

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**ANÁLISIS DEL RIESGO Y PROPUESTAS DE DISEÑO SEGURO EN
LA AV. LOS CHANCAS- AV. RUISEÑORES, SANTA ANITA**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

James Albert Gonzales Felix

ASESOR:

Juan Carlos Dextre Quijandría


Lima, junio, 2025

Informe de Similitud

Yo, Juan Carlos Dextre Quijandría, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis titulado "ANÁLISIS DEL RIESGO Y PROPUESTAS DE DISEÑO SEGURO EN LA AV. LOS CHANCAS - AV. RUISEÑORES, SANTA ANITA" del autor James Albert Gonzales Felix, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 11%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 23/06/2025
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: 25 de junio del 2025

| | |
|--|--|
| Apellidos y nombres del asesor: Dextre Quijandría, Juan Carlos | |
| <u>Paterno Materno, Nombre1 Nombre 2</u> | |
| DNI: 21413102 | Firma  |
| ORCID: 0000-0002-9810-2464 | |



RESUMEN EJECUTIVO

La inseguridad vial es una preocupación constante en el Perú debido a sus consecuencias: impactos negativos en la calidad de vida, muertes, además de ser un problema económico y de salud pública. En esta tesis se estudia la intersección de la avenida los Chancas-Ruiseñores y se propone mejorar las condiciones de seguridad vial de los usuarios que interactúan en esa zona mediante una lista de chequeo y micro simulación. En ese sentido, primero se identifica los factores que ocasionan riesgos en la zona de estudio. Para ello se usa la metodología del manual de auditorías e inspecciones de seguridad vial para Colombia en proyectos de infraestructura vial, el cual señala un método de observación e inspección con lista de chequeo y hallazgo. Luego, se caracteriza el nivel de riesgo de cada hallazgo con su respectiva evaluación, según el nivel de deficiencia y nivel de exposición basados en la visita de campo. En síntesis, el nivel de riesgo de cada hallazgo en el lugar de estudio es alto y el tratamiento sugerido según la metodología de las ASV/ISV es que se debe de reducir el riesgo, incluso a un alto costo.

Entonces, se propuso mejoras para asegurar un mayor nivel de seguridad y confianza a los usuarios del lugar de estudio. Esta propuesta metodológica es de enfoque mixto: es cualitativa porque se evaluaron las experiencias y percepciones de seguridad vial con entrevistas no aleatorias y observaciones directas. Además, es cuantitativa, pues se recolectaron datos para un análisis estadístico. Los cambios realizados en la intersección son los siguientes: eliminación de la rampa del acceso A; formalización de los paraderos de buses, estacionamiento para mototaxis y motocicletas; modificación de las rampas accesibles a todo el ancho del cruce; instalación de ciclovía de doble sentido; colocación de isla de refugio, vallas cerca al cruce peatonal. y señalización horizontal y vertical e implementar un tiempo de cruce seguro (“todo rojo”) para los usuarios de la zona. Finalmente, se concluye principalmente que cuantitativamente las propuestas de mejora aumentan las colas y disminuyen las demoras; sin embargo, cualitativamente se mejoran las condiciones de seguridad vial.



Agradezco a mi padre por ser mi orientador y modelo a seguir. A mi madre, por sus sacrificios y constante amor. A mi abuelo, por ser mi fuente de fortaleza e inspiración. GRACIAS.

Índice

| | |
|---|----|
| 1.CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.2 OBJETIVOS..... | 2 |
| 1.2.1 Objetivo general..... | 2 |
| 1.2.2 Objetivos específicos..... | 2 |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN | 2 |
| 1.4 LIMITACIONES..... | 3 |
| 1.5 ALCANCE | 4 |
| 2.CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE | 4 |
| 2.1 Enfoque sistémico y tipos de seguridad vial..... | 4 |
| 2.1.1 Seguridad nominal | 6 |
| 2.1.2 Seguridad sustantiva | 6 |
| 2.1.3 Percepción de seguridad vial..... | 6 |
| 2.2 Auditorías de seguridad vial (ASV) e inspecciones de seguridad vial (ISV) | 7 |
| 2.2.1 Beneficios de una ASV/ISV | 7 |
| 2.2.2 Etapas de una ASV/ISV | 9 |
| 2.2.3 Herramientas de ASV/ISV: Listas de chequeo y de hallazgos | 10 |
| 2.3 Incorporación de elementos seguros en la vía urbana..... | 11 |
| 2.3.1 Puntos negros y factores de riesgo | 11 |
| 2.3.2 Impacto de la movilidad sostenible en la seguridad vial | 12 |
| 2.3.3 Diseño de infraestructura vial segura..... | 13 |
| 2.3.4 Implementación de políticas y normativas | 16 |
| 2.4 MODELO DE SEGUIMIENTO VEHICULAR-WIEDEMANN 74..... | 18 |
| 2.4.1 Periodo de estabilización o calentamiento | 19 |
| 2.4.2 Carácter aleatorio y número de semilla | 19 |
| 2.4.3 Número de corridas | 20 |
| 2.4.4 Calibración y validación del modelo..... | 21 |
| 3.CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA | 22 |
| 3.1 Enfoque de la propuesta metodológica y técnicas de recolección de datos | 23 |
| 3.2. Evaluación del entorno vial | 23 |
| 3.2.1 Revisión de manuales..... | 23 |
| 3.2.2 Ubicación y descripción del lugar..... | 24 |
| 3.2.3 Identificación del comportamiento vehicular y peatonal..... | 24 |

| | |
|--|----|
| 3.2.4 Exploración de las percepciones de inseguridad vial con quince entrevistas no probabilísticas | 25 |
| 3.2.5 Inspección de seguridad vial | 25 |
| 3.3 Recolección de datos para la construcción del modelo en el software VISSIM-VISWALK | 30 |
| 3.3.1 Geometría | 30 |
| 3.3.2 Flujo peatonal y vehicular | 30 |
| 3.3.3 Tiempo del semáforo | 31 |
| 3.3.4 Data para calibrar y validar | 32 |
| 3.4 Construcción del modelo actual en el software VISSIM-VISWALK | 33 |
| 3.5 Propuestas de mejora | 33 |
| 3.6 Construcción del modelo con las propuestas de mejora en el software VISSIM-VISWALK | 34 |
| 4. CAPÍTULO 4: RESULTADOS | 34 |
| 4.1 Caso de estudio..... | 34 |
| 4.1.1 Ubicación y descripción del lugar | 34 |
| 4.1.2 Geometría | 36 |
| 4.1.3 Flujograma vehicular | 40 |
| 4.1.4 Flujograma peatonal | 41 |
| 4.1.5 Tiempos y fases semaforicos..... | 42 |
| 4.1.6 Tiempos de viaje de campo..... | 43 |
| 4.1.7 Creación del modelo actual en VISSIM-VISWALK 2022 | 45 |
| 4.1.8 Resultado de la calibración y validación..... | 46 |
| 4.2 Identificación y caracterización del nivel de riesgo y la gravedad de los potenciales accidentes | 48 |
| 4.2.1 Comportamiento de los usuarios | 48 |
| 4.2.2 Comportamiento vehicular | 54 |
| 4.2.3 Infraestructura peatonal | 58 |
| 4.2.4 Diseño y capacidad..... | 61 |
| 4.2.5 Semaforización..... | 62 |
| 4.2.6 Inspección de noche..... | 63 |
| 4.2.7 Señalización vertical y horizontal | 64 |
| 4.2.8 Percepciones de seguridad vial | 65 |
| 4.2.9 Mapa de obstáculos (resumen)..... | 66 |
| 4.3 Propuestas de mejoras para asegurar un mayor nivel de seguridad y confianza de los usuarios en el lugar de estudio | 68 |
| 4.3.1 Eliminación de la rampa del acceso A y propuesta de paradero de buses | 68 |
| 4.3.2 Formalización de estacionamiento para mototaxis y motocicletas..... | 71 |

| | |
|--|----|
| 4.3.3 Rampas accesibles a todo el ancho del cruceo | 73 |
| 4.3.4 Propuesta de ciclovia de doble sentido..... | 74 |
| 4.3.5 Colocación de isla de refugio..... | 78 |
| 4.3.6 Colocación de vallas cerca al cruceo peatonal y tachos de basura | 80 |
| 4.3.7 Propuesta de señalización..... | 82 |
| 4.3.8 Propuesta de fase exclusiva peatonal (“Todo rojo”) | 82 |
| 4.4 Evaluación de las propuestas de mejora en función de la seguridad vial con la herramienta micro simulación..... | 84 |
| 4.4.1 Evaluación de resultados: Longitudes de cola..... | 84 |
| 4.4.2 Evaluación de resultados: Demoras | 86 |
| 5. CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 87 |
| 5.1 Conclusiones | 87 |
| 5.1.1 Conclusiones asociados al objetivo 1 | 87 |
| 5.1.2 Conclusiones asociadas al objetivo 2 | 88 |
| 5.1.3 Conclusiones asociados al objetivo 3 | 88 |
| 5.1.4 Conclusiones asociadas al objetivo 4 | 88 |
| 5.2 Recomendaciones | 89 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA | 90 |
| 6.1 Bibliografía..... | 90 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| <i>Tabla 1</i> Matriz de Haddon..... | 4 |
| <i>Tabla 2</i> Análisis del costo mediante 11 componentes | 8 |
| <i>Tabla 3</i> Nivel de deficiencia (ND)..... | 26 |
| <i>Tabla 4</i> Nivel de exposición (NE)..... | 26 |
| <i>Tabla 5</i> Nivel de consecuencias (NC)..... | 28 |
| <i>Tabla 6</i> Aforo para el sentido A | 40 |
| <i>Tabla 7</i> Aforo para el sentido B | 40 |
| <i>Tabla 8</i> Aforo para el sentido C | 41 |
| <i>Tabla 9</i> Aforo peatonal..... | 42 |
| <i>Tabla 10</i> Tiempos de viaje..... | 44 |
| <i>Tabla 11</i> Media y desviación estándar de los tiempos de viaje | 44 |
| <i>Tabla 12</i> Calibración..... | 46 |
| <i>Tabla 13</i> Validación | 47 |
| <i>Tabla 14</i> Comparativa del escenario actual y el escenario propuesto | 84 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| <i>Figura 1:</i> Costos de las medidas de atenuación según el ciclo de un proyecto vial. | 9 |
| <i>Figura 2:</i> Sinistros viales según el sexo y la edad para los años 2012-2016 en Costa Rica . | 12 |
| <i>Figura 3:</i> Medidas de gestión de velocidad..... | 14 |
| <i>Figura 4:</i> Medida de seguridad activa: sistema de detección de peatones | 15 |
| <i>Figura 5:</i> Medida de seguridad pasiva: airbag..... | 16 |
| <i>Figura 6:</i> Concientización vial..... | 16 |
| <i>Figura 7:</i> Lógica de seguimiento vehicular y fases | 19 |
| <i>Figura 8:</i> Generación de características del conductor..... | 20 |
| <i>Figura 9:</i> Procedimiento de la metodología..... | 22 |
| <i>Figura 10:</i> Google Earth | 24 |
| <i>Figura 11:</i> Esquema del primer procedimiento a seguir para la evaluación del riesgo | 27 |
| <i>Figura 12:</i> Esquema del segundo procedimiento a seguir para la evaluación del riesgo | 29 |
| <i>Figura 13:</i> Medición del lugar de estudio en Google Earth | 30 |
| <i>Figura 14:</i> Líneas de deseo peatonal..... | 31 |
| <i>Figura 15:</i> Flujograma de la intersección avenida Los Chancas con la avenida Ruiseñores. | 31 |
| <i>Figura 16:</i> Ejemplo de tiempos del semáforo de 3 fases y un ciclo de 90 segundos..... | 32 |
| <i>Figura 17:</i> Ubicación del lugar..... | 34 |
| <i>Figura 18:</i> Zonificación de la zona de estudio | 35 |
| <i>Figura 19:</i> Geometría de la situación actual | 36 |
| <i>Figura 20:</i> Espacio público de la Av. Los Chancas | 37 |
| <i>Figura 21:</i> Espacio público de la Av. Ruiseñores | 38 |
| <i>Figura 22:</i> Espacio público de la Av. Ruiseñores | 39 |
| <i>Figura 23:</i> Sentidos A, B y C..... | 40 |
| <i>Figura 24:</i> Líneas de movimiento..... | 41 |

| | |
|--|-----------|
| <i>Figura 25: Grupos de movimiento.....</i> | <i>42</i> |
| <i>Figura 26: Fase 1</i> | <i>42</i> |
| <i>Figura 27: Fase 2</i> | <i>43</i> |
| <i>Figura 28: Distancia para el tiempo de viaje.....</i> | <i>43</i> |
| <i>Figura 29: Vista en planta del modelo creado de la avenida Los Chancas-Ruiseñores.....</i> | <i>45</i> |
| <i>Figura 30: Vista en 3D del modelo creado de la avenida Los Chancas-Ruiseñores.....</i> | <i>45</i> |
| <i>Figura 31: Tipos de usuarios en el lugar de estudio</i> | <i>48</i> |
| <i>Figura 32: Hallazgo 1</i> | <i>49</i> |
| <i>Figura 33: Hallazgo 2</i> | <i>49</i> |
| <i>Figura 34: Hallazgo 3</i> | <i>50</i> |
| <i>Figura 35: Hallazgo 4</i> | <i>51</i> |
| <i>Figura 36: Hallazgo 5</i> | <i>51</i> |
| <i>Figura 37: Hallazgo 6</i> | <i>52</i> |
| <i>Figura 38: Hallazgo 7</i> | <i>53</i> |
| <i>Figura 39: Modos de transporte.....</i> | <i>54</i> |
| <i>Figura 40: Hallazgo 8</i> | <i>54</i> |
| <i>Figura 41: Hallazgo 9</i> | <i>55</i> |
| <i>Figura 42: Hallazgo 10</i> | <i>56</i> |
| <i>Figura 43: Hallazgo 11</i> | <i>56</i> |
| <i>Figura 44: Hallazgo 12</i> | <i>57</i> |
| <i>Figura 45: Hallazgo 13</i> | <i>58</i> |
| <i>Figura 46: Hallazgo 14</i> | <i>58</i> |
| <i>Figura 47: Hallazgo 15</i> | <i>59</i> |
| <i>Figura 48: Hallazgo 16</i> | <i>60</i> |
| <i>Figura 49: Hallazgo 17</i> | <i>61</i> |
| <i>Figura 50: Hallazgo 18</i> | <i>61</i> |
| <i>Figura 51: Hallazgo 19</i> | <i>62</i> |
| <i>Figura 52: Hallazgo 20</i> | <i>62</i> |
| <i>Figura 53: Hallazgo 21</i> | <i>63</i> |
| <i>Figura 54: Hallazgo 22</i> | <i>63</i> |
| <i>Figura 55: Hallazgo 23</i> | <i>64</i> |
| <i>Figura 56: Niveles de riesgo de los 23 hallazgos.....</i> | <i>65</i> |
| <i>Figura 57: Puntaje promedio de las 10 personas por categoría.....</i> | <i>66</i> |
| <i>Figura 58: Rampa peligrosa.....</i> | <i>68</i> |
| <i>Figura 59: Acceso A</i> | <i>68</i> |
| <i>Figura 60: Dimensiones de la rampa peligrosa</i> | <i>69</i> |
| <i>Figura 61: Propuesta de eliminación de rampa</i> | <i>69</i> |
| <i>Figura 62: Propuesta de paradero en el acceso A (dimensiones).....</i> | <i>70</i> |
| <i>Figura 63: Propuesta de paradero y cambio de rampa con pendiente a una de nivel de calzada en el acceso A</i> | <i>70</i> |
| <i>Figura 64: Dimensiones actuales del espacio ocupado por tierra.....</i> | <i>71</i> |
| <i>Figura 65: Cajones de estacionamiento para mototaxis y motocicletas</i> | <i>72</i> |
| <i>Figura 66: Propuesta de formalización de estacionamiento para mototaxis y motocicletas en 3D.....</i> | <i>72</i> |
| <i>Figura 67: Dimensiones y pendiente de las rampas de la intersección</i> | <i>73</i> |
| <i>Figura 68: Propuesta de rampas accesibles</i> | <i>74</i> |

| | |
|---|---------------------------------------|
| Figura 69:Red de ciclovía propuesta | 75 |
| Figura 70:Propuesta de ciclovía para las medianas de 5.8metros de ancho con árboles al centro | 75 |
| Figura 71:Dimensiones de la ciclovía propuesta para las medianas de 5.8 metros de ancho y árboles al centro | 76 |
| Figura 72:Propuesta de ciclovía para las medianas de 9 metros de ancho con árboles a los costados..... | 76 |
| Figura 73:Dimensiones de la ciclovía propuesta para las medianas de 9 metros de ancho y con árboles a los costados | 77 |
| Figura 74:Vista en planta de la ciclovía propuesta en el lugar de estudio..... | 77 |
| Figura 75:Isla de refugio propuesta para la mediana de 5.9 metros de ancho | 78 |
| Figura 76:Isla de refugio propuesta para la mediana de 9 metros de ancho | 79 |
| Figura 77:Distancia de cruce..... | 79 |
| Figura 78:Isla de refugio de la avenida los Chancas..... | 80 |
| Figura 79:Valla de acero instalada en las proximidades del cruce peatonal y camino sinuoso | 80 |
| Figura 80:Tachos de basura en puntos estratégicos de la intersección | 81 |
| Figura 81:Propuesta de señalización..... | 82 |
| Figura 82:Propuesta de fase semafórica peatonal (todo rojo) ¡Error! Marcador no definido. | |
| Figura 83:Cruces de los peatones y ciclistas en el tiempo de “todo rojo” (todo rojo) . ¡Error! Marcador no definido. | |
| Figura 84:Comparativa de colas en metros | ¡Error! Marcador no definido.5 |
| Figura 85:Prueba de hipótesis de longitudes de colas..... | ¡Error! Marcador no definido.5 |
| Figura 86:Comparativa de demoras | ¡Error! Marcador no definido.6 |
| Figura 87:Prueba de hipótesis de demoras..... | ¡Error! Marcador no definido.7 |

1.CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

Durante la década de los años 90, en el Perú, se inició la liberalización del mercado del transporte. Este proceso permitió que la municipalidad autorizara la utilización de vehículos particulares o alquilados en el transporte urbano, con el argumento de estimular la economía y generar más empleos. Esta autorización se concibió inicialmente como una medida temporal. Sin embargo, han transcurrido tres décadas desde entonces, y los vehículos informales aún continúan operando en la ciudad (Cueva,2014). Este cambio marcó el inicio de las preocupaciones relacionadas con la seguridad vial. Además, de acuerdo con la OMS (2009), existe una gran disparidad entre los datos de mortalidad reportados y los estimados por accidentes de tránsito, debido a una gestión inadecuada y falta de interés por parte del gobierno. Esto conlleva a consecuencias económicas por accidentes y mayor inseguridad vial en el país.

En Lima Metropolitana, entre los meses de julio-setiembre del año 2022, la Policía Nacional del Perú (PNP) estimó 21 mil 351 siniestros viales y durante ese mismo periodo se estimó que las muertes fueron el 44.4% del total de siniestros viales (INEI, 2022). En consecuencia, un 71.2% de los encuestados de Lima Metropolitana y el Callao expresan disconformidad con la seguridad vial de sus zonas (Lima Como Vamos, 2022). Además, debido a la falta de atención por parte del gobierno ante este problema, no se realizan mejoras o modificaciones en las vías existentes, ni se llevan a cabo labores de mantenimiento, y cuando ocurre un accidente vial, se atribuye la responsabilidad a la víctima (Dextre y Avellaneda, 2014).

Por todo lo anterior, es necesario plantear soluciones para abordar el problema de inseguridad vial. Las auditorías e inspecciones de seguridad vial son procesos formales para prevenir accidentes y muertes en vías nuevas y en servicio (AUSTROADS,2002), además que su aplicación, en los proyectos de ingeniería, disminuye entre un 20% y 40% la tasa de siniestros viales (FHWA,2006). Por otro lado, se debe de utilizar herramientas como la micro simulación para representar la realidad de una infraestructura vial con comportamiento caótico (FHWA,2004). En ese sentido, la intención de esta tesis titulada “Análisis del riesgo y

propuestas de diseño seguro en la Av. Los Chancas- Av. Ruiseñores, Santa Anita” es mejorar las condiciones de seguridad vial del lugar y para ello se utilizará parte de la metodología de una inspección de seguridad vial (ISV) con el objetivo de reducir los riesgos en el lugar de estudio. Este análisis se complementará con las herramientas VISSIM y VISWALK 2022, principalmente para mostrar la situación actual y las futuras mejoras.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 *Objetivo general*

Mejorar las condiciones de seguridad vial de los usuarios que interactúan con la intersección Av. los Chancas-Santa Anita mediante una lista de chequeo y micro simulación.

1.2.2 *Objetivos específicos*

- Identificar los factores que ocasionarían riesgos en la zona de estudio mediante una lista de chequeo.
- Caracterizar el nivel de riesgo de los potenciales accidentes mediante el método de la matriz probabilidad.
- Proponer mejoras para asegurar un mayor nivel de seguridad y confianza de los usuarios en el lugar de estudio.
- Evaluar las propuestas de mejora con la herramienta micro simulación.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La inseguridad vial es una preocupación constante en el Perú debido a sus consecuencias: impactos negativos en la calidad de vida, muertes; estos a su vez ocasionan costos por accidente, tales como daño a la propiedad pública o privada, pérdida de producción del hogar, gastos médicos, costos legales, etc. Por todo lo anterior, la tesis planteada examina las condiciones de seguridad vial de los usuarios en la zona de estudio con la finalidad de reducir sus riesgos, lo que le otorga una **relevancia social**. Además, se considerará aspectos como los tipos de seguridad vial, tales como nominal, sustantiva y percepción de seguridad vial para

ofrecer soluciones que integren a todos los usuarios vulnerables y disminuir sus percepciones de inseguridad vial en la intersección de la avenida Los Chancas-Santa Anita. Por otro lado, tendría una **implicancia práctica**, pues el presente trabajo contribuye en la mejora de las condiciones de seguridad vial de otras intersecciones con similares características, porque se utilizará metodologías preestablecidas, tales como la inspección de seguridad vial y las etapas convencionales de un proyecto de micro simulación. Además, las propuestas de mejora que se plantearán podrán ser utilizadas por profesiones en el rubro de la seguridad vial y gestión del tránsito a nivel local.

1.4 LIMITACIONES

En primer lugar, el acceso a datos completos, confiables y actualizados sobre siniestros viales es limitado, esto influyó en la evaluación de los factores de riesgo, pues hubo incertidumbre sobre las posibles causas de los accidentes; por lo tanto, afectó también las medidas de seguridad vial empleadas. Además, sin datos no se puede demostrar que las propuestas de mejora planteadas realmente fueron efectivas; es decir, se debe de evaluar los accidentes futuros y comprobar con datos la reducción de siniestros viales; sin embargo, ese análisis no se realizó por restricciones de tiempo. Del mismo modo, por restricciones económicas y temporales, el periodo de análisis se ha definido en función de la experiencia de quien realiza esta tesis. En segundo lugar, debido a limitaciones espaciales en esta tesis, se analizó la intersección como si fuera independiente; sin embargo, en realidad debe estar conectada con las demás intersecciones de la red. Finalmente, en este trabajo se pretende evaluar las propuestas de mejora con el software VISSIM 2022 y los resultados obtenidos en esta versión están limitados para otras, pues cada una presenta características particulares; además, las propuestas de mejoras que se plantearán son en función a la construcción del modelo actual, y serán válidos siempre y cuando se mantengan en el futuro la geometría de la intersección, flujos vehiculares, flujos peatonales y tiempos del semáforo; caso contrario será imprescindible una reevaluación.

1.5 ALCANCE

El alcance de esta tesis será exploratorio, pues se identificarán factores que ocasionarían riesgos en la zona de estudio; se caracterizará el nivel de riesgo y la gravedad de los potenciales accidentes mediante una observación no participante. Esto se realizará mediante la recopilación de información sobre distintos elementos relacionados a la seguridad vial, tales como el comportamiento peatonal y vehicular, geometría de la intersección, flujos vehiculares y peatonales, tiempos del semáforo y data para calibrar y validar. Esta información será útil para generar ideas y propuestas de mejora sobre el tema, además de formar una base sólida para próximos estudios.

2.CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE

SEGURIDAD VIAL

2.1 Enfoque sistémico y tipos de seguridad vial

Según Dextre (2010), el enfoque sistémico examina de forma holística las intervenciones de todos los actores (escolares, profesores, padres, comerciantes, técnicos y Municipalidad) y desde sus diferentes puntos de vistas el problema de inseguridad vial, ya que cada uno de ellos cumple un rol independiente en el sistema vial. Este enfoque analiza de forma integrada los elementos que impactan la seguridad vial, tales como los factores humanos, vehiculares y entorno con la herramienta la matriz de Haddon (tabla 1).

Tabla 1

Matriz de Haddon

| FASES | Factor humano | Factor vehículo y equipo | Factor entorno |
|--|---|--|--|
| Antes (prevención de colisiones) | Información, capacitación, actitudes, aplicación de la ley | Sistema de seguridad activa, gestión de la velocidad | Diseño de la vía (señalización, cruceo peatonal, etc.) |

| FASES | Factor humano | Factor vehículo y equipo | Factor entorno |
|---|--|--|---|
| Durante (prevención de traumatismos en el choque) | Uso de dispositivos de retención, primeros auxilios, limitaciones en las capacidades físicas, cognitivas o perceptivas | Sistema de la seguridad pasiva, aseguramiento y protección de la carga transportada en el vehículo | Elementos de protección a los costados del camino |
| Después (salvaguardar la vida) | Acceso a atención médica, nociones de primeros auxilios | Riesgo de incendio, facilidad de acceso | Servicio de socorro, atención prehospitalaria |

Fuente: Adaptado de Dextre y Cebollada (2014)

Es así que este enfoque, junto con la matriz, estudia la muerte de un conductor en torno a estos tres factores, además de ser una secuencia de circunstancias ocurridas previamente, posteriormente y en el instante.

Por ejemplo, de manera particular, un siniestro vial involucra en primer lugar al factor humano, el cual está relacionado con la disposición emocional en la que se encuentra antes de subir al auto y durante la conducción, además de la destreza para conducir. Con respecto al factor vehículo, implica descuidos previos en el mantenimiento o la insuficiente seguridad pasiva durante el accidente. Finalmente, el factor entorno compromete a los responsables del diseño de la vía, tales como los ingenieros civiles, que prescindieron implementar medidas correctivas y preventivas en esta. (Dextre y Cebollada,2014).

En ese sentido, Dextre y Cebollada (2014) exponen que el problema se debe de analizar de forma integrada; es decir, se examina en conjunto los factores de riesgo, consecuencias y las propuestas de mejora junto con los tipos de seguridad vial, tales como seguridad nominal, seguridad sustantiva y percepción de seguridad vial. A continuación, se explicarán los tipos de seguridad vial.

2.1.1 Seguridad nominal

En primer lugar, la seguridad nominal se refiere a la seguridad inherente que una vía posee según las normas de diseño. Esto implica el cumplimiento de las medidas instaladas de acuerdo a parámetros preestablecidos de diseños aceptados: geometría, capacidad de la vía, visibilidad de los usuarios, semaforización, señalización vertical y horizontal, iluminación, y cualquier otro elemento presente en la norma. Es importante resaltar que el acatamiento de estas directrices no garantiza la seguridad vial. (Hauer,1999, citado en Dextre,2010).

2.1.2 Seguridad sustantiva

Por su parte, la seguridad real o sustantiva a diferencia de la nominal se centra en datos y registros estadísticos de fallecimientos por siniestros viales. El procedimiento para analizar y estimar las muertes en una vía se basa en métodos previamente calibrados, tales como la herramienta Highway Safety Manual (HSM), el cual fue desarrollado por AASHTO. Es así que esta herramienta contribuye en la comprensión de la seguridad vial con un análisis predictivo de estimación de riesgos de tránsito. De esta manera, los profesionales seleccionan con precisión las opciones que ofrecen una relación favorable entre beneficio y costos (Dextre,2010).

2.1.3 Percepción de seguridad vial

De otro lado, la percepción de seguridad es la forma en cómo los usuarios de la vía perciben y sienten el peligro, el cual depende de los siguientes factores: potencial siniestro vial, la probabilidad de fallecimiento, el nivel de dominio sobre la situación y sus probables efectos (Amundsen y Bjornskau,2003). La seguridad sustantiva y la percepción de seguridad de los usuarios en una vía están conectadas; por ejemplo, un paso peatonal con líneas de cebrá bien pintadas y remarcadas normalmente aumenta la sensación de seguridad, pero en realidad esto no disminuye la cantidad de muertes; un paso peatonal elevado sí cumple ese efecto al mismo tiempo que incrementa la percepción de seguridad vial (Haver,199, citado en Dextre,2010).

2.2 Auditorías de seguridad vial (ASV) e inspecciones de seguridad vial (ISV)

Según la Agencia Nacional de Seguridad Vial de Colombia (2020), son procesos sistemáticos de desempeño de seguridad vial solicitados por una autoridad competente, como el Ministerio de Transporte, para identificar y mitigar el riesgo de ocurrencia y la severidad de accidentes. Estas metodologías se realizan en vías existentes o futuras, modificaciones en vías, proyectos de gestión de tránsito, proyectos de desarrollo inmobiliario o trabajos de mantenimiento por parte de profesionales en este rubro. Ambos procesos comparten el mismo propósito: reducir las muertes y evaluar la seguridad vial desde la perspectiva integral de todos los usuarios, tales como las personas de pie y movilidad reducida, ancianos, ciclistas, niños, etc. La diferencia entre auditoría de seguridad (ASV) e inspecciones de seguridad vial (ISV) es que el primero se realiza en la etapa de proyecto, mientras que el segundo en vías, en operación.

Por otro lado, se suele confundir estas metodologías con otras complementarias: según la Agencia Nacional de Seguridad Vial de Colombia (2021), la ISV y la ASV no son una calificación de la calidad ni una verificación de estándares de diseño, ya que estas no garantizan la seguridad real de los usuarios; tampoco son una investigación de accidentes, ya que esta se enfoca en identificar el origen de siniestros pasados específicos; tampoco es una evaluación de impactos de seguridad vial, ya que esta se centra en comparar y elegir alternativas de proyectos de infraestructura vial, además de que prevalece el costo en lugar de la seguridad vial como criterio de selección.

2.2.1 Beneficios de una ASV/ISV

Además de disminuir el número y la gravedad de los siniestros viales, ambas metodologías presentan ventajas en los proyectos de ingeniería: fomenta en los ingenieros, cuando ellos trabajan en equipo junto con los auditores, la incorporación de la filosofía de prevención antes que la de corrección; es decir, realizar primeramente una ASV antes que una ISV para futuros proyectos y comprender que las normas de diseño no garantizan la seguridad de los usuarios (AUSTROADS,2002). Asimismo, otra utilidad es que se atenúan los costos asociados a siniestros viales; esto se puede evaluar mediante 11 componentes según el estudio “Crashes Vs. Congestion” como se observa en la tabla 2 (Cambridge Systematics ,2005, citado en Dextre,2010).

Tabla 2*Análisis del costo mediante 11 componentes*

| COMPONENTES | EVALUACIÓN DEL COSTO |
|-----------------------------------|--|
| 1.Daño a la propiedad | Gastos ocasionados por los daños a la propiedad pública y privada. |
| 2.Lucro cesante | Cesación de ingresos de la víctima por las limitaciones de la capacidad de generar dinero a causa del accidente. |
| 3.Pérdida de producción del hogar | Pérdida de ingresos del individuo que “reemplaza” en el hogar por ayudar a la persona afectada. |
| 4.Gastos médicos | Gastos por tratamiento, rehabilitación, medicamentos, etc. |
| 5.Servicio de emergencia | Gastos por ambulancias, hospitalización, cirugías, etc. |
| 6.Demora en los viajes | Gastos por bloqueo de vías, demoras equivalentes a costos de producción. |
| 7.Rehabilitación profesional | Gastos por rehabilitación física o psicológica, terapias de dolor, etc. |
| 8.Costos en el lugar de trabajo | La función que la víctima realizaba es ocupada por otro en la empresa; es decir, gastos en la contratación, capacitación, etc. |
| 9.Costos administrativos | Gastos por compensación familiar, beneficios laborales, seguros, gastos funerarios, etc. |
| 10.Costos legales | Gastos por honorarios y disputas legales, trámites, etc. |
| 11.Dolor humano | En el Perú el costo de la vida es insignificante |

Fuente: Elaboración propia basada en la información de Cambridge Systematics (2005)

Del mismo modo, otra ventaja es que se disminuyen los costos de medidas de mitigación durante la vida útil del proyecto, siempre y cuando los cambios en este sean en las etapas iniciales, pues se anticipan mejor los futuros riesgos. En la figura 1 se muestra este beneficio: en las etapas de factibilidad, diseño preliminar y diseño de detalle es más viable modificar y mejorar los cambios en el plano en relación con la seguridad vial de forma más eficiente y rentable. Sin embargo, si se realiza durante la construcción o etapas más tardes, tales como las de pre operación y operación, el costo aumentaría hasta un 10% del precio total del proyecto (AEC,2006). Cabe resaltar que el proceso realizado para la última etapa de operación es la de inspección de seguridad vial y para las etapas restantes es la de auditorías de seguridad vial (FHWA,2006).

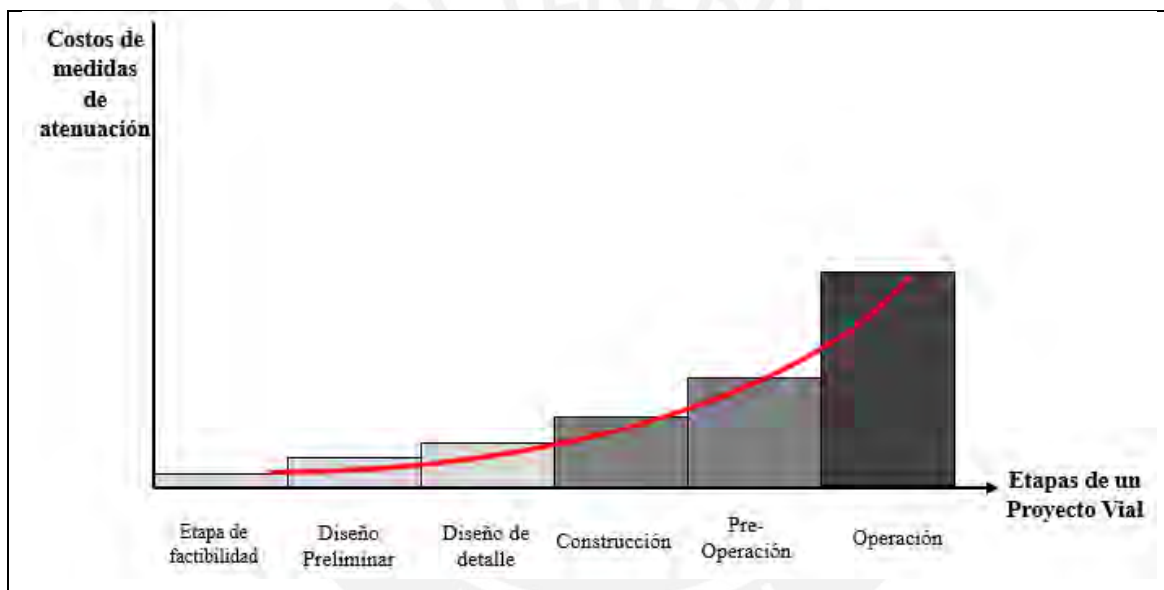


Figura 1: Costos de las medidas de atenuación según el ciclo de un proyecto vial.

Fuente: Adaptado de Dextre (2008)

2.2.2 Etapas de una ASV/ISV

Según la Agencia Nacional de Seguridad Vial de Colombia (2021), las etapas de una ASV/ISV son las siguientes: en primer lugar, en la etapa de planeación, se determina el lugar nuevo o existente de estudio, el plan de acción, recursos y el equipo de auditoría, cabe resaltar que estos no deben de haber estado implicados en el diseño y planificación del proyecto. Las tareas dentro de esta etapa son recopilar, verificar y evaluar la información y documentos necesarios del proyecto, tales como planos, zonificación del lugar, aforos vehiculares, ASV/ISV anteriores, estadísticas de fallecimientos, condiciones climatológicas, etc. Se debe de asignar los roles a

cada profesional y planificar las visitas a campo junto con las herramientas listas de chequeo y listas de hallazgo.

En segundo lugar, en la etapa de desarrollo, los profesionales repasan y analizan la información y documentos proporcionados, además se elabora la lista de chequeo y se delimita la zona antes de la visita de campo. Posteriormente, en el lugar de estudio, se identifican posibles riesgos y aspectos pertinentes en función del tipo de proyecto para detectar hallazgos. Luego, se evalúa el nivel de gravedad de estos y se proponen soluciones que toman en consideración a todos los usuarios vulnerables de la zona con un enfoque en la seguridad vial.

En tercer lugar, en la etapa de subsanación, el equipo de profesionales colabora, documenta los hallazgos y prepara el informe preliminar, el cual incluye el registro de deficiencias, las propuestas de mejora, fotografías, gráficos, etc. Posteriormente, el informe se entrega a una agencia externa para su respectiva evaluación y los profesionales decidirán si implementar las modificaciones propuestas. Finalmente, en la etapa de cierre, se elabora el informe final que considera los ajustes realizados; se obtiene el acta con las firmas de todos los involucrados y se ejecuta el plan de acción.

2.2.3 Herramientas de ASV/ISV: Listas de chequeo y de hallazgos

En primer lugar, según la Agencia Nacional de Seguridad Vial de Colombia (2021), la lista de chequeo es una herramienta de seguridad vial que usan los especialistas en ASV/ISV como una guía para la identificación de riesgos de forma sistemática. Esta lista consiste en una serie de preguntas, respuestas, comentarios u observaciones que dependen del tipo y la etapa en la que se encuentre el proyecto. Por ejemplo, la relación de aspectos a verificar de una avenida y una carretera, ambas en operación, son específicas para cada caso: la primera es acerca del diseño y capacidad, visibilidad, semaforización, señalización, iluminación, etc.; la segunda es acerca de la superficie de rodadura, velocidad, elementos de contención y barreras de seguridad, accesos, visibilidad e iluminación, etc. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (2018), la lista de chequeo y la lista de hallazgo se complementan, pues la primera es como un recordatorio de los aspectos a considerar, mientras que la segunda es el resultado de dicha verificación, el cual está compuesta por las deficiencias encontradas durante la ASV/ISV. Cada hallazgo contiene imágenes, para comprender la magnitud del descubrimiento, con su

respectiva evaluación del riesgo para cada caso con el propósito de plantear alternativas de mejora frente a los hallazgos.

2.3 Incorporación de elementos seguros en la vía urbana

2.3.1 Puntos negros y factores de riesgo

Los puntos negros son áreas de alta concentración de accidentes (Sagástegui,2010). Además, existen metodologías como la gestión de puntos negros, también conocida como soluciones “al final de tubería”, cuya evaluación se centra en identificar zonas críticas, registros y causas de los incidentes viales; analizar la frecuencia y severidad de los accidentes, etc. Esta metodología se diferencia de la ASV/ IVS en que emplea estrategias reactivas en contraste con las estrategias preventivas de la segunda. Asimismo, se puede denominar a ella como soluciones “al intermedio de la tubería” (Dextre,2010). En ambos procedimientos es importante identificar los factores de riesgo para aplicar medidas de ingeniería eficientes y mejorar la seguridad vial.

En primer lugar, uno de los factores que influye en los riesgos está asociado con la probabilidad de sufrir un choque y lesión. Por ejemplo, si un conductor no usa el cinturón de seguridad, conduce bajo los efectos del alcohol y a una velocidad alta, aumenta su posibilidad de accidentarse. Es importante destacar que el incremento de la velocidad aumenta proporcionalmente la tasa de accidentes: un incremento de velocidad del 1%, se duplica a un 2% para lesiones; se triplica a un 3% para lesiones graves y se cuatriplica a un 4% para fallecimientos. Sin embargo, este factor es subestimado: en el caso particular de los españoles, consideran más peligroso operar el vehículo en condiciones de alcoholización, uso del teléfono móvil y sin usar el cinturón de seguridad. Sus motivos son la prisa, escasa probabilidad de multa y principalmente por el diseño de la vía (Gonzales, Ruiz y otros, 2010).

En segundo lugar, otro de los elementos es la exposición al sistema vial: los peatones son más susceptibles a los siniestros viales al desplazarse constantemente por necesidades económicas y educativas. En Lima, los usuarios enfrentan largos recorridos y usan múltiples modalidades de desplazamiento para dirigirse al trabajo, estudio u hogar. La ausencia de integración en los medios de transporte aumenta la inseguridad vial (Dextre,2010). La problemática se intensifica si se trata de usuarios que se transportan en motocicleta. En el caso particular de Colombia, un

53.5% del total de muertos, entre los años 2012 y 2019, fallecieron por esta modalidad y un 55.69% fueron accidentados. (Pérez, Solarte y otros,2022).

Del mismo modo, el problema se acentúa si se divide por sexo y edad: en Costa Rica, en el periodo 2012-2016, de cada diez fallecimientos en carreteras, 2 son mujeres y 8 son varones, además, del total de muertes en esos 5 años, un 86% fueron hombres y un 14% fueron mujeres. En lo que respecta a la edad para el mismo país, en la figura 2 se destaca que los hombres entre 25 y 29 años presentan mayor posibilidad de fallecer, pues ocupan un 84.6% de total de muertes; en contraste, las mujeres ocupan un 15.4% para el mismo rango (Pérez,2019).

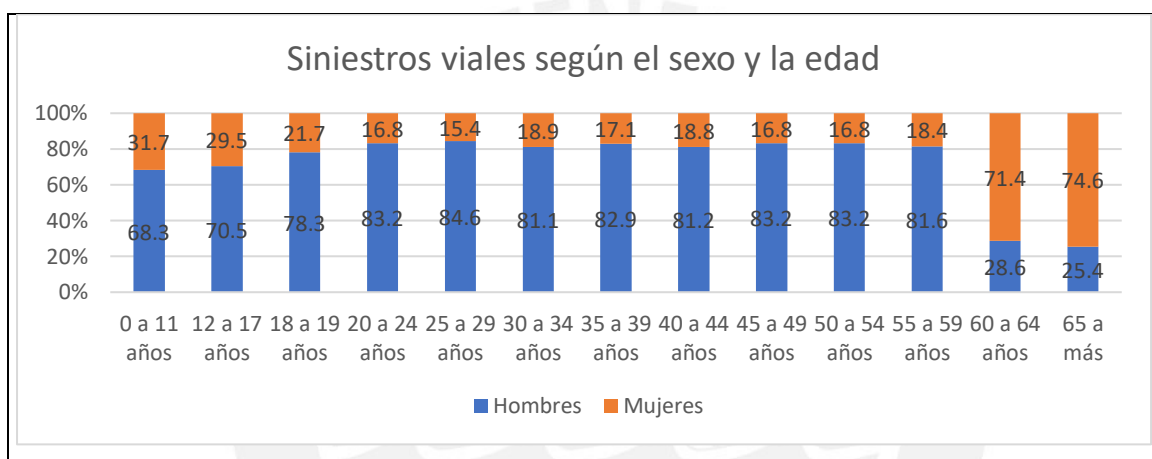


Figura 2: Siniestros viales según el sexo y la edad para los años 2012-2016 en Costa Rica

Fuente: Adaptado de Pérez (2019)

2.3.2 Impacto de la movilidad sostenible en la seguridad vial

Durante el siglo XIX, no se planificó el transporte ni se replantearon los trazos urbanos, pero se incrementaron los vehículos y la construcción de vías. Esto generó el desplazamiento de las personas fuera de las áreas urbanas y consecuencias negativas, entre ellas destacan la congestión vehicular y la inseguridad vial (Cal y Mayor,1972). Se consideró incrementar carriles, continuar con la construcción de nuevas vías y puentes, como soluciones al tráfico intenso; sin embargo, estudios empíricos demostraron que dichas medidas agravaban la situación (Dextre y Avellaneda, 2014). En consecuencia, según Dextre y Avellaneda (2014), hubo un cambio de enfoque y prioridades en relación al concepto de movilidad: en primer lugar, se centró en el tránsito y la estrategia de la ciudad era incrementar la capacidad vial. Además, el primer objeto de estudio era el automóvil, seguido del transporte público y de carga,

y por último los ciclistas y los transeúntes. En segundo lugar, la etapa siguiente es la del transporte público; en esta se cambia la perspectiva de las soluciones y se prioriza que las personas viajen de forma segura con medios transportes públicos de calidad. Los beneficios directos incluyen un mejor aprovechamiento del espacio disponible de la ciudad; se reduce el uso del automóvil y la contaminación.

En tercer lugar, el siguiente cambio fue la movilidad, el cual reordena las prioridades y se centra en la capacidad de desplazamiento de los peatones; este último es el principal sujeto de estudio y el objeto de análisis son los tipos de movilidad, los cuales pueden ser modos de transporte no motorizados, tales como a pie, bicicleta, scooter, y los motorizados como el transporte público. En ese sentido, se diseña en función de la movilidad, pero a ello se le añadieron aspectos ambientales, energéticos, económicos, uso del suelo, accesibilidad y acceso al transporte público, cuyo resultado final fue la movilidad sostenible. (Acevedo y Bocarejo, 2009). Este nuevo enfoque agiliza el desplazamiento dentro de un núcleo para satisfacer necesidades sociales, económicas, recreativas, etc. Para lograrlo, se promueve la proximidad de los usuarios y actividades, con viajes de periodos cortos en medios de transporte público, bicicleta o a pie. Además, esta perspectiva busca dotar las calles de zonas verdes, ciclovías para aminorar la contaminación, calles peatonalizadas, etc. para brindar un entorno seguro, equitativo y atractivo.

La seguridad vial y la movilidad sostenible están interconectadas ya que las medidas adoptadas en este nuevo enfoque disminuirían la tasa de siniestralidad, mediante la reducción de la velocidad con medidas de tráfico calmado, así como promover otros medios para desplazarse de forma segura sin depender del automóvil. Del mismo modo, estas acciones contribuirían en la educación vial. Lima no aplica este concepto, pues aún se encuentra en la etapa de tránsito y se necesita impulsar medios de transportes públicos en el cual se beneficien la clase media, baja y alta. Esto significa mejorar el desplazamiento de los buses en las calles, la accesibilidad para llegar a los paraderos y el acceso a los buses (Dextre y Aranda, 2021).

2.3.3 Diseño de infraestructura vial segura

Suecia ha revolucionado la seguridad vial con su visión cero, cuyo objetivo directo es que no exista muertos ni heridos, cabe resaltar que sí considera la posibilidad de accidentes, pero sin

repercusiones en la vida. (Ramos et al, 2018). Durante muchos años se relacionó linealmente la causa de los fallecimientos de tránsito con una sola variable, el peatón, y no se consideró el problema como un sistema. Sin embargo, la nueva visión se enfatiza en el enfoque sistémico, en el cual los componentes de este conjunto, tales como los importadores del vehículo, responsables de la vía y usuarios, comparten la responsabilidad ante una eventualidad de colisión e interactúan entre ellos para mejorar la seguridad vial (Dextre,2010). Además, se analizó la resistencia biomecánica del cuerpo humano y se concluyó que un impacto entre una persona y un vehículo a 30 km/h no deviene en muerte directa, a diferencia si es a una velocidad mayor de 50 km/ h con posibilidades muy bajas de sobrevivencia (Vagverket,2006, citado en Dextre,2010). A partir de ese estudio se diseñan infraestructuras viales seguras con una adecuada gestión de la velocidad, exigencias en la seguridad activa y pasiva, educación vial, etc.

Algunas medidas para mejorar la infraestructura vial son las siguientes: topes electrónicos, martillos, demarcaciones, reductores de velocidad, mini rotondas, cruceros elevados, supresión de estacionamiento, diseño de espacio público, jerarquización vial, islas de refugio y rampas accesibles.



Figura 3:Medidas de gestión de velocidad

Fuente: CONASET (2010)

En cuanto al factor vehículo, en primer lugar, algunas medidas de seguridad activa son frenos ABS, sistema de detección de peatones, sistemas anti vuelco, sistemas de suspensión activa predictiva y control electrónico de suspensión.



Figura 4:Medida de seguridad activa: sistema de detección de peatones

Fuente: Autofácil (2020)

En segundo lugar, algunas medidas de seguridad pasiva son airbag, habitáculo reforzado, cinturones de seguridad y reposa cabezas.



Figura 5: Medida de seguridad pasiva: airbag

Fuente: AutoAvance(2015)

Finalmente, en cuanto al factor entorno, algunas medidas son campañas de concientización y educación vial infantil.



Figura 6: Concientización vial

Fuente: AGENCIA PERUANA DE NOTICIAS (2016)

2.3.4 Implementación de políticas y normativas

Lima es una ciudad centralizada, pues los centros laborales, educativos y hospitales destacados están agrupados en algunos distritos, el cual demandan viajes largos. Esto afecta en mayor medida a las personas de bajos recursos y con movilidad reducida, ya que limita sus oportunidades de educación, trabajo, etc. La falta de flexibilidad en los buses, la escasa organización en los paraderos y su ubicación en zonas de difícil acceso, agrava la situación. En ese sentido, según Dextre y Aranda (2021), se deben de aplicar las siguientes opciones de política:

En primer lugar, se debe de implementar una planificación orientada en el transporte público, tal que garantice la comodidad, integración, seguridad y disponibilidad para las personas de todos los niveles económicos, con diferentes discapacidades, etc. Para lograrlo, se requiere lo siguiente: ampliar la red de transporte de forma unificada para crear más opciones de desplazamiento, como por ejemplo trenes eléctricos, sistemas de transporte metropolitano, metro, tranvía, etc., con tarifas más asequibles. Además, se debe de gestionar los carriles exclusivos para buses y evitar la intrusión de vehículos automotores; diseñar paraderos con señalización clara para que sea de fácil ubicación y con andenes para incluir a personas que no cuentan con toda la plenitud física; formalizar el servicio de camionetas rurales y generar empleos adicionales en las nuevas líneas de transporte. Todo ello generará que las personas de la clase alta “migren” al transporte público y fortalecerá la restricción del automóvil. Un sistema de transporte público eficiente promoverá más espacios caminables en la ciudad y fomentará una mayor participación de los usuarios en ella. Del mismo modo, se reducirán las demoras, los accidentes, la contaminación y se fomentará un cambio de perspectiva hacia la movilidad. En segundo lugar, el ministerio debe de reconocer el costo de la vida por accidentes en el país como una inversión para incentivar a las organizaciones a tomar acciones de medidas preventivas frente a los siniestros viales, ya que enfrentarían denuncias en caso de fallecimientos. Es así que se aplicaría las propuestas de mejora expuestas en esta tesis de forma “obligada”, pues un mayor número de muertes conlleva mayores costos; asimismo, se disminuiría la exposición, el riesgo y consecuencias de los accidentes

Finalmente, se ha observado que las publicaciones o campañas de seguridad vial, cuando se llevan a cabo de manera aislada, no logran generar el impacto deseado en la reducción de accidentes, y los resultados en términos de siniestralidad permanecen invariables. Por lo tanto, resulta imprescindible implementar medidas adicionales como en España, donde existe un sólido compromiso político hacia la seguridad vial. En dicho contexto, según la asociación española de la carretera. (2006), esta ocupa una posición central en la política gubernamental, y se asignan recursos significativos para abordar esta problemática. En armonía con esta perspectiva, en el Perú es necesario emular esta estrategia y establecer objetivos con un enfoque de pacto social. Entre estos objetivos, se destaca la priorización de la seguridad vial por encima de otros intereses, incluso los de carácter económico, como los sueldos de los funcionarios; creación de agencias y centros de investigaciones de seguridad vial, etc. De igual manera, es fundamental evitar cualquier actividad que pueda comprometer la seguridad vial, y resguardar

así el bienestar de la sociedad para evitar situaciones que resulten perjudiciales para esta causa vital.

MICROSIMULACIÓN CON LOS SOFTWARE VISSIM-VISWALK

2.4 MODELO DE SEGUIMIENTO VEHICULAR-WIEDEMANN 74

Es un modelo psico-físico, cuya teoría considera el comportamiento individual de los conductores al tomar decisiones basadas en su percepción y reacción en el entorno. Estos incluyen características particulares, tales como velocidad deseada, nivel de agresividad, aceleración, habilidades de manejo y percepción, etc. Toda esta diversidad es representada en el software a partir de distribuciones y gráficos de percentiles. En la versión modificada de este modelo se usa la ecuación 1 para representar la separación “d” entre vehículos y considera componentes como la distancia de autos detenidos y parámetros aleatorios para cada conductor (PTV,2011).

$$d = ax + (bx_{add} + bx_{mult} * Z) * \sqrt{v} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

ax: distancia promedio deseada entre autos detenidos

bx_add: parámetro de calibración aditivo de la distancia de seguridad

bx_mult: parámetro de calibración multiplicativo de la distancia de seguridad

Z: valor cuyo rango está entre 0 y 1 (según la distribución normal)

v: velocidad (m/s)

Dentro del programa, se establecen zonas de comportamiento o umbrales para el ajuste del conductor en una situación con 2 vehículos (ver figura 3). En la zona "no reacción" (verde), el vehículo de atrás no interactúa con el vehículo delantero, ya que ambos están en un estado de manejo libre. En la zona "reacción" (naranja), se reduce la velocidad y la separación entre los vehículos pues están en un estado de acercamiento. En la zona "reacción inconsciente" (blanco), los valores de Δx y Δy varían alrededor de esta área, lo que indica un estado de seguimiento. Finalmente, los vehículos entran en la zona de "desaceleración" y "colisión", donde se encuentran en un estado de frenado. (PTV,2011).

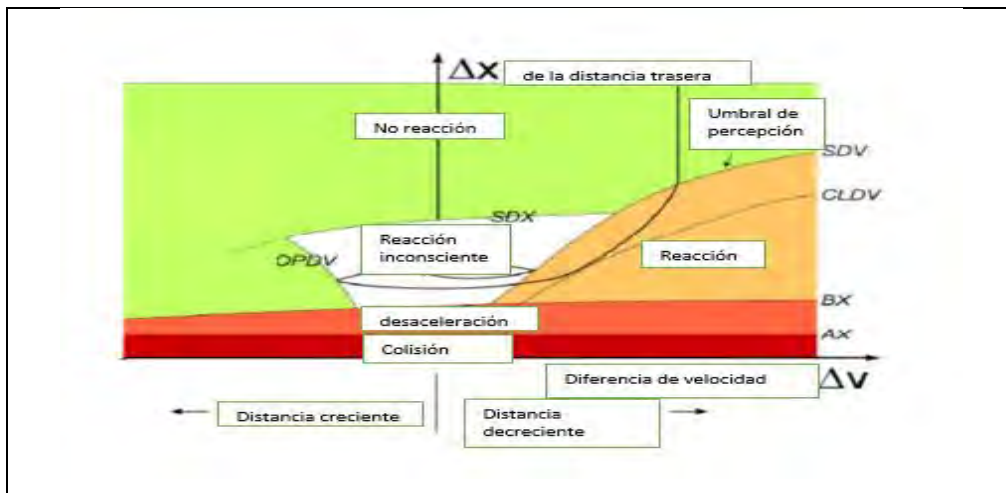


Figura 7: Lógica de seguimiento vehicular y fases

Fuente: Adaptado de PTV (2015)

2.4.1 Período de estabilización o calentamiento

Durante el inicio del proceso de simulación, los vehículos, y peatones ingresan y salen del sistema hasta lograr el escenario deseado, momento en el cual la cantidad de elementos dentro del sistema permanece constante. Además, esa longitud de tiempo es denominado periodo de estabilización. Se recomienda excluir la recopilación de información estadística durante esa etapa, pues los resultados de los parámetros de eficiencia no son válidos para el análisis (FHWA, 2004). En el software se sugiere trabajar con un periodo de estabilización de 600 o 900 segundos (Dowling et al., 2004)

2.4.2 Carácter aleatorio y número de semilla

El software crea escenarios particulares por cada número de semilla asignado: en un instante determinado, llegarán diferentes tipos de vehículos a la red con distintos niveles de agresividad, velocidad, etc. (PTV, 2011). En VISSIM, esto se logra mediante un generador de números aleatorios que se asocian a cada elemento del sistema, tales como los conductores o peatones. El programa presenta una serie de gráficas de velocidades, aceleraciones, etc. y, a través del método de la transformada inversa, se asigna a cada vehículo o peatón una propia característica.

Este proceso se ve en la figura 4, en la cual se muestra que para un determinado número de semilla el vehículo presenta un grado de agresividad igual a 7 y con este valor se le asigna una

velocidad de flujo libre igual a 97 km/h; por todo lo anterior, VISSIM presenta un carácter aleatorio (FHWA,2004).

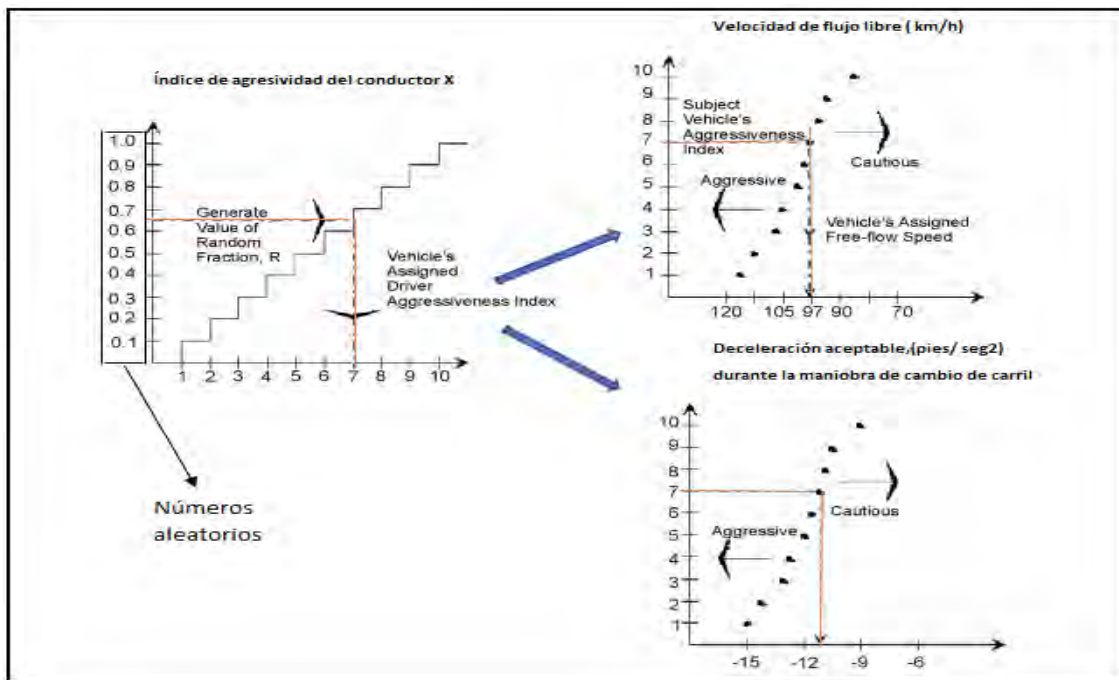


Figura 8: Generación de características del conductor

Fuente: Adaptado de FHWA (2004)

2.4.3 Número de corridas

El número de ejecuciones depende de la magnitud y complejidad del proyecto a modelar. Para ello se utilizan niveles estadísticos, tales como la muestra, media, desviación estándar, criterios de validez etc. (Fellendorf & Vortich, 2010). Según The Federal Highway Administration (FHWA, 2004), se siguen pasos de manera iterativa para determinar el tamaño mínimo de muestra y verificar si estos son suficientes tanto en campo como en el programa:

En primer lugar, se comienza con 4 corridas del modelo, y se halla la media y la desviación estándar de los resultados.

$$S^2 = (\sum (x_i - \bar{x})^2) / (N-1) \quad \text{Ecuación 2}$$

S: Desviación estándar

x_i : Resultado del parámetro de eficiencia de una determinada corrida

\bar{x} : Media de los resultados del parámetro de eficiencia de una determinada corrida

N: Número de corridas del modelo

En segundo lugar, a partir de un nivel de confiabilidad del 95 % y un margen de error obtenido de los datos estadísticos de las muestras en campo se hallará el número mínimo de corridas mediante la siguiente ecuación:

$$N_{min} \geq (t_{\alpha} * \frac{S}{e * \bar{x}})^2 \quad \text{Ecuación 3}$$

e: error de tolerancia de observaciones de campo

\bar{x} : Media de los resultados del parámetro de eficiencia de una determinada corrida

t_{α} : valor de la distribución de “t” student

S: Desviación estándar de las corridas

Finalmente, se compara el número de corridas del modelo con el número de corridas calculado en la ecuación 2 con la condición de que el primero sea mayor o igual al segundo; de lo contrario, se procede a aumentar el número de corridas hasta cumplir el requisito.

2.4.4 Calibración y validación del modelo

Son procesos iterativos en el cual primero se calibra con los ajustes de los parámetros del modelo de Wiedeman 74 para zonas urbanas, tales como ax, bx_add y bx_mult, brecha crítica, cambio de carril, etc. La finalidad es lograr una concordancia entre el comportamiento del software y la realidad; esta comparación se realiza mediante pruebas paramétricas basadas en distribuciones normal y T-student (Montenegro & Lozano, 2013). Se recomienda enfocarse primero en calibrar con los parámetros por defecto de ax, bx_add y bx_mult. Si la diferencia entre los datos de campo con los resultados de VISSIM son significativas; entonces, se deben ajustar los valores por defecto o revisar los demás parámetros hasta que la diferencia sea aceptable. Posteriormente, se valida con los mismos parámetros de calibración, junto con los nuevos datos recopilados en otro día distinto al de la primera etapa. La finalidad es que el modelo esté tanto calibrado como validado para la implementación de medidas de mejora (FHWA,2004).

3.CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

A continuación, se muestra un esquema del procedimiento a seguir:

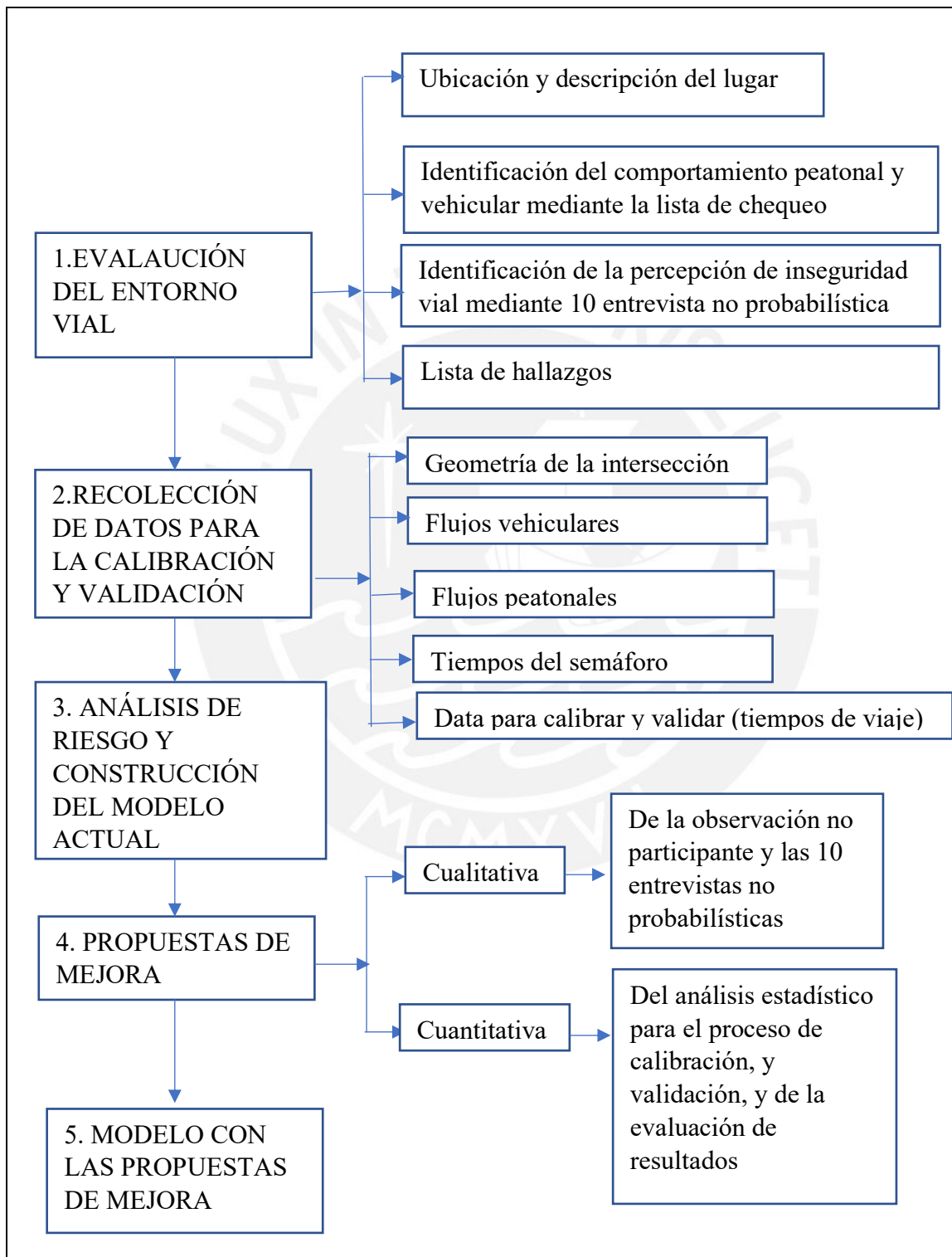


Figura 9:Procedimiento de la metodología

Fuente: Elaboración propia

3.1 Enfoque de la propuesta metodológica y técnicas de recolección de datos

La propuesta metodológica es de enfoque mixto. En primer lugar, es cualitativa porque se evaluaron las experiencias y percepciones de seguridad vial de los usuarios en la avenida Los Chancas-Santa Anita mediante quince entrevistas no aleatorias y observaciones directas. Además, se usó la matriz de probabilidad para determinar el nivel de riesgo de los hallazgos derivados de la observación no participante. En segundo lugar, es cuantitativa, pues se pretende representar la realidad de la zona de estudio con un nivel de confianza del 95% a partir de una muestra aleatoria en el software VISSIM-VISWALK. Esto implica realizar análisis estadístico para el proceso de calibración y validación y evaluación de resultados.

3.2. Evaluación del entorno vial

3.2.1 Revisión de manuales

En esta tesis se evaluará la seguridad nominal junto con la revisión de manuales de diseño; sin embargo, la prioridad será la seguridad sustantiva y percepción de seguridad vial, pues este trabajo está enfocado en mejorar las condiciones de seguridad vial de todos los usuarios y los manuales de diseño se enfocan mayormente en los vehículos, además de no garantizar que su cumplimiento evita las muertes por siniestros viales (Dextre,2010). Los manuales que se revisarán serán de seguridad vial, diseño urbano y de accesibilidad, tales como “metodología para el desarrollo de Auditorías e inspecciones de seguridad vial para Colombia en proyectos de infraestructura vial (MTC, 2021), “Plan de Movilidad Urbana de Miraflores 2017 – 2020 (Gerencia de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente)” , “ Manual de diseño urbano (Guía NACTO,2013) ,“ Manual de diseño para bicicletas (Guía NACTO,2013) , Manual de criterios de diseño de infraestructura ciclo-inclusiva y guía de circulación del ciclista (2017) y “Manual de diseño accesible-diseño urbano y arquitectónico para personas con discapacidad (Huerta,2007)”, “Manual de accesibilidad universal (Boudeguer y Squella, 2010) ,ROAD SAFETY TOOLKIT (2022) , Guía para el diseño e implementación de inversiones en vías locales (VIVIENDA) y manual de señalización vial de Colombia (2015).

3.2.2 Ubicación y descripción del lugar

Se proporcionarán las razones detrás de la selección de la zona de estudio, y se la ubicará geográficamente en Google Earth para obtener información sobre el distrito y la ciudad donde se encuentra. Se identificará el tipo de intersección, así como las vías principales y secundarias. Se contabilizarán los carriles, medianas, pasos peatonales, semáforos, entre otros, tanto durante la visita en campo como a través de Google Earth. Durante la visita a la intersección, se registrarán en una agenda las características relevantes, como zonas residenciales y comerciales, que indiquen un alto flujo de población.



Figura 10: Google Earth

Fuente: Cosmos (2017)

3.2.3 Identificación del comportamiento vehicular y peatonal

En primer lugar, se realizará una observación no participante junto con una libreta de notas en múltiples escenarios de día y de noche como indica la metodología. Se identificará los tipos de usuarios que transitan en el lugar, principalmente niños, adultos mayores y discapacitados. Luego, se observará el comportamiento peatonal y sus diversas actividades en la zona, tales como la caminata, paseos con vehículos de movilidad personal, comercio ambulante, etc. Del mismo modo, se identificarán sus comportamientos al cruzar las aceras, sus interacciones con el semáforo y si presentan alguna dificultad en su movilidad. En segundo lugar, con respecto al comportamiento vehicular, se realizará el mismo procedimiento de observación para verificar exceso de velocidad e incumplimientos de las reglas de tránsito.

3.2.4 Exploración de las percepciones de inseguridad vial con quince entrevistas no probabilísticas

Se realizó quince entrevistas de forma individual y presencial mediante un enfoque no probabilístico para explorar sus percepciones en relación con el estado actual de la intersección. Las preguntas se visualizan en el anexo E. La elección de los entrevistados consistió en usuarios disponibles en la zona de estudio y se escogió una muestra no probabilística de quince personas, seleccionados por conveniencia, y con los siguientes criterios de inclusión: residir o frecuentar en la intersección de la avenida Los Chancas-Ruiseñores y expresar interés en participar en la investigación firmando el protocolo de consentimiento, el cual se puede evidenciar en el anexo H. Al final de cada pregunta se le asignará un puntaje a cada categoría, en donde cinco es la máxima nota y cero es la mínima.

3.2.5 Inspección de seguridad vial

En esta etapa se aplicó parte de la metodología de la guía técnica de auditorías e inspecciones de seguridad vial para Colombia (2020) con las herramientas lista de chequeo y lista de hallazgos adaptados de ese mismo manual. En primer lugar, se solicitó información a la Municipalidad de Santa Anita acerca de registros de fallecimientos o accidentes de tránsito en el lugar de estudio con la finalidad de evaluar la seguridad sustantiva. Además, se invocó brindar información de planos, aforos vehiculares e inspecciones de seguridad recientes. Luego se elaboró la estructura de la lista de chequeo basada en la observación no participante para identificar aspectos como señalización, iluminación, uso del suelo del área circulante, zonas escolares, tráfico, etc. Con toda la información anterior, se realizó la lista de hallazgo de inseguridad vial junto, con fotografías tomadas con un dispositivo móvil, un mapa de obstáculos y su respectiva evaluación del riesgo. Para este accionar se utilizó el método de la matriz probabilidad con valores numéricos del nivel de deficiencia ND (ver tabla 3) y el nivel de exposición NE (ver tabla 4), basados en la visita de campo realizada.

Tabla 3*Nivel de deficiencia (ND)*

| Nivel de deficiencia / Valor de ND | Significado |
|------------------------------------|---|
| Muy alto (MA) / 10 | Se detectó la posibilidad de siniestros viales fatales o la inexistencia de medidas preventivas frente a ello, o ambos. |
| Alto (A) / 6 | Se detectó la posibilidad de accidentes no fatales o la eficacia de las medidas preventivas frente a ello es moderada, o ambos. |
| Medio (M) / 2 | Se detectó la posibilidad de accidentes de tránsito sin víctimas o la eficacia de las medidas preventivas frente a ello es baja, o ambos. |

Fuente: Adaptado de Agencia Nacional de Seguridad Vial (2021).

Tabla 4*Nivel de exposición (NE)*

| Nivel de exposición / Valor de NE | Significado |
|-----------------------------------|---|
| Continua (EC) / 4 | NE ocurre sin interrupción o demasiadas veces con tiempo prolongado durante el día. |
| Frecuente (EF) / 3 | NE es recurrente durante el día en tiempos no prolongados. |
| Ocasional (EO) / 2 | NE sucede algunas veces en el día y en tiempos no prolongados. |
| Esporádica (EE) / 1 | NE sucede de manera eventual. |

Fuente: Adaptado de Agencia Nacional de Seguridad Vial (2021).

En segundo lugar, se estimará el nivel de probabilidad multiplicando los valores de ambas tablas de la siguiente manera

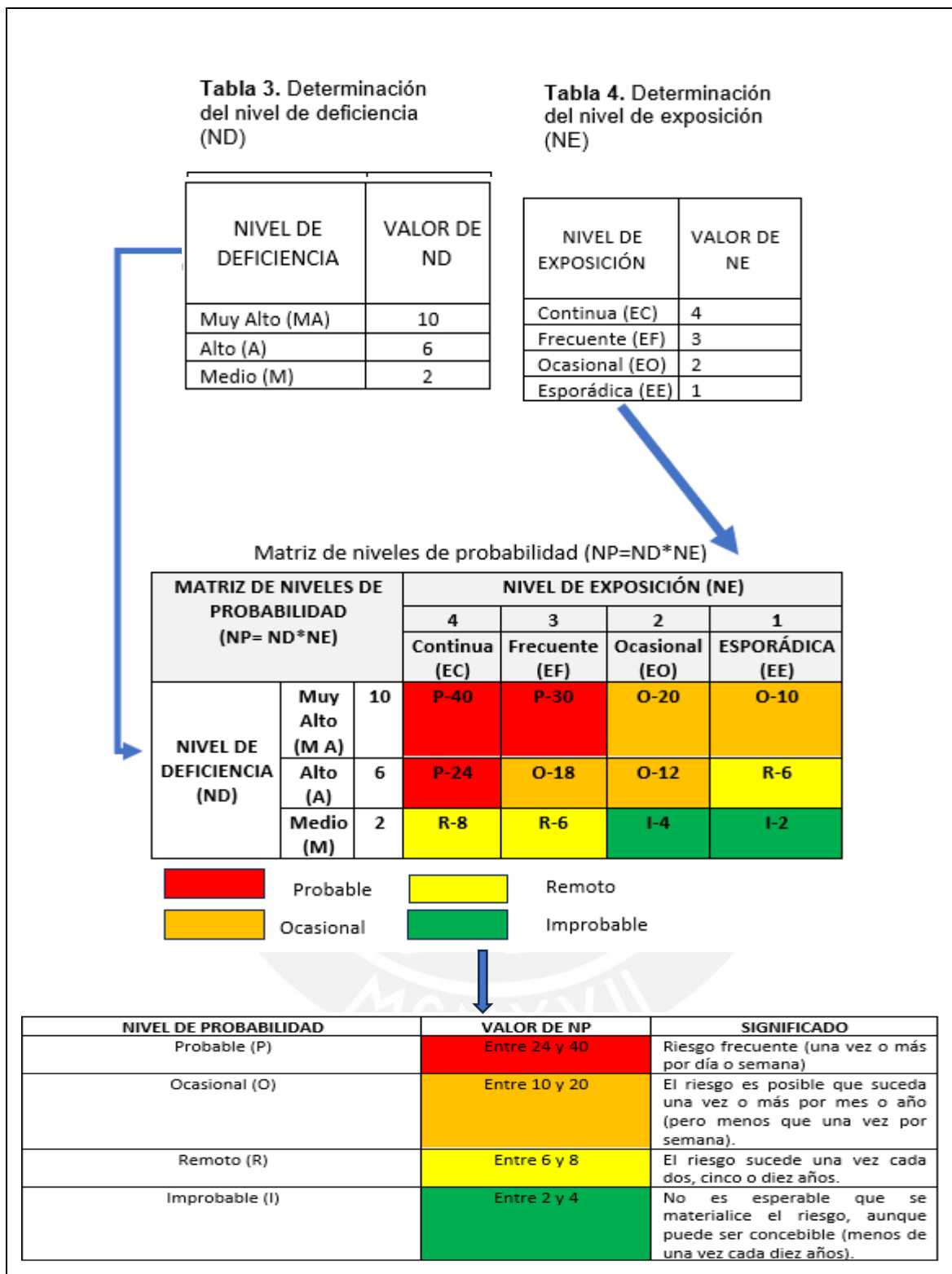


Figura 11: Esquema del primer procedimiento a seguir para la evaluación del riesgo

Fuente: Adaptado de Agencia Nacional de Seguridad Vial (2021).

Luego, se evaluará el nivel de consecuencia según las consideraciones de la tabla 5:

Tabla 5*Nivel de consecuencias (NC)*

| Nivel de consecuencia (NC) / Valor de NC | Descripción | CONSIDERACIONES |
|---|--|--|
| Crítico (C) / 100 | Probable muerte en cantidad | <ul style="list-style-type: none"> • Choques por excesiva velocidad • Diversos autos afectados y transporte de combustible involucrado • Choque dentro de un túnel o encima del puente. |
| Alto (A) / 50 | Posible muerte y/o consecuencias graves que integran la salud física | <ul style="list-style-type: none"> • Choques por alta o mediana velocidad • Choque con la propiedad pública • Usuarios vulnerables de la zona con consecuencias físicas |
| Moderado (M) / 25 | Posibles heridos | <ul style="list-style-type: none"> • Choques por mediana velocidad • Caídas de ciclistas o motociclistas por mediana velocidad • Choque simple por el diseño de la vía |
| Leve (L) / 10 | Posibles daños materiales | <ul style="list-style-type: none"> • Choques por baja velocidad • Caídas de ciclistas o motociclistas por baja velocidad • Choque simple por algún objeto empotrado |

Fuente: Adaptado de Agencia Nacional de Seguridad Vial (2021).

Finalmente se obtiene el nivel de riesgo multiplicando el nivel de probabilidad y el nivel de consecuencia:

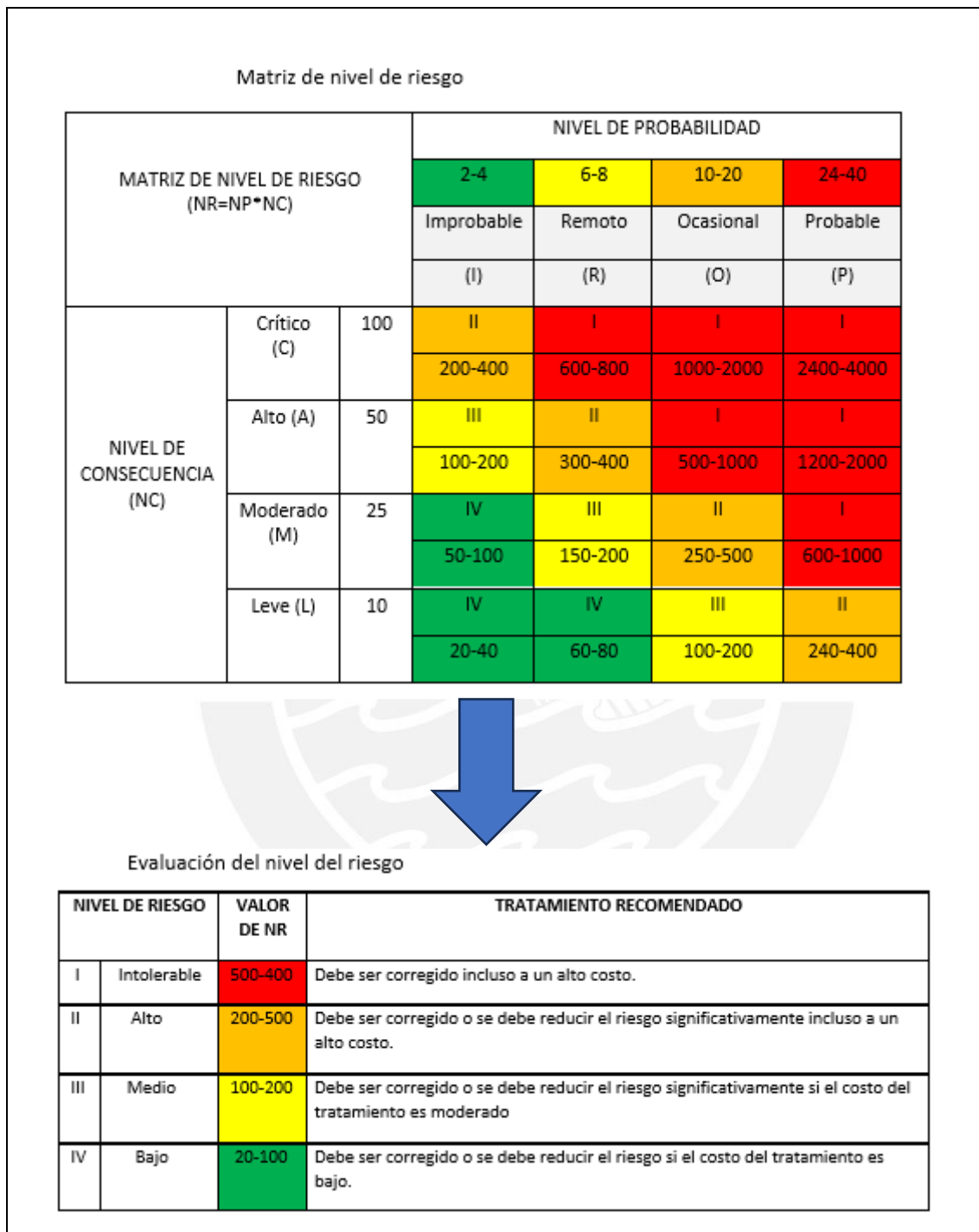


Figura 12: Esquema del segundo procedimiento a seguir para la evaluación del riesgo

Fuente: Adaptado de Agencia Nacional de Seguridad Vial (2021).

3.3 Recolección de datos para la construcción del modelo en el software VISSIM-VISWALK

3.3.1 Geometría

Se obtuvieron mediciones de Google Earth (ver figura 13), las cuales se complementaron con mediciones en campo con cinta métrica. Este enfoque se empleó para afinar los cálculos como una aproximación a un levantamiento topográfico que es lo adecuado para un proyecto real. Se midió el largo y ancho de los carriles, aceras, cruces peatonales, mediana, además de los radios de curvatura. Posteriormente, se elaboró un plano en AutoCAD 2022 de la situación actual, el cual será exportado al software VISSIM-VISWALK 2022.

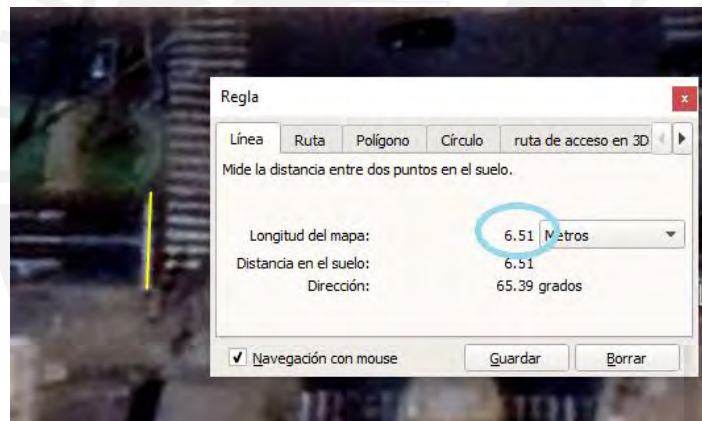


Figura 13: Medición del lugar de estudio en Google Earth

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Flujo peatonal y vehicular

Se contabilizó a los usuarios y a los vehículos mediante filmaciones de 30 minutos en 2 días distintos con el apoyo de un dron. Esta acción se realizó el miércoles 1 de agosto y jueves 2 del mismo mes del año 2023. Se escogió un punto de referencia en el video para apuntar la cantidad total de vehículos y peatones por hora con la finalidad de realizar las líneas de deseo peatonal (ver figura 14) y el flujograma en veh/h de la intersección (ver figura 14). Además, en micro simulación, la extensión del periodo de análisis depende del proyecto. En esta tesis,

el periodo fue de 4 a 4:30 pm, pues el autor de esta tesis es un usuario frecuente del lugar y se conoce que el periodo con más flujo vehicular se produce a partir de las 4pm.



Figura 14: Líneas de deseo peatonal

Fuente: propia



Figura 15: Flujo de la intersección avenida Los Chancas con la avenida Ruiseñores

Fuente: propia

3.3.3 Tiempo del semáforo

Se contabilizó el tiempo en verde, ámbar, rojo, fases y el ciclo semafórico con un cronómetro; esto se realizó 3 veces para una mayor precisión. Es importante resaltar que no se miró

directamente del contador, pues puede estar malogrado o descalibrado; es decir, el tiempo puede ser falso. Finalmente, los tiempos se ingresaron al programa para obtener el diagrama de fases como en el ejemplo de la figura 16.

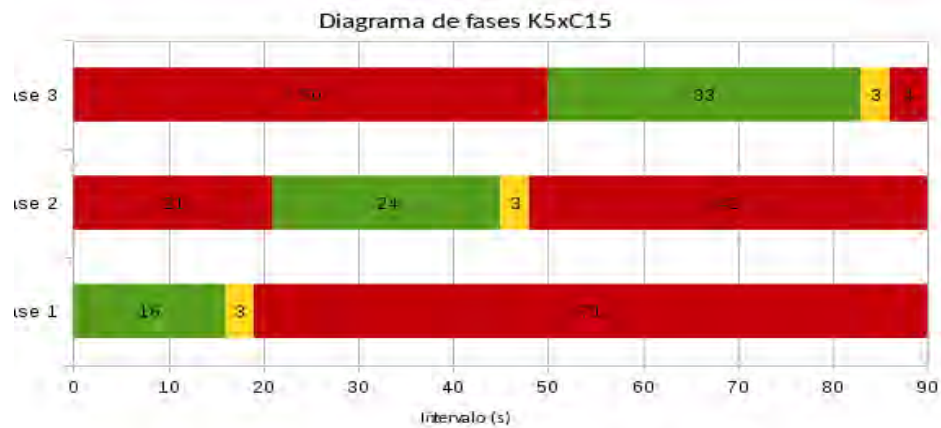


Figura 16: Ejemplo de tiempos del semáforo de 3 fases y un ciclo de 90 segundos

Fuente: Doble vía (2015)

3.3.4 Data para calibrar y validar

El parámetro de eficiencia para calibrar y validar varía según el tipo de proyecto. En esta tesis, cuyo objetivo es mejorar las condiciones de seguridad vial, el parámetro más relevante sería la velocidad de tipo instantánea. Sin embargo, debido a limitaciones económicas, no fue posible obtener una pistola de velocidad, por lo que se utilizó el tiempo de viaje como MOE (Medida de Efectividad Operativa) en su lugar, pues de esta manera se mide la velocidad de forma indirecta y con velocidad constante. Para recopilar datos, se realizó la medición del tiempo de viaje en un tramo de la vía principal.

Estas mediciones se efectuaron el mismo día en que se registrarán los flujos peatonales y vehiculares con el dron. Esto se hace para evitar la mezcla de información de diferentes días, ya que ambos escenarios son particulares y deben evaluarse de manera independiente. Posteriormente, la validación de los datos se llevó a cabo en un día diferente, y se siguió el mismo procedimiento y evaluación de los mismos tramos que en la calibración. De esta manera, se aseguró la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos en el estudio.

3.4 Construcción del modelo actual en el software VISSIM-VISWALK

Se representó la intersección actual de la avenida mediante un modelo en el software VISSIM – VISWALK 2022 con todos los datos recolectados. En primer lugar, se verificó las opciones del mouse y unidades en la opción “Base Data”, luego se insertó la imagen en formato jpg con la opción “Background” y posteriormente se centró y escaló según las medidas halladas en campo. En segundo lugar, con la opción “Links” se creó la vía principal y secundaria, y se editó según los datos de la geometría y el radio de curvatura. Posteriormente, se insertó la composición vehicular con las opciones “Vehicle Compositions” y “Vehicle Inpu” y se colocó zonas de velocidad reducida con la opción “Reduced Speed Area” para simular la velocidad en los giros; además, se colocó la información de los semáforos en la red con la opción “Signal Controllers”.

En tercer lugar, se iteró con las opciones “Conflict Areas”, “Priority Rules” u otros con la finalidad de representar el comportamiento vehicular de la intersección en el software. En lo que respecta VISWALK, se realizó un procedimiento similar: creación de veredas, áreas de aparición peatonal y su respectiva composición. Luego, se corrió el programa con un periodo de estabilización de 600 segundos y un mínimo de veces según lo hallado con la ecuación 2 y 3; se calibró según el parámetro de la velocidad y los resultados obtenidos se copiaron en un Excel y se le aplicó una prueba de hipótesis para comparar los datos de campo y los de simulación. Finalmente, se realizó el mismo procedimiento para la validación, pero con nuevos datos.

3.5 Propuestas de mejora

A partir de aplicar parte de la metodología de la inspección de seguridad vial con las listas de chequeo y hallazgos, así como la realización de las 15 entrevistas no probabilísticas y la caracterización del nivel de riesgo se propuso mejoras en base a manuales urbanos y de accesibilidad. Las propuestas son en base a un diseño de intersección segura; en ese sentido, se propuso eliminar la rampa del acceso A, mejorar los paraderos, formalizar los estacionamientos para mototaxis y motocicletas, modificar las rampas a todo el ancho, instalación de ciclovías,

islas de refugio, tachos de basura, vallas de seguridad y señalización. Además de la propuesta de semaforización.

3.6 Construcción del modelo con las propuestas de mejora en el software VISSIM-VISWALK

Este apartado es una combinación del ítem 3.4 y 3.5, ya que todas las propuestas se llevaron al software y se crearon los objetos 3D en SketchUp. El procedimiento fue similar al ítem 3.4, con la diferencia de que la red ya está creada y solo se añadió las mejoras en base al ítem 3.5.

4.CAPÍTULO 4: RESULTADOS

4.1 Caso de estudio

4.1.1 Ubicación y descripción del lugar

La intersección se ubica entre la avenida Los Chancas (vía secundaria) y la avenida Ruiseñores (vía principal) en el distrito de Santa Anita (ver figura 18). Consta de 4 carriles en ambas vías, separados en dos partes en los extremos de la mediana.

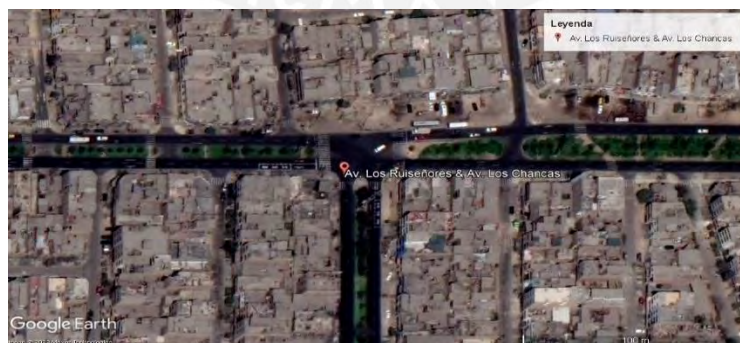


Figura 17:Ubicación del lugar

Fuente: Google Earth

En cuanto a las características del entorno, cerca de la zona de estudio existe la presencia de zonas residenciales y comerciales: en la vía de la avenida Ruiseñores se identificaron farmacias, restaurantes, ferreterías, casas de apuestas, servicios de odontología, mecánica automotriz y de internet, el cual indica un gran flujo peatonal. Del mismo modo en la vía de la avenida Los Chancas se encontraron los mismos servicios, con excepción de los servicios de odontología; además, se observa un grifo frecuentado, el cual indica un gran flujo vehicular (ver figura 18).

Zonificación

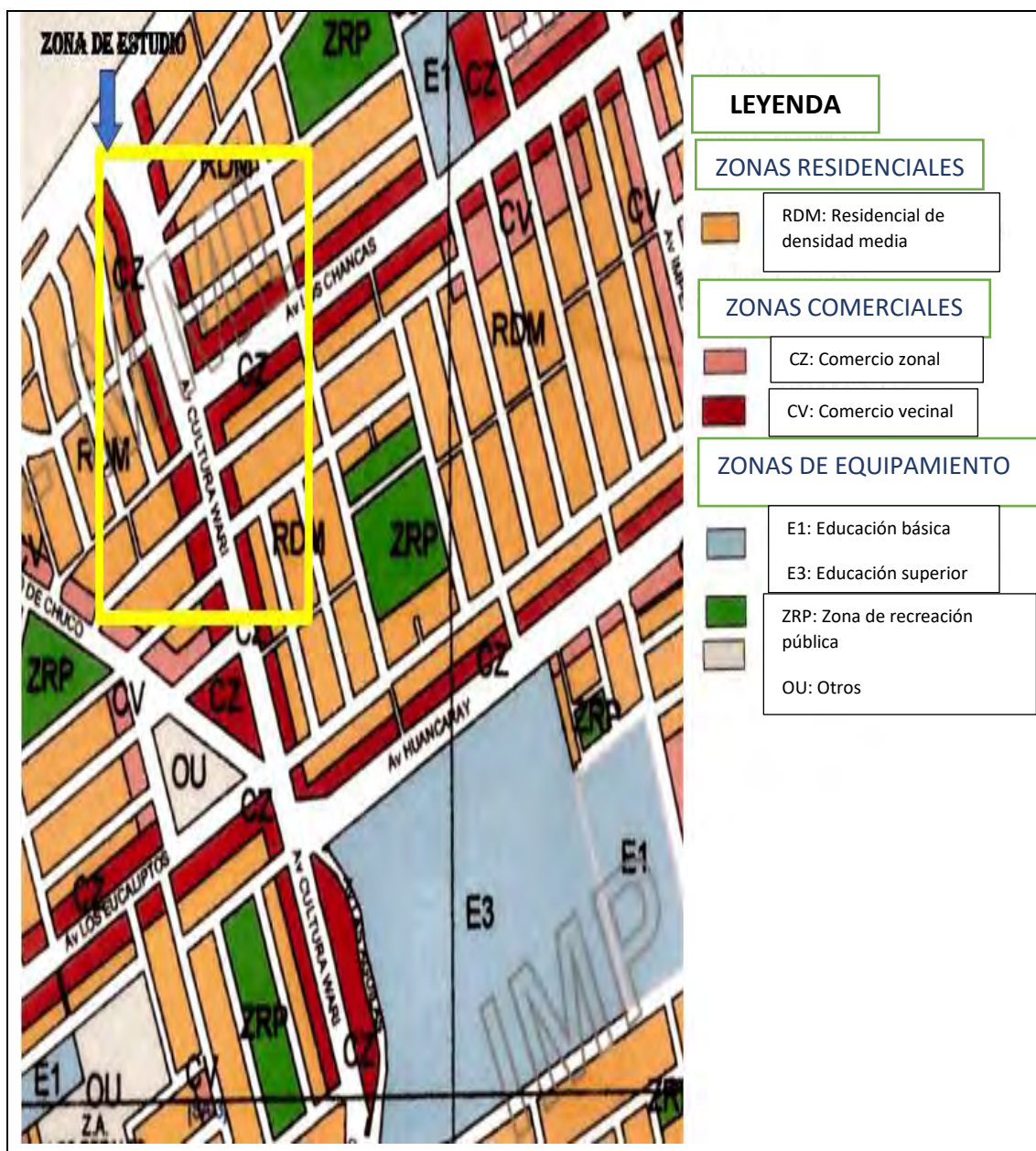


Figura 18: Zonificación de la zona de estudio

Fuente: Adaptado del plano de zonificación y uso del suelo de la Municipalidad distrital de Santa Anita (2023)

4.1.2 Geometría

La geometría actual de la zona cuenta con los cortes C-C, A-A y B-B cuyos gráficos se muestran en la figura 20,21 y 22 respectivamente.

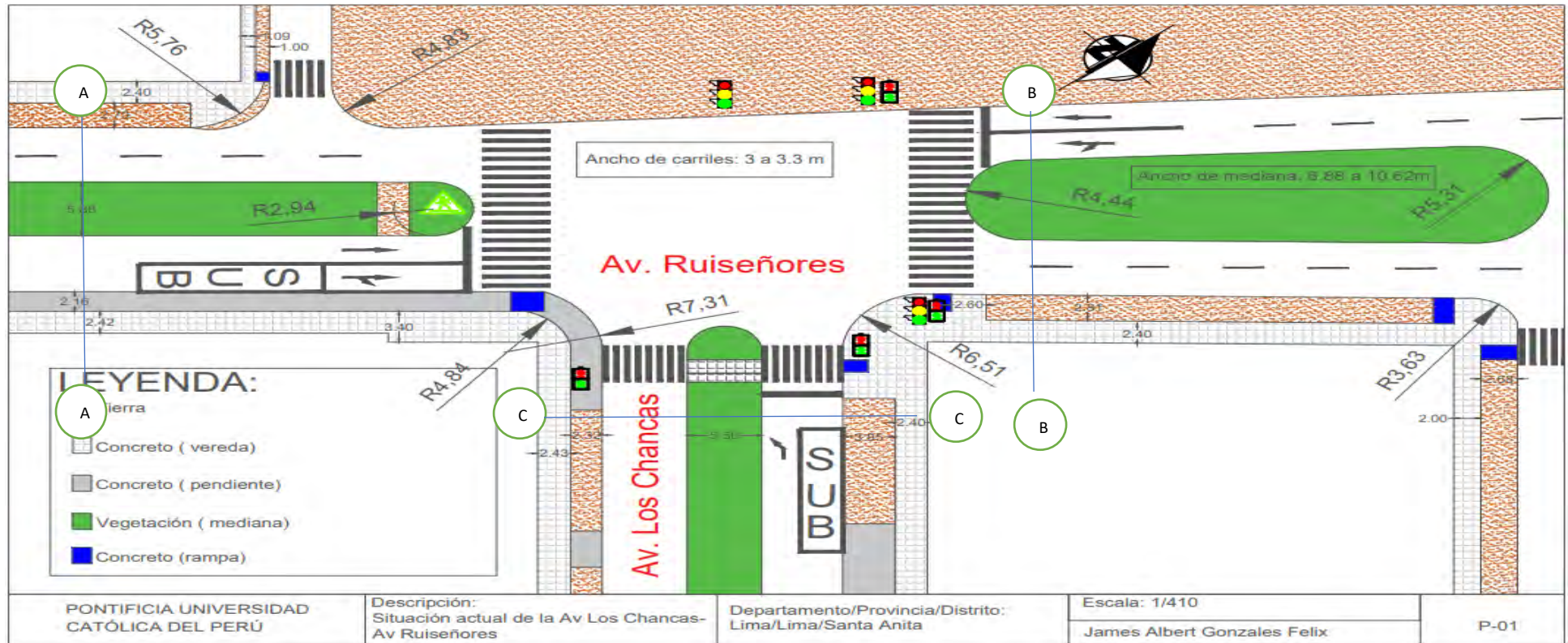


Figura 19: Geometría de la situación actual

Fuente: Elaboración propia

Espacio público de la Av. Los Chancas (Corte C-C)



Figura 20:Espacio público de la Av. Los Chancas

Fuente: Elaboración propia

Espacio público de la Av. Ruiseñores (Corte A-A)

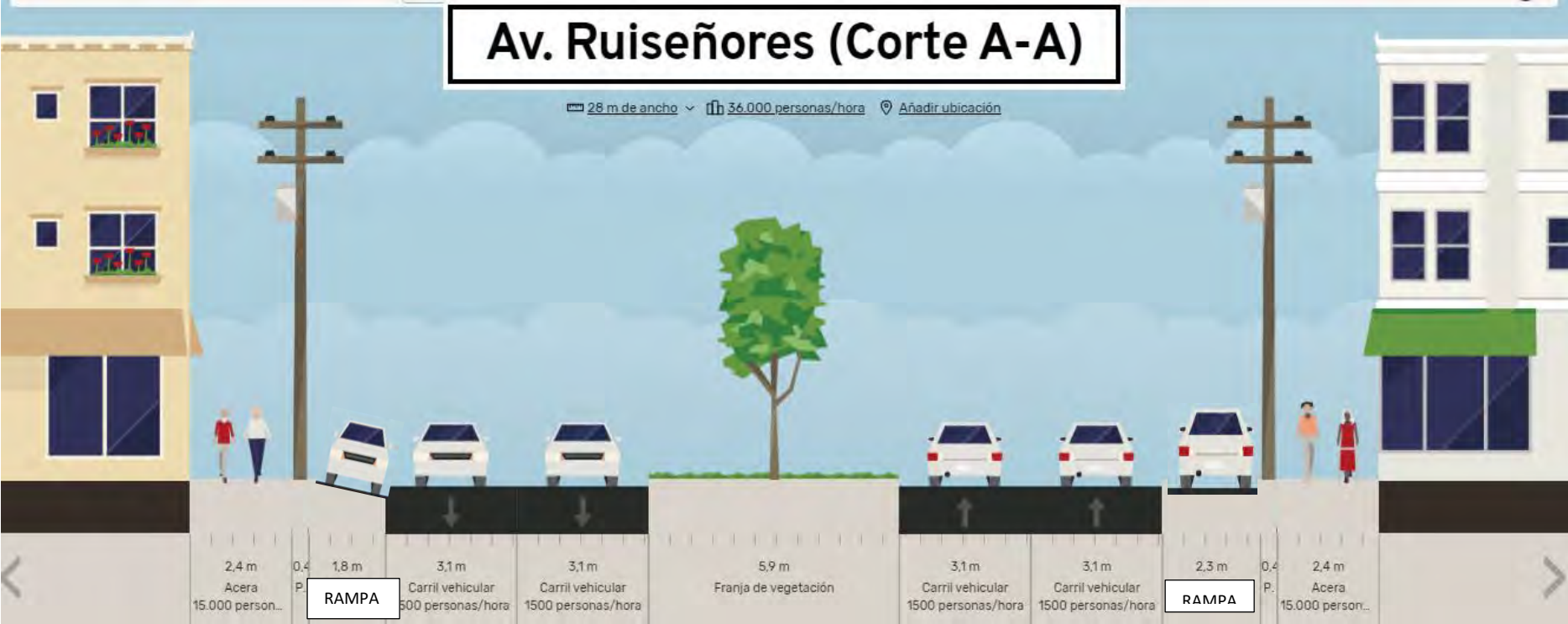


Figura 21:Espacio público de la Av. Ruiseñores

Fuente: Elaboración propia

Espacio público de la Av. Ruiseñores (Corte B-B)

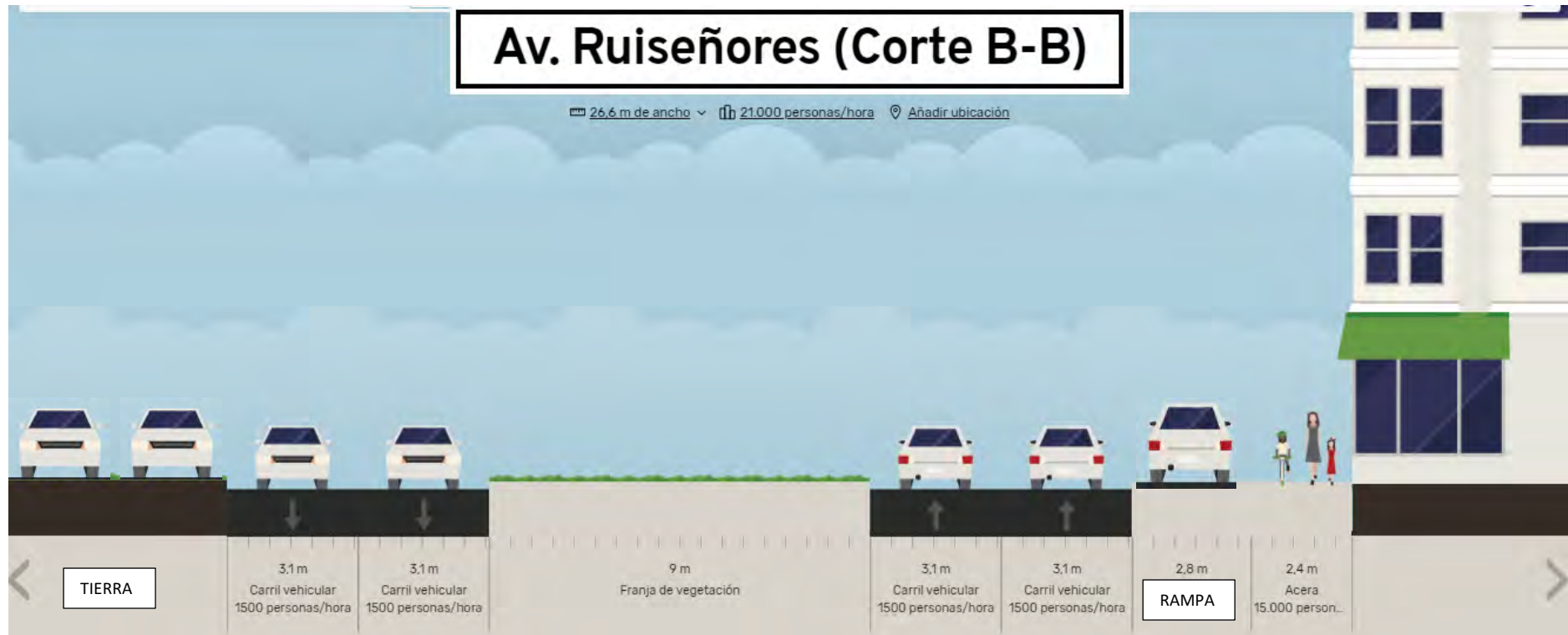


Figura 22:Espacio público de la Av. Ruiseñores

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Flujograma vehicular

En la siguiente figura, se muestran los grupos de movimiento por acceso.



Figura 23: Sentidos A, B y C

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del aforo vehicular (veh/ hora) de cada acceso se muestran a continuación

Tabla 6

Aforo para el sentido A

| Sentidos | Automóvil | Buses | Combi | Camión liviano | Camión | Moto- Taxi | Moto- lineal | Bicicleta | Furgoneta | Total | Total (%) | |
|----------|-----------|-------|-------|----------------|--------|------------|--------------|-----------|-----------|-------|-----------|--|
| | | | | | | | | | | | | |
| A1 | 80 | 0 | 2 | 0 | 6 | 2 | 12 | 4 | 0 | 106 | 26% | |
| A2 | 82 | 90 | 62 | 0 | 4 | 28 | 28 | 6 | 0 | 300 | 74% | |
| A3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0% | |
| | 164 | 90 | 64 | 0 | 10 | 30 | 40 | 10 | 0 | 408 | 100% | |
| | 40% | 22% | 16% | 0% | 2% | 7% | 10% | 2% | 0% | 100% | | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7

Aforo para el sentido B

| Sentidos | Automóvil | Buses | Combi | Camión liviano | Camión | Moto- Taxi | Moto- lineal | Bicicleta | Furgoneta | Total | Total (%) | |
|------------------|-----------|-------|-------|----------------|--------|------------|--------------|-----------|-----------|-------|-----------|--|
| | | | | | | | | | | | | |
| B1 | 122 | 2 | 0 | 0 | 22 | 14 | 14 | 4 | 10 | 188 | 37% | |
| B2 | 206 | 14 | 6 | 2 | 18 | 36 | 38 | 0 | 4 | 324 | 63% | |
| B3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% | |
| Total | 328 | 16 | 6 | 2 | 40 | 50 | 52 | 4 | 14 | 512 | 100% | |
| Total (%) | 64% | 3% | 1% | 0% | 8% | 10% | 10% | 1% | 3% | 100% | | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8

Aforo para el sentido C

| Sentidos | Automóvil | Buses | Combi | Camión liviano | Camión | Moto-Taxi | Moto-lineal | Bicicleta | Furgoneta | Total | Total (%) |
|------------------|-----------|-------|-------|----------------|--------|-----------|-------------|-----------|-----------|-------|-----------|
| C1 | 204 | 112 | 68 | 2 | 14 | 42 | 38 | 8 | 2 | 490 | 69% |
| C2 | 106 | 30 | 0 | 2 | 18 | 24 | 10 | 2 | 18 | 210 | 29% |
| C3 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 12 | 2% |
| Total | 318 | 142 | 68 | 4 | 32 | 70 | 48 | 10 | 20 | 712 | 100% |
| Total (%) | 45% | 20% | 10% | 1% | 4% | 10% | 7% | 1% | 3% | 100% | |

Fuente: Elaboración propia

Se observa que los giros en u de A3, B3 y C3 representaron menos del 4%, por lo tanto, no se incluirán en la modelación en VISSIM, además de los camiones y furgonetas. Sin embargo, sí se incluirá a la bicicleta, pues el objetivo de esta tesis incluye a este tipo de usuarios.

4.1.4 Flujograma peatonal

En la siguiente figura, se muestran las líneas de movimiento de los usuarios de la intersección.



Figura 24: Líneas de movimiento

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se muestra el aforo peatonal.

Tabla 9

Aforo peatonal

| O/D | 1 | 2 | 3 | 4 | 1' | 2' | 3' | 4' |
|-----|----|---|----|----|----|----|----|----|
| 1 | | | 2 | 20 | | | | |
| 2 | | | 22 | 12 | | | | |
| 3 | | 8 | | 76 | | | | |
| 4 | 14 | | 34 | | | | | |
| 1' | | | | | | | | 10 |
| 2' | | | | | | | 18 | |
| 3' | | | | | | 10 | | |
| 4' | | | | | 18 | | | |

Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Tiempos y fases semafóricas

Se observan 2 fases semafóricas: la fase 1 cuenta con 2 grupo de movimiento, mientras que la fase 2, con uno.



Figura 25: Grupos de movimiento

Fuente: Elaboración propia

Los tiempos y ciclo de la fase 1 son los siguientes (ver figura 26):

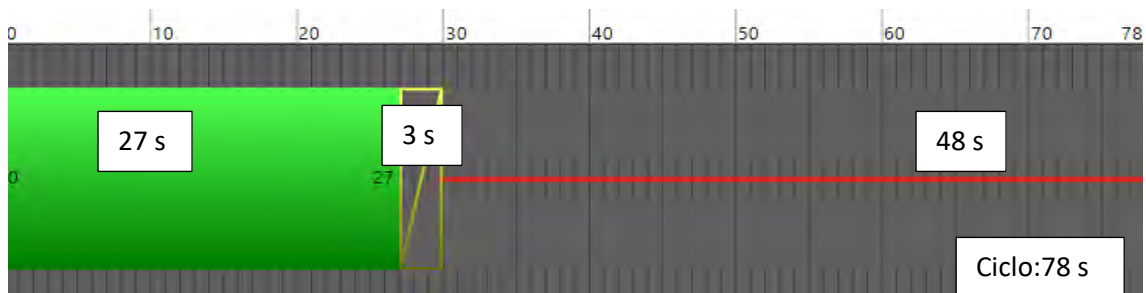


Figura 26: Fase 1

Fuente: Elaboración propia

Los tiempos y ciclo de la fase 2 son los siguientes (ver figura 27):

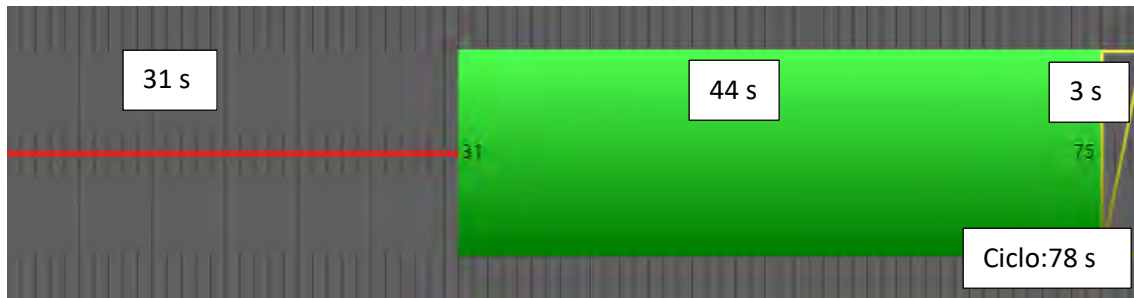


Figura 27:Fase 2

Fuente: Elaboración propia

4.1.6 Tiempos de viaje de campo

De ambas grabaciones con el dron (día 1 y día 2), se contaron los tiempos de viaje de diecisiete vehículos en una distancia de setenta metros (ver figura 28).



Figura 28:Distancia para el tiempo de viaje

Fuente: Elaboración propia

Luego, se halló la media y la desviación estándar de los tiempos de viaje de ambos días de grabación, cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 10*Tiempos de viaje en segundos*

| Número | Datos de campo (1ra grabación) | Datos de campo (2da grabación) |
|--------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 8.54 | 8.83 |
| 2 | 9.02 | 8.06 |
| 3 | 8.65 | 9.43 |
| 4 | 9.02 | 9.9 |
| 5 | 8.56 | 9.95 |
| 6 | 9.02 | 8.02 |
| 7 | 9.36 | 8.99 |
| 8 | 9.49 | 8.37 |
| 9 | 9.43 | 8.42 |
| 10 | 9.82 | 9.02 |
| 11 | 8.74 | 8.6 |
| 12 | 9.45 | 8.28 |
| 13 | 9.44 | 8.59 |
| 14 | 8.42 | 9.44 |
| 15 | 9.34 | 8.66 |
| 16 | 9.22 | 8.27 |
| 17 | 8.86 | 9.3 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11*Media y desviación estándar de los tiempos de viaje*

| | 1ra grabación | 2da grabación |
|-------------------------|------------------|------------------|
| Media (X) | 9.05 | 8.83 |
| Desviación estándar (S) | 0.368 | 0.60 |

Fuente: Elaboración propia

Luego se verificó si el tamaño de muestras de campo es óptimo con la ecuación 3 planteada en el capítulo 2:

$$N_{min} = ((t\alpha) * \frac{S}{e * x})^2 = (2.1199 * \frac{0.368}{0.05 * 9.05})^2 = 3$$

Lo mismo se realizó con los datos del día 2 y el número resultó 8.35. Entonces, como el tamaño de campo (17) es mayor al número que se obtuvo de la ecuación 3, se concluye que el número de muestra de campo fue suficiente en ambos días.

4.1.7 Creación del modelo actual en VISSIM-VISWALK 2022

Se representó la zona de estudio mediante un modelo en el software VISSIM – VISWALK 2022 con todos los datos recolectados. Es importante resaltar que hasta el momento no se han incorporado los elementos en 3D de SketchUp, ya que esto ralentiza el proceso de calibración y validación. A continuación, se mostrará el modelo creado en planta y en vista 3D.

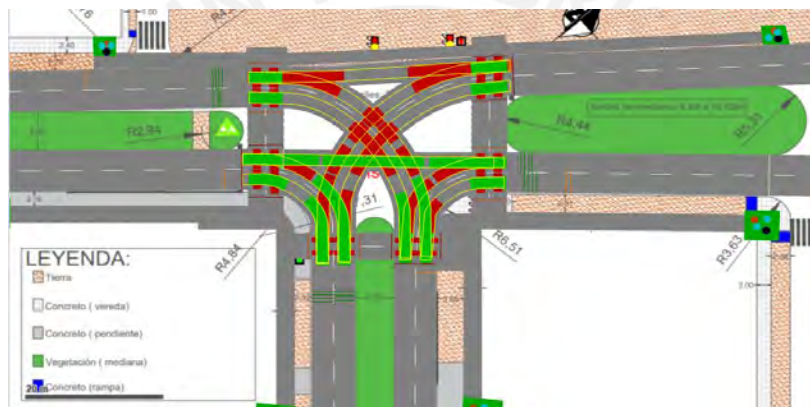


Figura 29: Vista en planta del modelo creado de la avenida Los Chancas-Ruiseñores

Fuente: Elaboración propia

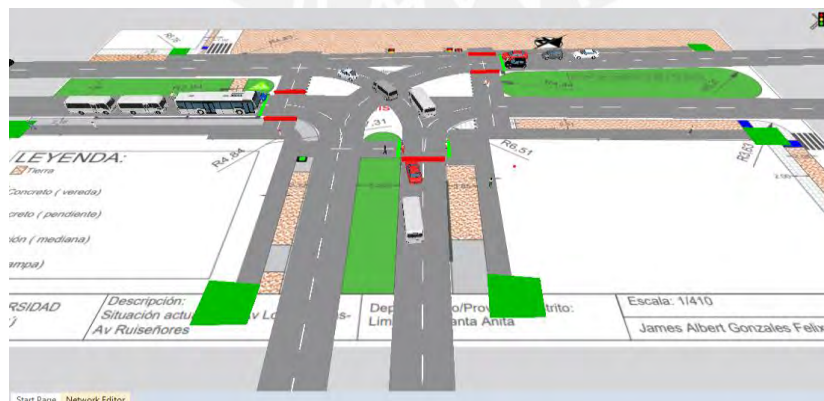


Figura 30: Vista en 3D del modelo creado de la avenida Los Chancas-Ruiseñores

Fuente: Elaboración propia

4.1.8 Resultado de la calibración y validación

En primer lugar, después de crear el modelo, se procede con el proceso de calibración. Para ello se ajustaron los parámetros de Wiedeman 74, los cuales para esta situación fueron los siguientes: ax es igual a 1, bx_add es igual a 2 y bx_mult es igual a 2. Luego, se extrajeron los resultados del software a un Excel y se realizó la prueba T.N entre los tiempos de viaje recolectado de campo y los tiempos de viaje del VISSIM-VISWALK. con la finalidad de que el pvalue sea mayor a 0.05 (ver tabla 12).

Tabla 12

Calibración

| Corrida | Tiempos de viaje (campo) | Tiempos de viaje (software) |
|---------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1 | 8.54 | 8.866407 |
| 2 | 9.02 | 8.979369 |
| 3 | 8.65 | 9.511608 |
| 4 | 9.02 | 8.906638 |
| 5 | 8.56 | 9.13917 |
| 6 | 9.02 | 9.369924 |
| 7 | 9.36 | 9.027892 |
| 8 | 9.49 | 9.156705 |
| 9 | 9.43 | 9.103917 |
| 10 | 9.82 | 9.113186 |
| 11 | 8.74 | 8.784798 |
| 12 | 9.45 | 8.75819 |
| 13 | 9.44 | 8.913807 |
| 14 | 8.42 | 9.217816 |
| 15 | 9.34 | 9.122894 |
| 16 | 9.22 | 9.861283 |
| 17 | 8.86 | 8.689918 |
| X | 9.056 | 9.09 |
| S | 0.368 | 0.292 |
| N | 2.97 | 1.86 |
| Pvalue | | 0.773 |

Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, con el mismo modelo y procedimiento, pero con los valores recolectados en el segundo día, se corre el programa y se procede con el proceso de validación. (ver tabla 13).

Tabla 13*Validación*

| Corrida | Tiempo de viaje (campo) | Tiempo de viaje (software) |
|---------------|-------------------------|----------------------------|
| 1 | 8.83 | 8.708792 |
| 2 | 8.06 | 9.062517 |
| 3 | 9.43 | 8.803664 |
| 4 | 9.9 | 8.681907 |
| 5 | 9.95 | 9.200786 |
| 6 | 8.02 | 8.917437 |
| 7 | 8.99 | 8.64293 |
| 8 | 8.37 | 8.827703 |
| 9 | 8.42 | 8.937236 |
| 10 | 9.02 | 8.724886 |
| 11 | 8.6 | 8.666367 |
| 12 | 8.28 | 8.970685 |
| 13 | 8.59 | 8.752115 |
| 14 | 9.44 | 8.657628 |
| 15 | 8.66 | 8.836329 |
| 16 | 8.27 | 8.702517 |
| 17 | 9.3 | 8.648361 |
| X | 8.831 | 8.808 |
| S | 0.602 | 0.161 |
| N | 8.352 | 0.601 |
| Pvalue | | 0.880 |

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la diferencia entre los datos de campo con los resultados de VISSIM no fueron significativas, pues el pvalue resultó mayor a 0.05; por lo tanto, está calibrado y validado.

4.2 Identificación y caracterización del nivel de riesgo y la gravedad de los potenciales accidentes

A continuación, se muestran los hallazgos según la lista de chequeo (ver anexos A y B). Además, se analizó cada caso según el nivel de riesgo (ver anexo C).

4.2.1 Comportamiento de los usuarios

Tipos de usuarios



Figura 31: Tipos de usuarios en el lugar de estudio

Fuente: Elaboración propia

Descripción del comportamiento- Hallazgos

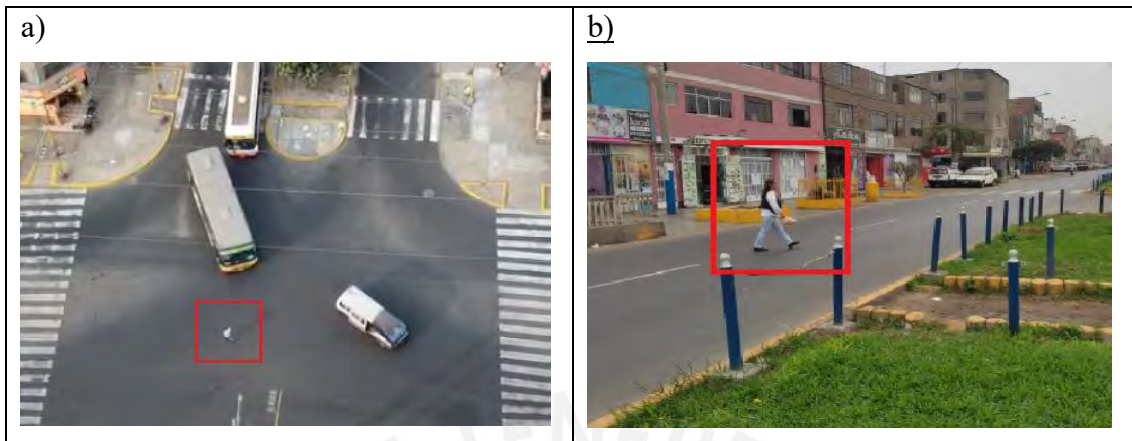


Figura 32: Hallazgo 1

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 1: Se observó peatones circulando por la calzada (a). Además, ellos optan por el camino más directo y raramente utilizan los pasos de peatones (b), debido al diseño de la vía.
- Nivel de riesgo: Intolerable
- Tratamiento sugerido: Corrección urgente incluso a un alto costo.



Figura 33: Hallazgo 2

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 2: Se pudo observar a peatones intentando anticiparse al cambio del semáforo y actúan en relación al comportamiento de terceros: “como ellos también lo hacen y no les sucede nada, a nosotros tampoco”. Además, se evidenció que no realizan una inspección visual para cruzar y aprovechan la primera oportunidad que se les presenta para hacerlo.
- Nivel de riesgo: Intolerable
- Tratamiento sugerido: Corrección urgente incluso a un alto costo.

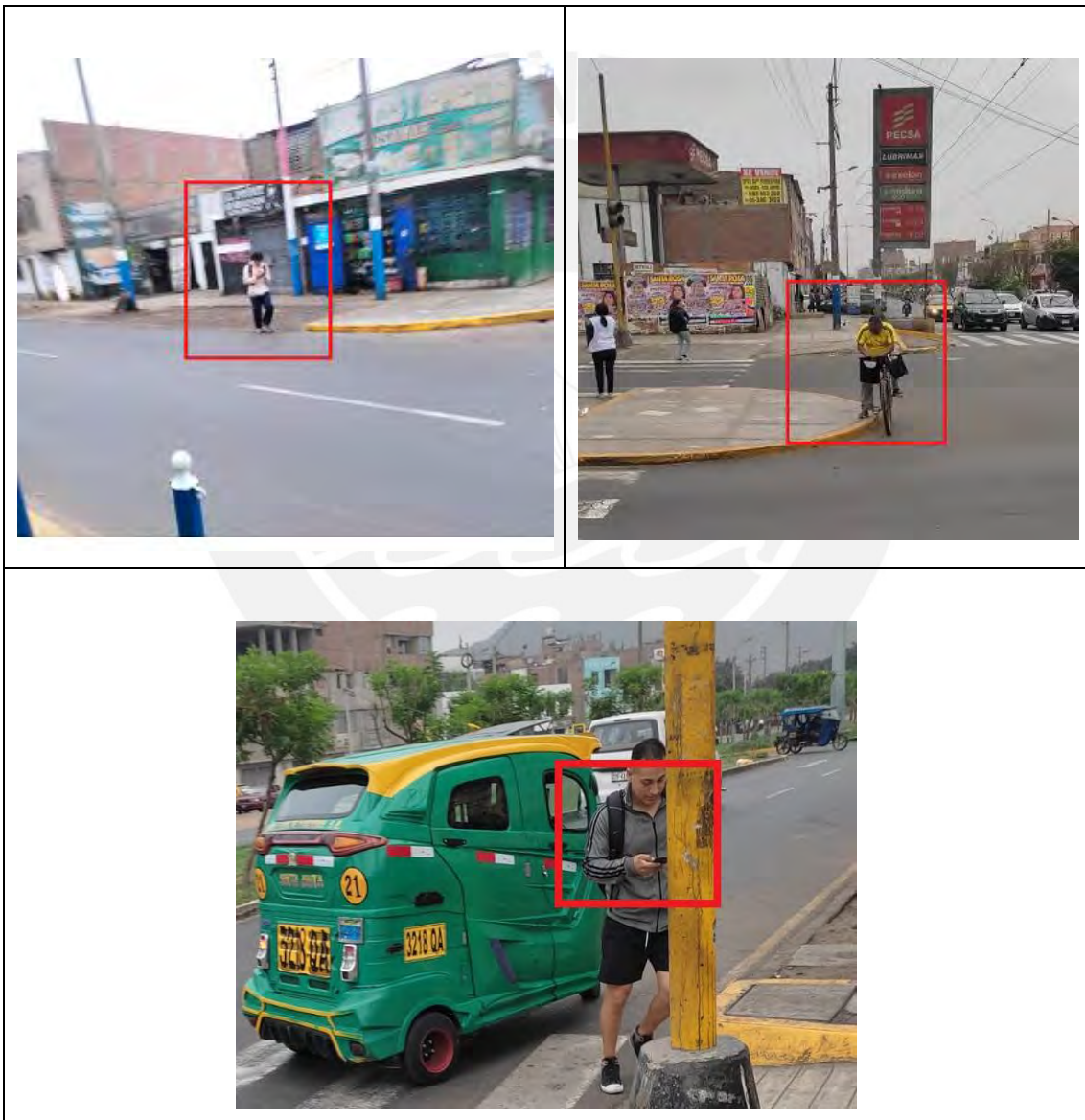


Figura 34: Hallazgo 3

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 3: Se evidenció personas y ciclistas distraídas por el celular y con audífonos cerca de la calzada.
- Nivel de riesgo: Intolerable
- Tratamiento sugerido: Corrección urgente incluso a un alto costo.



Figura 35: Hallazgo 4

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 4: La circulación de los peatones y niños se realiza cerca y al mismo nivel que la calzada
- Nivel de riesgo: Intolerable
- Tratamiento sugerido: Corrección urgente incluso a un alto costo.



Figura 36: Hallazgo 5

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 5: Se evidenció peatones acompañados con niños cruzando en medio de los vehículos detenidos y muy cerca de estos.
- Nivel de riesgo: Alto
- Tratamiento sugerido: Corrección o reducción del riesgo incluso a un alto costo



Figura 37: Hallazgo 6

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 6: Se encontraron paraderos informales en la zona de la avenida Ruiseñores. Los peatones esperan en áreas de tierra y cruzan de forma peligrosa para llegar a este sitio (a,b y c). Su acceso al transporte público es inseguro, ya que incluso suben y bajan cuando este está en movimiento (d).
- Nivel de riesgo: Alto
- Tratamiento sugerido: Corrección o reducción del riesgo incluso a un alto costo

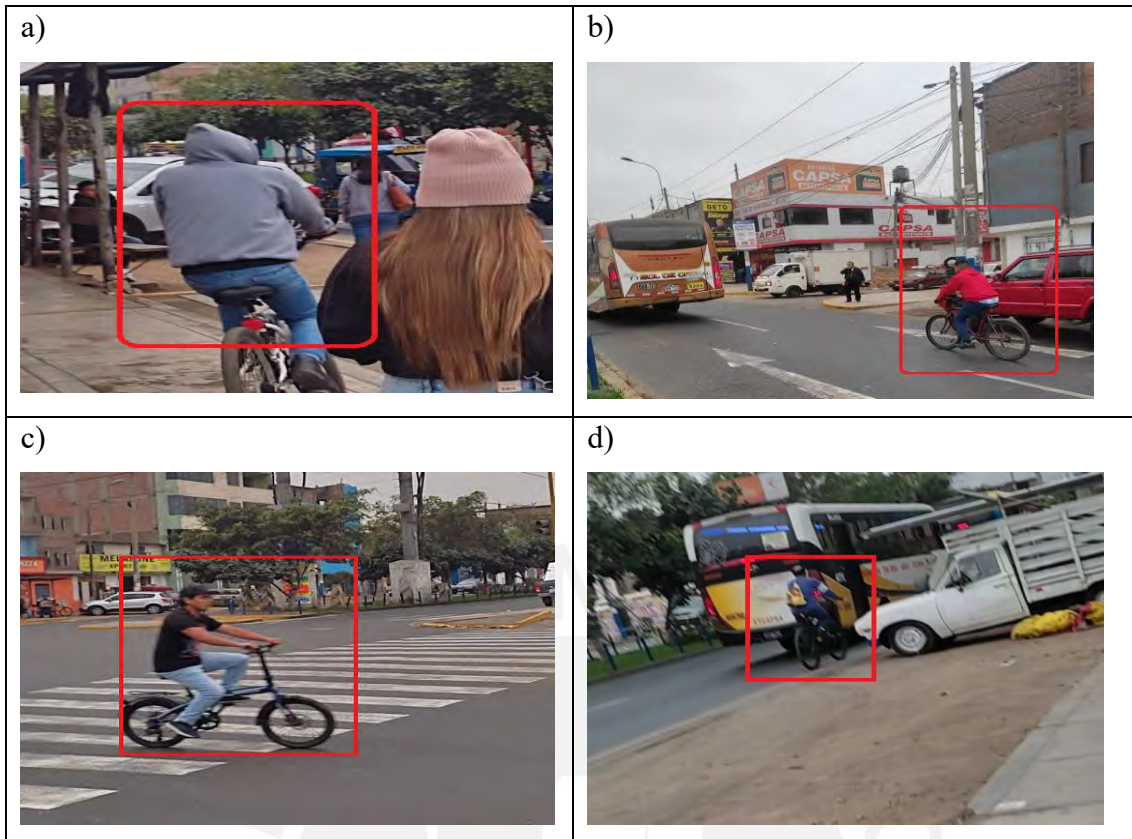


Figura 38: Hallazgo 7

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 7: Los ciclistas circulan en cualquier dirección por la vereda (a), y no se respeta el espacio destinado para los peatones. Además, transitan en mayor medida por las aceras. Ellos manejan en la acera sin llevar elementos de protección (b, c y d) y sin mantener una distancia de seguridad con los vehículos (d). Además, se puede observar que no respetan las señales de luz roja en los semáforos (c).
- Nivel de riesgo: Intolerable
- Tratamiento sugerido: Corrección urgente incluso a un alto costo.

4.2.2 Comportamiento vehicular

Tipos de vehículos



Figura 39: Modos de transporte

Fuente: Elaboración propia

Descripción del comportamiento vehicular-Hallazgos



Figura 40: Hallazgo 8

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 8: Se evidenció que las camionetas rurales circulan con las puertas abiertas y con pasajeros adentro.
- Nivel de riesgo: Intolerable

- Tratamiento sugerido: Corrección urgente incluso a un alto costo.

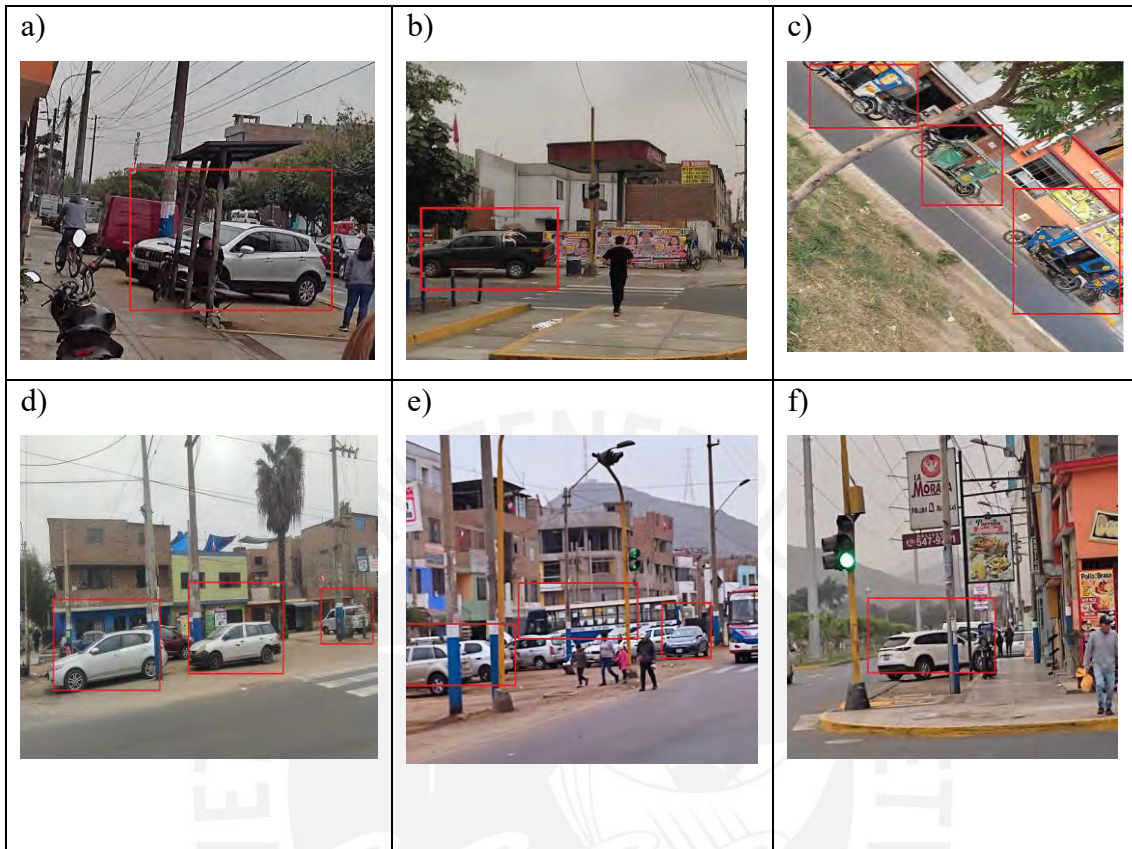


Figura 41: Hallazgo 9

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 9: Los vehículos y motos se estacionan alrededor de la intersección (a, b,c,d,e y f), lo que dificulta la visibilidad de peatones y ciclistas. Además, en la parte de la avenida Ruisñores, hay ventas de repuestos para autos y una cevichería reconocida que genera estacionamiento informal de vehículos y buses, muchos de los cuales interrumpen el flujo continuo de peatones, y los lleva a caminar cerca de la acera para evitar obstrucciones (d y e). Asimismo, el paradero formal de la avenida Los Chancas es interrumpido por los autos estacionados (a).
- Nivel de riesgo: Intolerable
- Tratamiento sugerido: Corrección urgente incluso a un alto costo.



Figura 42:Hallazgo 10

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 10: Los conductores al girar en la curva no usan las luces direccionales y/o no las usan correctamente. Además, giran de manera brusca a una velocidad mayor de 20 km/h.
- Nivel de riesgo: Medio
- Tratamiento sugerido: Se debe de reducir el riesgo basado en análisis de costo vs impacto.



Figura 43:Hallazgo 11

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 11: Las moto-taxis no mantienen la distancia de seguridad para una adecuada operación de la vía.
- Nivel de riesgo: Medio
- Tratamiento sugerido: Se debe de reducir el riesgo basado en análisis de costo vs impacto.



Figura 44: Hallazgo 12

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 12: Las motocicletas que realizan entregas de comida revisan sus celulares en el medio del cruce peatonal (a) cuando el semáforo está en verde, lo que interrumpe el flujo continuo de peatones y vehículos. Además, muchos circulan en la vereda para recoger los alimentos (c) o tomar atajos (d).
- Nivel de riesgo: Intolerable
- Tratamiento sugerido: Corrección urgente incluso a un alto costo

4.2.3 Infraestructura peatonal

Hallazgos



Figura 45: Hallazgo 13

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 13: Las personas con discapacidad necesitan apoyo adicional para subir y bajar las rampas de la intersección debido a su mal estado, ancho y pendiente.
- Nivel de riesgo: Alto
- Tratamiento sugerido: Corrección o reducción del riesgo incluso a un alto costo



Figura 46: Hallazgo 14

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 14: Se halló que la pintura del paso de peatones se encuentra desgastada. Además, los usuarios optan por no utilizar los cruces peatonales y prefieren transitar por el área verde de la mediana al cruzar la avenida.

- Nivel de riesgo: Medio
- Tratamiento sugerido: Se debe de reducir el riesgo basado en análisis de costo vs impacto.



Figura 47: Hallazgo 15

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 15: Se encontraron obstáculos en el desplazamiento peatonal, como postes y semáforos mal ubicados (a), basura (b y c), vehículos estacionados, (e y f) y letreros (d). Además, en la parte de la avenida Ruiseñores, no hay vereda, solo tierra (f). Todo eso lo hace inseguro, inaccesible para personas con discapacidad, ciclistas y coches para bebés.
- Nivel de riesgo: Intolerable
- Tratamiento sugerido: Corrección urgente incluso a un alto costo.



Figura 48: Hallazgo 16

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 16: En la avenida Ruiseñores, los peatones esperan en la calzada o mediana para cruzar (a, e y f) o esperan al medio del cruce (d). Generalmente, prefieren atravesar por la mediana en lugar de utilizar el cruce peatonal, lo cual se puede evidenciar por las marcas de pisadas que se generaron en el pasto (b).
- Nivel de riesgo: Intolerable
- Tratamiento sugerido: Corrección urgente incluso a un alto costo.

4.2.4 Diseño y capacidad

Hallazgos



Figura 49: Hallazgo 17

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 17: Se observaron "espacios muertos" que dificultan que la vía sea auto explicativa debido a la falta de demarcaciones, esto genera que los conductores y peatones no tengan claro dónde circular.
- Nivel de riesgo: Intolerable
- Tratamiento sugerido: Corrección urgente incluso a un alto costo.

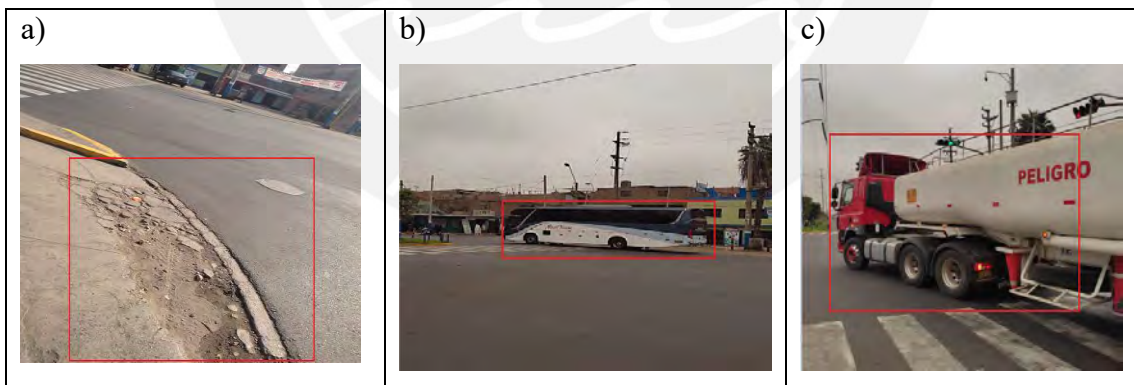


Figura 50: Hallazgo 18

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 18: La geometría del radio de curvatura no está hecho para transportes de gran tamaño, pues estos al girar rozan los sardineles (a) e interrumpen la visibilidad de los autos y peatones.
- Nivel de riesgo: Intolerable
- Tratamiento sugerido: Corrección urgente incluso a un alto costo.

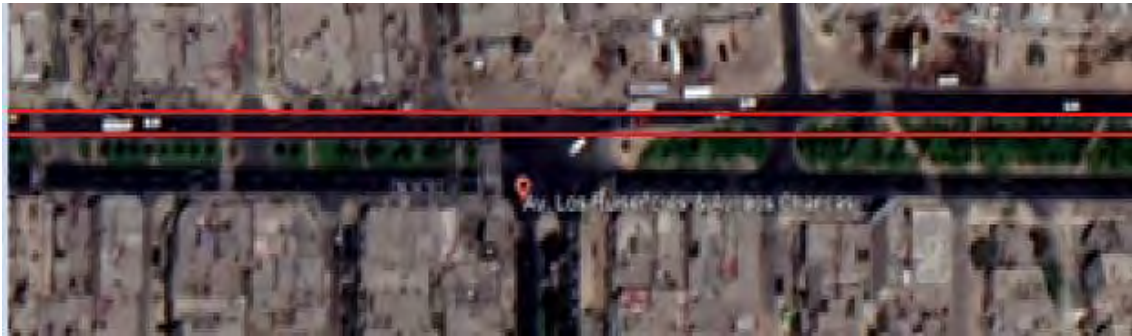


Figura 51: Hallazgo 19

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 19: Los carriles del acceso no están alineados con los carriles de salida en la parte de la avenida Ruiseñores.
- Nivel de riesgo: Alto
- Tratamiento sugerido: Se debe de reducir el riesgo incluso a un alto costo

4.2.5 Semaforización

Hallazgos

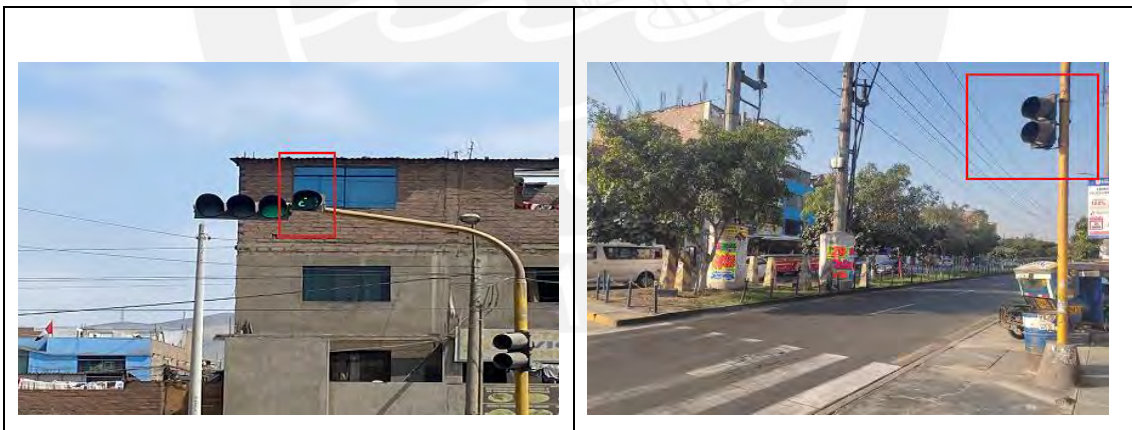


Figura 52: Hallazgo 20

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 20: Se identificó que no se notan con claridad los números del semáforo. Además, los semáforos peatonales no son visibles para los usuarios, pues no están direccionados hacia el cruceo peatonal.
- Nivel de riesgo: Medio

- Tratamiento sugerido: Se debe de reducir el riesgo basado en análisis de costo vs impacto.



Figura 53: Hallazgo 21

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 21: Los dos semáforos de la imagen están cerca de la calzada y representa un elemento duro para los vehículos que ingresan en la avenida Ruiseñores, además de los postes de luz.
- Nivel de riesgo: Intolerable
- Tratamiento sugerido: Corrección urgente incluso a un alto costo.

4.2.6 Inspección de noche

Hallazgos

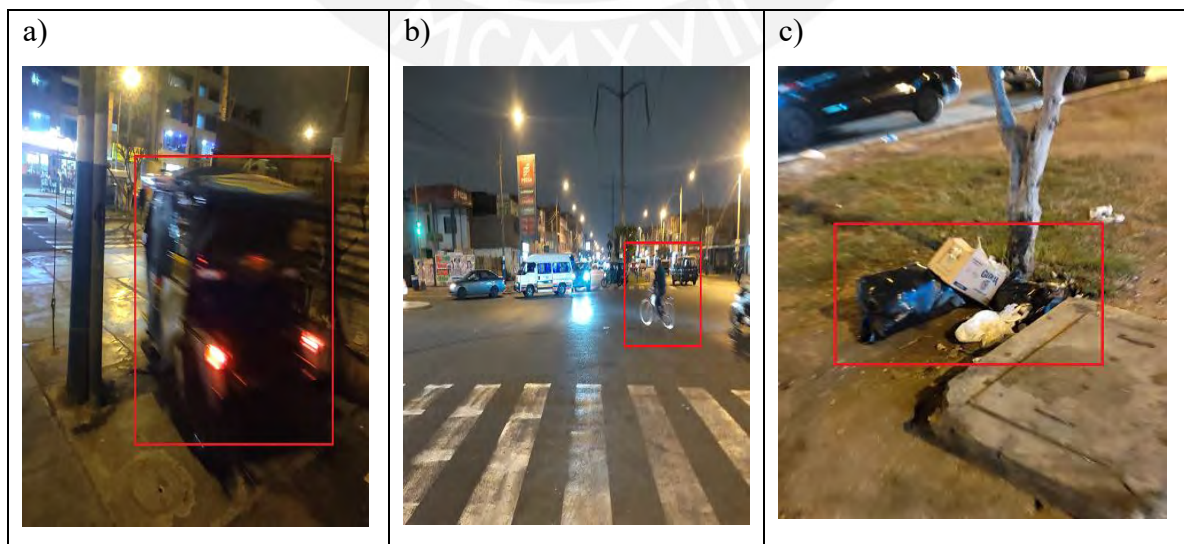


Figura 54: Hallazgo 22

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 21: Los mismos desafíos se evidenciaron tanto durante el día como durante la noche. Por ejemplo, las motocicletas todavía utilizan la rampa como atajo (a), los ciclistas arriesgan su seguridad al circular sin protección, cerca de los automóviles (b). Además, la belleza del lugar sigue viéndose afectada por la acumulación de desechos (c).
- Nivel de riesgo: Intolerable
- Tratamiento sugerido: Corrección urgente incluso a un alto costo.

4.2.7 Señalización vertical y horizontal

Hallazgos

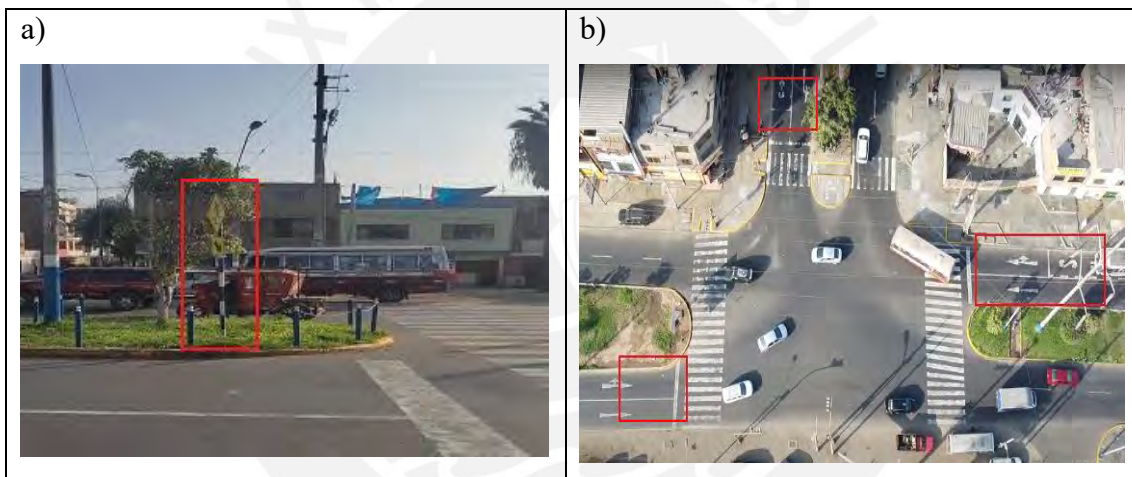


Figura 55: Hallazgo 23

Fuente: Elaboración propia

- Hallazgo 22: Solo existe una señalización vertical para una línea de cebra (a) Y que no es visible por las ramas del árbol. Además, no existen líneas de “Pare”, o ceda el paso, ni demarcaciones visibles (b).
- Nivel de riesgo: Intolerable
- Tratamiento sugerido: Corrección urgente incluso a un alto costo.

En resumen, de los veintitrés hallazgos encontrados, quince son niveles intolerables (65%), cuatro son niveles altos (17%) y cuatro son niveles medios (17%).



Figura 56: Niveles de riesgo de los 23 hallazgos

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con estos resultados, se propondrán propuestas para corregir y reducir el nivel de riesgo en orden de prioridad. Esto implica abordar en primer lugar aquellos riesgos considerados intolerables, seguidos por los de nivel alto y, finalmente, los de nivel medio.

4.2.8 Percepciones de seguridad vial

Resultados de la entrevista

En relación con la seguridad vial, las quince personas entrevistadas compartieron la percepción de que la intersección es un entorno poco seguro para caminar y atravesar las calles; sin embargo, señalaron que no habían experimentado situaciones de colisión, pero admitieron sentir miedo al cruzar. Además, dos personas que utilizaban sillas de ruedas expresaron que cruzar la intersección sin asistencia resultaba prácticamente imposible, pues el lugar presenta muchos obstáculos elevados, grietas en las veredas, y rampas con pendiente y anchos inadecuados, etc. Se destacó la presencia de basura en la mediana, vereda y pista, así como la acumulación de tierra y polvo, contribuyen a que la zona sea

percibida como poco atractiva. Estos factores ambientales negativos fueron mencionados como elementos que disminuyen la calidad visual y estética del lugar

A continuación, se muestran los puntajes de los participantes en donde cinco es la máxima nota y cero la mínima.

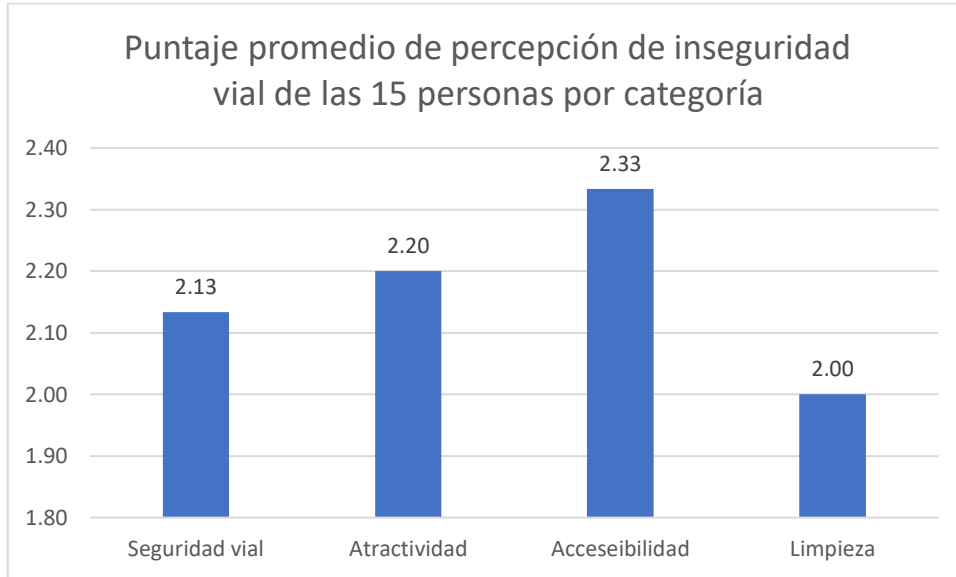


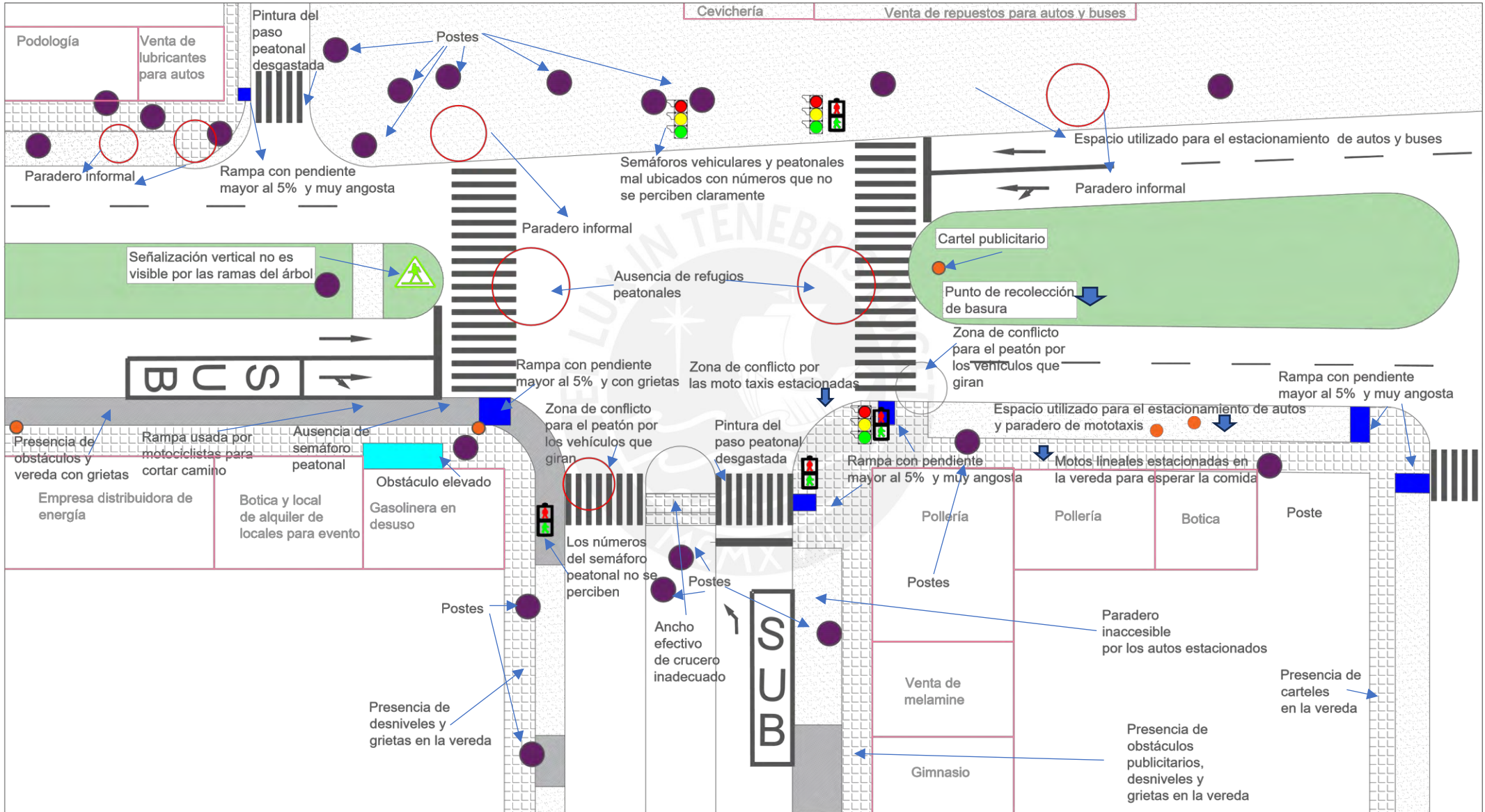
Figura 57: Puntaje promedio de las quince personas por categoría

Fuente: Elaboración propia

En general, todos los entrevistados coincidieron en que el lugar carecía de seguridad, accesibilidad, limpieza y atractividad, pues el puntaje promedio es menor a 3 en todas las categorías.

4.2.9 Mapa de obstáculos (resumen)

Como resultado de la inspección de seguridad vial realizada, se ha elaborado un mapa que identifica todos los obstáculos que afectan a los usuarios vulnerables de la vía, que incluye peatones, ciclistas, personas de la tercera edad, madres con coches de bebé, personas con discapacidades, entre otros.



| | | | | | |
|--|----------------------------------|---|---|-----------------------------|----------------|
| PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ | DESCRIPCIÓN: Situación actual | UBICACIÓN Av.Los Chancas-Av 67 Ruiseñores | DEPARTAMENTO/PROVINCIA /DISTRITO: Lima /Lima /Santa Anita | ESCALA : 1/412 | PLANO: P-01 |
| | | | | JAMES ALBERT GONZALES FELIX | |

4.3 Propuestas de mejoras para asegurar un mayor nivel de seguridad y confianza de los usuarios en el lugar de estudio

El plano de la propuesta de mejora se observa en el Anexo D.

4.3.1 Eliminación de la rampa del acceso A y propuesta de paradero de buses

En el descubrimiento 12d) y 22a) se observó que las motocicletas y moto taxis utilizan la rampa del acceso A para tomar atajos y no respetar el semáforo, el cual pone en riesgo a los peatones que transitan por la vereda de esa zona. Entonces, se propone eliminar las rampas seleccionadas en la figura 58.



Figura 58:Rampa peligrosa

Fuente: Adaptado Google Street View

Para ello se consideraron los siguientes aspectos: en primer lugar, en el acceso A se encuentra una gasolinera abandonada (1), una casa sin garaje (2), un local para eventos de quinceañeras (3) y otro para la distribución de baterías para automóviles (4), como se muestra en la figura 59.

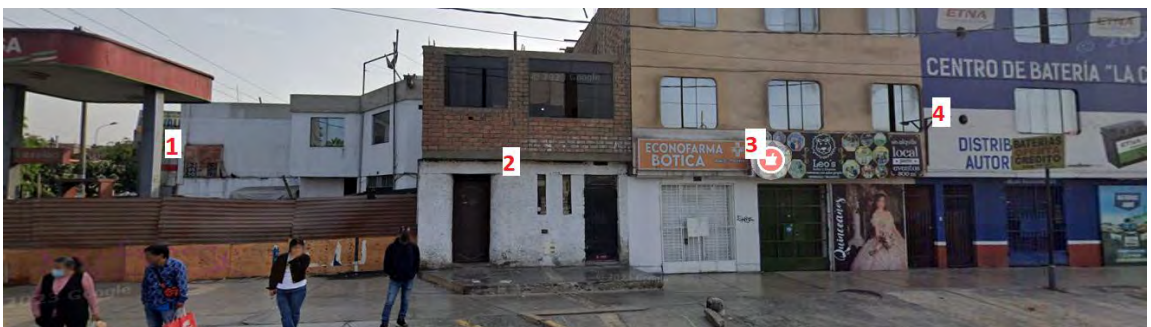


Figura 59:Acceso A

Fuente: Adaptado de Google Street View

Además, la rampa presenta una longitud de 28 metros desde la gasolinera abandonada hasta el local de distribución de baterías. Además, cuenta con un ancho de 2.16 metros, una altura de 25 centímetros.



Figura 60: Dimensiones de la rampa peligrosa

Fuente: Adaptado de Google Street View

En segundo lugar, la rampa fue diseñada para que los autos ingresen a la gasolinera, pero ahora está en desuso por mucho tiempo. Además, los camiones livianos la utilizan para estacionarse mientras esperan los pedidos de la botica o del local de eventos y los vehículos también realizan lo mismo para solicitar servicio en el local de centro de baterías. Por lo tanto, es factible conservar el estacionamiento para no afectar el negocio, aunque en este caso, se ubicará a nivel de la calzada en lugar de tener una inclinación y con una altura de 25 cm. Es importante resaltar que se mantendrán dimensiones de ancho y largo (ver figura 61).



Figura 61: Propuesta de eliminación de rampa

Fuente: Elaboración propia

Esto prevendrá que las motocicletas y mototaxis suban a la vereda. En ese mismo lugar también se propone instalar un paradero según las dimensiones de la guía para el diseño e implementación de inversiones en vías locales aprobada por el Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (ver figuras 62 y 63).

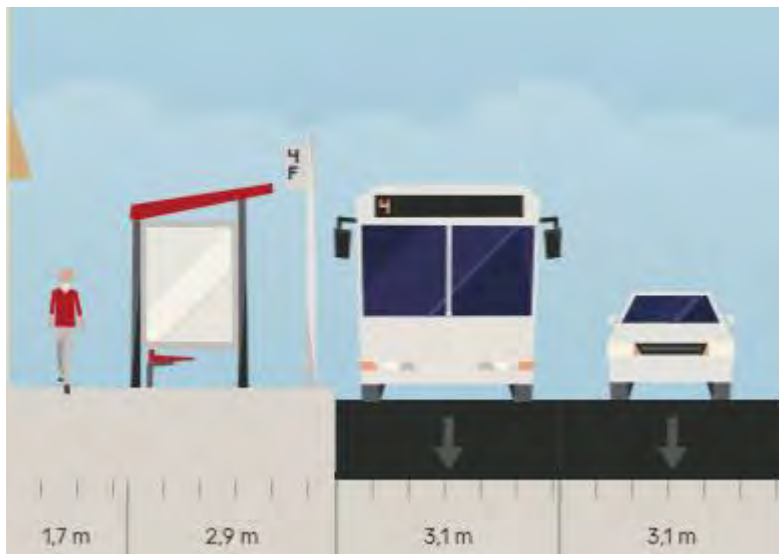


Figura 62: Propuesta de paradero en el acceso A (dimensiones)

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, ambas propuestas se verían de la siguiente manera-



Figura 63: Propuesta de paradero y cambio de rampa con pendiente a una de nivel de calzada en el acceso A

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Formalización de estacionamiento para mototaxis y motocicletas

En el hallazgo 8c), se observó que los mototaxis se formaban en fila de hasta 3 motos por día en la calzada para recoger pasajeros y ocupaban una parte significativa del carril. Esta situación generó la obstrucción de visibilidad de los vehículos al girar. De manera similar, en el hallazgo 12 c), se identificó que los motociclistas, que realizan entregas a domicilio, se estacionan en la acera mientras esperan la los pedidos de la pollería "La Morada", el cual obstruyen el flujo peatonal. Entonces, se propone formalizar los estacionamientos para motocicletas y mototaxis según los lineamientos del artículo 37 "Autorización de paraderos de vehículos menores" promulgado por la Municipalidad de Ate. Para este fin, se ha considerado los siguientes aspectos: en primer lugar, la intersección no presenta problemas de congestión, pero el nivel de demanda de mototaxis en la zona es regular, el cual representa aproximadamente un 7% para el acceso A y un 10% para los accesos B y C según el flujograma vehicular realizado. Del mismo modo, los motociclistas ocupan un 10% para los accesos A y B y un 7% para el C.

En segundo lugar, se ha identificado un espacio disponible a nivel de la calzada de 33.07 metros de ancho y 2.81 metros de profundidad, actualmente ocupado por tierra como en la figura 64.



Figura 64: Dimensiones actuales del espacio ocupado por tierra

Fuente: Adaptado de Google Street View

Además, se verificó que no existe un lugar designado como garaje. Entonces, se trazarán 4 cajones cada 3 metros para los mototaxis y otra cada 1.2 metro para las motocicletas (ver figura 65).

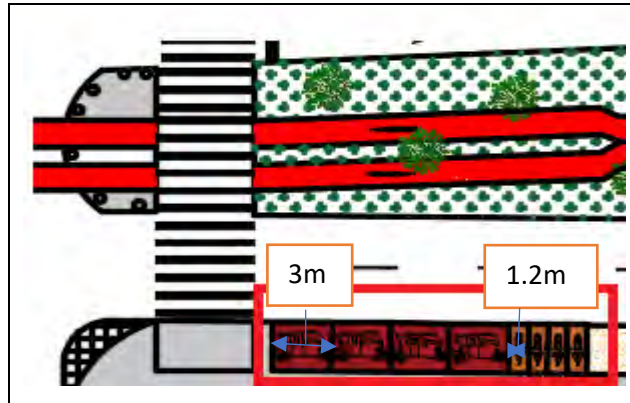


Figura 65: Cajones de estacionamiento para mototaxis y motocicletas

Fuente: Elaboración propia

Esta propuesta requiere de una señalización adecuada, así como áreas de acceso y salida claramente definidas para guiar a los usuarios. La implementación de esta medida traerá consigo una mejora significativa en la visibilidad y evitará así que las motos obstaculicen la vista al realizar giros. Además, garantizará que las motocicletas no interfieran con el tránsito peatonal. Prohibir la circulación de mototaxis o motocicletas en esta zona no sería una solución viable, dada la alta presencia de estos vehículos y su relevancia para la actividad económica local. Es probable que, en caso de una prohibición, muchos de estos vehículos opten por ignorar la medida, el cual generaría más complicaciones. Además, se requerirá que la propuesta sea regulada y supervisada por las autoridades de Santa Anita, especialmente a través de capacitaciones y fiscalización periódica para garantizar su adecuado funcionamiento, seguridad.



Figura 66: Propuesta de formalización de estacionamiento para mototaxis y motocicletas en 3D

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Rampas accesibles a todo el ancho del cruce

En primer lugar, en el hallazgo 13 se evidenció que las personas con discapacidad encuentran dificultades al transitar por la intersección debido a las dimensiones de la rampa y su estado deteriorado (ver figura 67).


| | |
|--|--|
| <p>a)</p>  <p>Altura: 20 cm / Ancho: 1.3m Pendiente: 11%</p> | <p>b)</p>  <p>Altura: 25 cm/ Ancho: 4m Pendiente: 12%</p> |
| <p>c)</p>  <p>Altura: 20 cm / Ancho: 1.3m Pendiente: 11%</p> | <p>d)</p>  <p>Altura: 25 cm / Ancho: 4-5 metros Pendiente: 11%</p> |
| <p>d)</p>  <p>Altura: 20 cm / Ancho: 1.5m Pendiente: 8-9%</p> | <p>e)</p>  <p>Altura: 25 cm / Ancho: 1m Pendiente: 20 %</p> |

Figura 67: Dimensiones y pendiente de las rampas de la intersección

Fuente: Adaptado de Google Street View

La mayoría de las rampas, a excepción de la e, cumplen con las dimensiones mínimas tanto en ancho como en pendiente según el manual “Discapacidad y diseño accesible: diseño urbano y arquitectónico para personas con discapacidad (2007)” de Jaime Huerta, que especifica una pendiente mínima de 12% y un ancho mínimo de 1.2 metros. Sin embargo, el manual “Manual de accesibilidad universal (2010)” de Boudeguer y Squella insiste en acercar el rango de pendiente a 8 y 10% y que el ancho coincida con el del cruceo peatonal. Entonces, para la zona de estudio se plantea primero reparar las grietas, ensanchar a todo el ancho del cruceo y aumentar la longitud de las rampas tal que las pendientes se aproximen a 8% con un rebaje adecuado (ver figura 68)

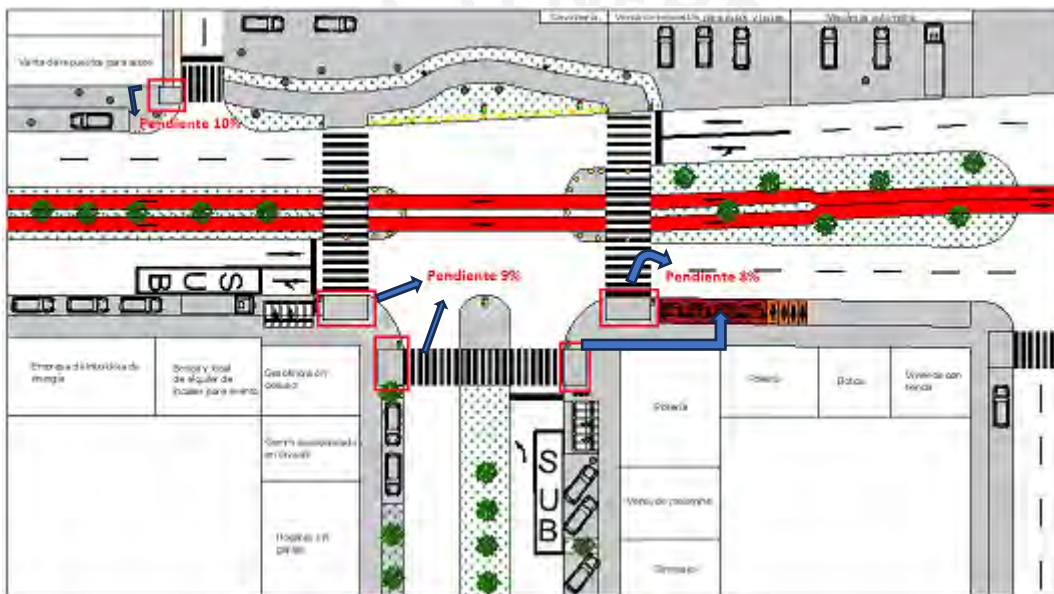


Figura 68: Propuesta de rampas accesibles

Fuente: Adaptado de Google Street View

4.3.4 Propuesta de ciclovía de doble sentido

En el lugar de estudio, se observa la presencia de ciclistas que representa el 2% del total de vehículos en cada acceso (6 ciclistas por hora, aproximadamente). Además, se identificó que realizan maniobras peligrosas, según lo mencionado en los hallazgos 7 a), b), c) y d). Esto se debe en parte a la ausencia de infraestructura para ciclistas en la intersección. En ese sentido, se plantea construir una ciclovía y para ello se consideraron los siguientes manuales: manual de criterios de diseño de infraestructura ciclo-inclusiva y guía de circulación de ciclista (2017) y el manual de diseño para bicicletas (Guía

NACTO,2013). La finalidad es formar una red de ciclovía que conecte varias avenidas, como se muestra en la figura 69.



Figura 69:Red de ciclovía propuesta

Fuente: Adaptado de Google Earth (2023)

La construcción de la ciclovía se limitó a las dimensiones actuales de las medianas a lo largo de la Av. Ruiseñores y los obstáculos en ellas, tales como árboles y postes. En primer lugar, para las medianas con ancho de 5.9 metros, cuyos árboles están al centro, se instalará una ciclovía de doble sentido a los costados de estos.



Figura 70:Propuesta de ciclovía para las medianas de 5.8metros de ancho con árboles al centro

Fuente: Google Earth (2023)

Las dimensiones de la ciclovía para estas medianas serán las siguientes: un ancho total de 1.5 metros por carril, a ambos lados de los árboles. Adicionalmente, la dimensión actual permite mantener un espacio de seguridad de 0.9 metros en cada lado (ver figura as); es decir, los bolardos que están instalados a lo largo de todas las medianas de 5.8 metros de ancho permanecerán en su lugar.

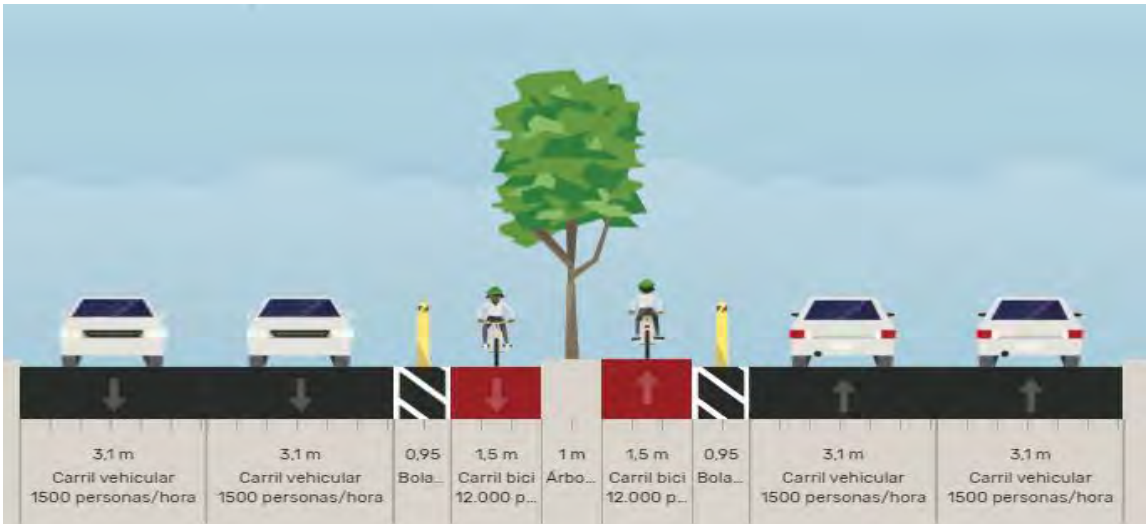


Figura 71: Dimensiones de la ciclovía propuesta para las medianas de 5.8 metros de ancho y árboles al centro

Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, para las medianas con un ancho de 9 metros, cuyos árboles están generalmente a los costados, se instalará una ciclovía de doble sentido al centro.



Figura 72: Propuesta de ciclovía para las medianas de 9 metros de ancho con árboles a los costados

Fuente: Elaboración propia

Las dimensiones de la ciclovía para estas medianas serán las siguientes: un ancho de 1.8 metros por carril. Adicionalmente, la gran dimensión permite obtener más de 1.5 metros de distancia de seguridad. (ver figura 73)

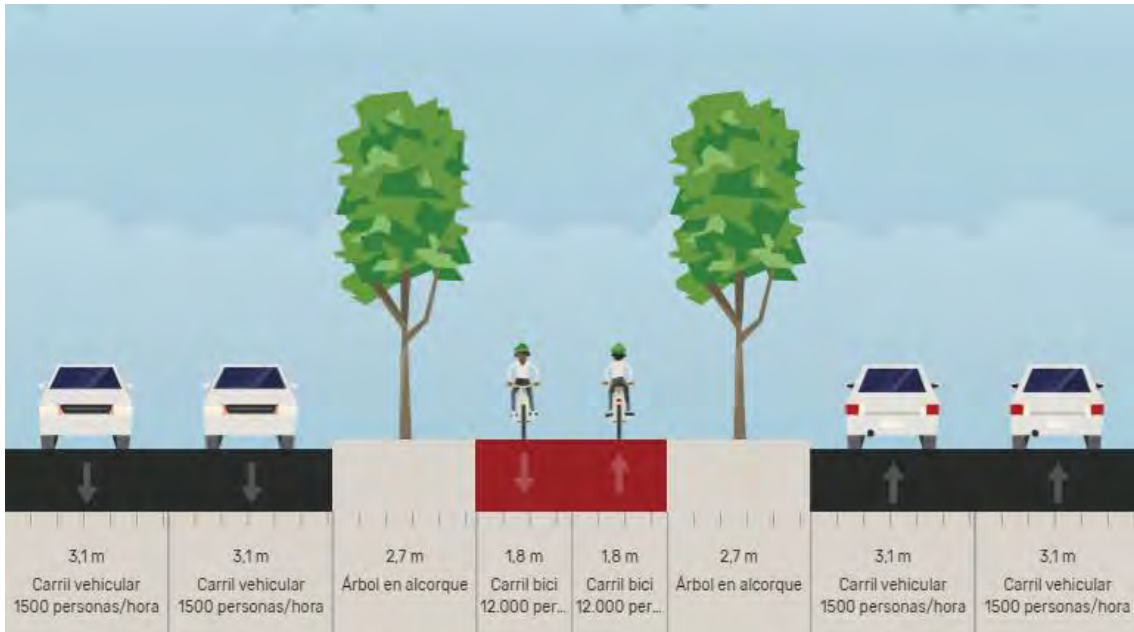


Figura 73: Dimensiones de la ciclovía propuesta para las medianas de 9 metros de ancho y con árboles a los costados

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se debe de considerar una adecuada señalización, que incluya símbolos de ciclistas, flechas de dirección y letreros de advertencia y pintura con textura roja de calidad. Asimismo, se debe de fiscalizar permanentemente en caso las motocicletas o los autos no respeten la ciclovía, y seguir los pasos recomendados para la construcción de una red de ciclovía integrada, tales como mapear los viajes, mapear los obstáculos, encuestar, definir las rutas, capacitación sobre el uso de la bicicleta, etc. para garantizar el éxito de la ciclovía.

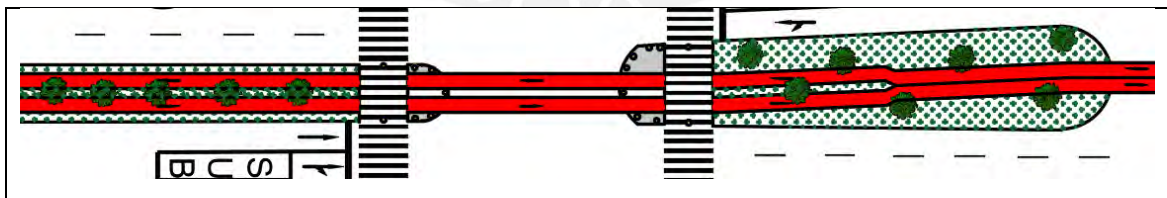


Figura 74: Vista en planta de la ciclovía propuesta en el lugar de estudio

Fuente: Elaboración propia

4.3.5 Colocación de isla de refugio

En el hallazgo 16 c) y d) se constató que los usuarios arriesgan sus vidas al cruzar, pues en la intersección no existe un refugio peatonal que los proteja. En ese sentido, se plantea instalar islas de refugio que cumplan con el requisito mínimo de ancho de 1.8 metros según la norma de la NACTO y de 2.4 metros de acuerdo al ROAD SAFETY TOOLKIT para personas con discapacidad. El objetivo es que sea seguro cruzar los 4 carriles de tráfico y las medianas de la avenida, sobre todo para personas con movilidad reducida, madres con bebés, etc.

En primer lugar, para la parte de la avenida Ruisseñores, se propone colocar 2 refugios peatonales. La altura será de 15 cm, al igual que la mediana adyacente, y estará construida de concreto. La isla de refugio tendrá el mismo ancho que la mediana cercana y contará con bolardos en su perímetro para proteger a los ciclistas. Del mismo modo, en el cruce peatonal se propone instalar un bolardo al medio para evitar que los autos crucen en ella. Las personas en silla de rueda podrán transitar sin inconvenientes, debido a que la distancia de división en el centro del cruce peatonal es como mínimo 2.4 metros, gracias a que el ancho de la mediana es de 5 metros.

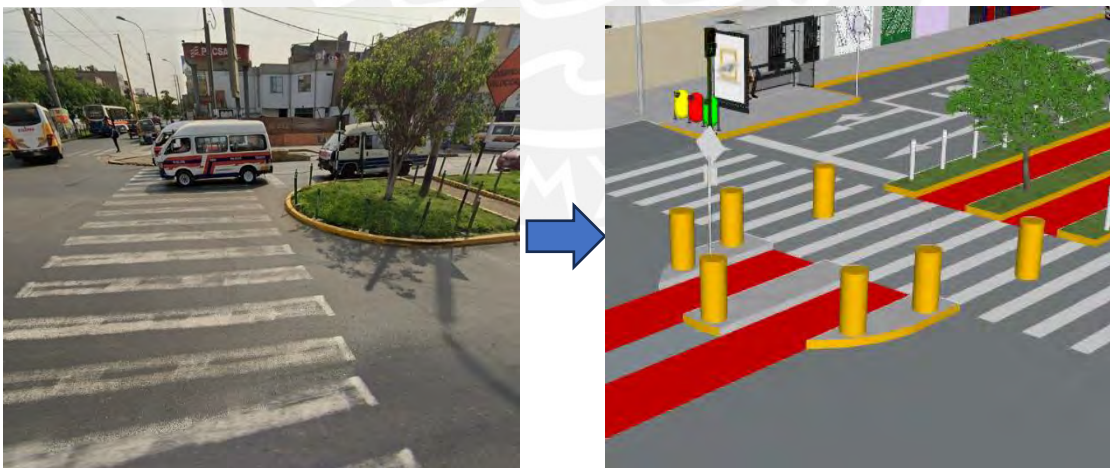


Figura 75: Isla de refugio propuesta para la mediana de 5.9 metros de ancho

Fuente: Adaptado de Google Street View



Figura 76: Isla de refugio propuesta para la mediana de 9 metros de ancho

Fuente: Adaptado de Google Street View

Del mismo modo, esta propuesta permitirá minimizar la velocidad, debido al estrechamiento de la calzada, y reduce la distancia de cruce de los ciclistas hasta 18 metros (ver figura 77).

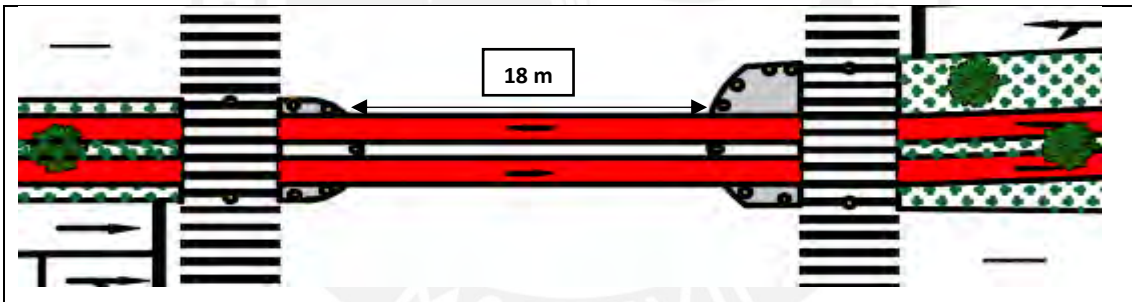


Figura 77: Distancia de cruce

Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, para la parte de la avenida los Chancas, se ampliará la isla de refugio de concreto de manera que el cruce peatonal sea continuo y se mantendrá la altura de 20 cm, lo que será suficiente para evitar que los autos o motos se suban a ella. Además, estará alineado con el ancho de la mediana

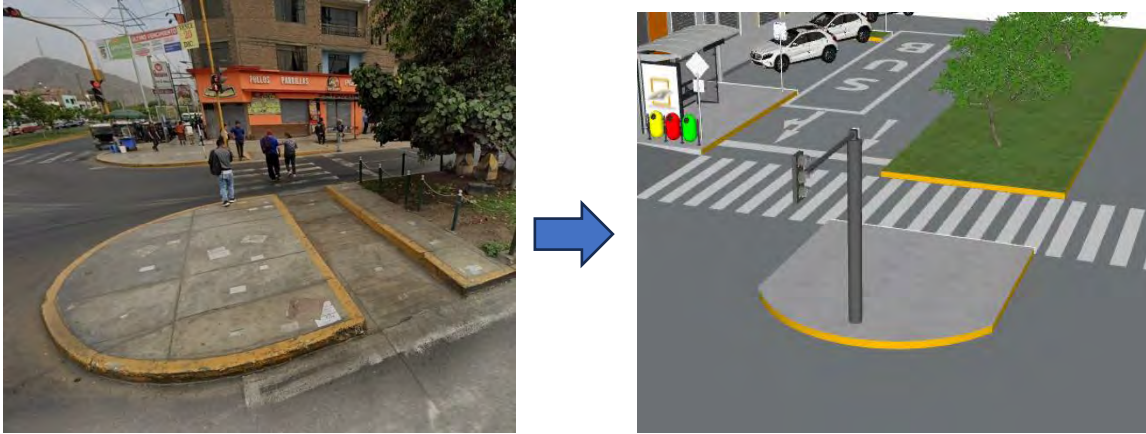


Figura 78: Isla de refugio de la avenida los Chancas

Fuente: Elaboración propia

4.3.6 Colocación de vallas cerca al cruce peatonal y tachos de basura

En el hallazgo 4 se detectó que los peatones y niños transitan cerca y al mismo nivel que la calzada, pues ese tramo de la intersección se encuentra completamente sin pavimentar. En ese mismo lugar, también se evidenció en el hallazgo 1 que los usuarios arriesgan sus vidas cuando cruzan en diagonal. Entonces, se propone instalar vallas en las inmediaciones del cruce peatonal con el fin de resguardar a los peatones y motivarlos a cruzar exclusivamente por la ruta alternativa serpenteante por los obstáculos como postes.



Figura 79: Valla de acero instalada en las proximidades del cruce peatonal y camino sinuoso

Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, se propone instalar tachos de basura en puntos estratégicos de la intersección, tales como en los paraderos y en el camino sinuoso, para evitar la acumulación de desperdicios y basura como lo encontrado en el hallazgo 15 c).

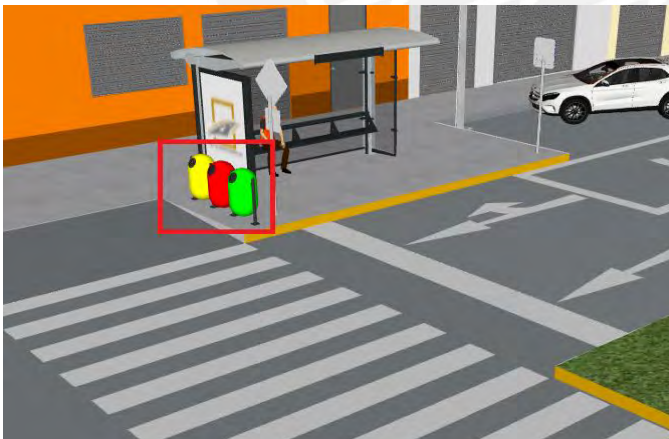


Figura 80:Tachos de basura en puntos estratégicos de la intersección

Fuente: Elaboración propia

4.3.7 Propuesta de señalización

En el hallazgo 23 se evidenció la ausencia de señalización vertical y la pintura de la señalización horizontal en mal estado. Entonces se propone lo siguiente, según en manual de señalización vial de Colombia (2015).

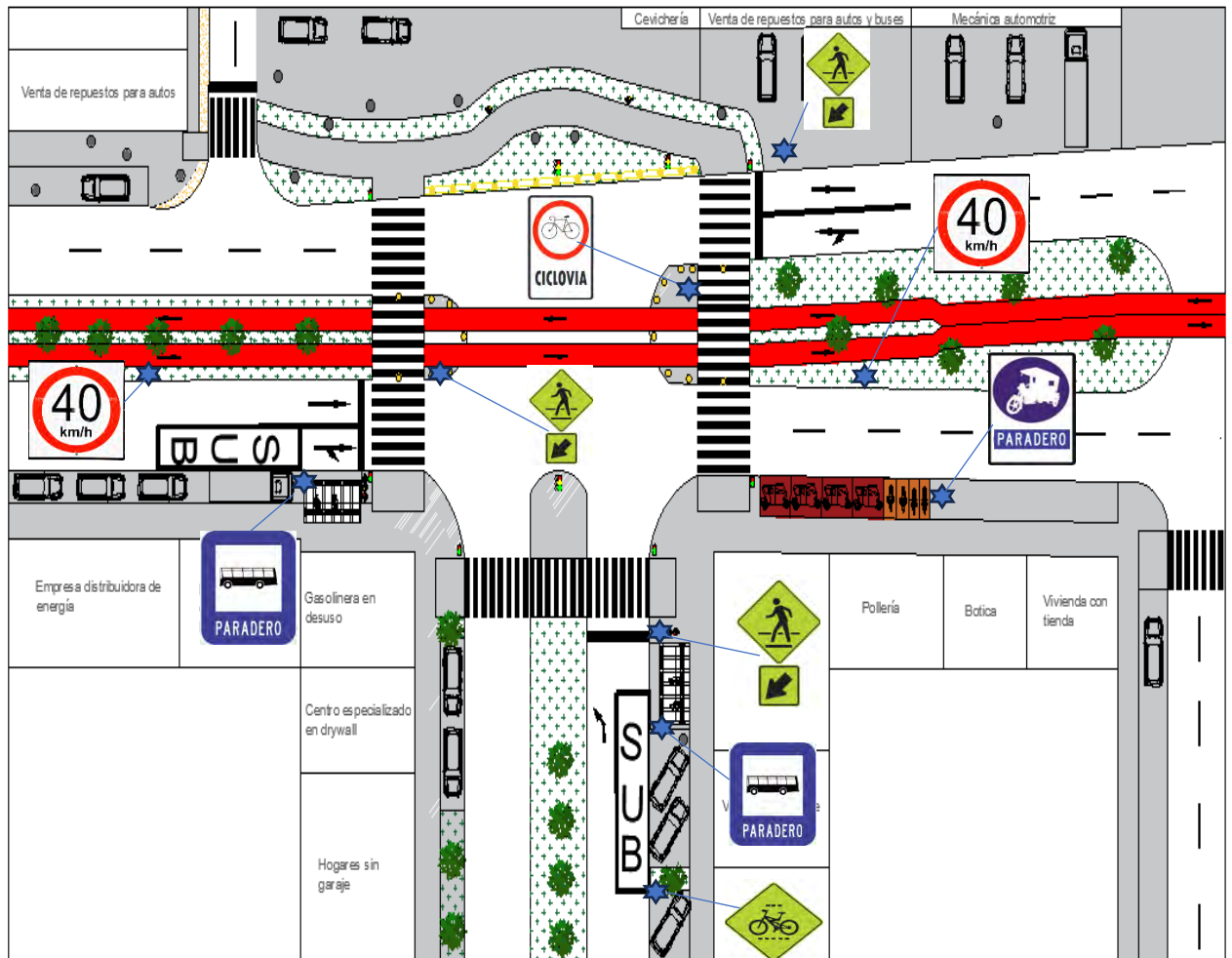


Figura 81: Propuesta de señalización

Fuente: Elaboración propia

4.3.8 Propuesta de fase exclusiva peatonal (“Todo rojo”)

Se otorgará un tiempo de cruce seguro, tanto para los peatones y ciclistas en la ciclovía. Se consideró una velocidad peatonal de 0.85m/s recomendada por el estudio “Variables microscópicas en la velocidad de caminata”, de Fredy Alberto Guío Burgos y Juan Carlos Poveda D’Otero. Además, se tomó en cuenta la longitud más crítica de cruce peatonal de 25 metros, entonces se halló el tiempo de la siguiente manera:

$$T = \frac{D}{V} = \frac{25}{0.85} = 29.41$$

De esta manera, se considera un tiempo de 30 segundos en la fase peatonal.



Figura 82: Propuesta de fase semafórica peatonal (todo rojo)

Fuente: Elaboración propia

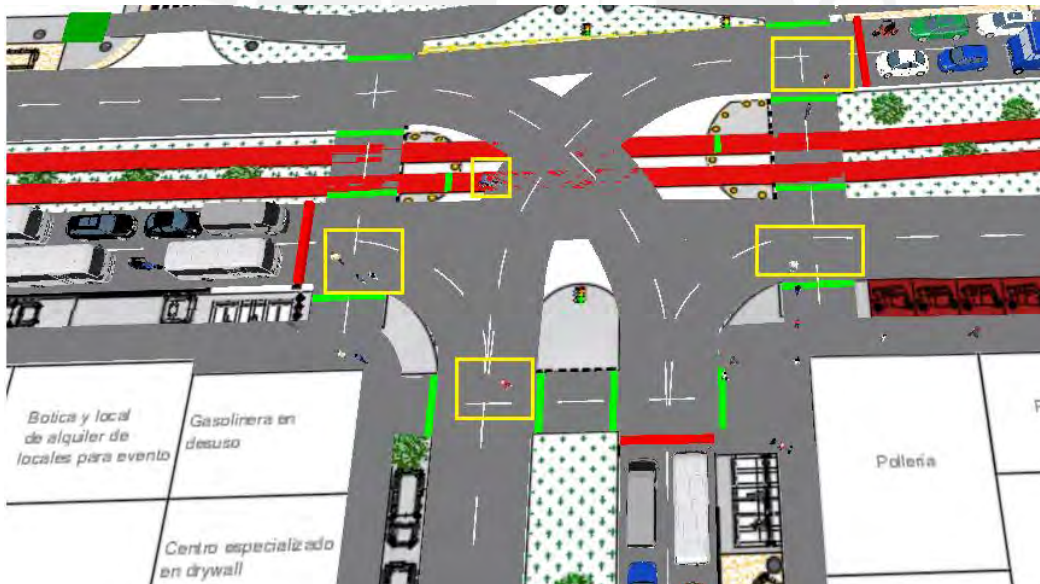


Figura 83: Cruces de los peatones y ciclistas en el tiempo de "todo rojo" (todo rojo)

Fuente: Elaboración propia

4.4 Evaluación de las propuestas de mejora en función de la seguridad vial con la herramienta micro simulación

Los resultados de las longitudes de colas y demoras se visualizarán en los anexos F y G respectivamente. A continuación, se realizará la comparativa del acceso más crítico del escenario actual con respecto al propuesto.

4.4.1 Evaluación de resultados: Longitudes de cola

Tabla 144

Comparativa de las colas en metros del escenario actual y el escenario propuesto

| CORRIDA | Acceso C (Escenario actual) | Acceso C (Escenario propuesto) |
|----------|-----------------------------|--------------------------------|
| 1 | 34.57 | 61.05 |
| 2 | 54.95 | 60.86 |
| 3 | 59.22 | 60.44 |
| 4 | 36.83 | 60.39 |
| 5 | 49.85 | 60.51 |
| 6 | 59.34 | 59.81 |
| 7 | 51.37 | 60.39 |
| 8 | 49.95 | 60.67 |
| 9 | 59.23 | 60.38 |
| 10 | 55.48 | 60.54 |
| 11 | 46.33 | 60.36 |
| 12 | 52.12 | 60.95 |
| 13 | 55.34 | 60.29 |
| 14 | 39.66 | 60.61 |
| 15 | 33.87 | 60.90 |
| 16 | 61.18 | 60.38 |
| 17 | 33.42 | 59.34 |
| x | 48.98 | 60.46 |
| s | 9.75 | 0.41 |

Fuente: Elaboración propia

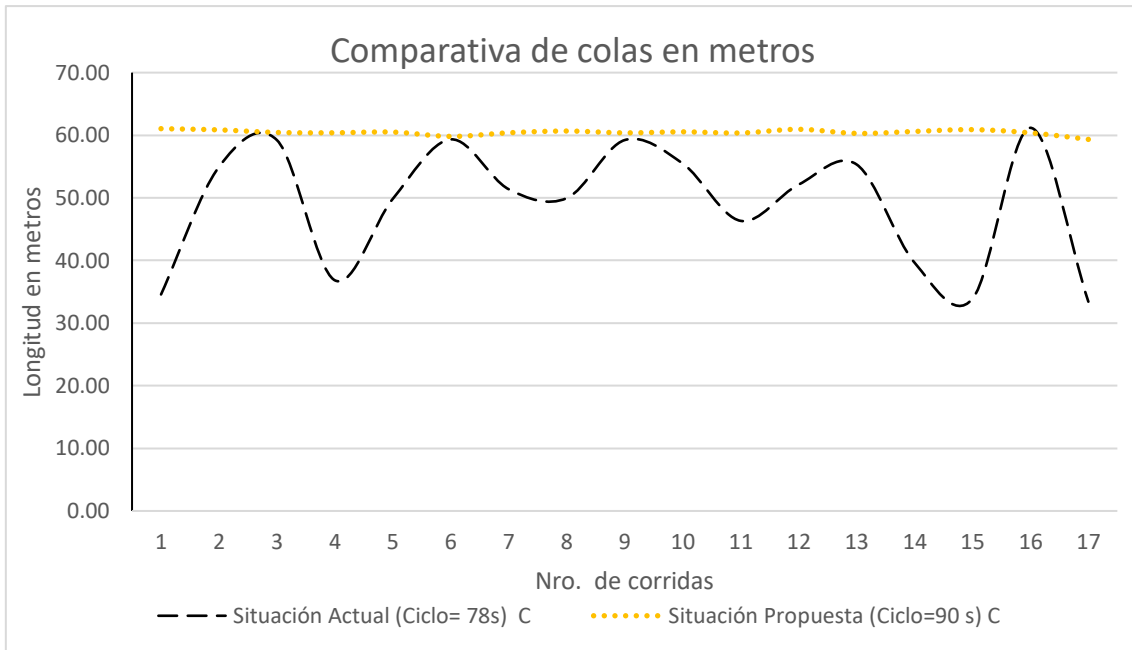


Figura 84: Comparativa de colas en metros

Fuente: Elaboración propia

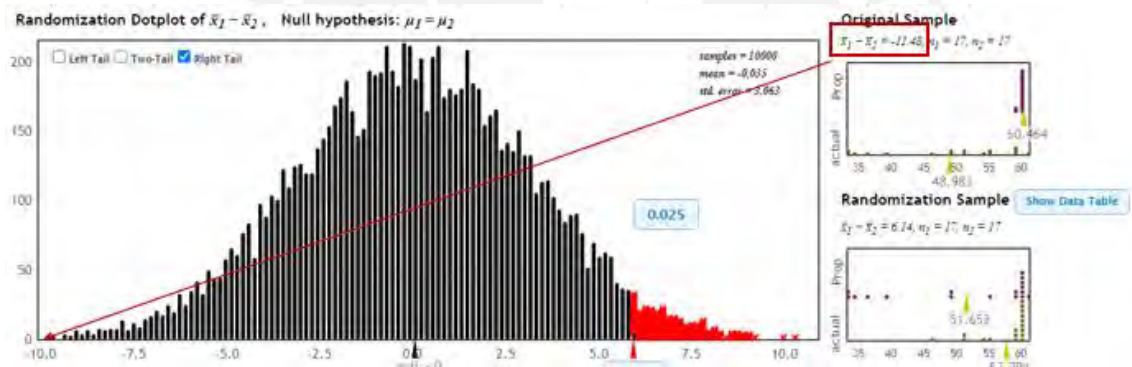


Figura 85: Prueba de hipótesis de las longitudes de colas

Fuente: Elaboración propia

Se observa que, en el escenario actual, en el acceso con la mayor concentración de longitudes de colas (C), estas varían entre 30 y 60 metros, mientras que la propuesta con un periodo de 90 segundos muestra una tendencia constante de 60 metros. Además, se evidencia que el incremento y/o impacto de esta propuesta repercute en un incremento aproximado de a lo más 25m con un 95% de confianza. Sin embargo, cualitativamente se mejora las condiciones de seguridad vial de los usuarios de la intersección.

4.4.2 Evaluación de resultados: Demoras

Tabla 154

Comparativa de las demoras en segundos del escenario actual y el escenario propuesto

| CORRIDA | Acceso C (Escenario actual) | Acceso C (Escenario propuesto) |
|----------|-----------------------------|--------------------------------|
| 1 | 0.437197 | 0.42 |
| 2 | 0.640161 | 0.44 |
| 3 | 0.48625 | 0.48 |
| 4 | 0.425897 | 0.40 |
| 5 | 0.957153 | 0.45 |
| 6 | 0.486944 | 0.41 |
| 7 | 0.357421 | 0.51 |
| 8 | 0.594224 | 0.41 |
| 9 | 0.635549 | 0.35 |
| 10 | 0.43214 | 0.37 |
| 11 | 0.431522 | 0.69 |
| 12 | 0.689779 | 0.38 |
| 13 | 0.460136 | 0.41 |
| 14 | 0.404593 | 0.35 |
| 15 | 0.512826 | 0.30 |
| 16 | 0.435693 | 0.43 |
| 17 | 0.420507 | 0.45 |
| x | 0.52 | 0.43 |
| s | 0.15 | 0.08 |

Fuente: Elaboración propia

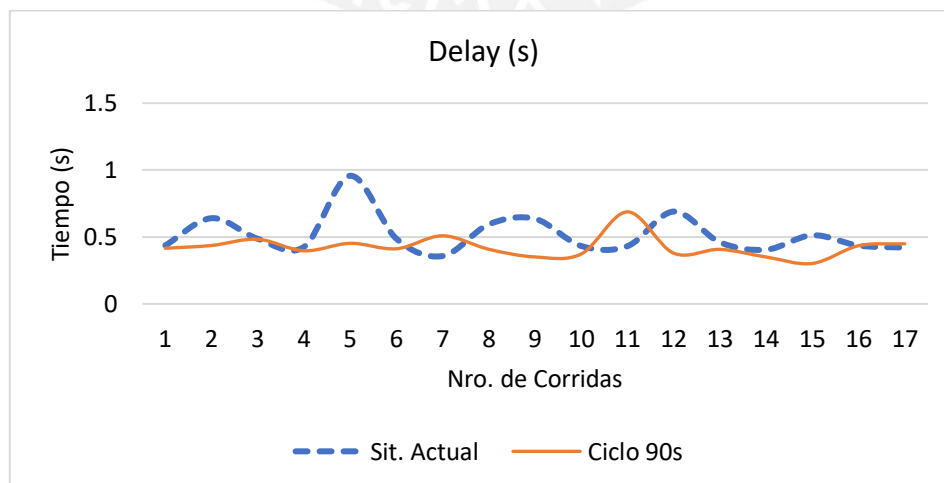


Figura 86: Comparativa de demoras

Fuente: Elaboración propia

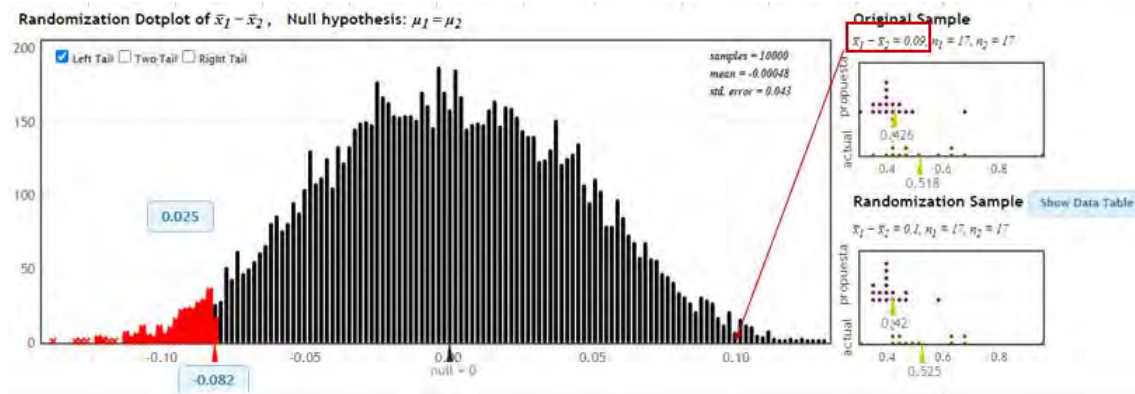


Figura 87: Prueba de hipótesis de las demoras

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, se observa en la figura 86 que las demoras son fluctuantes, mientras que en el escenario propuesto presenta una tendencia más constante de aproximadamente 0.5s. Además, se evidencia una disminución con respecto al propuesto a un nivel de confianza del 95%.

5. CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

5.1.1 Conclusiones asociados al objetivo 1

Se identificaron los factores que ocasionaron riesgos en la zona de estudio mediante una lista de chequeo. Esta herramienta sirvió de guía para asegurar que no se pasaran por alto detalles importantes de seguridad vial. Además, permitió la identificación de los hallazgos en la zona de estudio y el desarrollo de propuestas de mejora.

5.1.2 Conclusiones asociadas al objetivo 2

Se caracterizó el nivel de riesgo de los potenciales accidentes mediante el método de la matriz probabilidad. Esta herramienta facilitó la priorización de los hallazgos y las acciones de mejora. Los hallazgos mostraban un nivel de riesgo, que podía ser bajo, medio, alto o intolerable, y para cada categoría existía una recomendación de tratamiento según el manual ASV/ISV. Entonces, para las propuestas de mejora, se otorgó prioridad a los hallazgos que presentaban riesgos intolerables, seguidos de los de alto riesgo y, por último, los de bajo riesgo

5.1.3 Conclusiones asociados al objetivo 3

En esta tesis se brindó una infraestructura adecuada para asegurar un mayor nivel de seguridad y confianza de los usuarios en el lugar de estudio. Estas propuestas incluyen la eliminación de la rampa del acceso A; inclusión de paradero de buses, formalización de estacionamiento para mototaxis y motocicletas; inclusión de rampas accesibles a todo el ancho del cruce; construcción de ciclovía de doble sentido; construcción de isla de refugio; colocación de vallas, señalización y tachos de basura. Sin embargo, es importante resaltar que estas medidas no garantizan una reducción absoluta de las muertes, sino que mejora la percepción y la probabilidad de que no suceda un siniestro vial. Además, para incrementar su éxito, deben de ser complementadas con otras iniciativas como compromiso político para que los proyectos y servicios auspiciados por el estado incorporen un enfoque de seguridad vial; educación vial desde la etapa escolar; una fiscalización rigurosa y constante para aquellos que incumplan las norma, etc.

5.1.4 Conclusiones asociadas al objetivo 4

Se evaluaron las propuestas de mejora mediante micro simulación y se concluyó que esta herramienta es de suma importancia para justificar los proyectos en esta rama, ya que es complicado representar la realidad del lugar de estudio, que no pueden reproducirse fácilmente en prototipos. Esto se debe a la imposibilidad de extraer una pequeña porción de la ciudad o área que se desea representar para evaluar su eficacia de manera práctica,

como en el caso de las probetas de concreto, se utiliza el comportamiento de esas muestras para prever el comportamiento de la estructura en su conjunto. Es así que, en las propuestas de mejora, al aceptar la hipótesis nula en la prueba de hipótesis, los resultados del modelo son estadísticamente similares a los observados en la realidad con un nivel de confianza del 95%

5.2 Recomendaciones

En primer lugar, se sugiere llevar a cabo entrevistas probabilísticas con el fin de ampliar la investigación y enriquecer las sugerencias de mejora. Esta tesis presenta un alcance exploratorio; entonces, los resultados derivados de las quince entrevistas realizadas no pueden extrapolarse, sino que proporcionan ideas generales sobre posibles situaciones y que son de orientación para tesis posteriores que adopten un alcance descriptivo. Además, se recomienda realizar tesis de inspección de seguridad vial con al menos 2 personas, dado que la metodología exige juicios diferentes para analizar los riesgos de la intersección. Del mismo modo, se recomienda calibrar y validar peatones para una mejor aproximación de la realidad, así como complementar el trabajo con otros softwares, tales como Synchro para el análisis de la intersección y coordinación del semáforo. Asimismo, en esta tesis se implementó una ciclo vía y su éxito está asociado a que se maneje todo como una red; por lo tanto, es necesario construir una red en un proyecto real, pero por las limitaciones de esta tesis se está abarcando un área más pequeña. Finalmente, se recomienda emplear el procedimiento completo de los estudios de impacto vial (EIV), que involucra la recolección de datos durante todo el día y todos los días de la semana, para luego seleccionar los dos días más representativos. Sin embargo, debido a limitaciones económicas y temporales en esta investigación, se ajustó el periodo de análisis conforme a la disponibilidad y experiencia del investigador.

6. BIBLIOGRAFÍA

6.1 Bibliografía

- Acevedo, J., y Bocarejo, J. P. (2009). Movilidad sostenible: una construcción multidisciplinaria. *Revista de Ingeniería*, (29), 72-74.
- Agencia Nacional de Seguridad Vial (2020). Guía técnica de Auditorías e inspecciones de seguridad vial para Colombia en proyectos de infraestructura vial.
- Agencia Nacional de Seguridad Vial (2021). Guía técnica de Auditorías e inspecciones de seguridad vial para Colombia en proyectos de infraestructura vial.
- AEC - Asociación Española de la Carretera (2006). Nota de Prensa: La Aplicación de Auditorías de Seguridad Vial evita más de un tercio de los accidentes de tráfico. AEC. Madrid, ESPAÑA.
- Amundsen, A. y Bjornskau, T. (2003). Utrygghet og risikokompensasjon i transortssystemet. En kunnskapsoversikt for RISIT-programmet, report 622. Intitute of Transport Economics. Oslo.
- Asociación española de la carretera. (2006). Libro verde de la seguridad en carrete.
- BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (2018). Auditorías e inspecciones de seguridad vial en América Latina.
- Cambridge Systematics, Inc. (2005). Traffic Congestion and Reliability.
- Cal y Mayor R., (1972), Ingeniería del Tránsito, México D.F., México.
- Cueva, O. V. (2014). Efectos de la Liberalización del Transporte Urbano del Peru-Dos Reflexiones Criticas desde el Dominio Público Viario despues de Dos Decadas de Mercado.
- Dextre, J. C., y Aranda, F. (2021). Avanzando con resiliencia: Una “nueva movilidad” para Lima y Callao.
- Dextre, J. C. y Avellaneda, P. (2014) Movilidad en zonas urbanas. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial.
- Dextre, J. C. y Cebollada, A. (2014) Notas en Torno a la Seguridad Vial. Una Revisión Desde las Ciencias Sociales.
- Dextre, J.C. (2010). Seguridad Vial: La necesidad de un nuevo marco teórico.
- DEXTRE, J.C. et al (2008). Vías Humanas. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, PERÚ.
- DEXTRE, J.C. (2014). Notas en Torno a la Seguridad Vial. Una Revisión Desde las Ciencias Sociales.
- Dowling, R., Skabardonis, A., Halkias, J., McHale, G., y Zammit, G. (2004). Guidelines for calibration of microsimulation models: framework and applications. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1876), 1-9.

- FHWA (2004). Traffic analysis toolbox Volume III: Guidelines for applying traffic microsimulation modeling software. Washington: FHWA-HRT-04-040.
- FHWA (2006). Road Safety Audit Guidelines. Washington D.C, USA: FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. FHWA.
- Fellendorf, M. y Vortisch, P. (2010). Microscopic traffic flow simulator Vissim. Alemania: International Series in Operation Research and Management Science.
- González, L. M., Ruiz, J. R., y Lucas-Alba, A. (2010). Creencias de los conductores españoles sobre la velocidad. *Psicothema*, 858-864.
- INEI. (2022). Informe técnico - Seguridad Ciudadana y Registros.
- Lima Cómo Vamos. (8 de setiembre de 2022). Lima Cómo Vamos DATA.
- Montenegro, J. C. y Lozano, A. d. R., 2013. Simulación microscópica del tránsito. Río de Janeiro, Brazil, s.n.
- Organización Mundial de la Salud –OMS (2009). Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial. Ginebra.
- Pérez, V. P., Solarte, J. C. T., Diaz, A. B. R., y Sánchez, B. E. B. (2022). Caracterización de actores viales y motociclistas accidentados en Colombia y el departamento del Cauca entre 2012 y 2019. *Revista CES Salud Pública y Epidemiología*, 1(1), 38-52.
- Pérez-Stéfanov, B. (2019). Estadísticas de siniestros viales con víctimas en Costa Rica para el período 2012-2016. Una aproximación para el análisis de la seguridad vial desde los roles de masculinidad y femineidad. *Infraestructura Vial*, 21(38), 9-19.
- PTV-Planung Transport Verkehr (2011). VISSIM 5.30-05 User Manual. Karlsruhe, Germany.
- Ramos, et al (2018). CURSO TEÓRICO-PRÁCTICO SOBRE SEGURIDAD VIAL.
- Sagástegui, F. (2010). Supervisando la seguridad vial en el Perú. *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*, 27, 255-259.