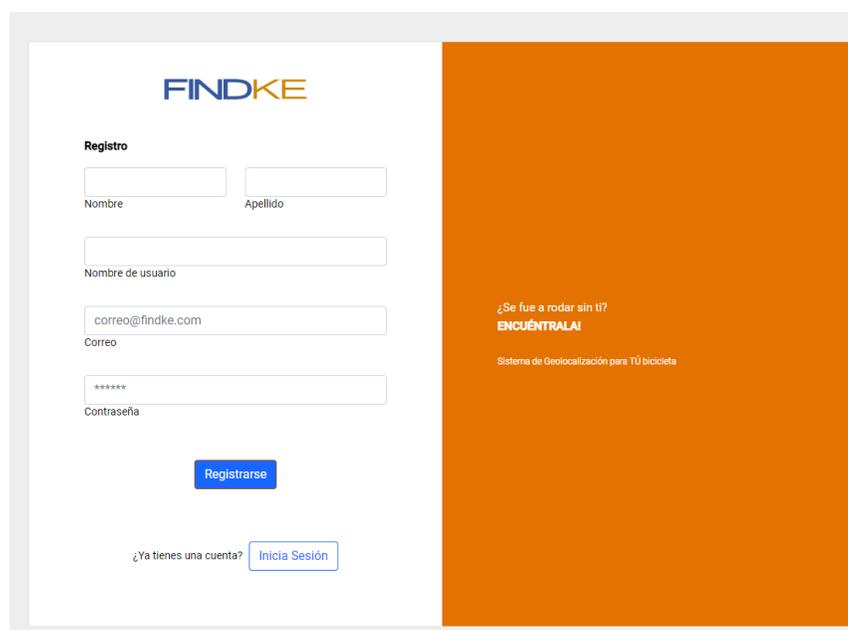
### Creación de aplicativo Web con Angular

El aplicativo web consta de tres módulos, autenticación, bicicletas, localización y gestión de perfil.

En el módulo de autenticación se manejan dos acciones, el inicio de sesión y registro. Para el registro el usuario deberá ingresar datos personales como correo, nombre, apellido, y una contraseña, el diseño de la página se ilustra en la Figura 11.

### Figura 11

#### *Página de Registro*

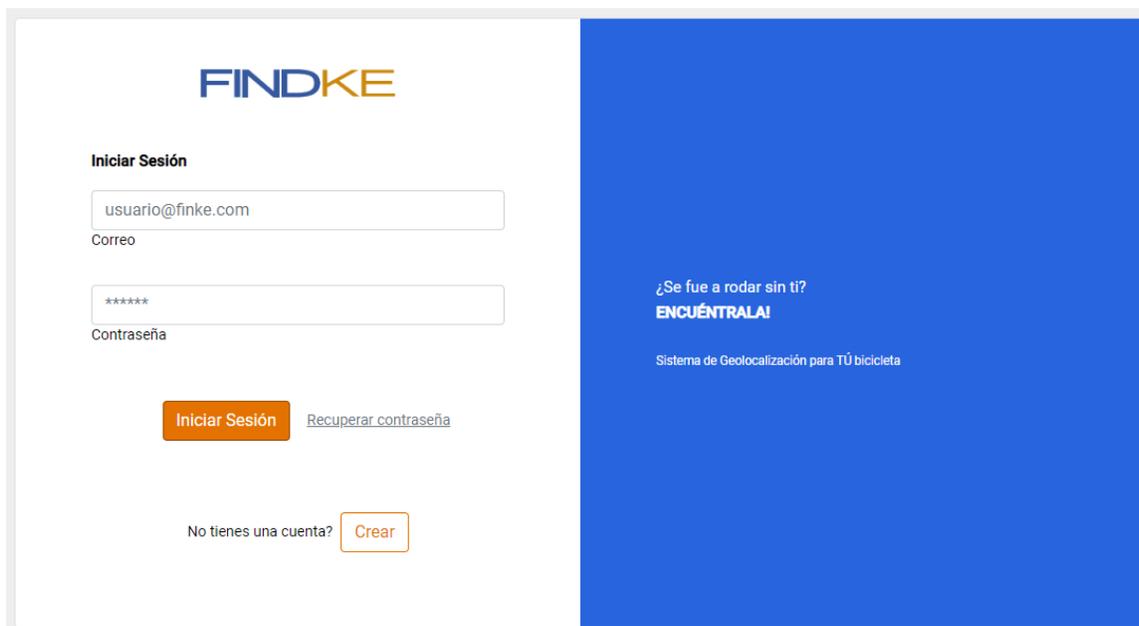


Al finalizar con el registro los datos son enviados al servidor, si toda la información recibida es correcta el servidor le proveerá de un token, y automáticamente será redirigido a la página principal de la aplicación.

Al igual que el registro, el inicio de sesión solicita al usuario el correo y contraseña para acceder al sistema. Si todo es correcto, el servidor enviará un token y será redirigido a la página principal. En la siguiente figura se ilustra la Pantalla de Inicio de sesión

## Figura 12

*Pantalla de Inicio de sesión*



**FINDKE**

**Iniciar Sesión**

usuario@finke.com  
Correo

\*\*\*\*\*  
Contraseña

**Iniciar Sesión** [Recuperar contraseña](#)

No tienes una cuenta? **Crear**

¿Se fue a rodar sin ti?  
**ENCUÉTRALA!**

Sistema de Geolocalización para TÚ bicicleta

El token que es enviado por el servidor se almacena en el Local Storage del navegador, tal y como se muestra en la Figura 13.

## Figura 13

### *Token almacenado en Local Storage*

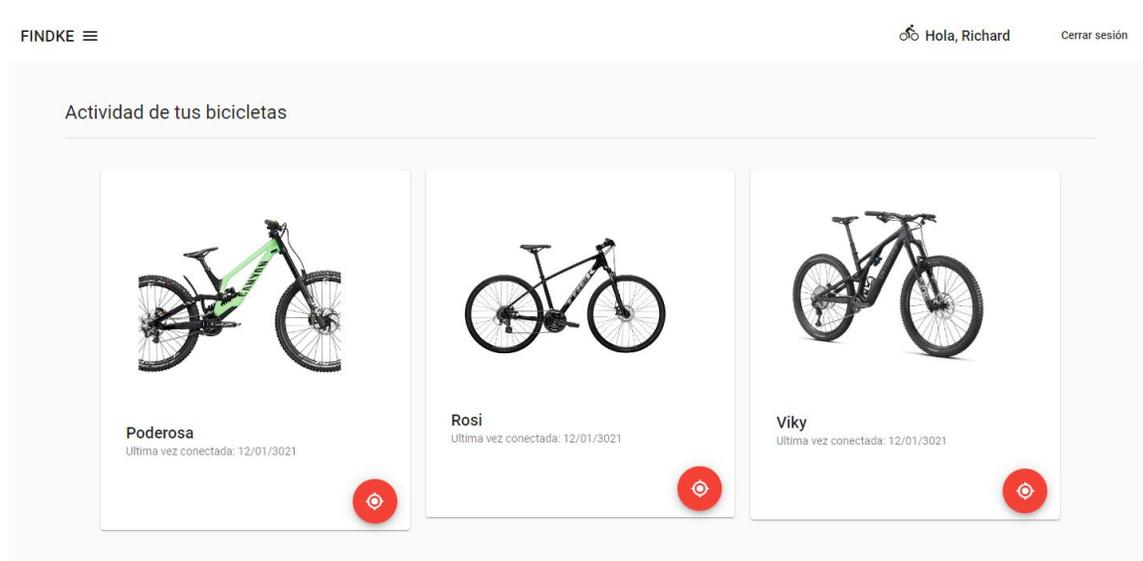
Key	Value
token	eyJhbGciOiJIUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9.eyJpZCI6IjYyOTE4YjRhNDhiYWM2ZWQ2MTAyNDdkMiiismlhdCI6MTY1f

Este token es incluido en cada petición que haga el cliente al servidor, si el token es invalido no se obtendrá acceso a ninguna funcionalidad y deberá iniciar sesión nuevamente.

En la ventana principal se carga automáticamente las bicicletas que son registradas por el usuario, como se ilustra en la Figura 14.

## Figura 14

### *Pantalla principal*

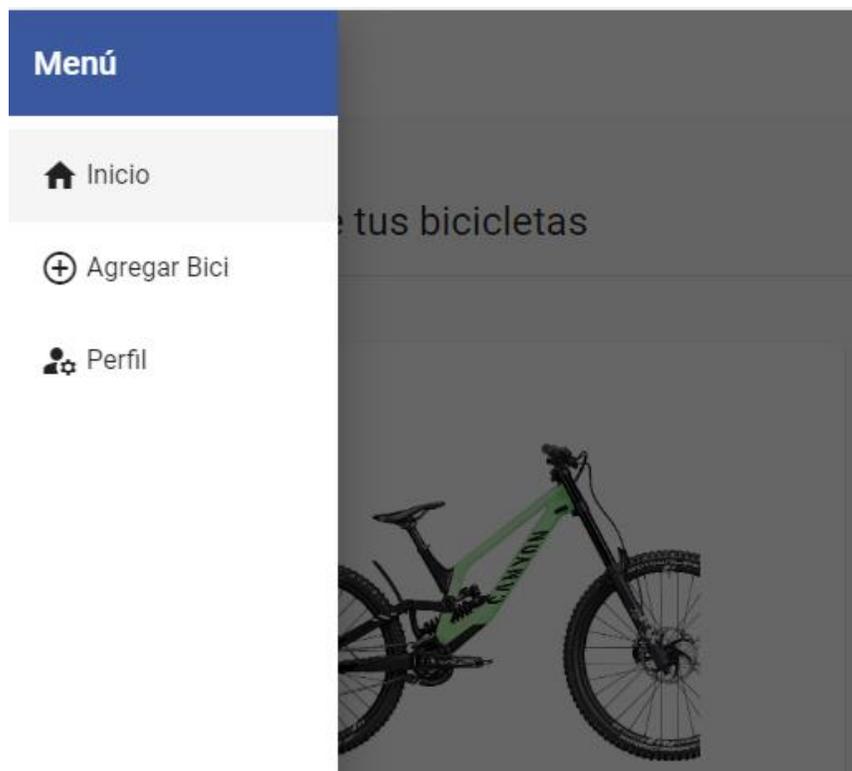


De no obtener ninguna deberá ingresarlo. Para esto se creó el módulo de bicicletas, donde el usuario puede agregar una bicicleta.

Para acceder a esta opción deberá ingresar al menú y seleccionar “Agregar Bici”, esto se representa en la siguiente Figura.

**Figura 15**

*Menú principal*



Después de llenar el formulario que se ilustra en la Figura 16, donde se solicita información descriptiva de vehículo, información como el color, el tipo de llanta, el tipo de bicicleta, el tipo de freno, la marca y una imagen de la bicicleta.

**Figura 16***Pantalla de ingreso de bicicleta*

The screenshot shows a web form titled "Agregar nueva Findke". Under the heading "Información de la bicicleta", there are several input fields: "Marca \*" and "# de Rln \*" are text boxes; "Color primario \*" and "Color secundario \*" are text boxes; "Tipo de Bicicleta \*" and "Tipo de frenos \*" are dropdown menus; and "Nombre o Alias \*" is a text box. To the right, under "Imagen de la Bicicleta", there is a placeholder image of a bicycle with a camera icon below it, and a blue button labeled "Subir Imagen". Below these fields is a large text area for "Observaciones (opcional)". At the bottom of the form is a grey button labeled "Guardar".

Si toda la información es correcta, la bicicleta agregada aparece en la pantalla principal dándole la posibilidad de localizar su bicicleta.

Para acceder a la funcionalidad de localización el usuario deberá especificar el id generado por la aplicación web en el localizador de la bicicleta. Para conocer el id de la bicicleta se debe presionar el botón de localizar en la bicicleta respectiva, esto se ilustra en la siguiente figura.

## Figura 17

### *Botón de localización*



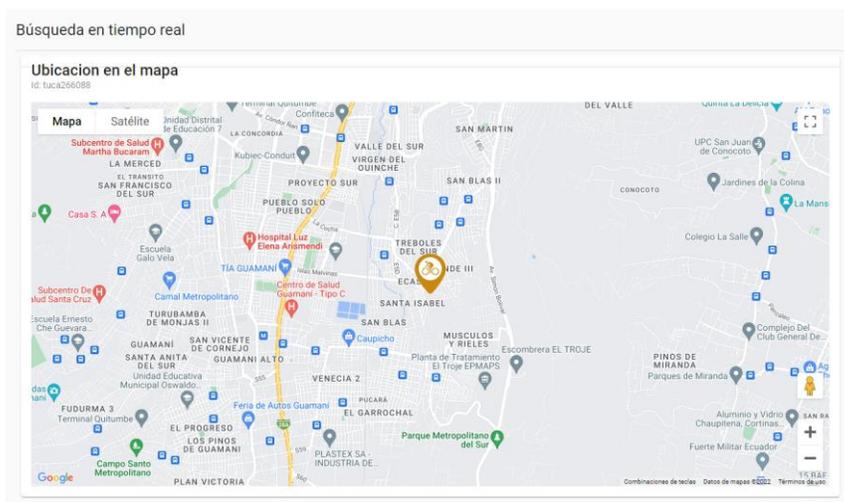
Se accede a una nueva pantalla, donde el id de la bicicleta aparecerá, tal y como se ilustra en la siguiente figura.

## Figura 18

### *Id de la Bicicleta*



Ahora este id debe ser ingresado en el localizador y así el usuario está dando seguimiento a la bicicleta en tiempo real. Y lo verá en el mapa, tal y como se indica a continuación.

**Figura 19***Rastreo de bicicleta*

En el módulo de gestión de perfil, como su nombre lo indica, da la posibilidad de editar la información del usuario, como su nombre, apellido o contraseña. Para acceder a esta funcionalidad, hay que ingresar al menú principal, ilustrado en la Figura 15, y se mostrará la siguiente pantalla representado por la figura 20.

**Figura 20***Gestión de perfil de usuario*

Perfil de usuario	
<p>Nombre y avatar del usuario</p>  <p>Richard Carapaz</p>	<p>Datos personales</p> <p>Nombre: Richard      Apellido: Carapaz</p> <p>Nombre de usuario: richard      Correo: richard</p> <p style="text-align: right;"><a href="#">Editar información</a></p> <p>Credenciales</p> <p style="text-align: right;"><a href="#">Cambiar Contraseña</a></p>

### Creación de aplicativo móvil para dispositivos Android

La aplicación fue creada con el lenguaje promoción Java en el IDE de Android Studio, al igual que la aplicación Web, cuenta con un formulario de registro e inicio de sesión, almacena el token de acceso generado y enviado por el servidor.

La pantalla de registro, que se ilustra en la figura 21, funciona igual que la pantalla de registro en el aplicativo web, solicitando datos personales del usuario para crear su cuenta.

## Figura 21

*Pantalla de registro en aplicativo móvil*

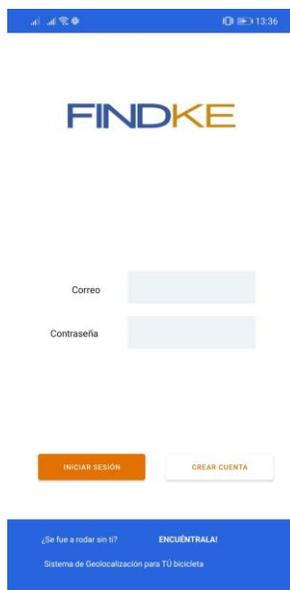


The screenshot shows the registration screen of the FINDKE mobile application. At the top, there is a blue status bar with signal strength, Wi-Fi, and battery icons on the left, and the time 13:36 on the right. Below the status bar is the FINDKE logo, with 'FIND' in blue and 'KE' in orange. The registration form consists of five light blue input fields with labels to their left: 'Nombre', 'Apellido', 'Nombre de usuario', 'Correo', and 'Contraseña'. Below the input fields are two buttons: a blue 'REGISTRARSE' button and a white 'INICIAR SESIÓN' button with a blue border. At the bottom of the screen is an orange banner with the text '¿Se fue a rodar sin ti? ENCUÉNTRALAI' and 'Sistema de Geolocalización para TU bicicleta'.

La pantalla de inicio, al igual que la pantalla de registro, usa la misma lógica que en el aplicativo web. El usuario deberá ingresar sus credenciales de acceso, si son correctas el servidor le otorga un token de acceso, la pantalla de inicio se ilustra en la siguiente figura.

## Figura 22

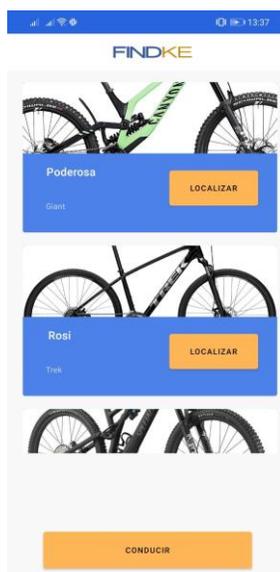
*Pantalla de inicio de sesión en aplicativo móvil*



La pantalla principal, después del inicio de sesión, despliega las bicicletas del usuario y una opción para el modo de conducción, esto se ilustra en la Figura 23.

## Figura 23

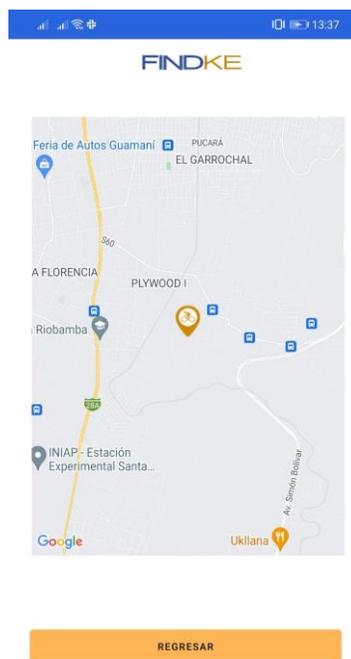
*Pantalla principal en aplicativo móvil*



Al presionar en el botón “Localizar”, se abre una nueva pantalla donde se proyecta la ubicación actual de la bici seleccionada. Esta pantalla se ilustra en la Figura 24.

## Figura 24

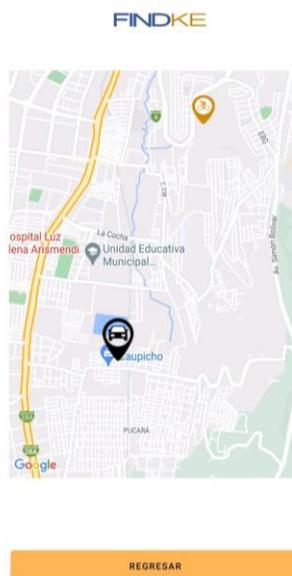
### *Pantalla de localización*



Una funcionalidad extra es la de Modo conducción, que está orientada a los conductores de automóviles para dar informe si algún ciclista se encuentra en su ruta y así el conductor pueda tomar sus propias medidas precautelares. Esta pantalla se representa en la siguiente figura.

## Figura 25

*Pantalla de modo de conducción*



El aplicativo también hace uso de Socket.IO para la función de localización de bicicletas y el modo de conducción, siguiendo la misma lógica que en la aplicación web.

### **Creación de localizador con Arduino Uno y Sim808**

Arduino Uno ofrece una placa con un microprocesador reprogramable, esta placa cuenta con varios pines que será usados como enlaces para la comunicación con otros módulos, en este caso se comunicará con el módulo Sim808.

Se programa la placa en el Arduino IDE, el código se encarga de inicializar el módulo Sim808, conectándolo a una red GSM, después configurándolo para el envío de peticiones Http al servidor. Los datos que enviarán en la petición son las latitud y longitud actual del localizador en la bicicleta, estará enviando esta información constantemente al menos que el localizador este apagado, o no haya respuesta de la red GSM. Esta información es procesada por el servidor y almacenada en la base de datos.

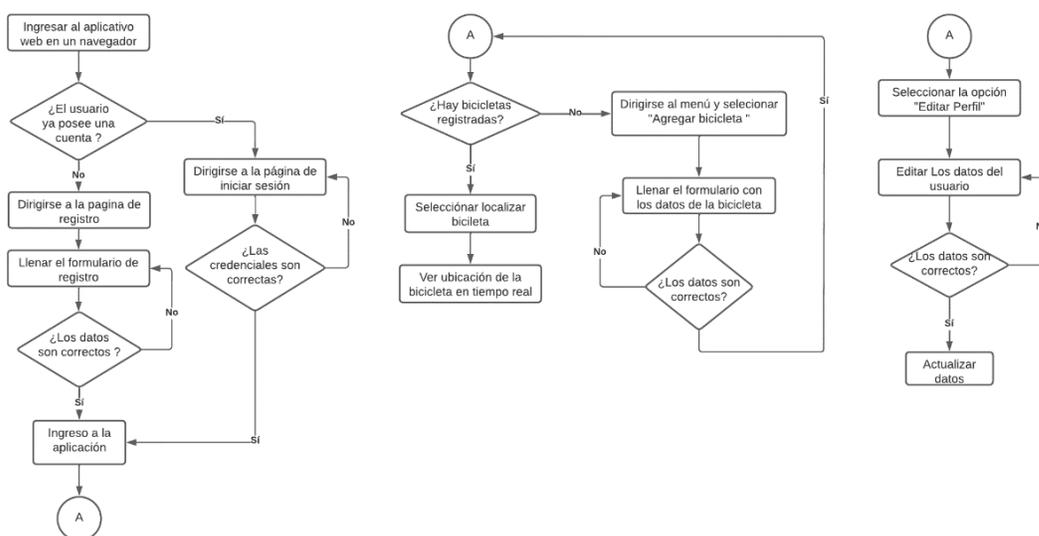
## Implementación

La forma correcta en la que un usuario debe hacer uso de este sistema se describe en los siguientes diagramas.

En el diagrama de la Figura 26, se detalla los procesos a los que el usuario puede acceder en el aplicativo web. Registrar un usuario y el inicio de sesión es lo primero a realizar para acceder a la ventana principal. Una vez iniciado sesión, el usuario tiene acceso a procesos de edición de perfil de usuario, agregar bicicleta y localizar bicicleta.

**Figura 26**

*Diagrama de Interacción en el aplicativo Web*



Al finalizar con el registro de una bicicleta, el usuario deberá obtener el id único de la bicicleta, este id deberá ser registrado en el localizador, con esto se logra vincular la bicicleta y el localizador.

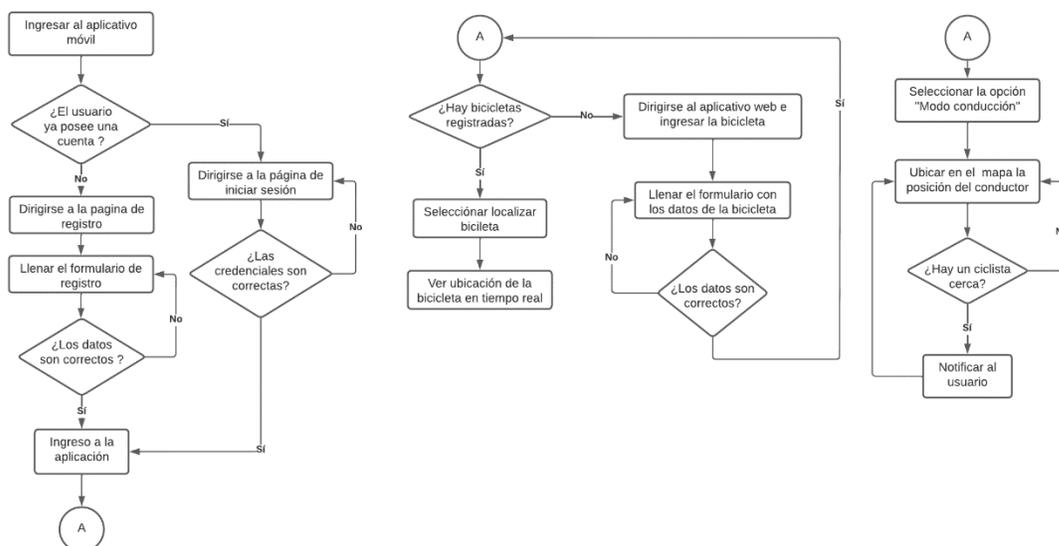
El funcionamiento del aplicativo móvil es similar al del aplicativo web, con la diferencia que el usuario cuenta con una funcionalidad extra, esta es el modo de

conducción. El usuario podrá detectar en tiempo real si algún ciclista está cerca de su ubicación, y así tomar las debidas precauciones para evitar accidentes.

El diagrama de funcionalidad de la aplicación se ilustra en la Figura 27.

**Figura 27**

*Diagrama de Interacción en el aplicativo móvil*



La funcionalidad del localizador es la misma en ambos diagramas. El localizador debe ser programado con el id de la bicicleta que será rastreada.

Desde un punto de vista técnico, los diagramas representados en la Figura 28 y 29 corresponden al proceso de localización en tiempo real y detección de ciclistas en la vía, tanto en el aplicativo web como móvil.

Figura 28

Proceso de localización en tiempo real

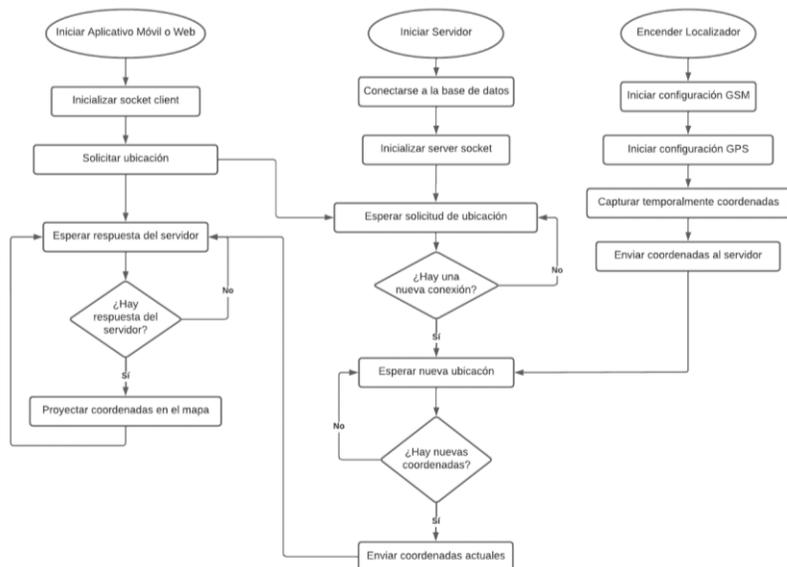
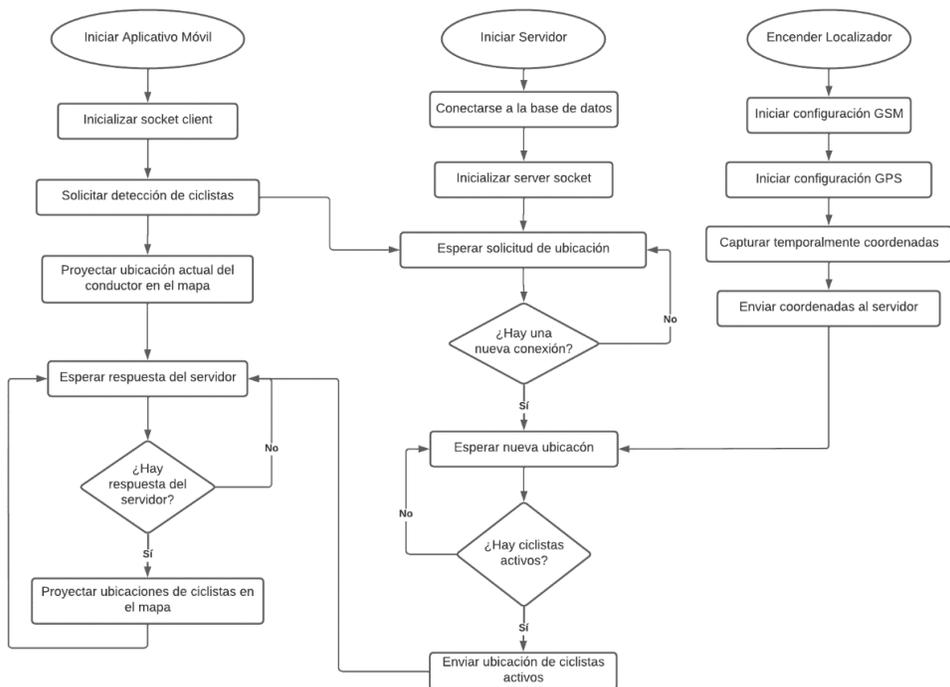


Figura 29

Proceso de detección de ciclistas en la vía



## Pruebas

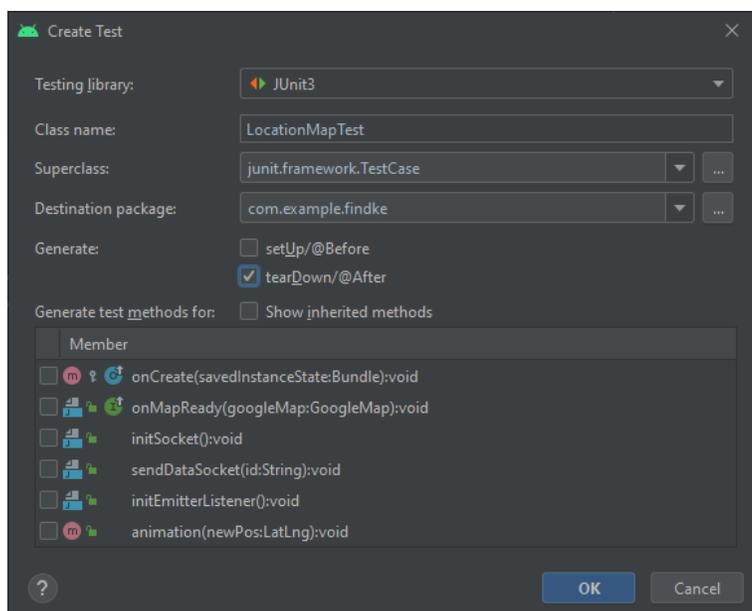
### Pruebas Unitarias

Cada uno de los componentes que forman parte del aplicativo móvil y web fueron probados mediante pruebas unitarias. Se probó las funciones principales, estas son de alta prioridad para el correcto funcionamiento de las aplicaciones.

Lo primero es identificar el método a probar, y con la ayuda del IDE Android Studio se genera la prueba, tal y como se representa en la Figura 30.

**Figura 30**

*Creación de UnitTest*



Se creará una clase únicamente para las pruebas. En la figura 31 se representa el método creado para la prueba del método de localización.

Para aprobar la prueba se debe recibir el valor de “true” siempre y cuando se envíe las coordenadas como parámetro al método.

## Figura 31

Unit est: Método de localización

```
package com.example.findke;

import junit.framework.TestCase;

public class LocationMapTest extends TestCase {

    private Localizacion location = new Localizacion();

    public void testLocation() throws Exception {
        assertEquals( expected: true, location.animation( latitud: 2121, longitud: 222 ) );
    }
}
```

Para el aplicativo Web se hace el uso de la librería Jest, y se hará un test de cada componente renderizado por página. Angular genera automáticamente los archivos para las pruebas como se demuestra en la Figura 32.

## Figura 32

Archivo de pruebas



```
counter.component.html    U
counter.component.spec.ts  U
counter.component.ts      U
```

Este archivo ya viene preparado con el código para realizar la prueba. El código generado se representa en la Figura 33.

Para ejecutar las pruebas se ingresa el comando “npm run test:watch” y se obtiene lo ilustrado en la Figura 44, este resultado significa que las pruebas fueron superadas con éxito.

Figura 33

*Código de pruebas unitarias*

```
import { ComponentFixture, TestBed } from '@angular/core/testing';

import { CounterComponent } from './counter.component';

describe('CounterComponent', () => {
  let component: CounterComponent;
  let fixture: ComponentFixture<CounterComponent>;

  beforeEach(async () => {
    await TestBed.configureTestingModule({
      declarations: [ CounterComponent ]
    })
    .compileComponents();
  });

  beforeEach(() => {
    fixture = TestBed.createComponent(CounterComponent);
    component = fixture.componentInstance;
    fixture.detectChanges();
  });

  test('should create', () => {
    expect(component).toBeTruthy();
  });
});
```

Figura 34

*Resultado de ejecución de pruebas*

```
Determining test suites to run...
ngcc-jest-processor: running ngcc
PASS src/app/basic/counter/counter.component.spec.ts
PASS tests/app.component.spec.ts

Test Suites: 2 passed, 2 total
Tests: 5 passed, 5 total
Snapshots: 1 passed, 1 total
Time: 2.545 s
Ran all test suites.

Watch Usage
 > Press f to run only failed tests.
 > Press o to only run tests related to changed files.
 > Press p to filter by a filename regex pattern.
 > Press t to filter by a test name regex pattern.
 > Press q to quit watch mode.
 > Press Enter to trigger a test run.
```

Con esta última fase se da por terminado la aplicación de la metodología XP.

### **Mobile Ilties aplicadas**

De acuerdo con (Martínez et al., 2020), Mobile Ilties son un grupo de características que condicionan al diseño de las aplicaciones móviles. Estas características son Conectividad, Interoperabilidad, Flexibilidad, Energía, Heterogeneidad del dispositivo, Plataforma y Seguridad de datos.

En el desarrollo de la aplicación se consideraron las siguientes características:

- Interoperabilidad:** al ser un aplicativo que hace uso de APIs se está cumpliendo con esta característica.

- Heterogeneidad del dispositivo:** la aplicación hace uso de la API 26 de Android, por lo tanto, esta funciona en dispositivos que salieron al mercado desde el año 2018 en adelante.

- Plataforma:** el aplicativo solo funciona para dispositivos Android.

- Seguridad de datos:** la aplicación hace uso de APIs que utilizan el protocolo https para la transferencia de datos. Además, para acceder a estas se requiere un token único por usuario, este se obtiene al momento de iniciar sesión.

## **Capítulo IV: Evaluación y Resultados**

En el presente capítulo se muestra y explica el proceso de evaluación, recolección de datos e interpretación de resultados.

En el capítulo III se describió todos los procesos que intervinieron en el desarrollo de la aplicación web, móvil y el localizador. Ahora se evaluará a cada componente verificando si cumple con su objetivo. Para lograr esto se define un escenario, donde se pone a prueba cada una de las funcionalidades de los componentes.

El sistema brinda al usuario dos componentes de software y uno de hardware. Para los componentes de software, que son el aplicativo web y móvil, se evaluará funcionalidades en específico. La aplicación móvil ofrece tanto la funcionalidad de rastreo en tiempo real y la detección de ciclistas en la vía, mientras que la aplicación web solo se encarga de la localización en tiempo real.

### **Diseño de la evaluación**

El esquema de evaluación con el que se va a trabajar inicia con la identificación de la población, continua con la identificación de escenarios y tareas a realizar.

Las características que debe poseer la población son el uso de bicicleta, uso de automóvil o ambas. Al ser cualidades muy comunes para las personas, se decidió reducir este número de población seleccionando el barrio Santo Tomas del sur de Quito como zona de evaluación. Se determinó un tamaño de la población de 150 personas, donde la edad se identificó como característica principal, dado que para conducir un automóvil se debe tener una licencia de conducción y que solo pueden acceder los ciudadanos mayores de 18 años.

Con la población determinada se aplica la siguiente fórmula para el cálculo de la muestra:

$$n = \frac{\frac{z^2 * p * q}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 * p * q}{e^2 * N}\right)}$$

En donde:

n = Tamaño de muestra buscado

N = Tamaño de la población

Z = Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza

e = Error de estimación máximo aceptado

p = Probabilidad de que ocurra un evento

q = Probabilidad de que no ocurra un evento

Reemplazando las variables por sus valores correspondientes se obtiene lo siguiente

$$n = \frac{\frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.1^2}}{1 + \left(\frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.1^2 * 150}\right)}$$

$$n = 58.4 \approx 58$$

El valor de la muestra indica que, es necesario al menos 58 personas para evaluar el sistema y obtener resultados fiables.

Las características de las personas a evaluar se describen en la siguiente tabla

**Tabla 22***Características de los usuarios*

<b># Usuario</b>	<b>Edad</b>	<b>Género</b>	<b>Uso de Bicicleta</b>	<b>Uso de Automóvil</b>
1	19	Masculino	SI	NO
2	20	Masculino	SI	NO
3	19	Masculino	SI	SI
4	20	Masculino	SI	NO
5	22	Masculino	SI	SI
6	23	Masculino	NO	SI
7	45	Femenino	SI	SI
8	32	Femenino	SI	NO
9	21	Femenino	SI	SI
10	21	Femenino	NO	SI
11	36	Masculino	SI	SI
12	35	Femenino	SI	NO
13	30	Masculino	SI	SI
14	34	Masculino	SI	NO
15	32	Femenino	SI	NO
16	25	Masculino	SI	NO
17	27	Femenino	SI	NO
18	28	Femenino	SI	NO
19	24	Femenino	SI	NO
20	19	Masculino	SI	SI

21	18	Femenino	NO	SI
22	18	Masculino	SI	SI
23	23	Femenino	SI	NO
24	23	Masculino	SI	NO
25	24	Masculino	SI	SI
26	32	Femenino	NO	SI
27	42	Masculino	SI	SI
28	43	Masculino	SI	NO
29	42	Femenino	SI	SI
30	23	Masculino	SI	SI
31	21	Femenino	SI	NO
32	22	Masculino	SI	NO
33	27	Masculino	SI	NO
34	29	Femenino	SI	SI
35	30	Masculino	SI	SI
36	32	Masculino	SI	NO
37	28	Masculino	SI	NO
38	29	Femenino	SI	SI
39	31	Masculino	SI	SI
40	23	Femenino	NO	SI
41	35	Masculino	SI	SI
42	39	Femenino	SI	NO
43	38	Masculino	SI	NO
44	40	Femenino	SI	NO
45	42	Masculino	SI	SI

46	41	Femenino	NO	SI
47	43	Masculino	SI	NO
48	25	Masculino	SI	NO
49	24	Masculino	SI	NO
50	22	Femenino	SI	SI
51	21	Masculino	SI	SI
52	23	Masculino	NO	SI
53	27	Masculino	SI	SI
54	32	Masculino	SI	SI
55	31	Femenino	SI	SI
56	32	Femenino	NO	SI
57	33	Masculino	SI	NO
58	24	Femenino	SI	SI

La Tabla 22 demuestra que, los usuarios son mayores de edad y al menos poseen una de las dos condiciones que son el uso de la bicicleta o automóvil.

### **Escenario**

El escenario se va a componer de un grupo objetivo y tareas. El grupo objetivo son los usuarios que harán uso del sistema desarrollado, mientras que las tareas son cada una de las actividades que se llevarán a cabo para obtener los datos próximos a evaluar. Se estableció dos grupos, el primero evaluará la funcionalidad geolocalización en tiempo real de la bicicleta, y el otro grupo la detección de ciclistas en la vía.

#### **Grupo 1**

El primer grupo son usuarios que harán uso de la aplicación móvil y evaluar la funcionalidad de geolocalización en tiempo real.

### **Tareas**

Las tareas que cada usuario deberá llevar a cabo para la evaluación son las siguientes:

1. Crear una cuenta en el aplicativo móvil o web
2. Iniciar sesión con las credenciales creadas
3. Ingresar información de la bicicleta a rastrear
4. Asignar id de bicicleta al rastreador
5. Colocar el rastreador en la bicicleta
6. Verificar la localización en tiempo real en el aplicativo móvil o web

### **Grupo 2**

El segundo grupo se encargará de evaluar la detección de ciclistas en la vía en la aplicación móvil. Este grupo deberá hacer uso de un automóvil ya que este proceso de la aplicación está destinado para los conductores.

### **Tareas**

1. Crear una cuenta en el aplicativo móvil o web
2. Iniciar sesión con las credenciales creadas en el aplicativo móvil
3. Seleccionar el modo "Conducción"
4. Recibir notificaciones cuando un ciclista se aproxima

### **Herramientas de evaluación**

#### ***System Usability Scale (SUS)***

SUS es un sistema creado con el objetivo de evaluar productos o servicios en el sentido de la usabilidad, esta evaluación es aplicada a un grupo específico de usuarios. El sistema lo planteó John Brooke en el año 1986 según (Affairs, 2013)

SUS consiste en un cuestionario con 10 preguntas, donde cada respuesta puede ser un valor de 1 a 5, considerando al valor de 1 como “Totalmente en desacuerdo” y 5 como “Totalmente de acuerdo”.

De acuerdo con (Affairs, 2013), SUS se destaca por ser una escala fácil de administrar a los participantes, también es aplicable a muestras pequeñas garantizando resultados fiables, además de que otorga un nivel de eficiencia bastante bueno para catalogar si un sistema es utilizable o inutilizable.

### **Estructura**

SUS se compone de 10 ítems, cada uno con una escala del 1 al 5, el valor de 1 indica que el usuario está totalmente en desacuerdo con el ítem, mientras que el valor de 5 demuestra que el usuario está totalmente de acuerdo. Al ser una escala las respuestas van a variar entre el rango de 1 y 5.

Para la evaluación del presente proyecto se hará uso de los siguientes ítems:

- 1.Creo que me gustaría usar esta aplicación frecuentemente
- 2.Encontré la aplicación innecesariamente compleja
- 3.Pensé que la aplicación era fácil de usar
- 4.Creo que necesitaré ayuda de un técnico para poder utilizar esta aplicación
- 5.Encontré que las funciones de la aplicación estaban integradas adecuadamente
- 6.Creo que hay mucha inconsistencia en la aplicación
- 7.La mayoría de las personas aprenderían a usar esta aplicación rápidamente
- 8.El uso de la aplicación es muy confuso

9.Me sentí muy confiado con el uso de la aplicación

10.Necesito aprende un montón de cosas antes de usar apropiadamente la aplicación

El diseño de la evaluación se encuentra en el anexo 1.

### ***Medición de tiempos***

Se calculará el tiempo que le toma a la aplicación alertar al usuario cuando un ciclista está dentro del rango de detección, esto aplica para la funcionalidad de conducción. También se calculará el tiempo que le toma a la aplicación rastrear al ciclista cuando el usuario quiere localizar una bicicleta.

### ***Evaluación complementaria***

Siguiendo el mismo formato de cálculo de SUS, se adicionó preguntas con la finalidad de comparar los resultados obtenidos en SUS y en los resultados de los ítems agregados.

Estas preguntas son de tipo entrevista y se aplicará a cada grupo que conforma el escenario.

Las preguntas aplicadas son las siguientes:

1.Estaría usted de acuerdo en implementar este sistema en su diario vivir.

2.Cree usted que el sistema afectaría positivamente a la reducción de accidentes viales donde se involucre un ciclista.

3.Cree usted que el sistema generaría mayor confianza en el ciclista al momento de transitar.

## Resultados de las evaluaciones

En este apartado se da a conocer los resultados obtenidos tras la aplicación de SUS, la evaluación complementaria y la medición de tiempos en los dos grupos objetivos. Estos resultados son interpretados y comparados entre sí.

### SUS

Las evaluaciones fueron calificadas de la siguiente manera. El puntaje de las respuestas depende si el número de la pregunta es par o impar, así se establece en (Brooke, 1995). Entonces si el número de ítem es 1, 3, 5, 7 o 9 deberá restarse el valor de la respuesta en 1, si el número de ítem es 2, 4, 6, 8 o 10 el valor final será 5 menos el valor de la respuesta, así se obtiene el valor de cada ítem. Al final se suma todos los valores y se multiplica por 2.5, el resultado total es el valor total de la evaluación.

Aplicando esta forma de calificación a todas las evaluaciones de los usuarios se obtuvo los siguientes resultados.

### Resultados Grupo #1

En la Tabla 23 se describe los resultados que obtuvieron los usuarios en cada ítem de la evaluación y el total de la evaluación.

El grupo evaluado fue el encargado de probar la aplicación móvil y web para la localización de bicicletas en tiempo real.

**Tabla 23**

*Resultados de SUS Grupo #1*

# Usuario	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Total
1	4	3	1	3	3	3	4	4	3	3	77,5
2	4	3	2	4	4	4	4	4	3	4	90

3	3	2	4	4	3	1	2	3	4	3	72,5
4	4	2	4	4	4	4	3	4	4	4	92,5
5	3	2	2	3	3	3	4	4	3	4	77,5
6	1	3	1	3	3	3	3	3	3	3	65
7	4	2	0	2	4	3	3	3	3	4	70
8	2	2	3	2	2	3	3	3	2	2	60
9	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	65
10	3	2	2	3	3	4	4	4	2	3	75
11	1	3	1	3	3	3	3	3	3	3	65
12	4	2	2	4	4	4	4	4	4	4	90
13	4	2	2	4	4	4	4	4	4	4	90
14	3	2	2	3	3	1	4	4	3	4	72,5
15	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	65
16	4	1	2	4	4	4	4	4	4	4	87,5
17	4	3	2	4	4	4	4	4	4	4	92,5
18	3	3	2	3	3	1	4	4	3	4	75
19	4	3	0	2	4	3	3	3	3	4	72,5
20	4	3	2	4	4	4	4	4	4	4	92,5
21	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	77,5
22	4	3	2	4	4	4	4	4	4	4	92,5
23	3	3	2	3	3	1	4	4	3	4	75
24	4	3	2	4	4	4	4	4	4	4	92,5
25	4	3	2	4	4	4	4	4	4	4	92,5
26	4	3	0	2	4	3	3	3	3	4	72,5
27	3	2	2	3	3	1	4	4	3	4	72,5

28	4	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	77,5
29	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	75
Total	95	71	56	93	100	89	103	105	96	107		2275
										Promedio		78.4

La interpretación de datos es por pregunta. El promedio por pregunta se obtiene dividiendo el total para el número de usuarios.

Pregunta 1: Creo que me gustaría usar esta aplicación frecuentemente

De acuerdo con los resultados, la mayoría de los usuarios concuerda en que, si les gustaría implementar este sistema en sus bicicletas, pues la respuesta promedio es 3.27 lo cual se interpreta como bueno.

Pregunta 2: Encontré la aplicación innecesariamente compleja

Según los resultados, los usuarios creen que la aplicación tiene un nivel casi neutral de complejidad. La aplicación cumple con su objetivo, pero puede mejorar el nivel y disminuir su complejidad, el promedio total de la pregunta es de 2.44.

Pregunta 3: Pensé que la aplicación era fácil de usar

Con un promedio de 1.93 esta pregunta es la menor valorada en la evaluación, y es normal, pues refleja que la idea de una aplicación para rastrear una bicicleta suena compleja, pero resultó ser complemente lo contrario.

Pregunta 4: Creo que necesitaré ayuda de un técnico para poder utilizar esta aplicación

La mayoría de los usuarios cree que no es necesaria la intervención de un técnico, pues las funciones que componen a la aplicación están debidamente desarrolladas para que todo tipo de usuario lo pueda manejar.

Pregunta 5: Encontré que las funciones de la aplicación estaban integradas adecuadamente

Con un promedio de 3.44 se interpreta que la mayoría de los usuarios comparten la idea de que la aplicación se encuentra integrada adecuadamente.

Pregunta 6: Creo que hay mucha inconsistencia en la aplicación

Con un promedio de 3.09, más de la mitad de los usuarios cree que no existe inconsistencia en la aplicación, las funciones cumplen con su objetivo, aunque se puede mejorar en aspectos de autenticación y seguridad del rastreador colocado en la bicicleta.

Pregunta 7: La mayoría de las personas aprenderían a usar esta aplicación rápidamente

Con un promedio de 3.55, se interpreta que los usuarios se familiarizaron rápidamente con la aplicación, por lo que se considera que es fácil aprender a utilizarla.

Pregunta 8: El uso de la aplicación es muy confuso

Con un promedio de 3.62 se interpreta que una gran parte de usuarios evaluados consideran que el uso de la aplicación no es confuso.

Pregunta 9: Me sentí muy confiado con el uso de la aplicación

Las personas mostraron algo de dudas al inicio, pero mientras iban utilizando la aplicación, el nivel de confianza aumentó y esto se refleja en el promedio del puntaje que es un 3.31 lo cual es considerado como bueno.

Pregunta 10: Necesito aprender un montón de cosas antes de usar apropiadamente de la aplicación

De acuerdo con el promedio del puntaje, se interpreta que no es necesario una capacitación previa para el uso de la aplicación, basta con los conocimientos básicos que el usuario ha aprendido en el momento que adquirió un teléfono inteligente.

Con un promedio total de 78.4 la aplicación tiene una calificación de B, lo que significa que la aplicación cumple con su objetivo, pero existen aspectos que pueden mejorar, como lo es la integridad del localizador y la posibilidad de crear cuentas con la autenticación de Google, con esto evitar el llenado de datos en un formulario.

### Resultados Grupo #2

El grupo evaluado fue el encargado de probar la aplicación móvil y la funcionalidad de detección de ciclistas en la vía, los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 24**

*Resultados de SUS Grupo #2*

# Usuario	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Total
1	4	3	2	4	4	3	4	4	3	4	87,5
2	3	1	2	3	3	1	4	4	3	4	70
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	77,5
4	3	3	3	4	3	4	4	4	4	4	90
5	4	2	3	4	3	4	4	4	4	4	90
6	4	3	2	4	4	4	4	4	4	4	92,5
7	4	2	3	3	3	3	4	3	3	3	77,5
8	2	1	2	2	3	3	3	3	3	4	65
9	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	82,5



Con un promedio de 3, la mayoría de los usuarios poseen una opinión neutral, pues no están seguros de usarla, pero tampoco se negarían.

Pregunta 2: Encontré la aplicación innecesariamente compleja

Con un promedio de 2.03, se interpreta que los usuarios ven un nivel de complejidad innecesario y podría mejorar. Comparando con aplicaciones de geolocalización, el aplicativo debe ser más rápido.

Pregunta 3: Pensé que la aplicación era fácil de usar

La mayoría de los usuarios creían que la aplicación sería compleja, debido a la poca experiencia que tenían con este tipo de aplicaciones. Al final, la aplicación resultó ser más sencilla de lo imaginado. El promedio es de 2.17.

Pregunta 4: Creo que necesitaré ayuda de un técnico para poder utilizar esta aplicación

Con un promedio de 3.06 se interpreta que los usuarios no necesitan de un técnico, pero de ser el caso no dudarían en pedir ayuda a profesionales.

Pregunta 5: Encontré que las funciones de la aplicación estaban integradas adecuadamente

Con un promedio de 3.31, los usuarios están de acuerdo en que la aplicación está bien integrada, pero se puede mejorar a un nivel superior de integración y mejora de las funciones.

Pregunta 6: Creo que hay mucha inconsistencia en la aplicación

Con un promedio de 3.31, se deduce que la mayoría de los usuarios cree que la aplicación no posee ninguna inconsistencia.

Pregunta 7: La mayoría de las personas aprenderían a usar esta aplicación rápidamente

Con un promedio de 3.48 en las respuestas, los usuarios consideran que es una aplicación fácil de usar lo que se infiere que nuevos usuarios pueden adaptarse y utilizar la aplicación rápidamente.

Pregunta 8: El uso de la aplicación es muy confuso

De acuerdo con el promedio de 3.55, el uso de la aplicación no es confuso.

Pregunta 9: Me sentí muy confiado con el uso de la aplicación

El nivel de confianza de los usuarios se demuestra en el promedio de 3.34, esto significa que es un nivel bueno de confianza. Se debería mejorar para obtener niveles superiores, pues la confianza en ámbitos de seguridad es prioritaria.

Pregunta 10: Necesito aprender un montón de cosas antes de usar apropiadamente de la aplicación

Con un promedio de 3.68, los usuarios consideran que no se necesita aprender muchas cosas para poder hacer uso de la aplicación.

Con un promedio total de 76.98 la aplicación tiene una calificación de B, lo que significa que la aplicación cumple con su objetivo, pero existen aspectos que pueden mejorar, como la mejora en la detección de ciclistas en la ruta, y el uso de la aplicación en segundo plano.

En ambos grupos se obtuvieron calificaciones similares, lo que significa que la aplicación, en términos generales, está bien desarrollada. Sus funciones cumplen con el objetivo y no genera un nivel de alto de dificultad al momento de usarla. Pero al ser una

aplicación relacionada a la seguridad personal y vial del ciclista, se deberá mejorar para obtener una calificación de A en ambos grupos de prueba.

### ***Evaluación complementaria***

Esta evaluación es de tipo entrevista y fue aplicada a los usuarios luego de finalizar con la evaluación SUS.

### **Resultados Grupo #1**

El resultado de las evaluaciones se representa en la siguiente tabla.

**Tabla 25**

*Resultados de evaluación complementaria Grupo #1*

<b># Usuario</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
1	4	4	4
2	4	4	4
3	3	4	4
4	4	4	4
5	3	4	5
6	4	4	5
7	5	4	5
8	2	4	5
9	2	4	5
10	3	4	5
11	3	5	5
12	4	5	4
13	4	5	4

14	3	5	4
15	5	5	4
16	4	5	4
17	4	4	5
18	3	4	5
19	4	4	5
20	4	4	4
21	3	4	5
22	4	5	4
23	3	4	5
24	4	4	4
25	5	5	5
26	4	4	4
27	3	4	4
28	5	3	4
29	3	3	4
Total	106	122	129

Los resultados son interpretados por pregunta

Pregunta 1: Estaría usted de acuerdo en implementar este sistema en su diario vivir.

El promedio de las respuestas es de 3.65, lo que significa que la mayoría de los usuarios estarían dispuestos a implementar el sistema, pues la funcionalidad de localización en tiempo real es su punto fuerte.

Pregunta 2: Cree usted que el uso del sistema afectaría positivamente en la reducción de las posibilidades de que sucedan accidentes viales donde se involucre un ciclista.

De acuerdo con los resultados, los usuarios creen que si reducirla la posibilidad de que un accidente suceda, pero reducir estas posibilidades a cero lo consideran imposible.

Pregunta 3: Cree usted que el sistema generaría mayor confianza en el ciclista al momento de transitar.

Siendo la pregunta con el promedio de 4.44, considerada uno de los más altos, los usuarios están totalmente de acuerdo en que la aplicación aumentará el nivel de confianza del ciclista al momento de transitar.

### **Resultados Grupo #2**

Los resultados de las evaluaciones aplicadas al grupo 2 se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 26**

*Resultados de evaluación complementaria Grupo #2*

<b># Usuario</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
1	3	4	3
2	3	4	3
3	3	4	4
4	3	4	4
5	3	4	4
6	5	3	4

7	4	3	4
8	2	3	4
9	2	3	3
10	3	3	3
11	3	5	3
12	3	5	4
13	3	5	3
14	3	3	4
15	3	3	3
16	3	3	4
17	4	5	3
18	3	3	4
19	4	5	4
20	3	4	4
21	3	5	3
22	3	4	4
23	3	5	3
24	3	4	4
25	3	3	3
26	3	3	4
27	3	4	3
28	4	4	4
29	3	4	3
Total	91	112	103

Interpretación de los resultados.

Pregunta 1: Estaría usted de acuerdo en implementar este sistema en su diario vivir.

Los resultados obtenidos demuestran que los usuarios se encuentran en un punto neutro, entre si aplicar y no aplicar el sistema en su rutina diaria.

Pregunta 2: Cree usted que el uso del sistema afectaría positivamente en la reducción de las posibilidades de que sucedan accidentes viales donde se involucre un ciclista.

Con un promedio de 3.86, se interpreta que los usuarios consideran que el uso de este sistema si disminuirá la probabilidad de que ocurra un accidente vial con ciclistas.

Pregunta 3: Cree usted que el sistema generaría mayor confianza en el ciclista al momento de transitar.

La mayoría de los usuarios considera que el sistema sí genera mayor confianza en el ciclista, pues el promedio de respuestas en este ítem es de 3.55

### ***Medición de tiempos***

Este cálculo de tiempos se aplicó a cada uno de los grupos.

### **Resultados Grupo 1**

Para el grupo 1 se calculó el tiempo en el que el usuario puede obtener la ubicación en tiempo real de su bicicleta.

Los tiempos obtenidos se representan en la siguiente tabla.

**Tabla 27***Resultados de medición de tiempos Grupo #1*

# Usuario	Tiempo (s)
1	2,2
2	3,1
3	3,2
4	2,1
5	1,2
6	1,3
7	3,6
8	1,3
9	2,1
10	4
11	4,2
12	1,1
13	8,6
14	2,2
15	3,2
16	3,1
17	3,6
18	1,8
19	3,2
20	3,5
21	3,3

22	2,2
23	3,2
24	4,1
25	5,3
26	4,1
27	1,5
28	3,2
29	1,2
Total	86,7

Interpretando estos datos se deduce lo siguiente.

El menor tiempo de respuesta es de 1.2s, debido a la velocidad de respuesta del servidor y las buenas condiciones de conexión que tenía el dispositivo en el momento de la evaluación.

El tiempo respuesta más largo es de 8.6s, debido a la baja calidad de conexión a internet que tenía el dispositivo. Este caso es muy común en ubicaciones donde la calidad de la red es muy baja.

El tiempo promedio de respuesta es de 2.98s, lo cual es bueno, pues el usuario no deberá esperar demasiado para conocer la ubicación en tiempo real de la bicicleta.

## **Resultados Grupo 2**

Para el grupo 2 se calculó el tiempo que tarda la aplicación en notificar al usuario cuando un ciclista entra en su radio de detección.

Los tiempos obtenidos se representan en la siguiente tabla.

**Tabla 28***Resultados de medición de tiempos Grupo #2*

# Usuario	Tiempo (s)
1	2,2
2	1,5
3	1,2
4	1,1
5	1,3
6	1,5
7	2,1
8	2,2
9	2,3
10	2,2
11	1,5
12	4,1
13	1,1
14	1,5
15	1,8
16	3,6
17	2,2
18	2,1
19	1,5
20	1,9
21	0,7

22	1,3
23	1,3
24	2,2
25	1,5
26	2,7
27	1,1
28	1,4
29	2
Total	53,1

Interpretando estos datos se deduce lo siguiente.

El menor tiempo de respuesta fue de 0.7s, la notificación de alerta fue inmediata cuando un ciclista se aproxima al vehículo. Este tiempo se obtuvo bajo buenas condiciones de conexión a internet.

El mayor tiempo de respuesta es de 4.1s, la calidad de la red móvil no era la adecuada por lo que la notificación tardó en aparecer.

El promedio total de los tiempos es de 1.83, es un tiempo de respuesta bastante bueno en condiciones de red normales.

### **Discusión de resultados**

En la evaluación SUS se obtuvo una calificación de B, lo que se considera a la aplicación como un nivel aceptable y de acuerdo con (Sauro, 2011), este resultado también significa que los usuarios recomendarían la aplicación a otras personas.

En el grupo 1 se obtuvo mayor aceptación de la aplicación que en el grupo 2, esto se debe a que los usuarios que conforman el grupo calificaron a la aplicación desde el punto de vista de un ciclista. El entorno actual del ciclista al momento de

transitar se ve perjudicado principalmente por accidentes de tránsito y actos de delincuencia, lo cual también influyó en la aceptación de la aplicación.

En el grupo 2 la aceptación de la aplicación fue levemente inferior a la del grupo 1, pues los usuarios que conformaron este grupo utilizaron la aplicación desde el punto de vista de un conductor, y de acuerdo con los resultados se interpreta que estarían dispuestos a usar la aplicación siempre y cuando su uso sea más sencillo, y no influya demasiado en la concentración que requiere el conductor.

Con los resultados de la evaluación complementaría al compararlo con los resultados de SUS son similares, ambos grupos consideran a la aplicación como una buena herramienta para la seguridad del ciclista.

Finalmente, en la medición de tiempos hubo resultados alentadores y en muy pocas ocasiones los tiempos eran más largos de lo normal. El tiempo de respuesta se ve afectado directamente por la calidad de conexión de la red móvil, si el usuario hace uso de la aplicación en zonas con buena señal, los tiempos de respuesta y notificación son entre 0.7s y 3s, pero en una zona con poca cobertura los tiempos van desde 5s hasta 10s y esto afectaría en el desempeño de la aplicación.

En conclusión, los resultados obtenidos en las evaluaciones confirman que los usuarios consideran a la aplicación como una herramienta útil, sencilla y rápida.

## Capítulo V: Conclusiones y Líneas de Trabajo Futuro

### Conclusiones

Los buenos resultados obtenidos en las evaluaciones demuestran que el prototipo desarrollado si mejora la percepción de la seguridad del ciclista, pues los usuarios se adaptaron rápidamente al funcionamiento del aplicativo y lo consideraron útil en casos de pérdida o robo de bicicletas. De la misma manera, la función que permite a los conductores detectar ciclistas en la vía, notificó a los conductores en el momento adecuado para que tengan mayor precaución al encontrarse con un ciclista.

Los estudios primarios aportaron con información acerca de lo que ya se ha realizado, como lo han hecho y que resultados han obtenido. Estos datos fueron de ayuda para mejorar la propuesta de solución al problema planteado y no replicar errores de otras investigaciones.

En el prototipo de localizador, el uso de Arduino y el módulo SIM808 son buenas opciones por su facilidad de acoplarse entre sí. Ambos cuentan con documentación de ayuda y librerías que facilitan las tareas de captura, envío y recepción de datos. Así como las librerías facilitaron el desarrollo del localizador, también se ocupó librerías para el desarrollo del servidor, aplicativo móvil y web. Pues no hay necesidad de reinventar la rueda, si existen herramientas comprobadas que faciliten el desarrollo, pues se hará uso de ellas.

En el aplicativo web, el uso de Angular simplificó el desarrollo mediante la reutilización de componentes y su rápido despliegue en producción. Android Studio como IDE de desarrollo para el aplicativo móvil, ya integraba todo lo necesario para el rápido despliegue de una aplicación, componentes preconfigurados como el uso de Google Maps solo se necesitaba de una APIKey para su funcionamiento.

En el almacenamiento de información, MongoDB como motor de base de datos NoSQL, brindó una gran flexibilidad, pues al no necesitar relaciones entre los datos, se podría modificar la estructura de estos en la fase de desarrollo sin la necesidad de reestructurar la base en su totalidad, como lo es con las bases de datos SQL.

Evaluar con System Usability Scale (SUS) se analiza adecuadamente el nivel de experiencia del usuario al momento de usar los aplicativos, pues las preguntas que conforman el cuestionario se enfocan en variables que determinan el nivel de usabilidad de una aplicación, y de esta se concluye si la aplicación es o no funcional desde el punto de vista del usuario. Además, los resultados fueron fundamentados con la aplicación de una evaluación complementaria,

Los tiempos de respuesta percibidos en las funcionalidades de localización de bicicleta y detección de ciclistas en la vía, siempre dependerán del nivel de señal de la red móvil, pues si la señal tiene una intensidad bajo, el tiempo de respuesta será mayor, y sucede lo contrario con una intensidad de señal alta.

### **Líneas de Trabajo Futuro**

Partiendo de los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación, existe la posibilidad de mejora del prototipo, tanto a nivel de hardware como de software.

Arduino como tal es utilizado simplemente para la creación de prototipos y fácil integración con módulos, en este caso el módulo SIM808. Con la participación de expertos en el área de electrónica, el localizador puede mejorar tanto en su diseño y uso de energía, brindando mayores posibilidades de uso y mejores niveles de seguridad en el dispositivo.

Las librerías de desarrollo están en constante evolución, pues las versiones usadas en el desarrollo del proyecto no serán las mismas dentro de 3 meses, incluso

existirán alternativas que realicen de mejor manera lo que hacen las herramientas de desarrollo actuales, esto significa que siempre existirá la posibilidad de mejora cuando se trate de software.

Las condiciones climáticas no siempre serán soleadas o secas, incluso los terrenos donde un ciclista transita pueden tener charcos que podrían afectar en el funcionamiento del localizador, implementar una carcasa resistente al agua sería una gran mejora en la estructura del dispositivo.

El sistema puede ser implementado en otros medios de transporte, incluso puede ser una alternativa más económico frente a los rastreados ya existentes en el mercado.

## Bibliografía

- Acerca de JavaScript—JavaScript | MDN.* (2022, junio 12).  
[https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript/About\\_JavaScript](https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/JavaScript/About_JavaScript)
- Affairs, A. S. for P. (2013, septiembre 6). *System Usability Scale (SUS)*. Department of Health and Human Services. <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/system-usability-scale.html>
- Alam, A. I., Rahman, M., Afroz, S., Alam, M., Uddin, J., & Alam, M. A. (2018). IoT Enabled Smart Bicycle Safety System. *2018 Joint 7th International Conference on Informatics, Electronics Vision (ICIEV) and 2018 2nd International Conference on Imaging, Vision Pattern Recognition (icIVPR)*, 374-378.  
<https://doi.org/10.1109/ICIEV.2018.8641067>
- Amin, N., Ahmed, T., Olee, S. M., Alam, Md. T., & Kaiser, T. (2018). Technologically Enhanced Bicycle: Anti-Theft Security, Automated Gear System and Rear Protection. *2018 10th International Conference on Electrical and Computer Engineering (ICECE)*, 373-376. <https://doi.org/10.1109/ICECE.2018.8636747>
- ANT. (2020, diciembre 22). *Ley de Transparencia 2020—Estadísticas diciembre 2020—Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador—ANT*.  
[https://www.ant.gob.ec/?page\\_id=2670](https://www.ant.gob.ec/?page_id=2670)
- Arduino. (2014, noviembre 20). *¿Qué es Arduino? | Arduino.cl - Compra tu Arduino en Línea*. <https://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Arduino Nano 33 BLE | Arduino.cl—Compra tu Arduino en Línea.* (s. f.). Recuperado 23 de enero de 2022, de <https://arduino.cl/producto/arduino-nano-33-ble/>
- Baqer, M., & Krings, A. (2019). On the Reliability of VANET Safety Applications for Bicycles. *2019 IEEE International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICCVE45908.2019.8965195>

- Bochem, A., Freeman, K., Schwarzmaier, M., Alfandi, O., & Hogrefe, D. (2016). A privacy-preserving and power-efficient bicycle tracking scheme for theft mitigation. *2016 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/ISC2.2016.7580789>
- Boronat, P., Pérez-Francisco, M., Calafate, C. T., & Cano, J.-C. (2021). Towards a Sustainable City for Cyclists: Promoting Safety through a Mobile Sensing Application. *Sensors*, 21(6), 2116. <https://doi.org/10.3390/s21062116>
- Brooke, J. (1995). SUS: A quick and dirty usability scale. *Usability Eval. Ind.*, 189.
- Dai, M.-Y., Ho, H.-T., & Hsiao, C.-C. (2010). A safety system for intelligent portable hybrid electric bicycle. *2010 International Conference on System Science and Engineering*, 379-384. <https://doi.org/10.1109/ICSSE.2010.5551774>
- DEL ÁMBITO DEL TRANSITO Y LA SEGURIDAD VIAL, Pub. L. No. 87, 66 (2018). *Documentation—TypeScript for the New Programmer*. (2022, junio 12). <https://www.typescriptlang.org/docs/handbook/typescript-from-scratch.html>
- El Nuevo Siglo. (2022, abril 16). *En el 2021 solo se denunció el robo de 9.623 bicicletas*. El Nuevo Siglo. <http://www.elnuevosiglo.com.co/articulos/04-13-2022-en-el-2021-solo-se-denuncio-el-robo-de-9623-bicicletas>
- El Universo. (2019, julio 21). *Ciclistas están en riesgo por falta de ciclovías y desacato de normas en Ecuador*. El Universo. <https://www.eluniverso.com/noticias/2019/07/20/nota/7432797/ciclistas-riesgo-falta-ciclovias-desacato-normas>
- Escobar, N. (2020, junio 3). *OPS/OMS Ecuador - La bicicleta, movilización segura y saludable en tiempos de COVID-19, 3 de junio: Día mundial de la bicicleta | OPS/OMS*. Pan American Health Organization / World Health Organization. [https://www.paho.org/ecu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2358](https://www.paho.org/ecu/index.php?option=com_content&view=article&id=2358):

la-bicicleta-movilizacion-segura-y-saludable-en-tiempos-de-covid-19-3-de-junio-dia-mundial-de-la-bicicleta&Itemid=360

Fonseca C., E. R., Marcillo, D., Jácome-Guerrero, S. P., Gualotuña, T., & Cruz, H. (2021). Identifying Technological Alternatives Focused on Early Alert or Detection of Forest Fires: Results Derived from an Empirical Study. En M. Botta-Tobar, H. Cruz, & A. Díaz Cadena (Eds.), *Artificial Intelligence, Computer and Software Engineering Advances* (pp. 354-368). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-68080-0\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-030-68080-0_27)

Google Cloud. (2022, junio 12). *Descripción general de Google Cloud*.

<https://cloud.google.com/docs/overview?hl=es-419>

Hamdani, S. E., & Benamar, N. (2019). DBDA: Distant Bicycle Detection and Avoidance Protocol based on V2V Communication for Autonomous Vehicle-Bicycle Road Share. *2019 International Conference on Wireless Technologies, Embedded and Intelligent Systems (WITS)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/WITS.2019.8723866>

He, Y. (2009). The course choice between C language and C++ language. *2009 4th International Conference on Computer Science & Education*, 1588-1590. <https://doi.org/10.1109/ICCSE.2009.5228304>

*Introduction to Node.js*. (2022, junio 12). Introduction to Node.Js. <https://nodejs.dev/learn>

Islam, M. M., Ridwan, A. E. M., Mary, M. M., Siam, M. F., Mumu, S. A., & Rana, S. (2020). Design and Implementation of a Smart Bike Accident Detection System. *2020 IEEE Region 10 Symposium (TENSYMP)*, 386-389. <https://doi.org/10.1109/TENSYMP50017.2020.9230656>

Java. (2022, junio 12). *¿Qué es Java y para qué es necesario?* [https://www.java.com/es/download/help/whatis\\_java.html](https://www.java.com/es/download/help/whatis_java.html)

Kitchenham, B. A., Budgen, D., & Brereton, P. (2015). *Evidence-Based Software Engineering and Systematic Reviews*. CRC Press.

- Kondamu, M., V, S. J., S, A. S. R., Karthik, B. S., Gopinath, A., B, S. S. N., & G, G. (2020). Design of Low Cost IoT enabled Calorie Tracker for Bicycle. *2020 4th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, 645-650.  
<https://doi.org/10.1109/ICECA49313.2020.9297377>
- Martinez, A. (2020, enero 7). *Preparan normativa para uso de segway, scooters, bicicletas y motocicletas eléctricas en Quito*. Metro Ecuador.  
<https://www.metroecuador.com.ec/ec/noticias/2020/01/07/preparan-normativa-uso-segway-scooters-bicicletas-motocicletas-electricas-quito.html>
- Martínez, D., Ferre, X., Guerrero Idrovo, G., & Juristo, N. (2020). An Agile-Based Integrated Framework for Mobile Application Development Considering Ilities. *IEEE Access, PP*, 1-1. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2987882>
- Moscoso-Montenegro, D., & Serpa-Andrade, L. (2019). Design and experimental tests of a LoRaWAN based beacon system for cyclist with automatic crash detection. *2019 IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ROPEC48299.2019.9057053>
- Nath, S., Sinha, S., Gladence, L. M., BevishJinila, Y., & Rajalakshmi, V. (2017). Health analysis of bicycle rider and security of bicycle using IoT. *2017 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)*, 0802-0806.  
<https://doi.org/10.1109/ICCSP.2017.8286475>
- Oda, H., Kubota, S., & Okamoto, Y. (2007). Research on Technology for Reducing Sudden Pedestrian or Cyclist Accidents with Vehicles. *2007 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference*, 1032-1036.  
<https://doi.org/10.1109/ITSC.2007.4357641>
- OMS. (2020, abril 27). *COVID-19: Cronología de la actuación de la OMS*.  
<https://www.who.int/es/news/item/27-04-2020-who-timeline---covid-19>

- OMS. (2021, junio 21). *Accidentes de tránsito*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
- Oñate, S. (2017, junio 19). *Intentaron robar tres bicicletas públicas en Quito*. El Comercio. <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/robo-bicicletaspublicas-quito-detenidos-delitos.html>
- Papadakis, N., Koukoulas, N., Christakis, I., Stavrakas, I., & Kandris, D. (2021). An IoT-Based Participatory Antitheft System for Public Safety Enhancement in Smart Cities. *Smart Cities*, 4(2), 919-937. <https://doi.org/10.3390/smartcities4020047>
- Puente, D. (2020, agosto 28). *Ciclistas alertan aumento de robos y asaltos durante la emergencia*. El Comercio. <http://www.elcomercio.com/actualidad/ciclistas-alertan-aumento-robos-asaltos.html>
- Quito Informa. (2020, septiembre 9). *Alcalde de Quito comprobó avance de ciclo vía y entregó calle adoquinada en Quitumbe*. <http://www.quitoinforma.gob.ec/2020/09/09/alcalde-de-quito-entrego-ciclo-via-y-calle-adoquinada-en-quitumbe/>
- Red Hat. (2022, junio 12). *El concepto de IDE*. <https://www.redhat.com/es/topics/middleware/what-is-ide>
- Sauro, J. (2011, febrero 3). *Measuring Usability with the System Usability Scale (SUS) – MeasuringU*. <https://measuringu.com/sus/>
- SIMCOM. (2020, junio 13). *SIM808*. <https://www.simcom.com/product/SIM808.html>
- Swathi, S. J., Raj, S., & Devaraj, D. (2019). Microcontroller and Sensor Based Smart Biking System for Driver's Safety. *2019 IEEE International Conference on Intelligent Techniques in Control, Optimization and Signal Processing (INCOS)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/INCOS45849.2019.8951409>

Telégrafo, E. (2020, junio 6). *Los ciclistas reclaman derecho preferente en las vías*. El Telégrafo. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/otros-deportes/1/ciclistas-derecho-vias>

Thielen, D., Lorenz, T., Hannibal, M., Köster, F., & Plättner, J. (2012). A feasibility study on a cooperative safety application for cyclists crossing intersections. *2012 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, 1197-1204. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2012.6338601>

Toscano, N. (2018, diciembre 6). *OPS/OMS | La seguridad vial en la Región de las Américas: Datos clave*. Pan American Health Organization / World Health Organization. [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=14855:road-safety-in-the-region-of-the-americas-key-facts&Itemid=39873&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=14855:road-safety-in-the-region-of-the-americas-key-facts&Itemid=39873&lang=es)

Venkatanarayanan, A., Vijayavel, A., Rajagopal, A., & Nagaradjane, P. (2019). Design of sensor system for air pollution and human vital monitoring for connected cyclists. *IET Communications*, 13(19), 3181-3186. <https://doi.org/10.1049/iet-com.2019.0148>

## Apéndices