

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**ANÁLISIS Y REDISEÑO VIAL DE LA INTERSECCIÓN AV. COMANDANTE  
ESPINAR Y CALLE DOS DE MAYO, DISTRITO DE MIRAFLORES**

**Trabajo de suficiencia profesional para obtener el título profesional de Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

José Antonio Ruiz Godoy

George Richard Quispe Parra

**ASESOR:**

Ing. Juan Carlos Dextre Quijandría

Lima, abril, 2022

## RESUMEN

Un reto común de las ciudades peruanas es la ausencia de un enfoque cuya perspectiva política gire en torno a la movilidad entendida como un derecho. Ello implica la atención a todas las formas de movilidad que requieren los diversos grupos sociales: caminar, bicicleta, transporte público, automóvil. En el distrito de Miraflores, en los últimos años, el enfoque tradicional basado en favorecer el auto privado ha sido desplazado por el enfoque de la movilidad sostenible (Plan de Movilidad Urbana de Miraflores 2017-2020). Se han implementado intervenciones urbanas centradas en la oferta de espacios públicos adaptados a cada forma de movilidad. No obstante, debido al fuerte arraigo del enfoque tradicional en la cultura política, aún existen deficiencias en el diseño urbano de la ciudad. Unas de las principales vías que requieren ser evaluadas son la Av. Comandante Espinar y Calle Dos de Mayo. De acuerdo al registro de siniestros viales 2019 – agosto 2020 provista por la Municipalidad de Miraflores, se registraron 02 siniestros viales de tipo choque ocasionando daños materiales y lesiones leves. De esta manera, surge la presente investigación, el cual consta de 5 etapas.

Se realizó una inspección de seguridad vial de la zona de estudio. Del análisis del entorno, se identificó que los usuarios de micro movilidad (bicicletas, scooter, patines, etc.) transitaban por la acera y la calzada al no existir ciclovías. Ello representa un escenario de riesgo para los peatones y los usuarios de la micro movilidad per se. Asimismo, se identificó que la geometría actual de la intersección excluye a los usuarios de movilidad reducida. Las rampas peatonales presentan pendientes superiores al máximo permitido de 12%, según la Ordenanza Municipal N° 2273. Además, los martillos de la intersección presentan radios superiores a los 8.0 m, los cuales permiten maniobras de giro a altas velocidades. En base a la simulación realizada en Autoturn 2014, la geometría actual de la intersección representa un escenario riesgoso para los peatones y ciclistas, ya que permite maniobras de giro con umbral máximo de velocidad de 30 km/h. Adicionalmente, se identificó la ausencia de fases exclusivas para el desplazamiento peatonal, lo cual implica que los peatones realicen maniobras temerarias que podrían resultar en atropellos. En cuanto a la señalización horizontal y vertical, se visualizó que se encuentra en mal estado y, en algunos casos, era redundante, de acuerdo al Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras. Para abordar esta problemática, se plantearon propuestas de mitigación basadas en la mejora de las condiciones actuales de seguridad vial y accesibilidad, que favorezcan a todos los usuarios. Estas propuestas se basan en la implementación de una ciclovía que se conectará con la red ciclovial existente, rediseño de la geometría de la intersección (martillos, rampas, cruces peatonales a nivel de calzada, islas de refugio, etc.) y la configuración del ciclo semafórico, a efectos de brindar fases exclusivas para el peatón y ciclista.

Se simuló el estado actual de la intersección en *Vissim - Viswalk*. Para representar adecuadamente el flujo vehicular, se ingresó dos tipos de vehículos: motocicletas y combis con sus respectivos diagramas de velocidad vs frecuencia acumulada. La calibración y validación vehicular se realizó en base a las longitudes de cola usando los parámetros de Wiedemann 74 y la peatonal, en base a la velocidad peatonal usando los parámetros de Fuerza Social. Luego, se modeló el escenario propuesto y se compararon ambas situaciones con respecto a las condiciones de seguridad vial. En el escenario propuesto, la longitud de cola en la Av. Comandante Espinar sentido norte-sur incrementó en 5.21%. No obstante, se redujeron los conflictos peatón – ciclista – vehículo de manera considerable, por lo que se considera válida la infraestructura propuesta. Finalmente, se elabora los planos de rediseño de la intersección, lo cual incluye la señalización de tránsito propuesta.

## **DEDICATORIA**

“La vida, un suspiro prolongado y precario.

Una llama incandescente

que siempre amenaza con apagarse.

A veces, tan agitada como el océano tras un huracán

Un vals a contratiempo.

A veces, un túnel sin salida, cuyos caminos convergen

siempre a una luz relampagueante.

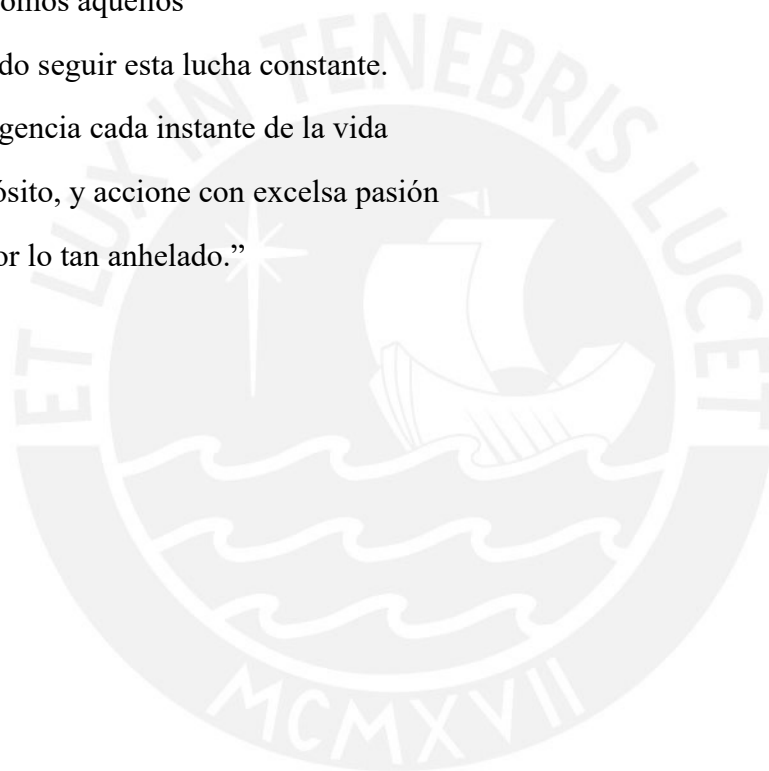
Cuán dichosos somos aquellos

que nos ha tocado seguir esta lucha constante.

Aprecie con diligencia cada instante de la vida

Busque su propósito, y accione con excelsa pasión

y vehemencia por lo tan anhelado.”



A Don Pedro, hombre de mi más grata recordación,

Por moldear, en grado sumo, mi espíritu y mi futuro.

A mis padres José y Charo.

A mis hermanos Miguel, Aracelli y Fiorella.

Por estar incondicionalmente para mí

durante todos los años de mi vida.

***José Antonio.***



“Por la movilidad que nuestro país urge”

A Carmen Parra Caller por el inmenso amor brindado

desde siempre y por las mejores lecciones de vida

A Noe Quispe Retamozo por la gratitud y confianza en mí

A mis hermanos Deivi y Jheison por todo el apoyo

A Toby, mi fiel mascota y mejor amigo, por alegrarme diariamente

A Pablo Vega Centeno por inspirarme en el mundo de la movilidad

***George.***

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1. Realidad Problemática</b> .....	1
<b>1.2. Objetivos</b> .....	2
<b>1.2.1. Objetivo General</b> .....	2
<b>1.2.2. Objetivos Específicos</b> .....	2
<b>CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA</b> .....	3
<b>2.1. Selección del área de estudio</b> .....	4
<b>2.2. Inspección de Seguridad Vial</b> .....	4
<b>2.2. Recolección y Análisis de datos de campo</b> .....	5
<b>2.2.1. Geometría de la Intersección</b> .....	6
<b>2.2.2. Flujogramas vehiculares</b> .....	6
<b>2.2.3. Flujogramas peatonales</b> .....	8
<b>2.2.4. Tiempo y fases semafóricos</b> .....	10
<b>2.2.5. Longitudes de cola</b> .....	10
<b>2.2.6. Tiempos de viaje vehicular y peatonal</b> .....	11
<b>2.3. Microsimulación del estado actual de la intersección</b> .....	12
<b>2.3.1. Modelación</b> .....	12
<b>2.3.2. Calibración</b> .....	14
<b>2.3.3. Validación</b> .....	16
<b>2.4. Desarrollo de las propuestas de mejora y microsimulación del escenario propuesto</b> .....	16
<b>2.5. Comparación de modelos e implementación de las propuestas de mejora</b> .....	17
<b>CAPÍTULO 3: CASO DE ESTUDIO</b> .....	18
<b>3.1. Ubicación y Descripción del área de estudio</b> .....	18
<b>3.2. Inspección de Seguridad Vial del área de estudio</b> .....	20
<b>Hallazgo 1: Conflicto peatón – ciclista: Ausencia de cicloavía</b> .....	22
<b>Hallazgo 2: Diseño inadecuado de martillos</b> .....	24
<b>Hallazgo 3: Pavimentación en mal estado</b> .....	25
<b>Hallazgo 4: Señalización horizontal en mal estado</b> .....	26
<b>Hallazgo 5: Conflicto peatón - vehículo</b> .....	27
<b>Hallazgo 6: Señalización vertical redundante</b> .....	29
<b>Hallazgo 7: Geometría de rampas peatonales, cruceo peatonal y separador central desfavorable para la movilidad peatonal</b> .....	30
<b>3.4. Estado actual de la Infraestructura vial del área de estudio</b> .....	32
<b>3.3. Recolección y Análisis de datos de campo</b> .....	32

3.3.1. Geometría de la Intersección .....	32
3.3.2. Flujogramas vehiculares.....	34
3.3.3. Flujogramas peatonales.....	39
3.3.4. Tiempo y fases semafóricos .....	40
3.3.5. Longitudes de cola.....	42
3.3.6. Registro de velocidad vehicular .....	44
3.3.7 Registro de velocidad peatonal .....	47
<b>CAPÍTULO 4: MICROSIMULACIÓN CON VISSIM – VISWALK .....</b>	<b>50</b>
4.1. Construcción del estado actual .....	50
4.1.1. Importación y escala de imagen.....	50
4.1.2. Creación de la geometría.....	51
4.1.3. Ingreso del flujo vehicular y peatonal.....	51
4.1.6. Ingreso Nuevos vehículos: Combis y motocicletas .....	53
4.2. Calibración del modelo actual .....	55
4.2.1. Calibración vehicular .....	55
4.2.1. Calibración peatonal.....	58
4.3. Validación del modelo actual .....	61
4.3.1. Validación vehicular .....	61
4.3.2. Validación peatonal.....	62
<b>CAPÍTULO 5: PROPUESTAS DE MEJORA Y MICROSIMULACIÓN DEL ESEENARIO PROPUESTO .....</b>	<b>65</b>
5.1. Análisis de resultados .....	65
5.2. Propuestas de Mejora .....	66
5.2.1. Diseño de ciclovía en la Av. Comandante Espinar y Ca. Dos de Mayo.....	66
5.2.2. Rediseño de los radios de los martillos de la intersección .....	70
5.2.3. Mejora de la pavimentación y fricción en la superficie de rodamiento .....	74
5.2.4. Mejora en la demarcación: Señalización horizontal y vertical.....	75
5.2.5. Fase semafórica exclusiva peatonal “Todo rojo” .....	79
5.2.6. Creación de refugio peatonal .....	79
5.2.7. Continuidad entre rampas, cruceros peatonales y separador central.....	80
<b>CAPÍTULO 6: MICROSIMULACIÓN DEL ESCENARIO PROPUESTO Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>82</b>
6.1. Microsimulación del escenario propuesto.....	82
6.2. Comparación de resultados: Longitud de colas .....	82
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>84</b>

CONCLUSIONES.....	84
RECOMENDACIONES.....	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	89
ANEXOS.....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Procedimientos para el desarrollo del proyecto de investigación.....	3
<b>Figura 2</b> Tipo de Vehículo (automóvil, combi y couster).....	6
<b>Figura 3</b> Tipo de Vehículo (Bus - Camión) .....	6
<b>Figura 4</b> Tipo de Vehículo (Moto y bicicleta) .....	7
<b>Figura 5</b> Líneas de deseo del flujo vehicular .....	7
<b>Figura 6</b> Puntos de origen y líneas de deseo del flujo peatonal .....	9
<b>Figura 7</b> Zona de registro de longitud de cola .....	11
<b>Figura 8</b> Procedimiento para el desarrollo del modelo en Vissim-Viswalk.....	13
<b>Figura 9</b> Ubicación del área de estudio.....	18
<b>Figura 10</b> Uso de sueños y zonificación del área de estudio .....	19
<b>Figura 11</b> Clasificación Vial de las avenidas en análisis .....	20
<b>Figura 12</b> Conflicto peatón - ciclista.....	22
<b>Figura 13</b> Radio de los martillos.....	24
<b>Figura 14</b> Superficie de rodamiento en mal estado.....	25
<b>Figura 15</b> Señalización horizontal en mal estado.....	26
<b>Figura 16</b> <i>Conflicto Peatón – Vehículo: Vehículos que giran hacia la izquierda y peatones que cruzan</i> .....	27
<b>Figura 17</b> <i>Conflicto Peatón – Vehículo: Vehículos que giran hacia la derecha y peatones que cruzan</i> .....	28
<b>Figura 18</b> <i>Señalización vertical redundante</i> .....	29
<b>Figura 19</b> <i>Ancho de la rampa peatonal no alineada con el cruce peatonal</i> .....	30
<b>Figura 20</b> <i>No continuidad entre el cruce el cruce peatonal y el separador central</i> .....	31
<b>Figura 21</b> Plano de la situación actual de la intersección .....	32
<b>Figura 22</b> Líneas de deseo del flujo vehicular .....	34
<b>Figura 23</b> Líneas de deseo de flujo peatonal.....	39
<b>Figura 24</b> Medición de la longitud de colas de la intersección en análisis .....	42
<b>Figura 25</b> Gráfica Longitud de Cola vs N° Ciclo .....	44
<b>Figura 26</b> Importación del Plano de la Intersección al software Vissim - Viswalk 8 .....	50
<b>Figura 27</b> Dibujo de la geometría de la intersección .....	51
<b>Figura 28</b> Ingreso de Flujo vehicular a Vissim .....	52
<b>Figura 29</b> Ingreso de Flujo vehicular a Vissim.....	52
<b>Figura 30</b> Ingreso de vehículos a Vissim.....	54
<b>Figura 31</b> Ajustes de Parámetro de Simulación.....	55
<b>Figura 32</b> Diversos esquemas de segregación, según velocidades de operación.....	67
<b>Figura 33</b> Ejemplo de hitos verticales de poliuretano en Bogotá .....	68
<b>Figura 34</b> Ejemplo de ciclovía ubicada entre vereda y estacionamiento en paralelo.....	68
<b>Figura 35</b> Maniobra hacia adelante y giro de un vehículo típico dada la geometría actual .....	70
<b>Figura 36</b> Asignación de vehículo típico según la AASHTO 2011 .....	71

<b>Figura 37</b> Maniobra hacia adelante y giro de un vehículo típico dada la geometría actual .....	72
<b>Figura 38</b> Asignación de vehículo típico según la AASHTO 2011 .....	72
<b>Figura 39</b> Maniobra hacia adelante y giro de un vehículo típico dada la geometría actual.....	73
<b>Figura 40</b> Asignación de vehículo típico según la AASHTO 2011 .....	74
<b>Figura 41</b> Pavimentación en mal estado .....	75
<b>Figura 42</b> Zona de velocidad peatonal en Ca. Mariano Odicio, Miraflores .....	76
<b>Figura 43</b> Señalización de Micro movilidad .....	77
<b>Figura 44</b> Señal TEA en la Av. José Larco, Miraflores .....	78
<b>Figura 45</b> Refugios peatonales en la intersección .....	79
<b>Figura 46</b> .....	82

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Frecuencia de los siniestros con víctimas .....	4
<b>Tabla 2</b> El nivel resultante del riesgo .....	5
<b>Tabla 3</b> Subgerencia de acción según el riesgo.....	5
<b>Tabla 4</b> Formato de conteo del flujo vehicular .....	8
<b>Tabla 5</b> Formato utilizado para el conteo peatonal.....	9
<b>Tabla 6</b> Formato utilizado para el registro de tiempos semafóricos.....	10
<b>Tabla 7</b> Formato de registro de tiempos vehiculares / peatonales.....	12
<b>Tabla 8</b> Características generales de la intersección .....	32
<b>Tabla 9</b> Conteo Flujo Vehicular .....	35
<b>Tabla 10</b> Resumen Conteo Vehicular .....	38
<b>Tabla 11</b> Conteo Flujo Peatonal.....	39
<b>Tabla 12</b> Tiempo y fases semafóricos (en segundos).....	41
<b>Tabla 13</b> Longitud de Colas (m) de la intersección .....	43
<b>Tabla 14</b> Registro de velocidad vehicular.....	45
<b>Tabla 15</b> Distribución de frecuencias de la velocidad vehicular.....	46
<b>Tabla 16</b> Registro de velocidad peatonal .....	48
<b>Tabla 17</b> Distribución de frecuencias de la velocidad vehicular.....	49
<b>Tabla 18</b> Tabla de frecuencias acumuladas de velocidad de las combis.....	53
<b>Tabla 19</b> Parámetros de seguimiento vehicular adoptados .....	56
<b>Tabla 20</b> Longitud de colas registrados en campo y en Vissim para la calibración.....	56
<b>Tabla 21</b> Prueba de hipótesis nula para la calibración vehicular .....	57
<b>Tabla 22</b> Determinación del número de corridas mínimo.....	58
<b>Tabla 23</b> Asignación de valores a los parámetros fundamentales de fuerza social.....	58
<b>Tabla 24</b> Velocidad peatonal registrados en campo y en Vissim.....	59
<b>Tabla 25</b> Prueba de hipótesis nula para la calibración peatonal.....	60
<b>Tabla 26</b> Determinación del número de corridas mínimo.....	60
<b>Tabla 27</b> Longitud de colas registrados en campo y en Vissim para la validación.....	61
<b>Tabla 28</b> Prueba de hipótesis nula para la validación vehicular .....	62
<b>Tabla 29</b> Determinación del número de corridas mínimo.....	62
<b>Tabla 30</b> Velocidad peatonal registrados en campo y en Vissim.....	63
<b>Tabla 31</b> Prueba de hipótesis nula para la validación vehicular .....	64
<b>Tabla 32</b> Factores de riesgo de acuerdo a la condición de la vía. ....	75
<b>Tabla 33</b> Factores de riesgo de acuerdo a la señalización y delineación .....	76
<b>Tabla 34</b> Longitud de colas registrados en el estado actual y el escenario propuesto.....	83



<b>Tabla 35</b> Prueba de hipótesis nula para la comparación de longitudes de cola.....	83
---	----

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> Estadístico T .....	15
<b>Ecuación 2:</b> Varianza Grupal.....	15
<b>Ecuación 3:</b> Determinación de la velocidad vehicular.....	45



## **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática**

En Lima, así como en muchas ciudades de América Latina, aún prevalecen las políticas públicas bajo el enfoque tradicional en el diseño urbano del espacio público. La filosofía de este enfoque se resume en aumentar la oferta de infraestructura con prioridad en la circulación del transporte motorizado particular, tales como: ampliaciones de carriles vehiculares, construcción de pasos vehiculares a desnivel (by pass), construcción de vías expresas, entre otros. No obstante, existen ciudades que implementan estrategias de diseño urbano fundamentados en el concepto de movilidad como derecho. De acuerdo al Ing. Manuel Herce, en su libro “Sobre la movilidad en la ciudad: Propuestas para recuperar un derecho ciudadano” pone en relieve lo siguiente:

La movilidad es la expresión de un derecho de los ciudadanos en el que descansa la realización de gran parte de sus necesidades de conexión social; se ha expuesto también cómo esa necesidad de movilidad se expresa en muy diferentes formas de desplazamiento que, a su vez, plantean requerimientos diferenciales, tanto en cuanto afecta a la organización del espacio público urbano como a la oferta de espacios de infraestructura adaptadas a cada una de esas formas (Herce, 2009, p. 51)

Uno de los distritos limeños que ha adoptado el enfoque de la movilidad sostenible es el distrito de Miraflores. Las intervenciones urbanas priorizan el desplazamiento de las personas; sobre todo, de las más vulnerables en lugar de priorizar la circulación del vehículo motorizado. Sin embargo, aún existen deficiencias en el diseño urbano del espacio público que compromete la seguridad vial y la accesibilidad de los usuarios. De acuerdo al “Plan de Movilidad Urbana de Miraflores 2017-2020” (Gerencia de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente), por la Av. Larco y la Av. Arequipa circulan en promedio 1750 y 2000 ciclistas diario, respectivamente. En relación a la extensión de ciclovías construidas, estas cantidades son bajas. Unas de las razones por las que este medio de transporte es limitado, se debe a la limitada cobertura de la red cicloviaria, ya que aún no integra las zonas atractivas con las zonas generadoras de viajes. Otras razones son la ausencia de interconexión entre ciclovías de los distritos vecinos con las ciclovías a nivel interno, la inseguridad vial y la carencia de estacionamientos seguros en sitios estratégicos. (pág. 23). Según el mismo informe, uno de los objetivos específicos de la política de movilidad para el distrito es priorizar la circulación peatonal y el transporte en bicicletas, como modos de transporte. Así, una de las avenidas que requiere intervención urbana es la Av. Comandante Espinar, el cual carece de una red de ciclovía.

## **1.2.Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

El presente proyecto tiene como finalidad la mejora de las condiciones actuales de seguridad vial y accesibilidad, que favorezcan a todos los usuarios, en la intersección de la Av. Comandante Espinar y Calle Dos de Mayo, distrito de Miraflores, departamento de Lima, Perú.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

Se plantean los siguientes objetivos específicos para el presente proyecto:

- Inspección de seguridad vial del estado actual de la intersección entre la Av. Comandante Espinar y Calle Dos de Mayo.
- Recolección de datos: geometría de la intersección, flujo peatonal/vehicular, tiempos y fases semafóricos, longitudes de cola, tiempos de viaje peatonal/vehicular.
- Representar el estado actual de la intersección mediante un modelo de microsimulación, calibrado y validado con Vissim - Viswalk 8.0.
- Proponer un escenario donde se mejore las condiciones del diseño urbano, la gestión del tránsito, la seguridad vial en beneficio de los diversos tipos de usuarios. Asimismo, integrar la red de ciclovías con el resto de sectores.
- Comparar y evaluar el estado actual y el escenario propuesto de la intersección, según el parámetro de eficiencia longitud de cola de vehículos (cuantitativo); así como, las condiciones de seguridad vial y accesibilidad de los peatones y ciclistas (cualitativo).
- Elaborar los planos de rediseño de la geometría de la intersección

### **1.2.3. Alcance y Limitaciones del Proyecto**

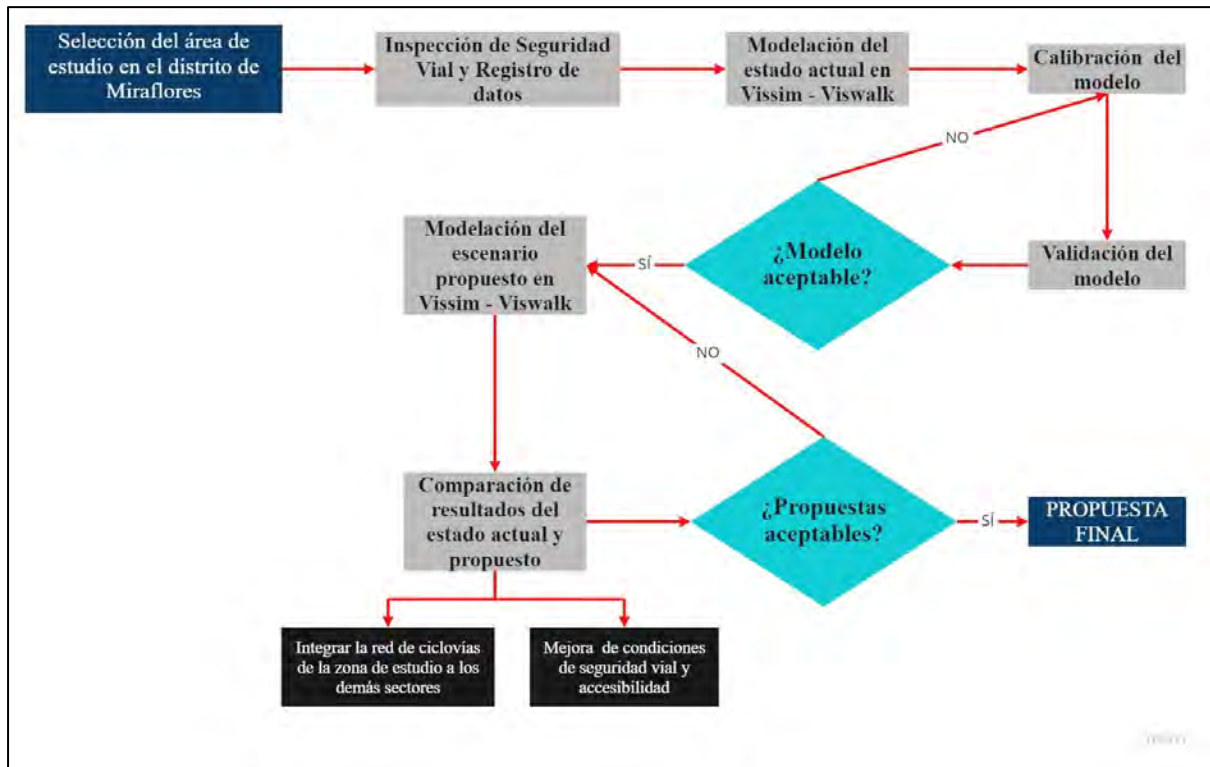
El proyecto abarca un análisis y mejora del diseño urbano, la gestión del tránsito, la seguridad vial en beneficio de los diversos tipos de usuarios. El área de influencia abarca un radio de 100 m de la intersección de la Av. Comandante Espinar y la Ca. Dos de Mayo, Miraflores. El registro de datos se realiza en el horario de 18:00 a 19:00, horario de máxima demanda. Se realiza el modelo en Vissim - Viswalk, en donde se incluye a las “combis” y “motocicletas” con su respectiva distribución de velocidades para representar el flujo vehicular. En cuanto a las limitaciones, se ha identificado la falta de datos actualizados de siniestros viales por parte de la Policía Nacional de Perú en el área de estudio.

## CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA

El desarrollo del presente proyecto de investigación se lleva a cabo de acuerdo al siguiente diagrama de flujos, como se aprecia en la siguiente figura:

**Figura 1**

*Procedimientos para el desarrollo del proyecto de investigación*



*Nota. Elaboración Propia*

## 2.1. Selección del área de estudio

De acuerdo al registro de siniestros durante el año 2019 – 2021, proporcionado por la Municipalidad Distrital de Miraflores, durante este periodo se registraron dos siniestros no fatales de tipo choque entre dos camionetas y una camioneta con un ciclista, respectivamente. Asimismo, de acuerdo al Plan de Movilidad Urbana de Miraflores 2016 – 2020, una de las avenidas que requieren ser intervenidas para favorecer los modos de movilidad no motorizados es la Av. Comandante Espinar, el cual carece de una red de ciclovía que se conecte a la troncal. Por tales razones, se justifica como zona de estudio a la Av. Comandante Espinar y la Ca. Dos de Mayo.

## 2.2. Inspección de Seguridad Vial

Para la inspección de seguridad vial se emplea como herramienta las listas de chequeo, el cual permite revisar el estado actual de la zona de estudio, desde el punto de vista de la seguridad vial, de manera organizada y sistemática. Para el adecuado empleo de esta herramienta se utiliza como guía el libro “Vías Humanas: un enfoque multidisciplinario y humano de la seguridad vial” (Dextre, Pirota, Tabasso, Bermúdez, & García, 2008) y el informe Guía de Auditorías de Seguridad Vial en Vías Urbanas (Secretaría Distrital de Movilidad, Alcaldía de Bogotá, 2005).

Para elaborar las listas de chequeo, se realiza las visitas de campo y se identifica los problemas de movilidad existentes (hallazgos), se propone las medidas de mitigación (recomendaciones) para contrarrestar el problema y se clasifican los hallazgos en función a tres aspectos: 1) la frecuencia de ocurrencia, 2) la severidad probable como resultado de un siniestro vial por factores de ocurrencia y 3) la sugerencia de acción según el riesgo. A continuación, en las siguientes tablas se detalla cada aspecto de clasificación (Guía de Auditorías de Seguridad Vial en Vías Urbanas, pág. 32):

**Tabla 1**

*Frecuencia de los siniestros con víctimas*

FRECUENCIA	DESCRIPCIÓN DE LA FRECUENCIA
Frecuente	Una o más veces por semana
Común	Una vez o más veces por año (pero menos que una vez a la semana)
Ocasional	Una vez en los últimos cinco años
Poco frecuente	No se registró ningún evento en los últimos tres o cinco años (dependiendo del histórico de siniestros viales)

Nota. Adaptado del informe “Guía de Auditorías de Seguridad Vial en Vías Urbanas” (Secretaría Distrital de Movilidad, Alcaldía de Bogotá, 2005).

**Tabla 2**

*El nivel resultante del riesgo*

Nivel de riesgo		SEVERIDAD			
		Menor	Moderada	Significativa	Grave
Frecuencia	Poco frecuente	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
	Ocasional	Bajo	Bajo	Medio	Alto
	Común	Bajo	Medio	Alto	Alto
	Frecuente	Medio	Alto	Alto	Muy alto

Nota. Adaptado del informe “Guía de Auditorías de Seguridad Vial en Vías Urbanas” (Secretaría Distrital de Movilidad, Alcaldía de Bogotá, 2005).

**Tabla 3**

*Subgerencia de acción según el riesgo*

RIESGO	SUGERENCIA DE ACCIÓN
Muy Alto	Preocupación alta asociada al nivel de riesgo identificado. El problema de seguridad vial debe ser abordado y requiere de algún tipo de intervención a fin de mitigar o eliminar el problema, aún si el costo es alto. Debe corregirse
Alto	Preocupación significativa que debe abordarse y que requiere cambios para evitar siniestros con consecuencias graves. Debería ser corregida o reducir el riesgo significativamente
Medio	Preocupación moderada que debe abordarse para mejorar la seguridad. El problema "debería" ser corregido o el riesgo ser reducido significativamente, incluso si es el costo del tratamiento es moderado, pero no alto
Bajo	Preocupación menor que debe abordarse en la práctica para mejorar la seguridad vial, o "debería" ser corregido o el riesgo ser reducido, si el costo del tratamiento es bajo.

Nota. Adaptado del informe “Guía de Auditorías de Seguridad Vial en Vías Urbanas” (Secretaría Distrital de Movilidad, Alcaldía de Bogotá, 2005).

## 2.2. Recolección y Análisis de datos de campo

La recolección de datos de campo se realiza por medio de videograbaciones realizadas por un drone modelo “DJI Mavic 2 Zoom 4”, desde una altura de 80 m de la intersección.

### 2.2.1. Geometría de la Intersección

Para modelar el estado actual del área de estudio, se mide la geometría de la intersección, el cual se define principalmente por la calzada, veredas, ciclovías, cebras peatonales, medianas centrales y radios de giro. Dichos valores se registran utilizando una cinta métrica. Con esta información, se dibuja el plano del área de estudio en AutoCAD, el cual se exporta al programa de micro simulación Vissim - Viswalk y se dibuja el área de estudio.

### 2.2.2. Flujogramas vehiculares

Para contabilizar los flujos vehiculares, primero se clasifica a los vehículos de acuerdo a su naturaleza, como se aprecia en las siguientes figuras:

- Automóvil – Combi

**Figura 2**

*Tipo de Vehículo (automóvil, combi y couster)*



*Nota. Google Imágenes*

- Bus – Camión

**Figura 3**

*Tipo de Vehículo (Bus - Camión)*



*Nota. Google Imágenes*



- Moto lineal – Bicicleta

**Figura 4**

*Tipo de Vehículo (Moto y bicicleta)*



*Nota.* Google Imágenes

Luego, se definen todas las rutas que realizan los vehículos (de frente, giro hacia la izquierda y giro hacia la derecha), como se aprecia en el siguiente esquema:

**Figura 5**

*Líneas de deseo del flujo vehicular*










*Nota.* Elaboración propia.

Finalmente, se contabiliza los tipos de vehículos durante intervalos de 15 minutos, durante 1 hora (hora de máxima demanda). Al término de la hora de análisis, se suma la cantidad de vehículos con la finalidad de obtener el flujograma vehicular. A continuación, se muestra el formato utilizado para el conteo vehicular:



**Tabla 4***Formato de conteo del flujo vehicular*

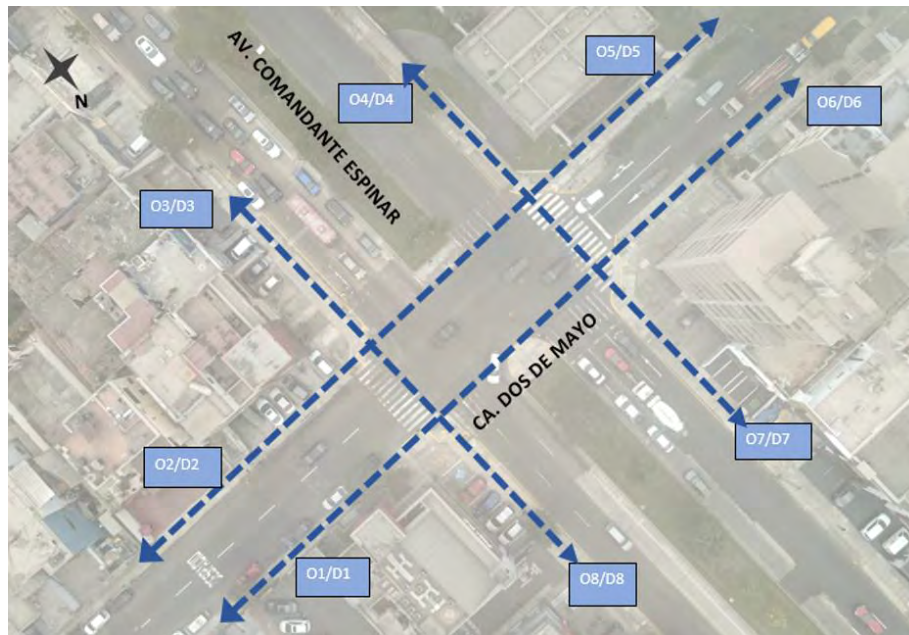
PERIODO	SENTIDO	Tipo de Vehículo							
		Automóvil	Combi	Bus	Camión	Moto	Bicicleta	TOTAL	
HORARIO DE TOMA DE DATOS	A1								
	A2								
	B1								
	B2								
	C1								
	C2								
	C3								

*Nota.* Elaboración propia.**2.2.3. Flujogramas peatonales**

Para el conteo del flujo peatonal, se definen 8 puntos de origen y se definen las diversas rutas que los peatones siguen para llegar a su destino, como se aprecia en el siguiente mapa:

**Figura 6**

*Puntos de origen y líneas de deseo del flujo peatonal*







*Nota.* Elaboración propia.

Luego, a través de las videograbaciones, se contabiliza, en intervalos de 15 minutos, durante 1 hora, la cantidad de personas, según sus líneas de deseo. A continuación, en la siguiente tabla, se muestra el formato utilizado para el registro de flujos peatonales:

**Tabla 5**

*Formato utilizado para el conteo peatonal*

ORIGEN	LÍNEAS DE DESEO	PEATÓN	TOTAL	%PEATONES
1				
				
				
				

*Nota.* Elaboración propia.

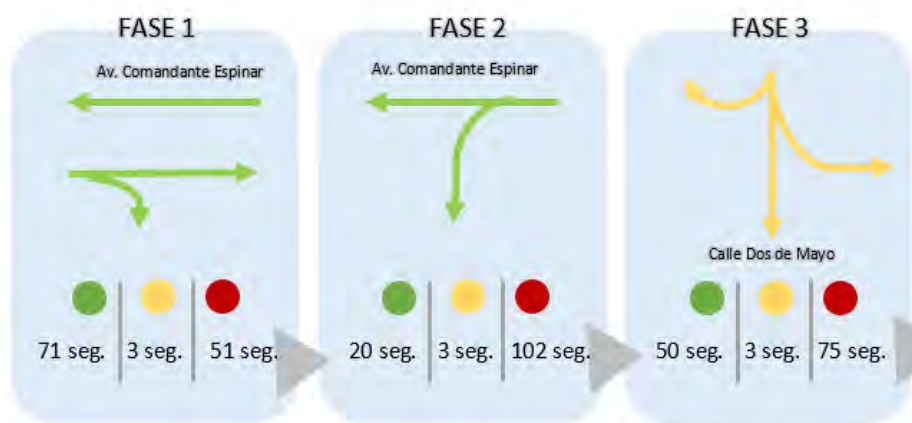
### 2.2.4. Tiempo y fases semafóricas

Durante las visitas de campo, se determinan los tiempos de verde, ámbar y rojo para cada fase; asimismo, se obtiene el tiempo total del ciclo. Con esta información, se obtiene el diagrama de fases para la intersección. A continuación, en la siguiente tabla, se muestra el formato utilizado para el registro de los tiempos semafóricos de cada fase

**Tabla 6**

*Formato utilizado para el registro de tiempos semafóricos*

FASE	VERDE		ÁMBAR
	Inicio	Intervalo verde	Intervalo ámbar
FASE 1			
FASE 2			
FASE 3			



*Nota.* Elaboración propia.

### 2.2.5. Longitudes de cola

Para la toma de este dato, se identifica cada acceso y se mide la distancia desde la línea de retención hasta el último vehículo detenido, cuando el semáforo está en luz roja. Para facilitar la medición de las longitudes de las colas, se toman puntos de referencias, como postes, señalética o carteles publicitarios. Asimismo, se corrobora dichas medidas con las videgrabaciones. A continuación, en la siguiente figura se aprecia la avenida con mayor saturación vehicular, donde se realiza las mediciones de longitud de cola:

**Figura 7**

*Zona de registro de longitud de cola*



*Nota.* Elaboración propia.

### **2.2.6. Tiempos de viaje vehicular y peatonal**

Para obtener, los tiempos vehiculares, se mide el tiempo de 30 vehículos (automóviles) que se desplazan en una sección de longitud conocida. Esta toma de información se realiza de manera simultánea con los aforos. Con el registro de tiempos, y la distancia recorrida se obtiene el registro de velocidad de los vehículos. De la misma forma, para el conteo de los tiempos peatonales, se define una intersección, y se registra el tiempo que le toma a los peatones para cruzar de un lado al otro. A continuación, en la siguiente tabla, se muestra el formato utilizado para el registro de los tiempos:

**Tabla 7***Formato de registro de tiempos vehiculares / peatonales*

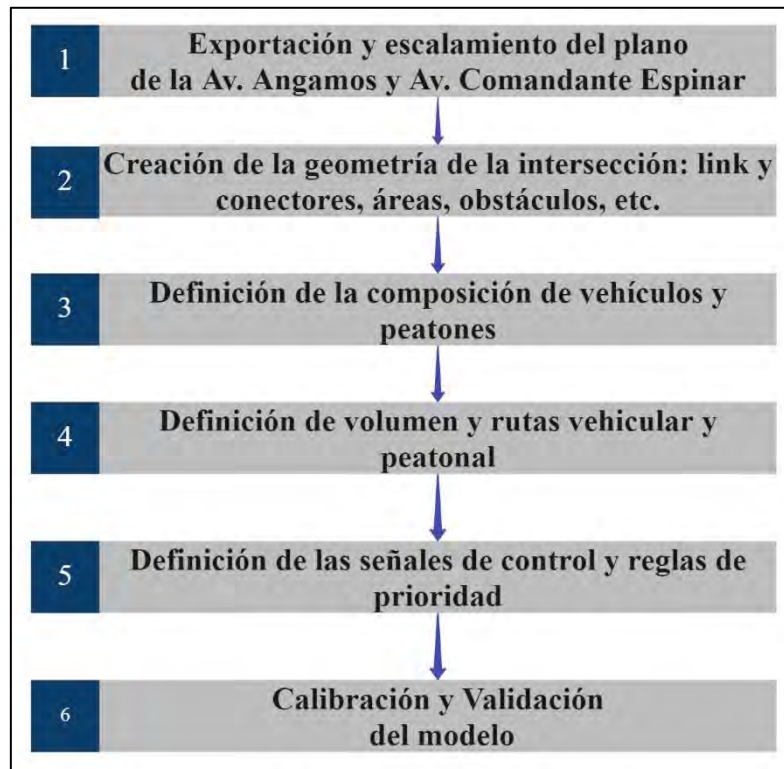
REGISTRO DE VELOCIDADES (Segundos)				
N°	Tiempo (s)	Long Tramo	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
.				
.				
.				
30				
		Media		
		Desv Est		

*Nota.* Elaboración propia.**2.3. Microsimulación del estado actual de la intersección****2.3.1. Modelación**

La micro simulación peatonal del estado actual de la intersección en análisis se modela en Vissim – Viswalk 8. El procedimiento que se lleva a cabo para el desarrollo del modelo, se visualiza en el siguiente esquema:

**Figura 8**

*Procedimiento para el desarrollo del modelo en Vissim-Viswalk*



*Nota.* Elaboración propia.

*De acuerdo al esquema anterior, el desarrollo del modelo comienza con la importación a escala del plano de la intersección de la Av. Angamos y la Av. Comandante Espinar, al programa Vissim - Viswalk (imagen de fondo). Teniendo como base el plano, se procede a dibujar, mediante áreas y links, la geometría de la intersección, por donde se desplazan los usuarios y vehículos; así como los obstáculos presentes. Luego se define la composición de vehículos y peatones (en porcentaje) que circula por cada rama de la intersección. Después, se ingresa el volumen peatonal y vehicular y se les asigna de acuerdo a las rutas establecidas. Asimismo, se programan los controles semafóricos de acuerdo a la duración de las fases existentes en la zona de estudio. Se identifican las áreas de conflicto que son, principalmente, los cruces que se generan entre los links y conectores para controlar el tráfico. Como complemento a las áreas de conflicto se usan las reglas de prioridad. Finalmente se realiza una verificación del modelo, con la finalidad de encontrar **posibles errores** durante la corrida.*

### 2.3.2. Calibración

Luego de modelar el escenario actual, el siguiente paso es la calibración, cuya finalidad es lograr que el modelo represente lo que ocurre en la realidad. La calibración es la etapa más importante de la microsimulación, debido a que determina la aceptación del modelo y su posterior utilización como herramienta de predicción (Cabrera Vega, 2015). Cabe resaltar que el modelo de seguimiento vehicular a considerar para la calibración es el modelo de Wiedemann 74, ya que se trata de un área urbana. El primer paso para la calibración es definir el parámetro de eficiencia a comparar tanto en campo como en el modelo. De acuerdo a los alcances del proyecto, se define como parámetro de eficiencia a la longitud de colas que se forman en las intersecciones. Para que el parámetro del modelo se asemeje al parámetro tomado en campo, se ajustan los parámetros de Wiedemann incluidos por defecto en el software ( $a_x$ ,  $b_{x\text{ add}}$  y  $b_{x\text{ mult}}$ ).

Para el caso de los peatones, la calibración se basa en el Modelo de la Fuerza Social. Se define como parámetro de eficiencia la velocidad peatonal que presentan los usuarios al cruzar por un área de longitud conocida. Para que ambos grupos de datos (realidad y modelo) se asemejen, se ajustan diversos parámetros propios del programa; especialmente, aquellos que afectan directamente a la fuerza resultante que controla el comportamiento de cada peatón. Entre dichos parámetros se cuenta con Tau ( $\tau$ ), que gobierna la fuerza de dirección, Lambda ( $\lambda$ ), que gobierna el nivel de anisotropía de agentes externos sobre el peatón y Noise ( $n$ ), que representa una fuerza aleatoria.

Una vez modificado los parámetros de Wiedemann 74 y de Fuerza Social, se corre el programa un número de veces, el cual debe ser mayor al mínimo permitido. Se corre el modelo 15 veces, número de corridas mayor al mínimo recomendado (4 veces según la FHWA, 2004). Posteriormente se verifica si el número de corridas es el adecuado. Se obtienen los registros de datos del parámetro de eficiencia para cada corrida. Los valores medidos y registrados en campo se comparan con los valores promedios obtenidos en el modelo mediante un análisis estadístico llamado prueba de hipótesis nula con un nivel de confianza del 95%. Esta prueba permite tomar una decisión respecto a una suposición o hipótesis respecto al valor de un parámetro de la población de interés. Para ello, establece una regla de decisión que se usa para tomar la decisión de aceptar o no la hipótesis planteada en función a lo observado en una muestra aleatoria elegida y a un nivel de significación establecido previamente. Cabe resaltar que el hecho de que el resultado muestral conlleve a concluir que se debe rechazar la hipótesis nula, no implica que éste sea cierto. Significa que los datos de la muestra no han proporcionado



evidencia suficiente fuerte que contradiga lo supuesto en la hipótesis nula. (Manual de Estadística para Ingeniería, PUCP , 2018 ). Para el desarrollo de la prueba de hipótesis se utilizan las siguientes ecuaciones:

Hipótesis nula  $H_0$  ( $\mu_1 = \mu_2$ ): Hipótesis que se acepta inicialmente como verdadera y cuya validez es sometida a la comprobación experimental

Hipótesis alternativa  $H_a$  ( $\mu_1 \neq \mu_2$ ): Negación de la hipótesis nula. Es la hipótesis que se acepta en caso se rechace  $H_0$ . ( $H_1$  es generalmente la hipótesis de investigación).

$$T = \frac{(X_1 - X_2)}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad \text{Ecuación 1: Estadístico } T$$

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad \text{Ecuación 2: Varianza Grupal}$$

Donde:

- X1: Promedio del parámetro medido en campo
- X2: Promedio del parámetro medido en Vissim
- N1: Cantidad de muestras en campo
- N2: Cantidad de muestras en Vissim
- S1: Desviación estándar obtenida de los datos en campo
- S2: Desviación estándar obtenida de los datos en Vissim
- Gdl: Grados de Libertad
- $t(\alpha/2)$ : Valor obtenido mediante la distribución t-student, grados de libertad y nivel de confianza

Si el estadístico “t” no pertenece al rango de confianza  $[-t(1-\alpha/2); +t(1-\alpha/2)]$ ; entonces, no se acepta que  $\mu_1 = \mu_2$  y; por ende, el modelo no está calibrado. De esta manera, se continúa ajustando los parámetros de Wiedemann 74 y Fuerza Social para obtener un nuevo grupo de datos y repetir el mismo procedimiento de prueba de hipótesis nula hasta que dicho parámetro esté dentro del rango de aceptación.



### **2.3.3. Validación**

Una vez que el modelo ya está calibrado, se debe verificar que el modelo funcione ante una nueva situación; es decir, con un ingreso de datos diferentes al usado para la calibración. Este registro de datos se suele tomar en otro día, a una hora distinta de la del modelo original. Este procedimiento se denomina validación del modelo y es similar al proceso de calibración. Los valores medidos y registrados en campo se comparan con los valores promedios obtenidos en el modelo mediante un análisis estadístico llamado prueba de hipótesis nula con un nivel de confianza del 95%. Si el estadístico “t” no pertenece al rango aceptación, significa que el modelo no está calibrado adecuadamente y tiene que ser nuevamente “calibrado y validado”.

Finalmente, se verifica que el número de corridas sea mayor al mínimo establecido. De esta manera, el modelo representa adecuadamente la realidad y se puede proceder con el análisis respectivo de manera confiable y desarrollar las propuestas de mejora respectivas.

### **2.4. Desarrollo de las propuestas de mejora y microsimulación del escenario propuesto**

En relación a los problemas encontrados, se procede con la elaboración de las propuestas de mejora del espacio analizado. Dichas propuestas se centran en la mejora de las condiciones del diseño urbano, la gestión del tránsito, la seguridad vial en beneficio de los diversos tipos de usuarios. Asimismo, integrar la red de ciclovías con el resto de sectores. Para cumplir dichos objetivos, se propone un rediseño de la geometría de la intersección y tiempos y fases semafórico. Estas propuestas se basan en los siguientes manuales:

- Vías Humanas: Un enfoque multidisciplinario y humano de la seguridad vial (Dextre, Pirota, Tabasso, Bermúdez, & García, 2008)
- Sobre la Movilidad en la Ciudad: Propuestas para recuperar un derecho ciudadano (Herce, 2009)
- El Lenguaje vial. El lenguaje de la vida (Dextre & Tabasso, Mayo, 2010 )
- Guía de Auditorías de Seguridad Vial en Vías Urbanas (Secretaría Distrital de Movilidad, Alcaldía de Bogotá, 2005)
- Vialidad ciclo-inclusiva: Recomendaciones de diseño (Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile., Abril, 2005 )
- Handbook for cycle friendly design (Sustrans UK , abril 2004)
- Vialidad ciclo – inclusiva: Recomendaciones de diseño (Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile., Abril, 2005 )

- Urban Guide Bikeway Design Guide (National Association of City Transportation Officials , Abril 2011)
- Plan de Movilidad Urbana de Miraflores 2017 – 2020 (Gerencia de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente)

Luego, se modela, en el software Vissim – Viswalk 8, el estado actual con la implementación de las medidas de mitigación (escenario propuesto).

## **2.5. Comparación de modelos e implementación de las propuestas de mejora**

La comparación del estado actual con el escenario propuesto se realiza de dos formas: de manera cuantitativa y cualitativa. Para comparar ambos modelos de manera cuantitativa, se define el parámetro de eficiencia, el cual es a longitud de colas de vehículos. En el estado actual de la intersección dicho parámetro se obtiene a través de la recolección de datos y en el escenario propuesto se obtiene a través de las corridas del modelo, después de la calibración y validación. La comparación cualitativa se basa en las mejoras de las condiciones de seguridad vial y accesibilidad de los diversos tipos de usuarios. Si las propuestas establecidas no mejoran significativamente o empeoran los problemas observados, se procede con un ajuste de estas o la implementación de otras soluciones más factibles que sí genere un cambio positivo en el comportamiento vehicular y peatonal. Una vez demostrado que las propuestas de rediseño de la geometría de la intersección y gestión del tránsito mejoran el comportamiento vehicular y peatonal, se procede con la elaboración de los planos de la geometría de la intersección y la distribución del tiempo en el ciclo semafórico.

## CAPÍTULO 3: CASO DE ESTUDIO

### 3.1. Ubicación y Descripción del área de estudio

El área de estudio del presente proyecto corresponde a la Intersección de la Av. Comandante Espinar con la Calle Dos de Mayo, en el distrito de Miraflores, Lima, Perú.

**Figura 9**

Ubicación del área de estudio



*Nota.* Extraído de Google Earth Pro

Según el Plano de Zonificación y Usos de Suelos, provista por la Municipalidad Distrital de Miraflores (Mayo, 2006), el entorno de la zona de estudio se clasifica como un suelo de Comercio Zonal (CZ) y Residencial de Densidad Media (RDM). Por un lado, una zona de Comercio Zonal (CZ) es aquel tipo de comercio de manera nucleada (en los puntos de intersección de vías importantes) o de manera lineal (en la extensión de las vías principales). Lo que más caracteriza a este tipo de comercio es que el grado de especialización comercial se relaciona en función de las áreas a las que satisface, ya sea áreas residenciales o áreas industriales. Por otro lado, una zona Residencial de Densidad Media (RDM) responde al uso de viviendas y residenciales tratadas de manera individual o en conjunto, el cual permite obtener una concentración poblacional media (Instituto Municipal de Planeamiento, Municipalidad Provincial de Arequipa ).

A continuación, en la siguiente figura se visualiza la zonificación de la zona en análisis:

**Figura 10**

*Uso de sueños y zonificación del área de estudio*



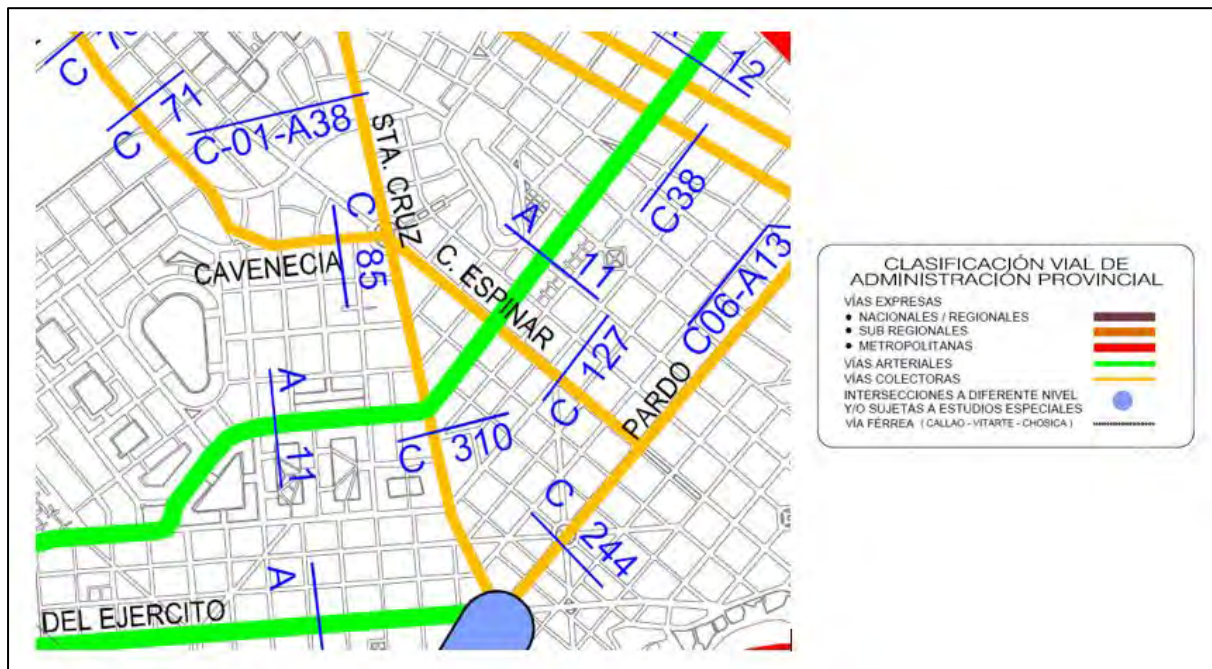
*Nota.* Extraído de la página web de la Municipalidad Distrital de Miraflores (Mayo, 2006)

Asimismo, de acuerdo al Plano del Sistema Vial Metropolitano de Lima (Municipalidad Metropolitana de Lima, Instituto Metropolitano de Planificación, Diciembre, 1999), la Av. Comandante Espinar se clasifica como vía colectora y la Ca. Dos de mayo como vía local, como se aprecia en la siguiente figura:



**Figura 11**

*Clasificación Vial de las avenidas en análisis*



*Nota.* Extraído del Plano del Sistema Vial Metropolitano de Lima (Municipalidad Metropolitana de Lima, Instituto Metropolitano de Planificación).

### 3.2. Inspección de Seguridad Vial del área de estudio

Para identificar los problemas en el diseño urbano de la intersección, desde la óptica de la seguridad vial, se realiza una inspección de seguridad vial. Para ello se emplea como herramienta las listas de chequeo de acuerdo a la Guía de auditorías de seguridad vial en vías urbanas (ASVU). Las auditorías de seguridad vial se realizan en cualquiera de las etapas de un proyecto vial: diseño preliminar, diseño definitivo, finalización de la construcción y operación y vías existentes. Para el presente proyecto, la lista de chequeo se realiza en la etapa de operación y vías existentes. Para ello, de acuerdo a la Guía de auditorías de seguridad vial en vías urbanas (Secretaría Distrital de Movilidad, Alcaldía de Bogotá, pág. 39) se considera los siguientes componentes temáticos:

- Aspectos generales
- Infraestructura
- Tránsito y transporte
- Urbanismo, entorno y aspectos socioeconómicos
- Comportamiento de los usuarios

A continuación, se presenta los principales problemas de movilidad identificados en la zona de estudio (hallazgos), las propuestas para contrarrestar dichos problemas (recomendación) y la clasificación de los hallazgos de acuerdo a la **Tabla 1**, **Tabla 2** y **Tabla 3** presentadas en el capítulo 2.2. Asimismo, en el

**ANEXO B** y **ANEXO B** se muestran las listas de chequeo desarrollado para la zona de estudio, en base al cuestionario desarrollado en la guía en mención.



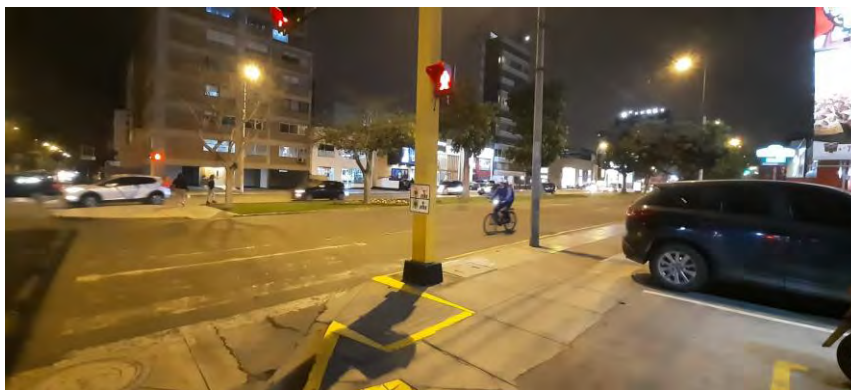
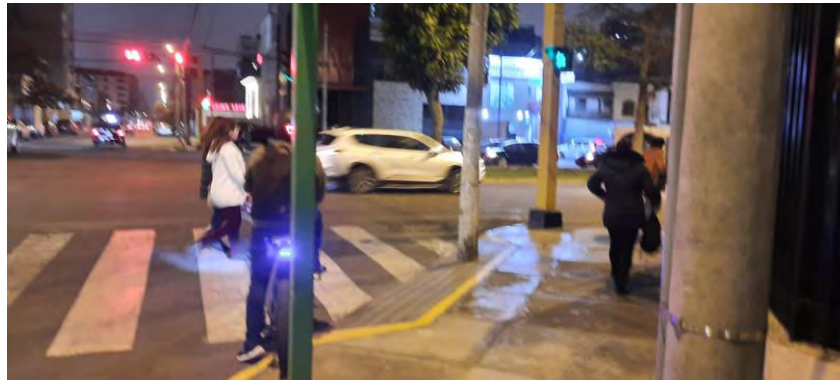
## Hallazgo 1: Conflicto peatón – ciclista: Ausencia de ciclovía

### Descripción:

Se observa que los ciclistas y usuarios de scooters eléctricos transitan por las veredas. Ello origina que entren en conflicto con los peatones que están caminando, individual o en grupo, o salen de los locales comerciales del lugar.

### Figura 12

*Conflicto peatón - ciclista*



*Nota.* Elaboración Propia.

**Evaluación del riesgo:**

Frecuencia: frecuente

Severidad: Grave

Riesgo: Muy alto

**Recomendación:**

Se propone el diseño de una ciclo vía en ambos sentidos ubicada entre el separador central y los carriles de circulación de la Av. Comandante Espinar. En la Calle Dos de Mayo se propone una ciclo vía bidireccional, ubicada en el extremo de la calzada. Esta propuesta es viable, ya que dicha avenida presenta un ancho de 10.00 metros (3 carriles) para los vehículos que van hacia el sur y al norte respectivamente. Para el diseño de la ciclo vía, se considera los siguientes manuales: “Handbook for cycle friendly desing” (Sustrans UK , abril 2004) y “Vialidad ciclo – inclusiva: Recomendaciones de diseño” (Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile., Abril, 2005 )





## Hallazgo 2: Diseño inadecuado de martillos

### Descripción:

Se evidencia que el radio de los martillos en las 4 esquinas de la intersección es mayor a 8 metros. Ello genera que los vehículos giren a una mayor velocidad. Esta situación representa un escenario de alto riesgo, ya que al girar a una mayor velocidad entraría en conflicto con los usuarios que cruzan.

### **Figura 13**

*Radio de los martillos mayor a 8 metros*



*Nota.* Elaboración Propia.

### Evaluación de riesgo:

Frecuencia: frecuente

Severidad: Grave

Riesgo: Muy alto

### Recomendación:

Se propone reducir el radio de los martillos a 3 m con la finalidad de reducir la velocidad de giro de los automóviles y salvaguardar la integridad física de los usuarios.

### **Hallazgo 3: Pavimentación en mal estado**

#### **Descripción:**

Se evidencia que las veredas y pistas presentan baches a lo largo del tramo de evaluación. Los usuarios, tanto vehículos como ciclistas, realizan maniobras peligrosas para esquivar dichas irregularidades en la calzada. Asimismo, los peatones, en especial las personas de tercera edad y con movilidad reducida, presentan dificultades para transitar de manera segura.

#### **Figura 14**

*Superficie de rodamiento en mal estado*



*Nota.* Elaboración Propia.

#### **Evaluación del riesgo:**

Frecuencia: frecuente

Severidad: Grave

Riesgo: Muy alto

#### **Recomendación:**

Se propone realizar una mejora o mantenimiento a la pavimentación tanto de las pistas y veredas.

#### **Hallazgo 4: Señalización horizontal en mal estado**

##### **Descripción:**

Se evidencia que la demarcación de la señalización horizontal como las líneas de cruceo peatonal, las líneas de retención, flechas direccionales, entre otras es tenue, lo cual dificulta su visibilidad por la noche.

##### **Figura 15**

*Señalización horizontal en mal estado*



*Nota.* Elaboración Propia.

##### **Evaluación del riesgo:**

Frecuencia: frecuente

Severidad: Grave

Riesgo: Muy alto

##### **Recomendación:**

Se propone realizar mantenimiento a la señalización horizontal para que su visibilidad sea clara.



## Hallazgo 5: Conflicto peatón - vehículo

### Descripción:

Se observa que existe una fase semafórica vehicular, el cual permite que los vehículos que circulan de la Calle Dos de Mayo circulen en sentido oeste - este hacia la Av. Comandante Espinar sentido sur - norte. A su vez, existe una fase semafórica peatonal que permite que los peatones crucen la Av. Comandante Espinar. De esta manera, los peatones que cruzan entran en conflicto con aquellos vehículos que giran hacia la izquierda, lo cual compromete la integridad física de los peatones. Para cruzar con seguridad, los usuarios primero miran hacia atrás, asegurándose de que los vehículos que giran hacia la izquierda se encuentren a una distancia considerable para recién cruzar. En la siguiente figura, se observa dicho comportamiento:

### Figura 16

*Conflicto Peatón – Vehículo: Vehículos que giran hacia la izquierda y peatones que cruzan*



*Nota.* Elaboración Propia

De manera similar, ocurre conflicto entre la fase semafórica vehicular que permite la circulación en el sentido sur – norte y sur – este en la Av. Comandante Espinar y la fase semafórica peatonal que permite el cruce de la Calle Dos de Mayo. Los peatones que cruzan entran en conflicto con aquellos vehículos que giran hacia la derecha.

### **Figura 17**

*Conflicto Peatón – Vehículo: Vehículos que giran hacia la derecha y peatones que cruzan*



*Nota.* Elaboración Propia

### **Evaluación de Riesgo:**

Frecuencia: frecuente

Severidad: Grave

Riesgo: Muy alto

### **Recomendación:**

Se propone una fase semafórica vehicular todo rojo y a su vez una fase semafórica peatonal exclusiva, el cual permita cruzar a los peatones con seguridad.

## **Hallazgo 6: Señalización vertical redundante**

Se evidencia que existe una señalización vertical P-48, según el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras. Este tipo de señalización advierte al conductor sobre la posibilidad de presencia de peatones en la vía. No obstante, esta intersección está regulada por un semáforo, lo cual es un cruce peatonal semaforizado. Existe contradicción entre la señalética y la intersección semaforizada.

### **Figura 18**

*Señalización vertical redundante*



*Nota.* Elaboración Propia.

### **Evaluación de Riesgo:**

Frecuencia: Poco frecuente

Severidad: Leve

Riesgo: Bajo

### **Recomendación:**

Se propone realizar una inspección de la señalización vertical y horizontal del lugar, con la finalidad de incluir señalización informativa, de advertencia y prohibición para los diversos tipos de usuarios; así como evitar la señalización redundante. Con la finalidad de un diseño urbano inclusivo, se propone implementar señalización para personas con Trastorno del Espectro Autista (Población TEA).



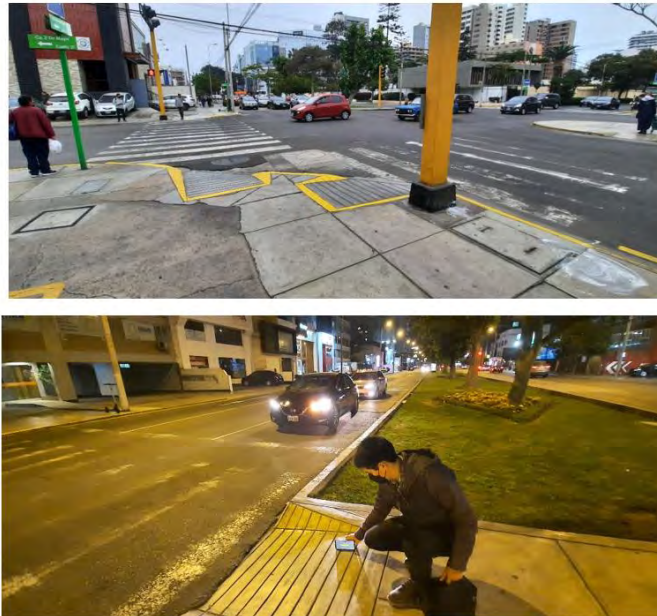
## Hallazgo 7: Geometría de rampas peatonales, crucero peatonal y separador central desfavorable para la movilidad peatonal

### Descripción:

Por un lado, se evidencia que el ancho de las rampas es muy estrecha en las cuatro esquinas de intersección y no está alineada con el ancho del cruce peatonal. Además, la terminación de la rampa es diagonal y presenta una pendiente de 13%, lo cual dificulta el desplazamiento peatonal; en especial, de los usuarios con movilidad reducida.

### **Figura 19**

*Ancho de la rampa peatonal no alineada con el cruce peatonal*



*Nota.* Elaboración Propia

Por otro lado, se observa que no existe continuidad entre las rampas, el cruce peatonal y el separador central como se aprecia en la siguiente figura:

## Figura 20

*No continuidad entre el cruceo el cruceo peatonal y el separador central*



*Nota.* Elaboración Propia

### **Evaluación de Riesgo:**

Frecuencia: frecuente

Severidad: Grave

Riesgo: Muy alto

### **Recomendación:**

Se propone rediseñar la geometría de las rampas, el cual consiste en ensanchar las rampas peatonales en todos los accesos de la intersección; de tal manera que sea continua con el ancho del cruceo peatonal. Asimismo, modificar las pendientes a un rango inferior al 10% de acuerdo a lo señalado por la Ordenanza 2273 – MML, ordenanza que promueve la accesibilidad universal y fomenta la inclusión de las personas con discapacidad en Lima Metropolitana. Se propone habilitar pases a nivel de calzada.



### 3.4. Estado actual de la Infraestructura vial del área de estudio

### 3.3. Recolección y Análisis de datos de campo

#### 3.3.1. Geometría de la Intersección

La geometría de la intersección, vista en planta, presenta forma de cruz “+”, cuyas principales características se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 8**

*Características generales de la intersección*

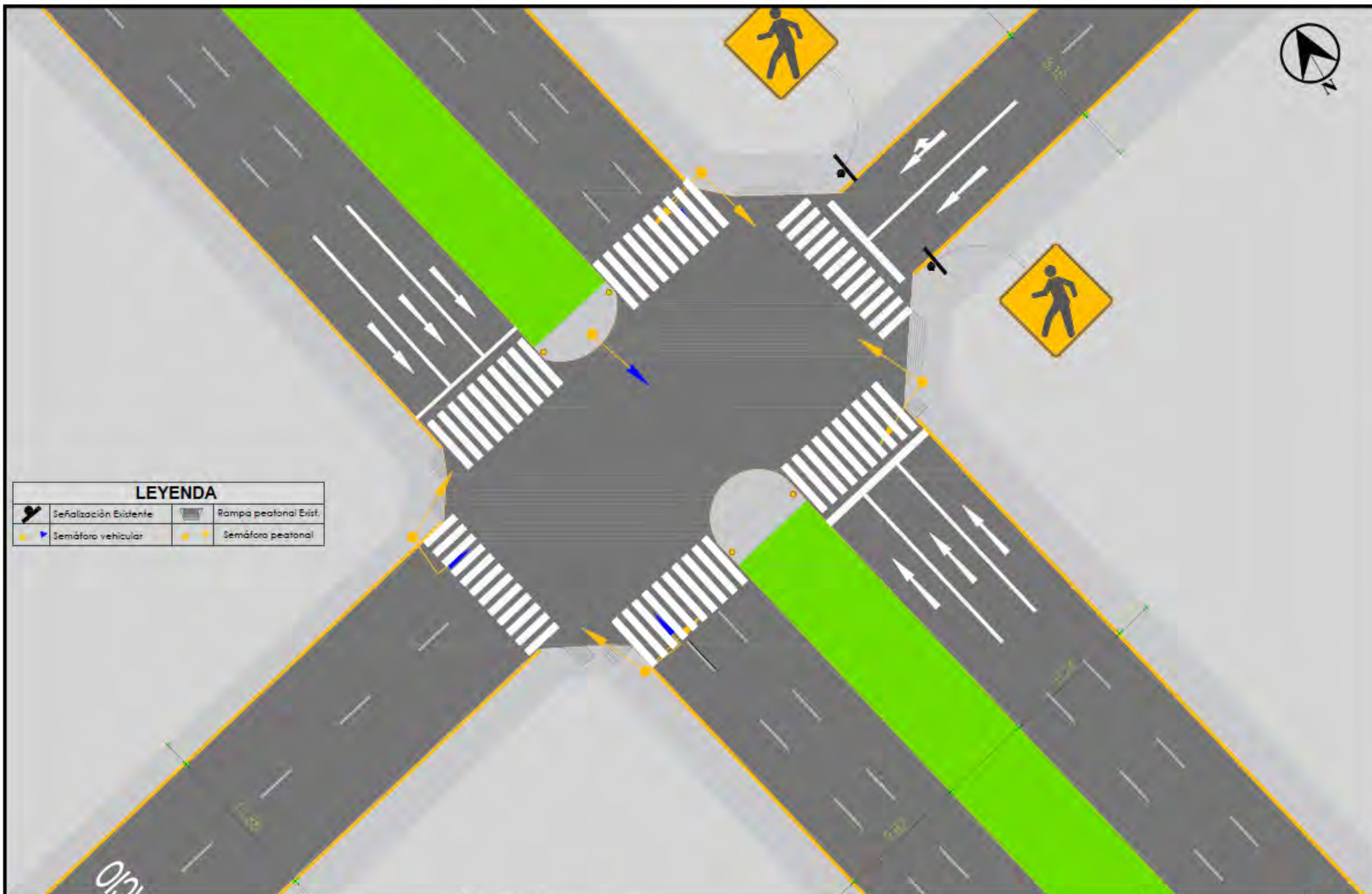
	Av. Comandante Espinar	Calle Dos de Mayo
Nº Carriles	6	2
Ancho Carriles	3.30 – 3.40	4.00
Ancho Veredas	2.80 – 3.00	3.00 – 3.90
¿Presenta Ciclovía?	No	No
Ancho Ciclovía	-	-

*Nota.* Elaboración Propia

Asimismo, en la siguiente figura, se muestra la geometría de la intersección, dibujado y acotado en AutoCAD.

**Figura 21**

*Plano de la situación actual de la intersección*



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ	DESCRIPCIÓN:	UBICACIÓN:	FECHA:	PLANO:
	SITUACIÓN ACTUAL: INTERSECCIÓN: CA. 2 DE MAYO - AV. CDTE ESPINAR	CA. 2 DE MAYO - AV. CDTE ESPINAR	Agosto - 2022	P-01
		DEPARTAMENTO / PROVINCIA / DISTRITO: LIMA / LIMA / MIRAFLORES	ESCALA: 1/250	ELABORADO POR: GEORGE Q.P. JOSE R.G.

### 3.3.2. Flujogramas vehiculares

Para el conteo del flujo vehicular, se definen las direcciones de los movimientos de los vehículos como se aprecia en la siguiente figura:

**Figura 22**








*Líneas de deseo del flujo vehicular*















*Nota.* Elaboración Propia



El conteo del flujo vehicular del lugar de estudio se resume en la siguiente tabla:








**Tabla 9***Conteo Flujo Vehicular*

PERIODO	SENTIDO		Tipo de Vehículo						TOTAL
			Automóvil	Combi	Bus	Camión	Moto	Bicicleta	
17:00 17:15	A1		287	-	7	6	4	13	317
	A2		14	-	-	1	1	1	17
	B1		203	-	5	3	5	19	235
	B2		8	-	-	1	1	1	11
	C1		44	-	-	2	3	4	53
	C2		6	3	-	-	3	-	12
	C3		6	-	-	-	3	-	9

PERIODO	SENTIDO		Tipo de Vehículo						
			Automóvil	Combi	Bus	Camión	Moto	Bicicleta	TOTAL
17:15 17:30	A1		289	-	7	4	7	11	318
	A2		16	-	-	1	1	1	19
	B1		201	-	5	2	4	19	231
	B2		7	-	-	2	1	1	11
	C1		45	-	-	1	3	4	53
	C2		5	4	-	-	2	-	11
	C3		7	-	-	-	4	-	11

PERIODO	SENTIDO		Tipo de Vehículo						
			Automóvil	Combi	Bus	Camión	Moto	Bicicleta	TOTAL
17:30 17:45	A1		285	-	7	6	6	5	309
	A2		17	-	-	1	1	0	19
	B1		200	-	5	3	2	5	215
	B2		8	-	-	1	1	1	11
	C1		44	-	-	1	1	2	48








	C2		6	3	-	-	-	3	12
	C3		8	-	-	-	-	3	11

PERIODO	SENTIDO	Tipo de Vehículo							
		Automóvil	Combi	Bus	Camión	Moto	Bicicleta	TOTAL	
17:45 - 18:00	A1		292	-	7	7		13	319
	A2		15	-	-	1		1	17
	B1		205	-	5	3		19	232
	B2		7	-	-	1		1	9
	C1		45	-	-	1		4	50
	C2		6	3	-	-	3	-	12
	C3		6	-	-	-	3	-	9

Nota. Elaboración Propia

**Tabla 10**

*Resumen Conteo Vehicular*

PERIODO	SENTIDO		TOTAL
17:00 - 18:00	A1		1263
	A2		72
	B1		913
	B2		42
	C1		204
	C2		47
	C3		40

*Nota. Elaboración Propia*

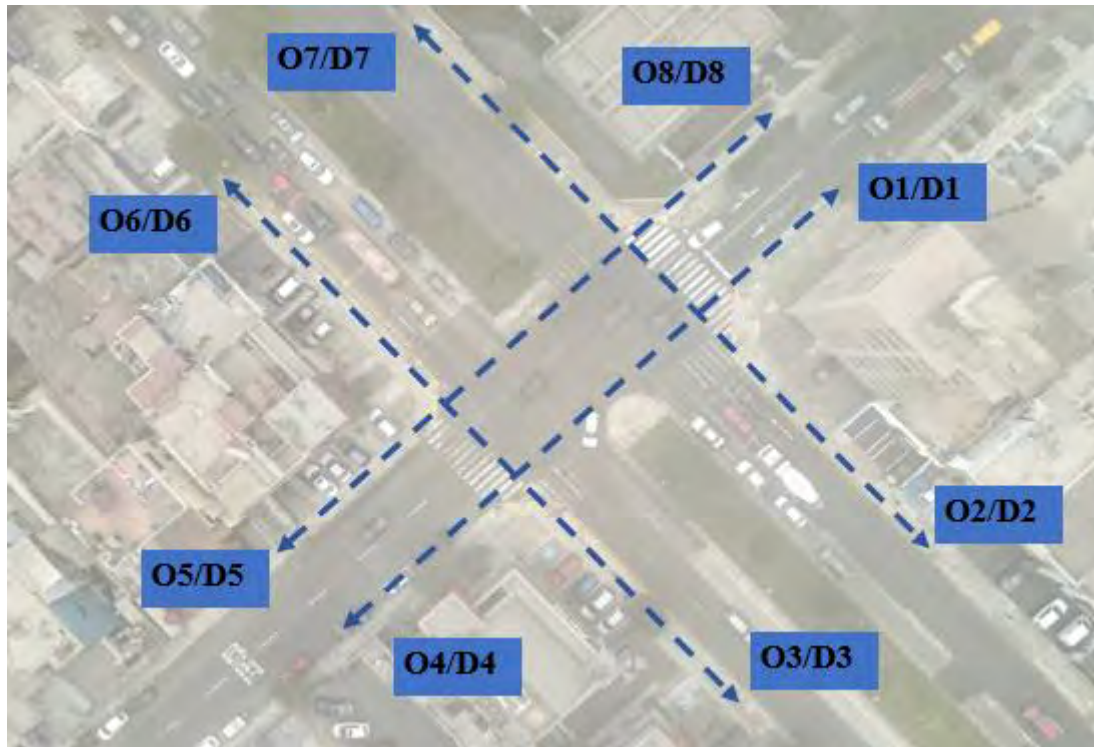


### 3.3.3. Flujogramas peatonales

Para el conteo del flujo peatonal, se definen las líneas de deseo del flujo peatonal como se aprecia en la siguiente figura:

**Figura 23**

*Líneas de deseo de flujo peatonal*



*Nota.* Elaboración Propia

El conteo del flujo peatonal del lugar de estudio se resume en la siguiente tabla:

**Tabla 11**

*Conteo Flujo Peatonal*

CONTEO PEATONAL									
O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
1		19	5	10	8	6	10		58
2	27			28	47	44	169	10	325
3	24			27	10	87	18	24	190
4	10	16	57			19	6	5	113
5	4	17	3			8	5	6	43
6	6	35	155	5	7			8	216
7	10	83	3	4	8			4	112
8		20	7	16	15	8	16		82

*Nota.* Elaboración Propia

#### **3.3.4. Tiempo y fases semafóricos**

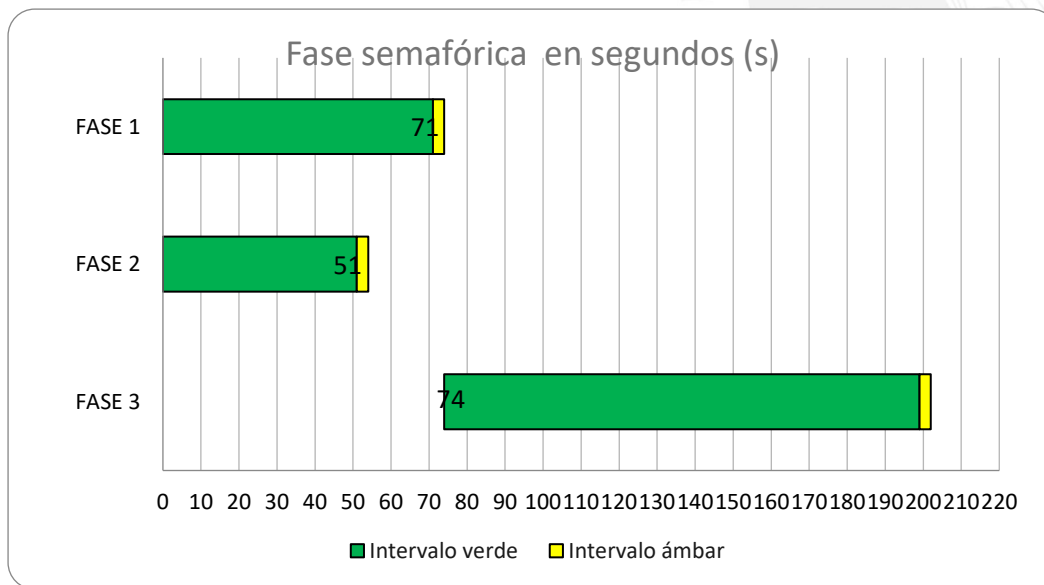
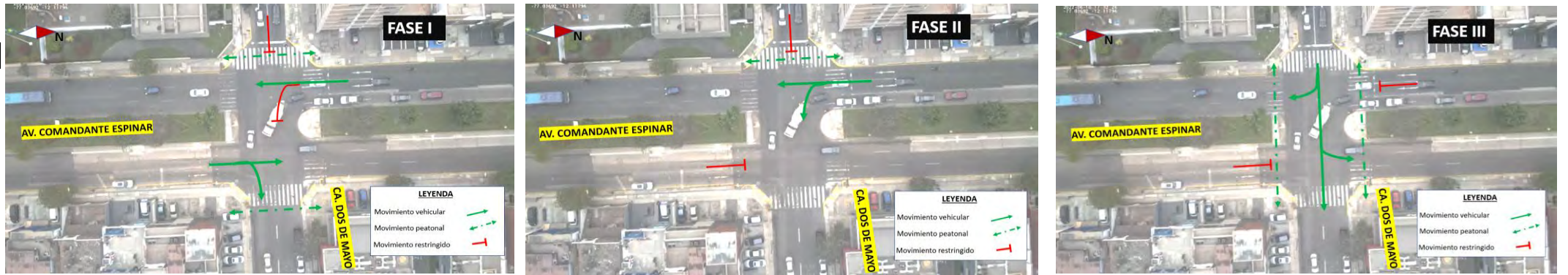
La intersección de la Av. Comandante Espinar y Calle Dos de mayo está regulado por semáforos vehiculares y peatonales que controlan el tránsito de los movimientos. El ciclo semafórico se distribuye en tres fases. Dos de ellas, controlan los movimientos en la Av. Comandante Espinar y la otra, en la Calle Dos de mayo, como se aprecia en la siguiente tabla:



**Tabla 12**

*Tiempo y fases semafóricas (en segundos)*

**FASES SEMAFÓRICAS**



FASE	VERDE		ÁMBAR
	Inicio	Intervalo verde	Intervalo ámbar
FASE 1	0	71	3
FASE 2	0	51	3
FASE 3	74	125	3

### 3.3.5. Longitudes de cola

Para las mediciones de las longitudes de cola se considera la avenida más crítica que es la Av. Comandante Espinar en el sentido Sur – Norte, como se aprecia en la siguiente figura:

**Figura 24**

*Medición de la longitud de colas de la intersección en análisis*



*Nota.* Elaboración Propia

Los datos se contabilizaron justo en el cambio del semáforo de rojo a verde. Para ello, se utiliza las filmaciones realizada por el drone. A continuación, en la siguiente tabla se muestra los datos obtenidos:

**Tabla 13***Longitud de Colas (m) de la intersección*

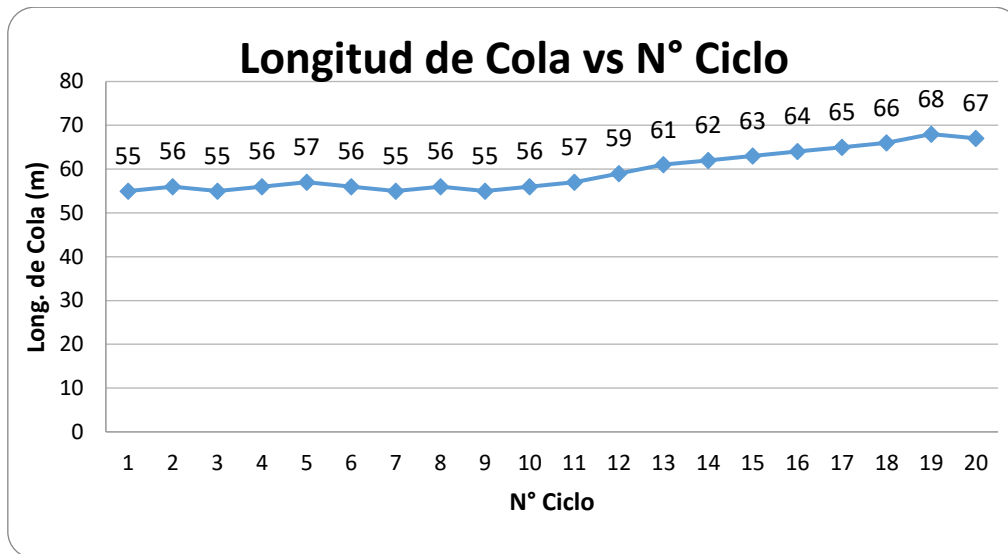
LONGITUD DE COLA		
Periodo	Nº Ciclo	Long. Cola Vía Principal (m)
17:00-17:15	1	55
	2	56
	3	55
	4	57
	5	58
17:15-17:30	6	59
	7	52
	8	53
	9	54
	10	53
17:30-17:45	11	59
	12	52
	13	53
	14	52
	15	52
17:45-18:00	16	54
	17	55
	18	56
	19	54
	20	56
PROMEDIO		54.8
DES. EST.		2.3

*Nota. Elaboración Propia*



**Figura 25**

*Gráfica Longitud de Cola vs N° Ciclo*



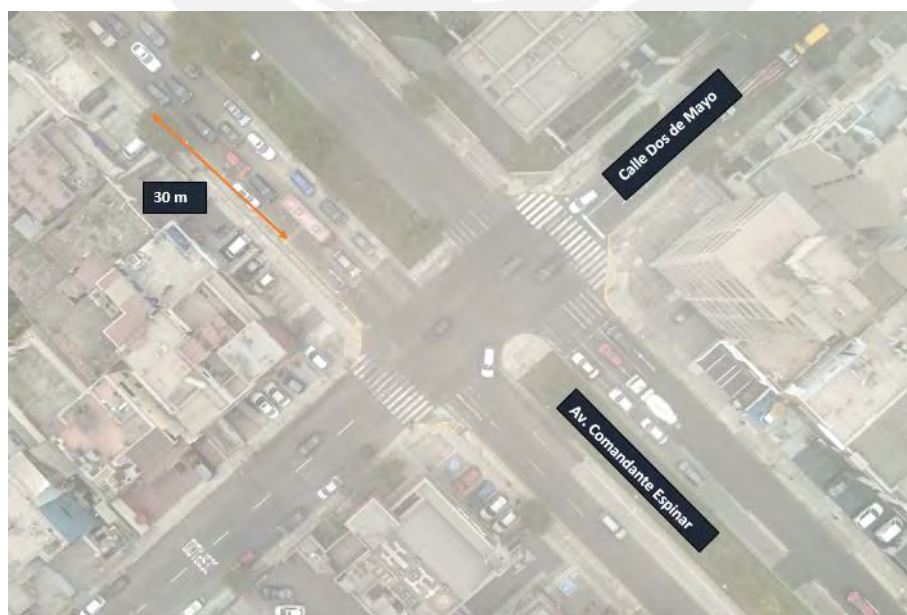
*Nota. Elaboración Propia*

### 3.3.6. Registro de velocidad vehicular

Para determinar la velocidad vehicular, se define una distancia de recorrido de 30 metros en la Av. Comandante Espinar en el sentido sur – norte con una separación de 10 metros de la intersección en análisis. Como se aprecia en la siguiente imagen:

**Figura 26**

*Distancia de recorrido para el cálculo de la velocidad vehicular*



*Nota. Elaboración Propia*

Una vez definida la distancia de recorrido de los vehículos, se contabiliza el tiempo de recorrido a través de las videograbaciones. Con la distancia y el tiempo, se determina la velocidad vehicular con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{d}{t}$$

**Ecuación 3:** *Determinación de la velocidad vehicular*

A continuación, en la siguiente tabla se muestra el cálculo de la velocidad vehicular:

**Tabla 14**

*Registro de velocidad vehicular*

REGISTRO DE VELOCIDADES (Segundos)				
Nº	Tiempo (s)	Long Tramo	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)
1	2.4	30	12.50	45.00
2	2.3	30	13.04	46.96
3	2.3	30	13.33	48.00
4	2.3	30	13.04	46.96
5	2.2	30	13.64	49.09
6	2.4	30	12.50	45.00
7	2.0	30	15.00	54.00
8	2.7	30	11.11	40.00
9	2.8	30	10.71	38.57
10	2.4	30	12.50	45.00
11	2.0	30	15.00	54.00
12	2.5	30	12.00	43.20
13	2.7	30	11.11	40.00
14	2.6	30	11.54	41.54
15	2.7	30	11.11	40.00
16	2.2	30	13.64	49.09
17	2.4	30	12.50	45.00
18	2.5	30	12.00	43.20
19	2.4	30	12.50	45.00
20	2.3	30	13.04	46.96
21	1.9	30	15.79	56.84
22	2.0	30	15.00	54.00
23	2.4	30	12.77	45.96
24	2.6	30	11.54	41.54
25	2.5	30	12.00	43.20
26	2.8	30	10.71	38.57
27	2.7	30	11.11	40.00
28	2.7	30	11.11	40.00
29	2.4	30	12.50	45.00
30	2.5	30	12.00	43.20
Media			12.55	45.16
Desv Est			1.35	4.85

Nota. Elaboración Propia



Una vez obtenido la velocidad vehicular, se construye la distribución de frecuencias, organizados en 5 clases o intervalos, como se aprecia en la siguiente tabla:

**Tabla 15**

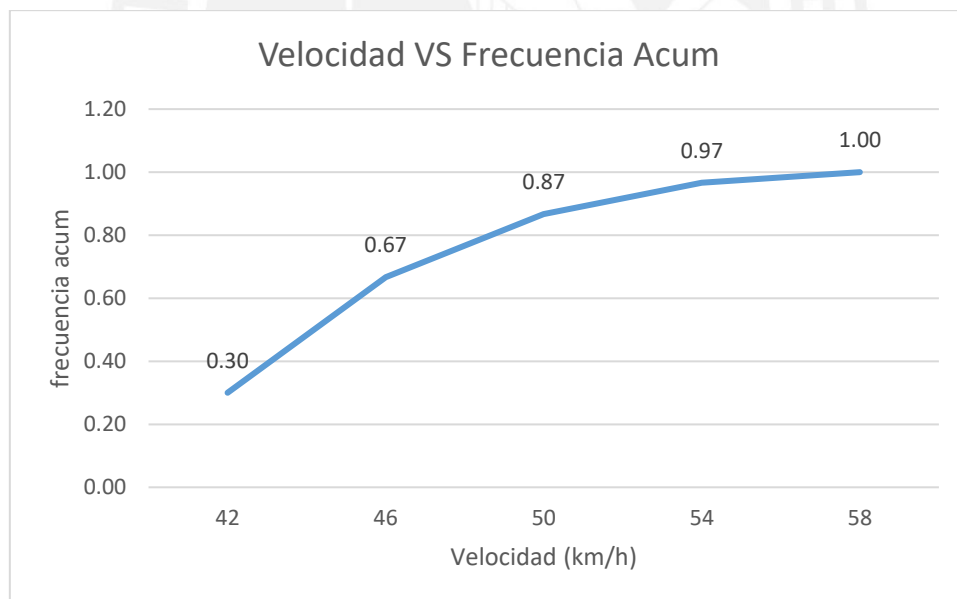
*Distribución de frecuencias de la velocidad vehicular*

VELOCIDAD INFERIOR (Km/h)	VELOCIDAD SUPERIOR (Km/h)	MARCA DE CLASE	$f_i$	$F_i$	$h_i$	$H_i$
38	42	40	9	9	0.30	0.30
42	46	44	11	20	0.37	0.67
46	50	48	6	26	0.20	0.87
50	54	52	3	29	0.10	0.97
54	58	56	1	30	0.03	1.00
Total			30		1	

*Nota.* Elaboración Propia

**Figura 27**

*Velocidad vs Frecuencia Acumulada Porcentual*



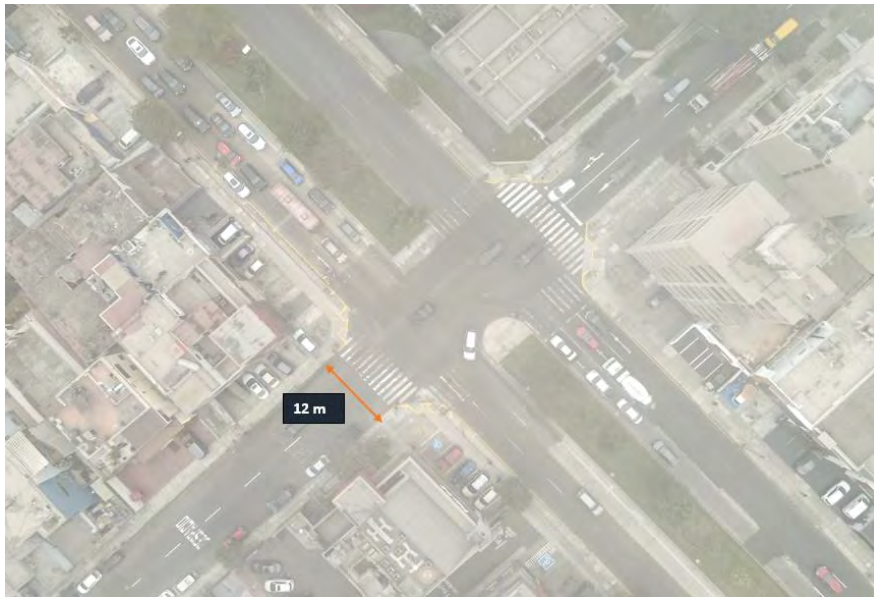
*Nota.* Elaboración Propia

### 3.3.7 Registro de velocidad peatonal

De manera similar al registro de velocidad vehicular, se define una distancia de recorrido de 12 metros, el cual corresponde al ancho de la Calle Dos de Mayo, como se aprecia en la siguiente imagen:

**Figura 28**

*Distancia de recorrido de los peatones para el cálculo de su velocidad*



*Nota.* Elaboración Propia

Con la distancia y el tiempo, se determina la velocidad peatonal, cuyos datos se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 16***Registro de velocidad peatonal*

REGISTRO DE VELOCIDADES (Segundos)				
N°	Tiempo (s)	Long Tramo	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/h)
1	8	12	1.50	0.42
2	9	12	1.33	0.37
3	7	12	1.71	0.48
4	9	12	1.33	0.37
5	8	12	1.50	0.42
6	9	12	1.33	0.37
7	15	12	0.80	0.22
8	11	12	1.09	0.30
9	10	12	1.20	0.33
10	11	12	1.09	0.30
11	10	12	1.20	0.33
12	9	12	1.33	0.37
13	11	12	1.09	0.30
14	9	12	1.33	0.37
15	8	12	1.50	0.42
16	12	12	1.00	0.28
17	11	12	1.09	0.30
18	10	12	1.20	0.33
19	11	12	1.09	0.30
20	9	12	1.33	0.37
21	8	12	1.50	0.42
22	9	12	1.33	0.37
23	6	12	2.00	0.56
24	7	12	1.71	0.48
25	9	12	1.33	0.37
26	8	12	1.50	0.42
27	11	12	1.09	0.30
28	12	12	1.00	0.28
29	10	12	1.20	0.33
30	9	12	1.33	0.37
		Media	1.30	0.36
		Desv Est	0.25	0.07

*Nota.* Elaboración Propia

Una vez obtenido la velocidad peatonal, se construye la distribución de frecuencias, organizados en 5 clases o intervalos, como se aprecia en la siguiente tabla:

**Tabla 17**

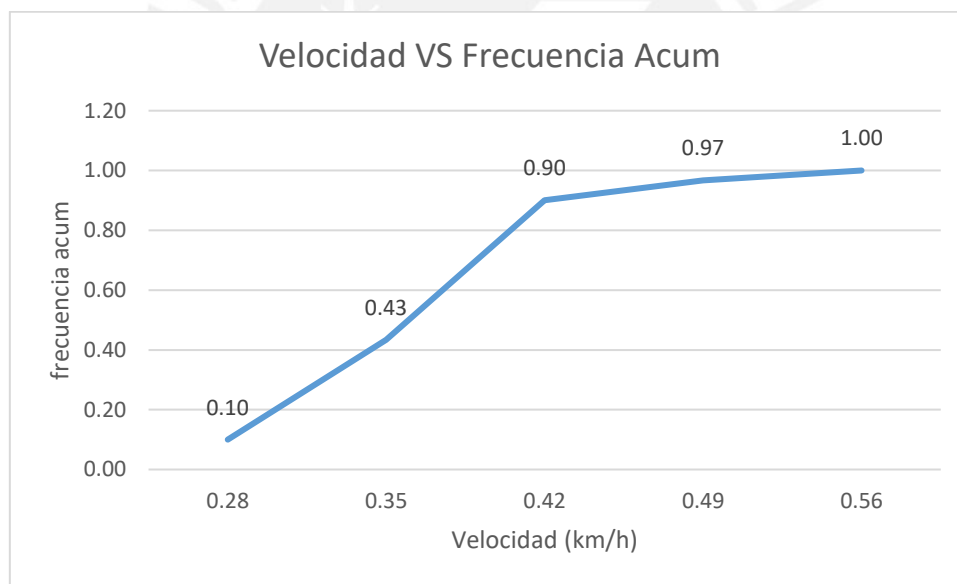
*Distribución de frecuencias de la velocidad vehicular*

VELOCIDAD INFERIOR (Km/h)	VELOCIDAD SUPERIOR (Km/h)	MARCA DE CLASE	fi	Fi	hi	Hi
0.21	0.28	0.245	3	3	0.10	0.10
0.28	0.35	0.315	10	13	0.33	0.43
0.35	0.42	0.385	14	27	0.47	0.90
0.42	0.49	0.455	2	29	0.07	0.97
0.49	0.56	0.525	1	30	0.03	1.00
Total			30		1	

Nota. Elaboración Propia

**Figura 29**

*Velocidad vs Frecuencia Acumulada Porcentual*



Nota. Elaboración Propia

## CAPÍTULO 4: MICROSIMULACIÓN CON VISSIM – VISWALK

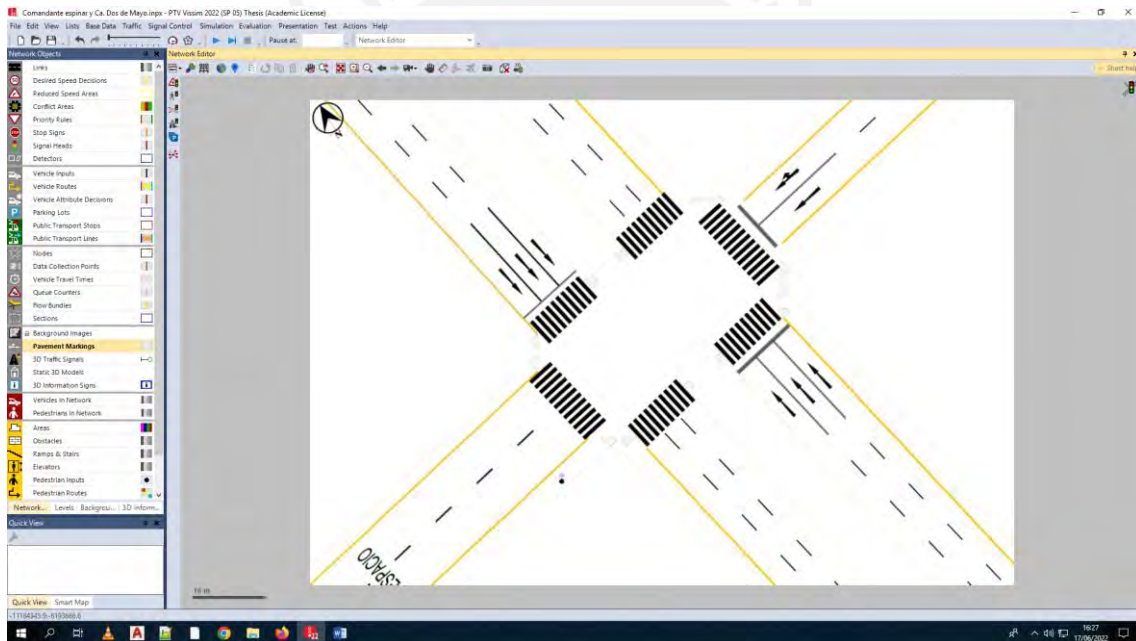
### 4.1. Construcción del estado actual

#### 4.1.1. Importación y escala de imagen

La construcción del modelo inicia con la importación del plano de la intersección dibujado en AutoCAD. Se activa el comando *[Background Image]* y se importa el plano vista en planta. Luego, se escala el plano con el comando *[Set scale]*, de tal manera que una longitud medida en el modelo corresponda a dicha longitud medida en la realidad. El modelo abarca un área de influencia de 100 metros de radio. A continuación, en la siguiente figura se aprecia el plano de la intersección importado a Vissim – Viswalk 8:

**Figura 30**

*Importación del Plano de la Intersección al software Vissim - Viswalk 8*



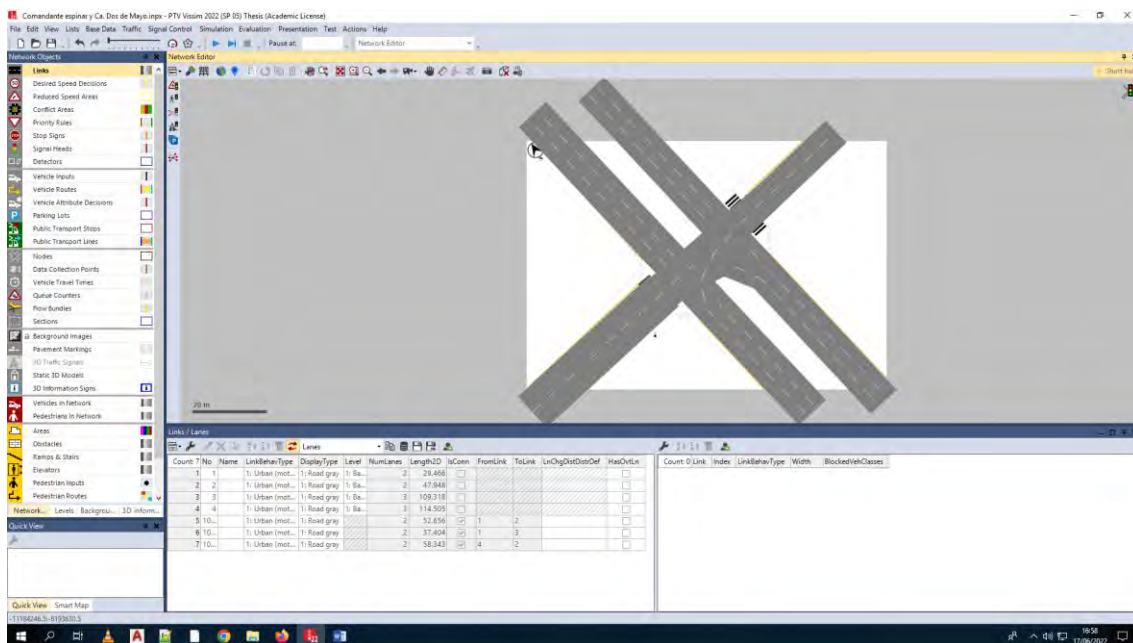
*Nota. Elaboración Propia*

#### 4.1.2. Creación de la geometría

Una vez insertado el plano, se dibuja sobre este la geometría de la intersección, el cual corresponde a las veredas, carriles, rampas, obstáculos, entre otros elementos. Para ello se emplea los comandos *[Links]*, *[Area]* y *[Obstacles]*. A continuación, en la siguiente figura, se presenta el dibujo de la intersección:

**Figura 31**

*Dibujo de la geometría de la intersección*



*Nota.* Elaboración Propia

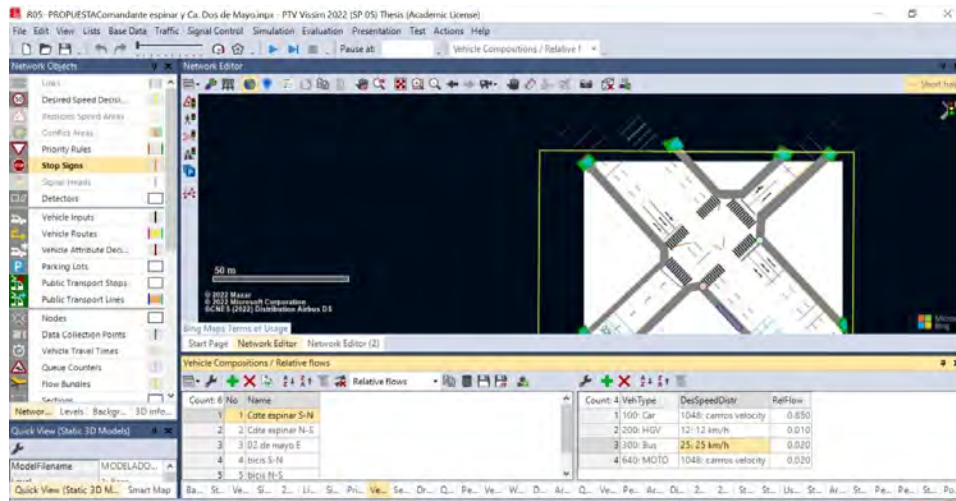
#### 4.1.3. Ingreso del flujo vehicular y peatonal

De acuerdo a la recolección de datos, se define la composición vehicular: autos, buses, combis, motos, bicicletas, camiones, entre otros. Luego se ingresa el volumen total (en porcentaje) para cada tipo de vehículo como se aprecia en la siguiente imagen:



**Figura 32**

*Ingreso de Flujo vehicular a Vissim*

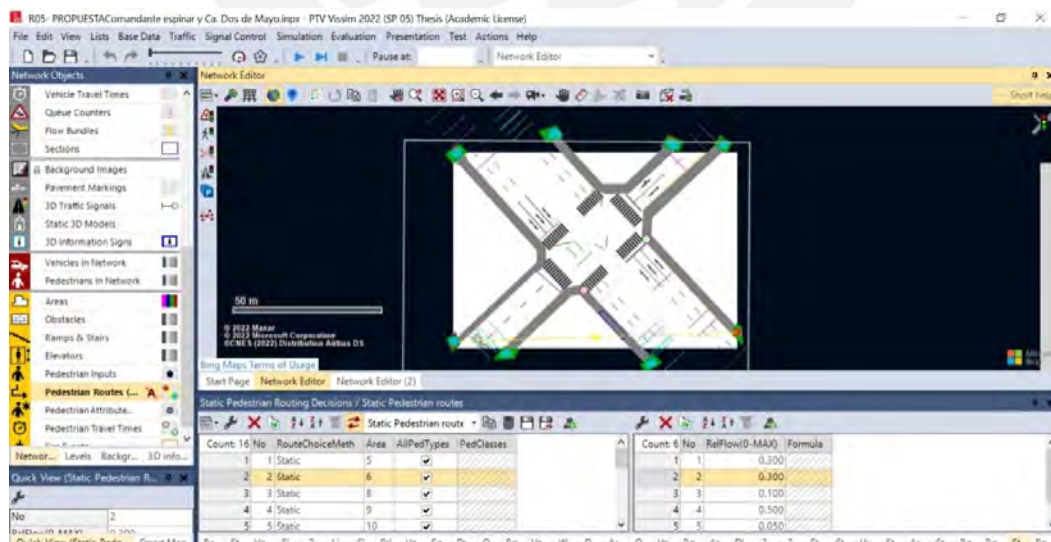


*Nota. Elaboración Propia*

De la misma manera que el ingreso de flujo vehicular, se define la composición peatonal: hombres, mujeres, personas con movilidad reducida, parejas, niños, entre otros. Luego se ingresa el volumen total (en porcentaje) para cada tipo de peatón como se aprecia en la siguiente imagen:

**Figura 33**

*Ingreso de flujo peatonal a Vissim*



*Nota. Elaboración Propia*



#### 4.1.6. Ingreso Nuevos vehículos: Combis y motocicletas

Para ingresar vehículos que no se encuentran en la biblioteca del programa Vissim, primero se procede con la búsqueda del modelo en la biblioteca virtual de SketchUp, 3D Warehouse. Cabe resaltar que el modelo debe desarrollarse en SketchUp versión 2014. Una vez construido el modelo del vehículo, se elabora la tabla de distribución de frecuencias acumuladas de velocidad, con los datos registrados en campo. Esta tabla de frecuencias se divide en 6 intervalos de amplitud igual a 3. A continuación, en la siguiente tabla, se muestra la curva de velocidad vs frecuencia acumulada.:

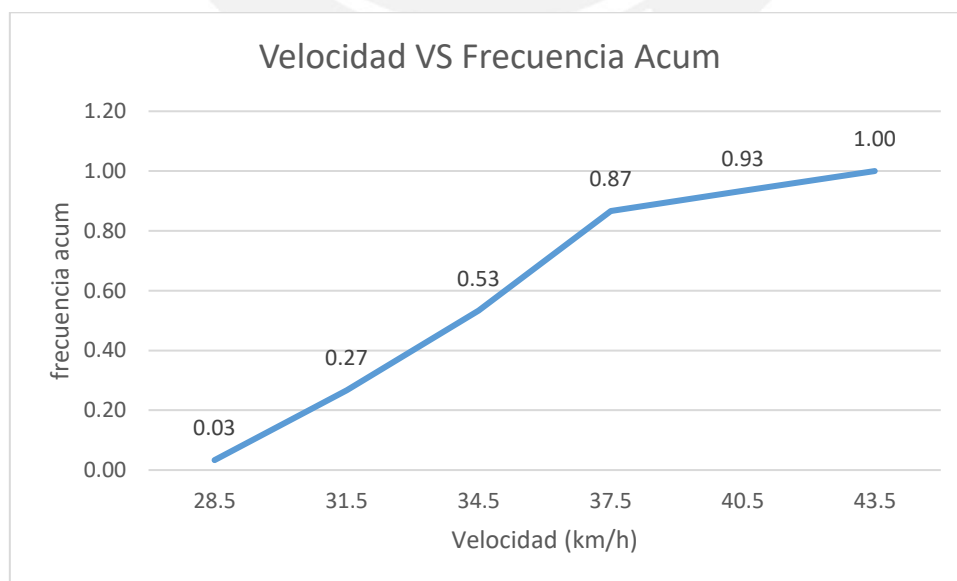
**Tabla 18**

*Tabla de frecuencias acumuladas de velocidad de las combis*

VELOCIDAD INFERIOR (Km/h)	VELOCIDAD SUPERIOR (Km/h)	MARCA DE CLASE	fi	Fi	hi	Hi
27	30	28.5	1	1.00	0.03	0.03
30	33	31.5	7	8.00	0.23	0.27
33	36	34.5	8	16.00	0.27	0.53
36	39	37.5	10	26.00	0.33	0.87
39	42	40.5	2	28.00	0.07	0.93
42	45	43.5	2	30.00	0.07	1.00
Total			30			

**Figura 34**

*Velocidad vs Frecuencia Acumulada Porcentual*

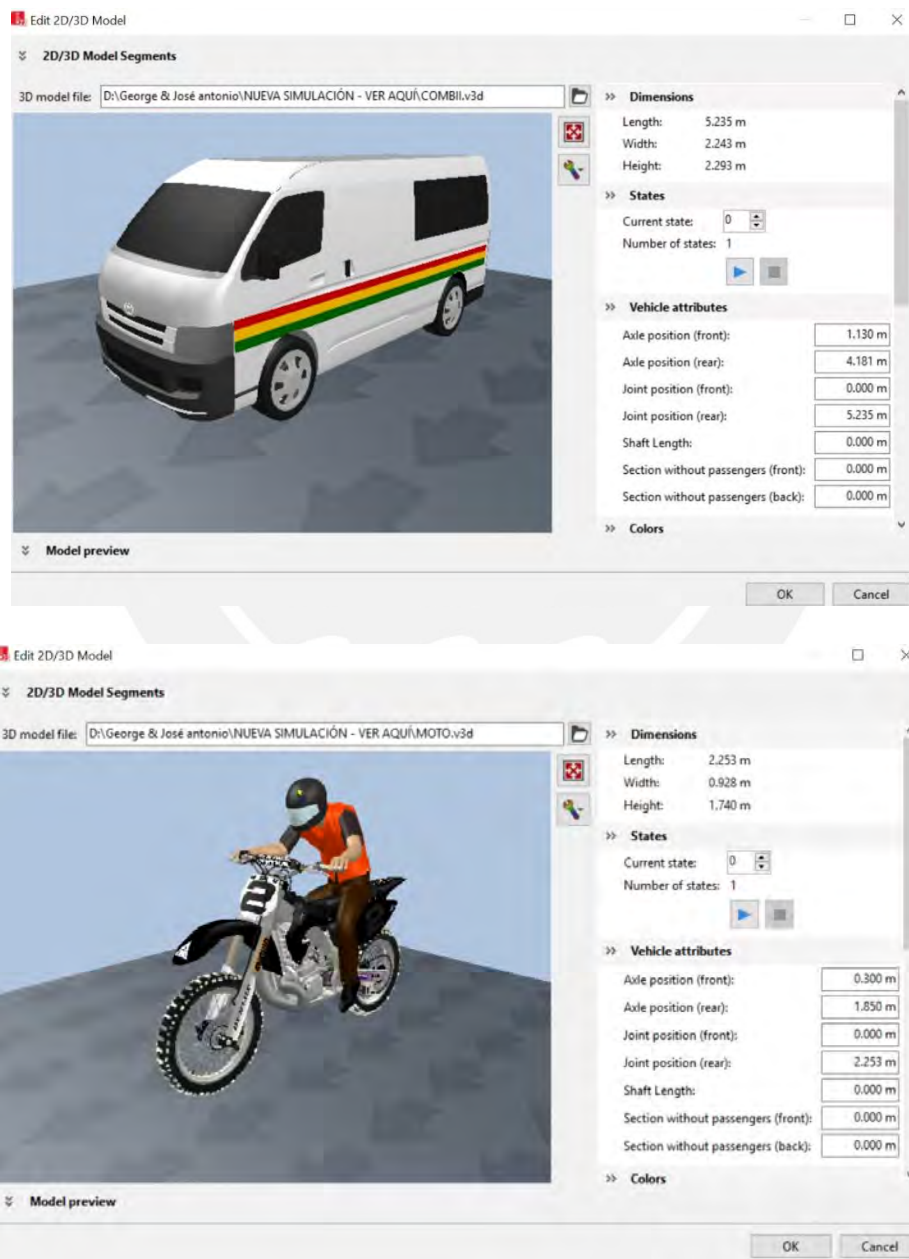


*Nota. Elaboración Propia*

Una vez definido la geometría del vehículo y la distribución de frecuencias acumuladas de velocidad, se importa el archivo SketcUp al programa V3D, un módulo adicional de Vissim. En este último programa se orienta el vehículo adecuadamente para que Vissim reconozca la parte delantera y trasera del vehículo. Una vez definido los ejes, se importa el archivo de extensión v3d a Vissim y luego se agrega la distribución de velocidad deseada obtenida en campo.

**Figura 35**

*Ingreso de vehículos a Vissim*



*Nota. Elaboración Propia*

## 4.2. Calibración del modelo actual

### 4.2.1. Calibración vehicular

El proceso de calibración consiste en lograr que el modelo represente lo que ocurre en realidad, para que este sea aceptable y posteriormente utilizado como herramienta de predicción. Para tal procedimiento, se emplea el Modelo de Wiedemann 74, debido a que la intersección en análisis se encuentra en una zona urbana. De esta manera, se define como parámetro de eficiencia las longitudes de cola. En campo, este parámetro se midió en la Av. Comandante Espinar en el sentido sur – norte, a través de las videograbaciones, justo en el preciso momento en que el semáforo cambiaba de rojo a verde. Para obtener las longitudes de cola en el modelo, primero se definen los parámetros de simulación como se visualiza en la siguiente figura:

**Figura 36**

*Ajustes de Parámetro de Simulación*

Field	Value	Unit / Format
Comment		
Period	4200	Simulation seconds
Start time	00:00:00	[hh:mm:ss]
Start date		[DD.MM.YYYY]
Simulation resolution	10	Time step(s) / Sim. sec.
Random Seed	42	
Number of runs	1	
Random seed increment	1	
Dynamic assignment volume increment	0.00	%
Simulation speed	Maximum	Sim. sec. / s
Retrospective synchronization	<input type="checkbox"/>	
Break at	0	Simulation seconds
Number of cores	use all cores	

*Nota.* Elaboración Propia

Una vez definido los parámetros de simulación, se modifican los parámetros de Wiedemann, que gobiernan la agresividad del conductor, hasta obtener que los resultados del programa

representen la realidad. A continuación, en la siguiente tabla se muestra los valores finales adoptados de los parámetros, luego de una serie de iteraciones:

**Tabla 19**

*Parámetros de seguimiento vehicular adoptados*

	Símbolo	Definición	Valor por Defecto	Valor adoptado
<b>Parámetros de seguimiento vehicular</b>	ax	Average standstill distance	2	1
	bxadd	Additive part of safety distance	2	1
	bxmult	Multiplicative part of safety Distance	3	2

*Nota.* Elaboración Propia

Se corre el programa 20 veces, el cual cumple con el valor mínimo igual a 15 recomendado por la FHW (2004) y se obtienen los siguientes resultados como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 20**

*Longitud de colas registrados en campo y en Vissim para la calibración*

CORRIDA	CAMPO	VISSIM
1	55.0	55.37
2	56.0	55.00
3	55.0	55.11
4	57.0	55.00
5	58.0	55.10
6	59.0	54.96
7	52.0	54.95
8	53.0	55.07
9	54.0	54.81
10	53.0	54.93
11	59.0	54.36
12	52.0	55.09
13	53.0	55.29
14	52.0	54.87
15	52.0	55.14
16	54.0	
17	55.0	
18	56.0	
19	54.0	
20	56.0	
PROM	54.75	55.00
DESV EST.	2.27	0.23

*Nota.* Elaboración Propia

La comparación de ambos registros de datos se realiza mediante un análisis estadístico (prueba de hipótesis) con un nivel de confianza del 95% utilizando las siguientes ecuaciones:

Hipótesis nula:  $H_0: u_1 = u_2$

Hipótesis alternativa:  $H_a: u_1 \neq u_2$

$$T = \frac{(X_1 - X_2)}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

De esta manera, se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 21**

*Prueba de hipótesis nula para la calibración vehicular*

X1	X2	S1:	S2:	N1:	N2:	Gdl	t(alfa/2)
54.75	55.00	2.27	0.23	20	15	33	2.0345

<b>Varianza muestral 1</b>	$S_1^2$	5.14
<b>Varianza muestral 2</b>	$S_2^2$	0.05
<b>Varianza agrupada</b>	$S_p^2$	2.98
<b>Estadístico t</b>	t	-0.4293
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	$t(1-\alpha/2)$	2.0345
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	pvalue	0.6705

*Nota.* Elaboración Propia

Así, el estadístico “t” cae dentro del intervalo de confianza [-2.0345; 2.0345]; entonces, se acepta que  $u_1 = u_2$  y; por ende, el modelo está calibrado. Finalmente, se determina el número de corridas mínimas necesarias para obtener resultados representativos y confiables. Para ello, se aplica la fórmula explicada en el acápite, cuyos resultados se muestran a continuación:

**Tabla 22***Determinación del número de corridas mínimo*

VARIABLES	
Media ( )	55.00
Desv. Est. (S)	0.23
Número de corridas (N)	15
e (5%)	2.75
$t\alpha$	2.1448
Nmin	0.03
¿Cumple?	Sí

*Nota.* Elaboración propia

De la tabla anterior, el número corridas realizadas (20) es mayor al mínimo permisible. De esta manera, se procede con la validación del modelo.

**4.2.1. Calibración peatonal**

Para la calibración peatonal, se define como parámetro de eficiencia la velocidad peatonal. En campo, se mide el tiempo que emplean 20 usuarios para cruzar la Calle Dos de Mayo en el sentido sur – norte, cuya distancia es 11 metros, a través de las videograbaciones justo en el preciso momento en que el semáforo cambiaba de rojo a verde peatonal. Para obtener la velocidad peatonal en el modelo, primero se definen los parámetros de Fuerza Social que gobiernan la conducta del peatón hasta obtener que los resultados del programa representen la realidad. A continuación, en la siguiente tabla se muestra los valores finales adoptados de los parámetros, luego de una serie de iteraciones:

**Tabla 23***Asignación de valores a los parámetros fundamentales de fuerza social*

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR POR DEFECTO	VALOR ADOPTADO
<i>Relaxation time (tiempo de reacción )</i>	$\tau$ (tau)	0.4	<b>0.53</b>
<i>Factor de Anisotropía</i>	$\lambda$ (landa)	0.176	<b>0.176</b>
<i>Fortaleza de la fuerza entre peatones</i>	A_soc_isotropic	2.7	<b>2.7</b>
	A_soc_mean	0.4	<b>0.4</b>
<i>Rango de la fuerza entre peatones</i>	B_soc_isotropic	0.2	<b>0.2</b>
	B_soc_mean	2.8	<b>2.8</b>
<i>Impacto de la velocidad relativa entre peatones</i>	VD	3	<b>3</b>
<i>Noise (factor aleatorio)</i>	noise	1.2	<b>1.2</b>
<i>Cantidad de peatones influyentes</i>	react to n	8	<b>8</b>

*Nota:* Elaboración Propia.



Luego se corre el programa 15 veces y se asigna una sección [area measurement] para obtener la velocidad peatonal en el programa, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 24**

*Velocidad peatonal registrados en campo y en Vissim*

CORRIDA	CAMPO	VISSIM
1	1.03	1.050
2	0.95	1.070
3	1.10	1.030
4	1.05	1.040
5	1.02	1.060
6	1.03	1.050
7	1.15	1.040
8	0.97	1.030
9	1.15	1.030
10	1.03	1.050
11	1.02	1.030
12	1.04	1.050
13	1.02	1.060
14	1.06	1.040
15	1.02	1.030
16	1.03	
17	1.02	
18	1.14	
19	1.12	
20	1.13	
PROM	1.05	1.04
DESV EST.	0.06	0.01

*Nota: Elaboración Propia.*

De la misma manera que la calibración vehicular, la comparación de ambos registros de datos se realiza mediante un análisis estadístico (prueba de hipótesis) con un nivel de confianza del 95% utilizando las siguientes ecuaciones presentadas anteriormente. A continuación, en la siguiente tabla, se presentan los resultados obtenidos:

**Tabla 25***Prueba de hipótesis nula para la calibración peatonal*

X1	X2	S1:	S2:	N1:	N2:	Gdl	t(alfa/2)
1.05	1.04	0.058	0.013	20	15	33	2.0345

<b>Varianza muestral 1</b>	$S1^2$	0.0034
<b>Varianza muestral 2</b>	$S2^2$	0.0002
<b>Varianza agrupada</b>	$Sp^2$	0.0020
<b>Estadístico t</b>	t	0.6515
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	$t(1-\alpha/2)$	2.0345
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	pvalue	0.5192

*Nota: Elaboración Propia.*

Así, el estadístico “t” pertenece al intervalo de confianza [-2.0345; 2.0345]; entonces, se acepta que  $u1 = u2$  y; por ende, el modelo está calibrado. Finalmente, se determina el número de corridas mínimas necesarias para obtener resultados representativos y confiables. Para ello, se aplica la fórmula explicada en el acápite, cuyos resultados se muestran a continuación:

**Tabla 26***Determinación del número de corridas mínimo*

VARIABLES	
Media ( )	1.04
Desv. Est. (S)	0.01
Número de corridas (N)	15
e (5%)	0.05
$t\alpha$	2.1448
Nmin	0.28
¿Cumple?	Sí

*Nota: Elaboración Propia.*

### 4.3. Validación del modelo actual

#### 4.3.1. Validación vehicular

Para realizar la validación del modelo, se ingresan los datos de flujos vehiculares registrados en otro día y hora diferente a la calibración. Se mantienen los valores de los parámetros de Wiedemann asignados y se corre el modelo 15 veces. De esta manera se registran los datos de longitudes de cola como se aprecia en la siguiente tabla:

**Tabla 27**

*Longitud de colas registrados en campo y en Vissim para la validación*

CORRIDA	CAMPO	VISSIM
1	53.00	55.43
2	53.00	54.96
3	55.00	54.96
4	54.00	55.03
5	57.00	54.13
6	55.00	53.87
7	55.00	55.00
8	57.00	54.96
9	55.00	54.85
10	53.00	55.13
11	52.00	54.68
12	51.00	56.00
13	54.00	55.46
14	56.00	55.51
15	57.00	56.13
16	54.0	
17	56.0	
18	60.0	
19	56.0	
20	52.0	
PROM	54.75	55.07
DESV EST.	2.15	0.60

*Nota.* Elaboración propia

Se realiza un análisis estadístico (prueba de hipótesis) con un nivel de confianza del 95% para comparar ambos registros de datos, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 28***Prueba de hipótesis nula para la validación vehicular*

X1	X2	S1:	S2:	N1:	N2:	Gdl	t(alfa/2)
54.75	55.07	2.1	0.6	20	15	33	2.0345

<b>Varianza muestral 1</b>	$S1^2$	4.62
<b>Varianza muestral 2</b>	$S2^2$	0.36
<b>Varianza agrupada</b>	$Sp^2$	2.81
<b>Estadístico t</b>	t	-0.5645
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	$t(1-\alpha/2)$	2.0345
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	pvalue	0.5762

*Nota.* Elaboración propia

Así, el estadístico “t” pertenece al intervalo de confianza [-2.0345; 2.0345]; entonces, se acepta que  $u1 = u2$  y; por ende, el modelo está validado. Finalmente, se determina el número de corridas mínimas necesarias para obtener resultados representativos y confiables. Para ello, se aplica la fórmula explicada en el acápite, cuyos resultados se muestran a continuación:

**Tabla 29***Determinación del número de corridas mínimo*

VARIABLES	
Media ( )	55.07
Desv. Est. (S)	0.60
Número de corridas (N)	15
e (5%)	2.75
$t\alpha$	2.1448
Nmin	0.22

*Nota.* Elaboración propia

#### 4.3.2. Validación peatonal

Para realizar la validación del modelo, se ingresan los datos de flujos peatonales registrados en otro día y hora diferente a la calibración. Se mantienen los valores de los parámetros de Fuerza Social asignados y se corre el modelo 15 veces. De esta manera se registran los datos de velocidad peatonal como se aprecia en la siguiente tabla:

**Tabla 30***Velocidad peatonal registrados en campo y en Vissim*

CORRIDA	CAMPO	VISSIM
1	0.97	1.04
2	1.13	1.06
3	1.02	1.02
4	1.01	1.03
5	0.98	1.05
6	1.02	1.06
7	1.06	1.04
8	1.02	1.03
9	1.03	1.07
10	1.02	1.03
11	1.14	1.05
12	1.12	1.07
13	1.13	1.10
14	1.10	1.00
15	0.96	1.07
16	1.05	
17	0.97	
18	1.01	
19	1.00	
20	1.15	
PROM	1.04	1.05
DESV EST.	0.06	0.02

*Nota.* Elaboración propia

Se realiza un análisis estadístico (prueba de hipótesis) con un nivel de confianza del 95% para comparar ambos registros de datos, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 31***Prueba de hipótesis nula para la validación vehicular*

X1	X2	S1:	S2:	N1:	N2:	Gdl	t(alfa/2)
1.04	1.05	0.1	0.0	20	15	33	2.0345

<b>Varianza muestral 1</b>	$S1^2$	0.0039
<b>Varianza muestral 2</b>	$S2^2$	0.0006
<b>Varianza agrupada</b>	$Sp^2$	0.0025
<b>Estadístico t</b>	t	-0.2056
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	$t(1-\alpha/2)$	2.0345
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	pvalue	0.8383

Así, el estadístico “t” pertenece al intervalo de confianza [-2.0345; 2.0345]; entonces, se acepta que  $\mu_1 = \mu_2$  y; por ende, el modelo está validado. Finalmente, se determina el número de corridas mínimas necesarias para obtener resultados representativos y confiables. Para ello, se aplica la fórmula explicada en el acápite, cuyos resultados se muestran a continuación:

<b>VARIABLES</b>	
Media ( )	1.05
Desv. Est. (S)	0.02
Número de corridas (N)	15
e (5%)	0.05
$t\alpha$	2.1448
Nmin	1.03
¿Cumple?	Sí



## **CAPÍTULO 5: PROPUESTAS DE MEJORA Y MICROSIMULACIÓN DEL ESEENARIO PROPUESTO**

### **5.1. Análisis de resultados**

A partir del análisis de la inspección de seguridad vial y la micro simulación del estado actual de la zona de estudio en Vissim-Viswalk, se observa que existen deficiencias en el diseño urbano que impide la libre movilidad y accesibilidad de los diversos tipos de usuarios de la zona, los cuales se mencionan a continuación:

- Por un lado, la geometría de la intersección no favorece la movilidad de los usuarios. Las rampas presentan una pendiente mayor a 10% y presentan un corte diagonal, lo cual genera que las personas con movilidad reducida empleen mayor fuerza para subir. Asimismo, los martillos de las 4 esquinas presentan un radio mayor a 3 metros. Ello implica que los carros giren a mayor velocidad y entren en conflicto con los peatones que cruzan la avenida.
- Por otro lado, se observa en la zona de estudio que los usuarios que usan bicicletas o scooters se desplazan por la vereda o por el borde del carril. Ello genera que entren en conflicto con aquellos peatones que transitan por las veredas o salen de los locales comerciales. Cabe resaltar, que el área de influencia pertenece a una zonificación del tipo comercial – vecinal; por ende, los usuarios suelen entrar y salir, lentamente, en grupo de los restaurantes del lugar.
- Asimismo, se observa que existe conflicto entre peatones que cruzan la Av. Comandante Espinar y los vehículos que cruzan la Calle Dos de Mayo y giran hacia la Av. Comandante Espinar sentido sur - norte
- Se observa que la pavimentación de las veredas y carriles se encuentra en mal estado, lo cual dificulta el tránsito de las personas de tercera edad.
- No existe un ciclo semafórico exclusivo para peatones, por lo que entran en conflicto con aquellos vehículos que giran hacia la izquierda o derecha y los autos que circulan por la vía a altas velocidades.

Por estos motivos, con la finalidad de mejorar las condiciones actuales de seguridad vial y accesibilidad, que favorezcan a todos los usuarios, se propone un rediseño de la intersección que incluya una ciclovía que se conecte a la red de ciclovías ya existentes; así como una reprogramación del ciclo semafórico que incluya una fase exclusiva peatonal.

## 5.2. Propuestas de Mejora

### 5.2.1. Diseño de ciclo vía en la Av. Comandante Espinar y Ca. Dos de Mayo

Como se observa en la zona estudio, existe conflicto entre peatones y ciclistas. Por ello, se propone el diseño de una ciclo vía de acuerdo a los siguientes manuales: el manual “Norma Técnica CE.030 del RNE”, que comprende los lineamientos técnicos para el diseño y construcción de ciclo vías, el manual “Vialidad ciclo – inclusiva: Recomendaciones de diseño” (Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile., Abril, 2005 ) y el manual “NACTO Urban bikeway Design Guide” (National Association of City Transportation Officials , Abril, 2011 ).

De esta manera, en la Av. Comandante Espinar se propone dos ciclo vías centrales independientes, una para aquellos ciclistas que van de la Av. José Pardo hacia la Av. Angamos y la otra, en dirección contraria. El ancho de la ciclo vía es de 1.80 m y un ancho de segregación de 0.50 m. Se reduce el número de carriles de tres a dos, por lo que se tiene 7.19 m y 7.41 m como ancho de la avenida para ambos sentidos respectivamente.

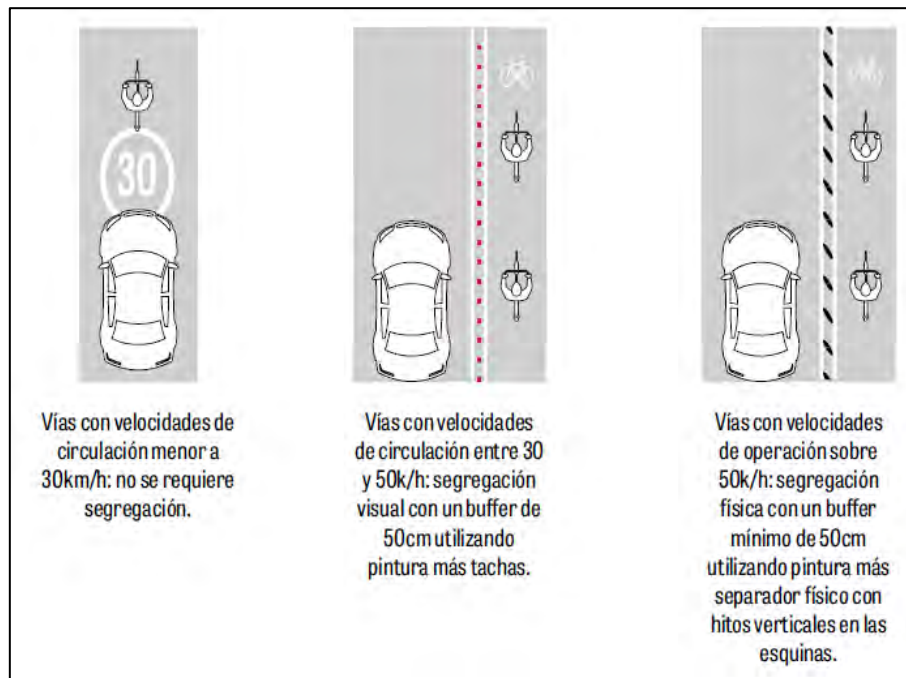
De acuerdo con el manual “Vialidad ciclo – inclusiva: Recomendaciones de diseño”, los esquemas de segregación se definen, principalmente, en relación a la velocidad de operación. Así a mayor velocidad de recorrido, el nivel de separación debe ser más exigente. Asimismo, existen diferentes tipos de separadores, los cuales depende de ciudad en ciudad; no obstante, es relevante considerar que los elementos de segregación satisfagan las siguientes condiciones:

- Ser atractivos y seguros en relación al diseño y material
- Resistir impactos laterales de vehículos y actos de vandalismo
- Incorporar elementos reflectantes
- Ser desmontable con el fin de permitir mantención y reparación.

A continuación, en la siguiente figura, se visualiza los diversos esquemas de segregación según velocidades de circulación para la realidad chilena:

**Figura 37**

*Diversos esquemas de segregación, según velocidades de operación.*



*Nota.* Extraído del manual “Vialidad ciclo – inclusiva: Recomendaciones de diseño” (Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile., Abril, 2005 )

De acuerdo al Decreto Supremo 025-2021-MTC que modifica los límites de velocidad establecidos en el Reglamento Nacional de Tránsito, la velocidad máxima en avenidas es de 50 km/h y en calles o jirones de 30 km/h. Por esta razón, en la zona de estudio de opta por un ancho de segregación mínimo de 50 cm empleando pintura y separadores físicos con hitos verticales en las esquinas, como se puede apreciar en la siguiente figura:

### **Figura 38**

*Ejemplo de hitos verticales de poliuretano en Bogotá*

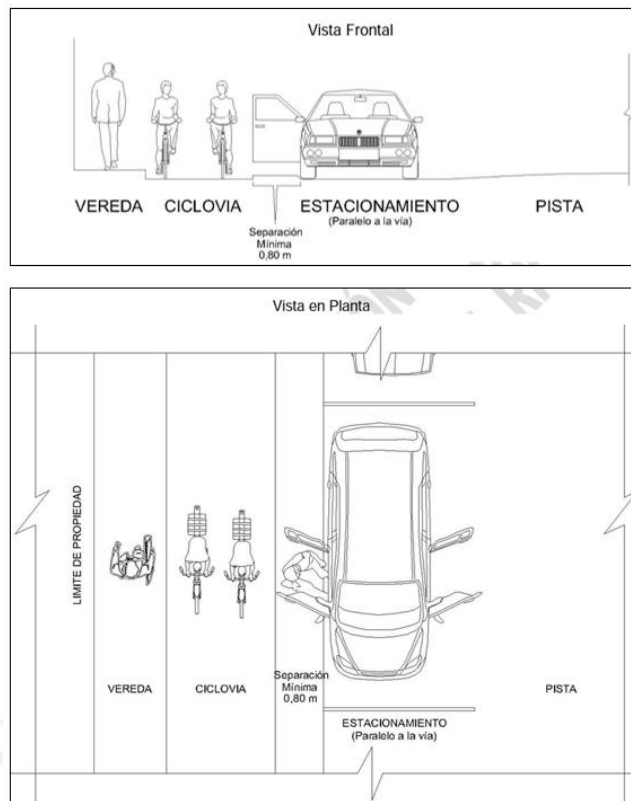


*Nota.* Extraído del manual “Vialidad ciclo – inclusiva: Recomendaciones de diseño” (Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile., Abril, 2005 )

En la Calle Dos de Mayo se propone una ciclovía bidireccional de 1.80 m de ancho y 0.80 m de ancho de separación, debido a los estacionamientos paralelos a la ciclovía, como se aprecia en la siguiente figura:

### **Figura 39**

Ejemplo de ciclovía ubicada entre vereda y estacionamiento en paralelo



*Nota.* Extraído de la Norma Técnica CE.030 del RNE (Ministerio de Vivienda del Perú )

Con respecto a la señalización horizontal y vertical en ambas ciclovías, esta se basa en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016 (Ministerio de Transporte y Comunicaciones , Mayo, 2016 ) y a los criterios y recomendaciones del libro El lenguaje vial, El lenguaje de la vida (Dextre & Tabasso, Mayo, 2010 ). El pavimento de la ciclovía se demarca de color rojo y para indicar que dicha senda es exclusivamente para ciclistas, se incluye dibujos de bicicletas sobre el pavimento de color blanco; así como flechas que indican su sentido. La banda de color rojo sobre el pavimento, se extiende por todo el cruce. Se emplea avisos de “Al virar, preferencia para ciclistas y peatones” dirigido a aquellos usuarios que se desplazan en vehículos motorizados y van a realizar giros de 90° o en “U”. Además, se emplea la señalización horizontal “Ceda el paso para peatones”, para evitar conflictos peatón – ciclistas.

### 5.2.2. Rediseño de los radios de los martillos de la intersección

Los amplios radios de los martillos en la intersección permiten a los conductores realizar maniobras de giro a altas velocidades, lo cual representa un escenario de riesgo para los peatones y ciclistas. Para evaluar la maniobra, se ha empleado el software de simulación de manejo AutoTurn 2014. Este programa es una herramienta avanzada para análisis de rutas de barrido de vehículos. Permite simular maniobras de giro hacia adelante y marcha hacia atrás. (Transoft Solutions).

De esta manera, para este caso de estudio, se modela el giro de un vehículo de uso particular con dimensiones establecidas por la AASHTO (2011). Como resultado, las características geométricas actuales de la intersección, implican maniobras con velocidades alrededor de 30 km/h como umbral. A velocidades mayores que este umbral, el vehículo ya invade la berma central, lo cual no ocurre en la realidad. En la siguiente figura, se aprecia que la franja de color celeste representa el área de recorrido que se emplea al realizar el giro con un umbral de velocidad de 30 km/h:

**Figura 40**

*Maniobra hacia adelante y giro de un vehículo típico dada la geometría actual*

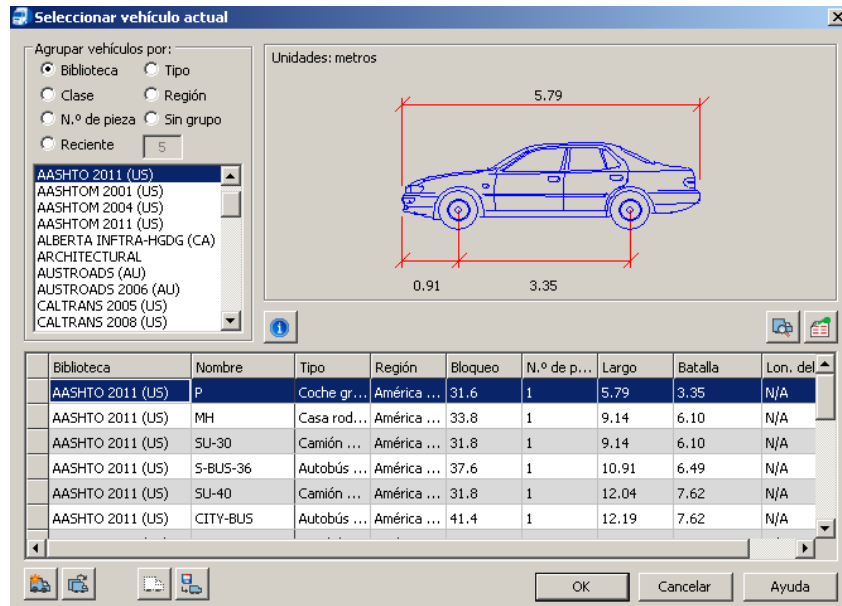


*Nota.* Elaboración propia



**Figura 41**

*Asignación de vehículo típico según la AASHTO 2011*



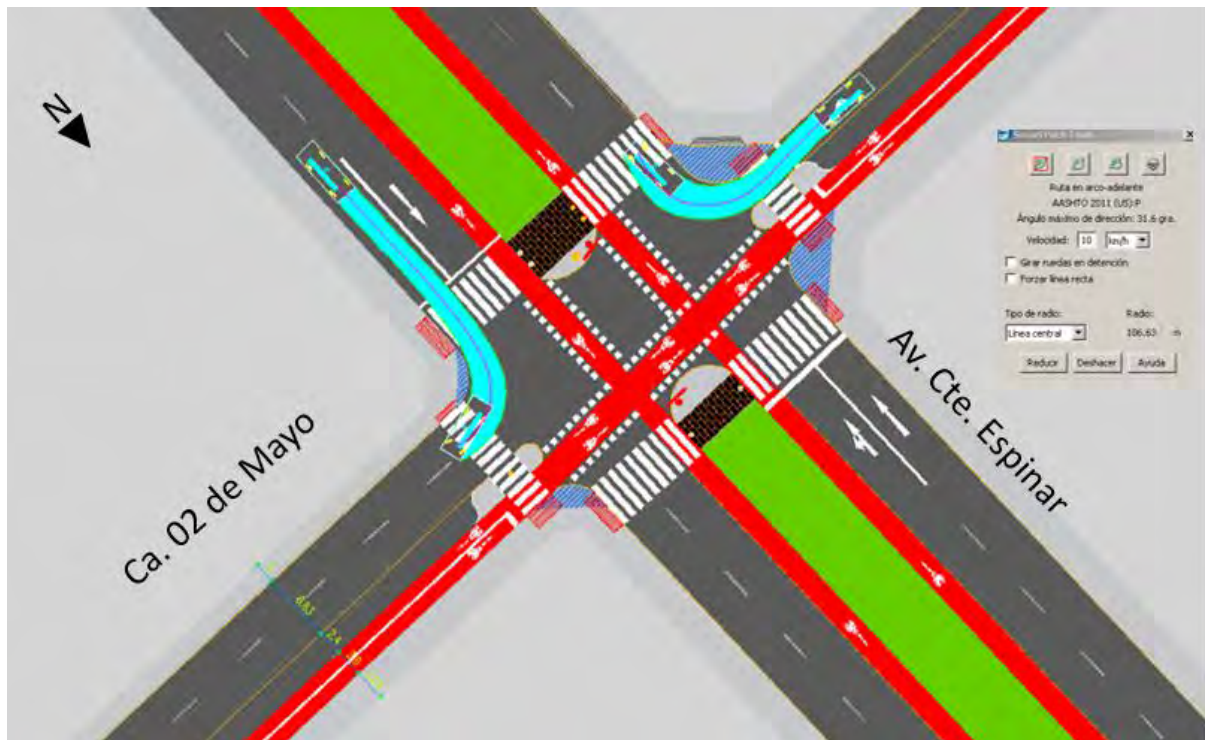
*Nota.* Elaboración propia

Que los vehículos presenten la posibilidad de girar con una velocidad máxima de 30km/h represente un peligro letal para los diversos tipos de usuarios. De acuerdo al escenario propuesto, se establece la ampliación de los martillos de la intersección y la reducción de los radios a 3.0 m. Asimismo, se disminuye el ancho de la calzada en la Calle 02 de Mayo y la Av. Comandante Espinar. Todo ello, a efectos de mitigar las maniobras a altas velocidades.

La configuración geométrica propuesta condiciona la disminución de velocidades durante la maniobra. La siguiente figura, muestra la simulación de conducción de un vehículo particular con dimensiones establecidas por la AASHTO-2011 a 10 km/h. Es así que, se observa que la medida de intervención conlleva a la reducción de 67% (30 km/h a 10 km/h) de la velocidad durante la maniobra, lo cual implica la mitigación de riesgo frente a lesiones fatales en atropellos.

**Figura 42**

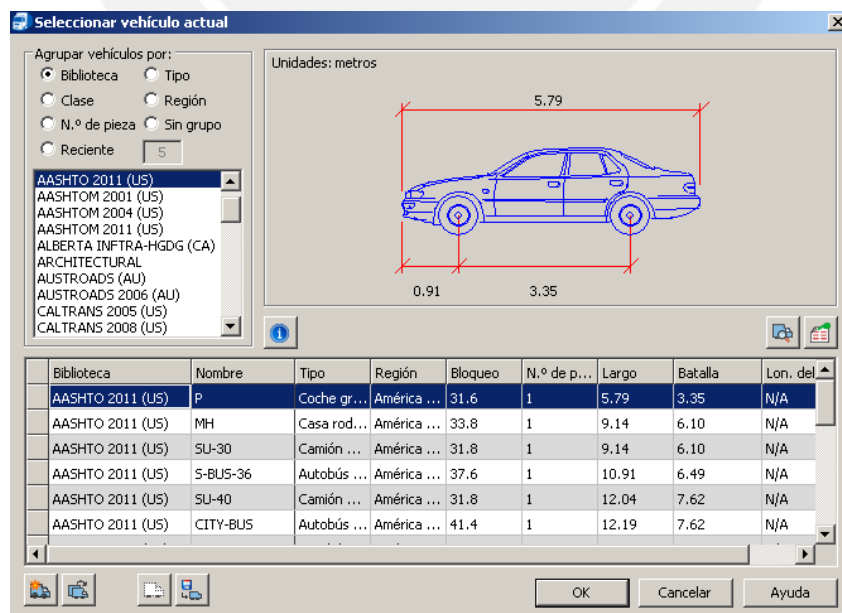
*Maniobra hacia adelante y giro de un vehículo típico dada la geometría actual*



*Nota.* Elaboración propia

**Figura 43**

*Asignación de vehículo típico según la AASHTO 2011*

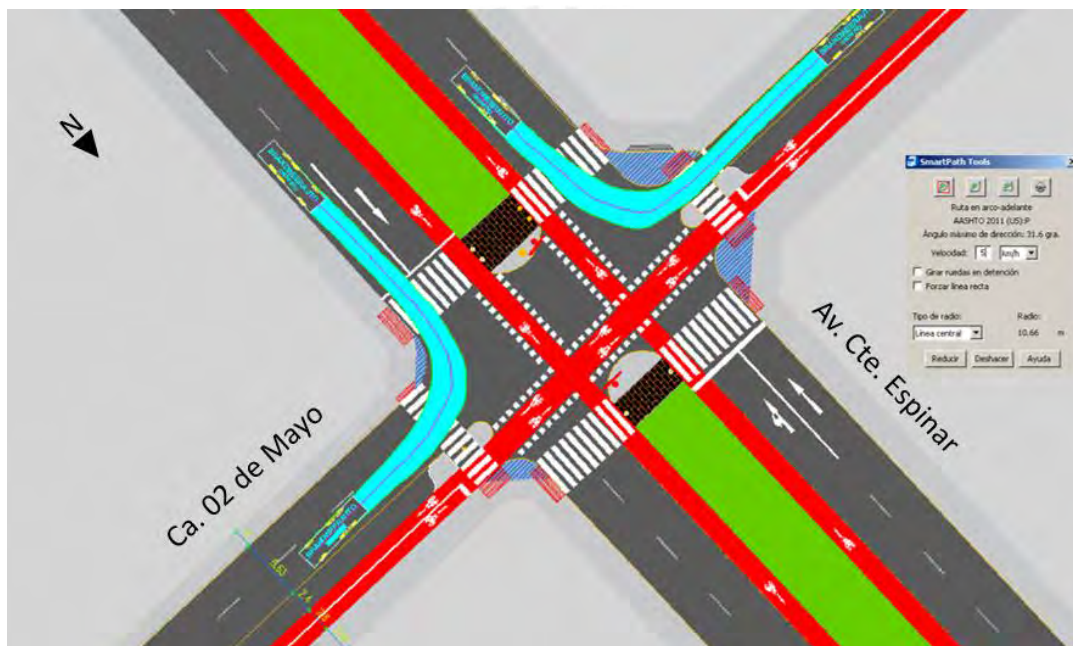


*Nota.* Elaboración propia

Cabe resaltar que, el diseño propuesto permite las maniobras de giro, por parte de los vehículos de emergencia, ya sean vehículo de bomberos, ambulancias u otros. Es así que se ha validado la maniobra mediante el vehículo de emergencia “Brandweer” regido por dimensiones y estándares europeos. Se obtuvo como resultado que el giro por dicho vehículo es posible realizarse con normalidad a velocidades alrededor de los 5 km/h a 7 km/h. La siguiente figura, muestra la simulación de conducción de un vehículo de emergencia regido por estándares europeos:

**Figura 44**

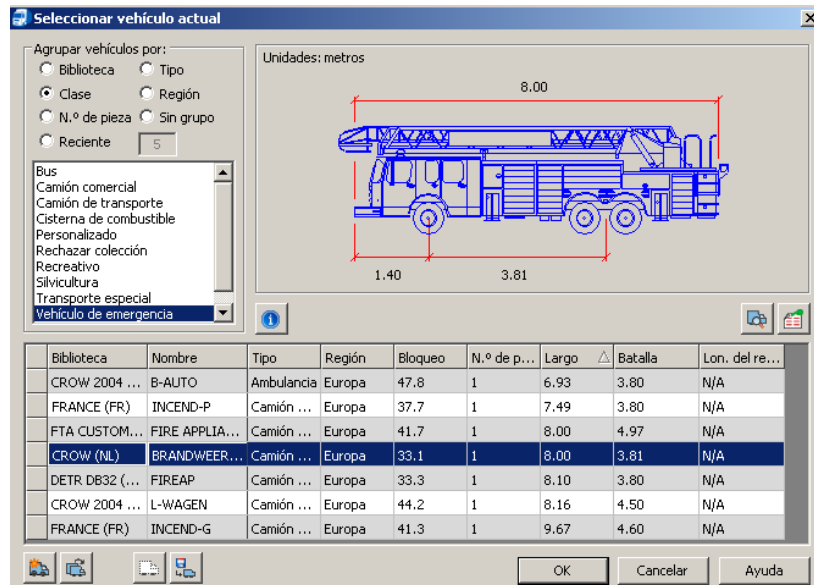
*Maniobra hacia adelante y giro de un vehículo típico dada la geometría actual*



*Nota. Elaboración propia*

**Figura 45**

*Asignación de vehículo típico según la AASHTO 2011*



*Nota.* Elaboración propia

### 5.2.3. Mejora de la pavimentación y fricción en la superficie de rodamiento

De acuerdo al International Road Assessment Programme (IRAP), programa general de evaluación de carreteras cuyo objetivo es evaluar las carreteras de todo el mundo y mejorar la seguridad de la infraestructura vial para reducir sustancialmente las víctimas viales, las condiciones de la superficie de rodamiento de una vía son factores imprescindibles con respecto a la seguridad vial. La condición de la vía considera las deformaciones en el asfalto, ahuellamiento, desnivel, huecos en la superficie de rodado con pérdida material, defectos en los bordes o en el pavimento de la berma (Subgerencia de Movilidad Urbana y Seguridad Vial de Miraflores , 2021). Como se aprecia en la tabla de factores de riesgo de acuerdo a la condición de la vía (International Road Assessment Programme, mayo, 2013), una vía con condición media incrementa en 20% a 25% las probabilidades de ocurrencia de siniestros de tránsito. Cuando la vía presenta condiciones pobres, las posibilidades de siniestro de tránsito puede incrementarse en 40% a 50%.



**Tabla 32**

*Factores de riesgo de acuerdo a la condición de la vía.*

Road condition	Vehicle occupant		Motorcyclist		Pedestrian	Bicyclist	
	Run-off	Head-on LOC	Run-off	Head-on LOC	Along *	Along *	Run-off
Good	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Medium	1.2	1.2	1.25	1.25	1.2	1.2	1.25
Poor	1.4	1.4	1.5	1.5	1.4	1.4	1.5

LOC: loss of control. \* Risk of being struck by a vehicle or motorcycle.

*Nota.* Extraído de IRAP Model Factsheet-Road Condition.

De acuerdo al estudio de seguridad vial realizado en la intersección de la zona de estudio, se observa que la pavimentación se encuentra en mal estado, lo cual afecta la circulación de los vehículos y; por ende, vulnera la seguridad vial. Por esta razón, se propone que el municipio realice una inspección de los principales puntos e inicie un plan de mejora de la pavimentación de las vías. En la siguiente figura, se muestra la pavimentación de la intersección en mal estado:

**Figura 46**

*Pavimentación en mal estado*



*Nota.* Elaboración Propia

#### **5.2.4. Mejora en la demarcación: Señalización horizontal y vertical**

De acuerdo al el International Road Assessment Programme (IRAP), otro factor que influye sustancialmente en la seguridad vial es el señalamiento de las vías. El señalamiento permite que los conductores estén informados de la condición de la vía en la que se encuentra y de los cambios repentinos de las vías más adelante: angostamiento de carril, reducción de carriles,

entre otros. Como se aprecia en la tabla de factores de riesgo de acuerdo a la delimitación y señalización, una delimitación pobre incrementa la probabilidad de incurrir en un siniestro de tránsito en 20% (International Road Assessment Programme , junio, 2013)

**Tabla 33**

*Factores de riesgo de acuerdo a la señalización y delimitación*

Delineation	Vehicle occupants and motorcyclists		Pedestrians	Bicyclists	
	Run-off	Head-on loss of control	Along	Along	Run-off
Adequate	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Poor	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

*Nota.* Extraído de IRAP Road Attribute Risk Factors: Delineation

De esta manera, en la zona de estudio se colocan la siguiente señalización horizontal y vertical:

- Zona de visibilidad peatonal

Debido a que la intersección se encuentra próximo a restaurantes (centro de comercio) es fundamental una adecuada visibilidad de los peatones; por tal razón se emplea este tipo de señalización horizontal de color blanco y ocupa 10 m de área libre, el cual evita que los autos se estacionen y amplía el campo de visión peatonal al usar el cruce peatonal.

**Figura 47**

*Zona de velocidad peatonal en Ca. Mariano Odicio, Miraflores*



*Nota.* Extraído del informe “Innovaciones Urbanas para la Movilidad Sostenible: Dispositivos y Elementos de Tránsito” (Subgerencia de Movilidad Urbana y Seguridad Vial de Miraflores , 2021)



- Señales de micro movilidad

Complementariamente al desarrollo de la ciclovía en la Av. Comandante Espinar y Ca. Dos de Mayo para la circulación del transporte no motorizado: bicicleta, patines y scooters, se implementa señales de micro movilidad cuyo fin es informar a los usuarios de las existencia de estas vías, mejorando la convivencia entre los diversos tipos de modos de movilidad.

### **Figura 48**

*Señalización de Micro movilidad*



*Nota.* Extraído del informe “Innovaciones Urbanas para la Movilidad Sostenible: Dispositivos y Elementos de Tránsito” (Subgerencia de Movilidad Urbana y Seguridad Vial de Miraflores , 2021)

- Señales Población TEA

Con la finalidad de un diseño urbano inclusivo, se implementa este tipo de señalética especialmente para personas con Trastorno del Espectro Autista.

**Figura 49**

*Señal TEA en la Av. José Larco, Miraflores*



*Nota.* Extraído del informe “Innovaciones Urbanas para la Movilidad Sostenible: Dispositivos y Elementos de Tránsito” (Subgerencia de Movilidad Urbana y Seguridad Vial de Miraflores , 2021)

### 5.2.5. Fase semafórica exclusiva peatonal “Todo rojo”

Esta propuesta consiste en un tiempo de detención para todos los vehículos en la intersección. De esta manera, los peatones cruzan sin entrar en conflicto con los automóviles que giran. Para determinar el tiempo de esta fase semafórica se considera una velocidad peatonal de 0.8 m/s. Como el ancho de la Av. Comandante Espinar es de 27 m, entonces dicho tiempo es:

$$t = \frac{d}{v}$$
$$t = \frac{27}{0.8} = 33.75$$

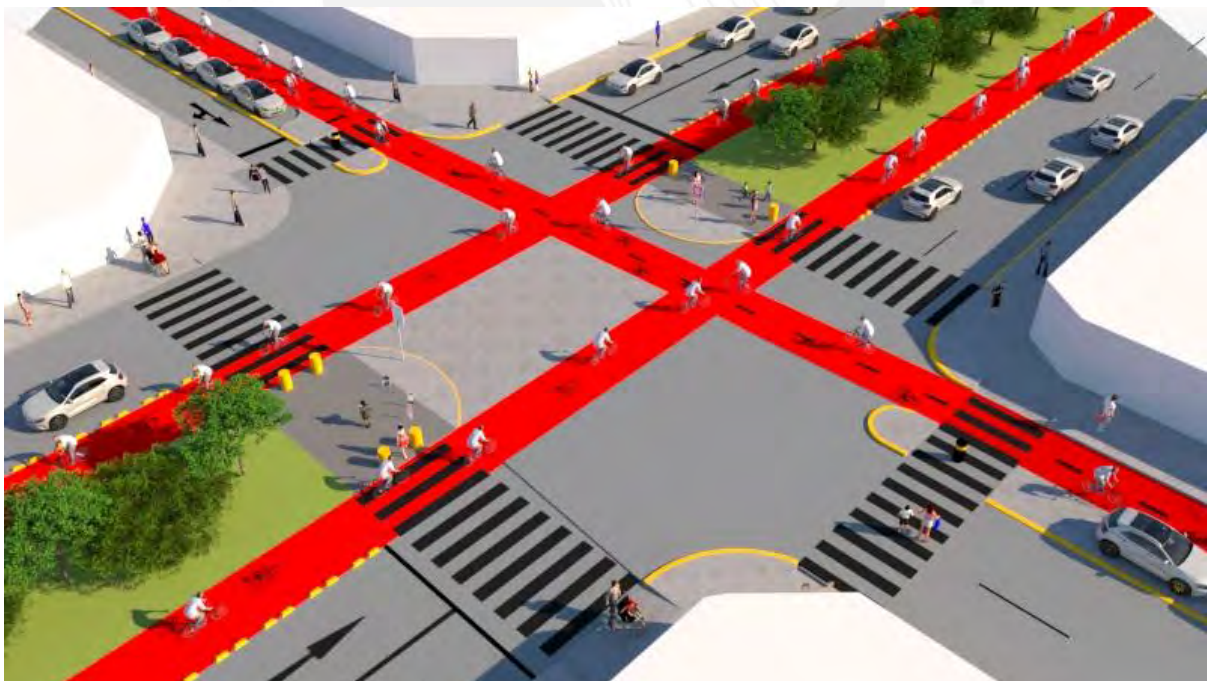
Así, se considera un tiempo de 35 s para la fase peatonal.

### 5.2.6. Creación de refugio peatonal

Se propone la creación de refugios peatonales a nivel de calzada en la Calle Dos de Mayo y Av. Comandante Espinar, con la finalidad de fomentar las condiciones de seguridad vial y accesibilidad de los peatones.

**Figura 50**

*Refugios peatonales en la intersección*



*Nota. Elaboración Propia*

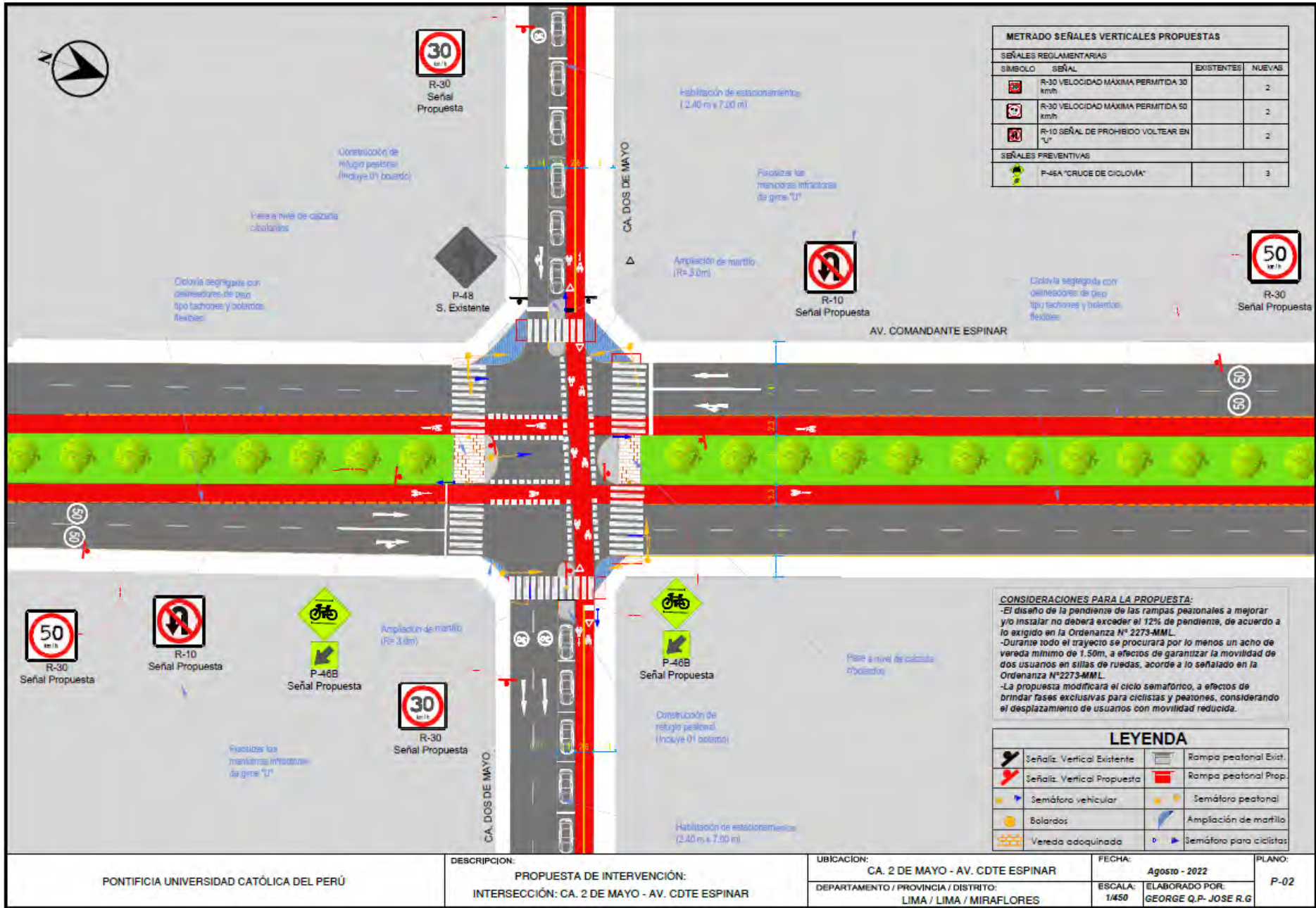
### **5.2.7. Continuidad entre rampas, cruceros peatonales y separador central**

Se propone que las rampas presenten una pendiente no mayor al 10% y además que sean continuas con el cruceo peatonal y el separador central, el cual está diseñado a nivel de calzada. De esta manera, se favorece el desplazamiento de los usuarios con movilidad reducida.

A continuación, se muestra el plano con las propuestas de mejora en la intersección:







METRADO SEÑALES VERTICALES PROPUESTAS			
SEÑALES REGLAMENTARIAS			
SÍMBOLO	SEÑAL	EXISTENTES	NUEVAS
	R-30 VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA 30 km/h		2
	R-30 VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA 50 km/h		2
	R-10 SEÑAL DE PROHIBIDO VOLTEAR EN U*		2
SEÑALES PREVENTIVAS			
	P-45A "CRUCE DE CICLOVÍA"		3

**CONSIDERACIONES PARA LA PROPUESTA:**  
 -El diseño de la pendiente de las rampas peatonales a mejorar ya instalar no deberá exceder el 12% de pendiente, de acuerdo a lo exigido en la Ordenanza N° 2273-MML.  
 -Durante todo el trayecto se procurará por lo menos un ancho de vereda mínimo de 1,50m, a efectos de garantizar la movilidad de dos usuarios en sillas de ruedas, acorde a lo señalado en la Ordenanza N°2273-MML.  
 -La propuesta modificará el ciclo semafórico, a efectos de brindar fases exclusivas para ciclistas y peatones, considerando el desplazamiento de usuarios con movilidad reducida.

LEYENDA			
	Señal: Vertical Existente		Rampa peatonal Exist.
	Señal: Vertical Propuesta		Rampa peatonal Prop.
	Semáforo vehicular		Semáforo peatonal
	Bolardos		Ampliación de marfil
	Vereda adoquinada		Semáforo para ciclistas

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

DESCRIPCIÓN:  
**PROPUESTA DE INTERVENCIÓN:**  
 INTERSECCIÓN: CA. 2 DE MAYO - AV. CDTE ESPINAR

UBICACIÓN:  
 CA. 2 DE MAYO - AV. CDTE ESPINAR  
 DEPARTAMENTO / PROVINCIA / DISTRITO:  
 LIMA / LIMA / MIRAFLORES

FECHA:  
 Agosto - 2022  
 ESCALA:  
 1/450  
 ELABORADO POR:  
 GEORGE Q.P. JOSE R.G

PLANO:  
 P-02

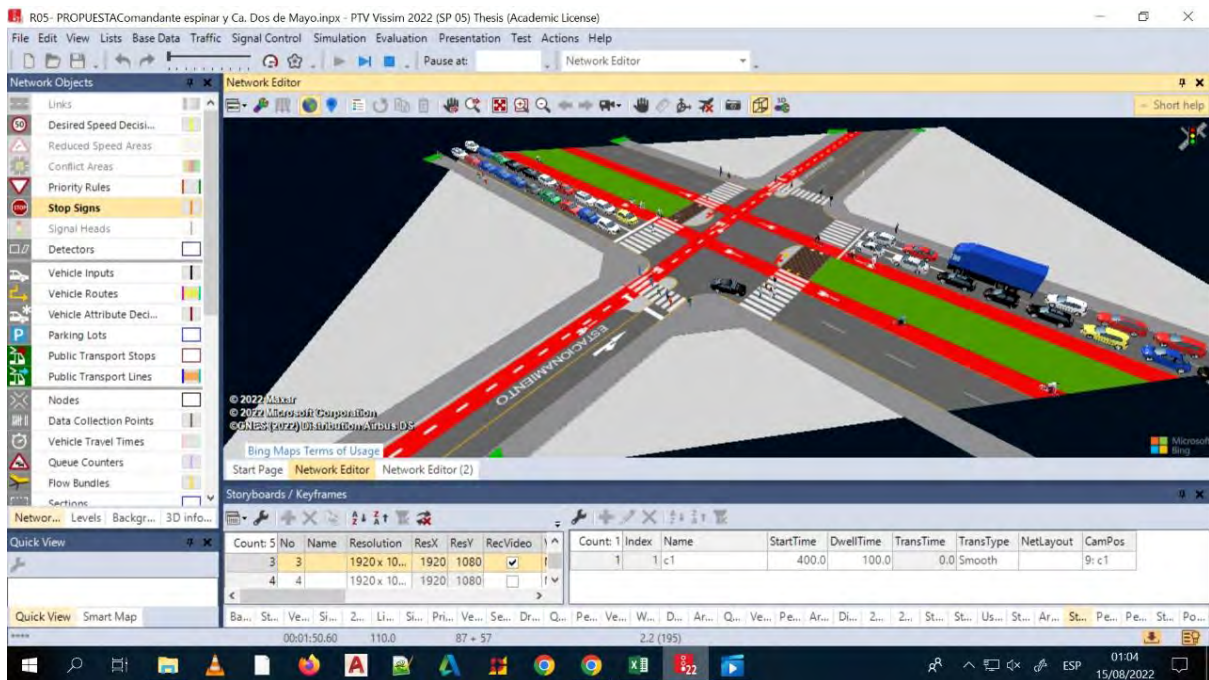
## CAPÍTULO 6: MICROSIMULACIÓN DEL ESCENARIO PROPUESTO Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Microsimulación del escenario propuesto

El modelamiento de la propuesta de diseño se realiza de manera similar al modelamiento del estado actual; incluyendo las medidas de mitigación, como se aprecia en la siguiente figura:

**Figura 51**

*Micro simulación del escenario propuesto*



*Nota.* Elaboración Propia

### 6.2. Comparación de resultados: Longitud de colas

De la micro simulación del estado actual de la intersección se obtuvo una longitud de cola promedio de 55 m, mientras que, en el modelo propuesto, la longitud de cola es de 57.87 m como se aprecia en la siguiente tabla:



**Tabla 34**

*Longitud de colas registrados en el estado actual y el escenario propuesto.*

CORRIDA	ESTADO ACTUAL	ESCENARIO PROPUESTO
1	55.37	56.74
2	55	56.12
3	55.11	47.53
4	55	58.11
5	55.1	59.13
6	54.96	59.14
7	54.95	56.78
8	55.07	57.64
9	54.81	59.63
10	54.93	60.70
11	54.36	59.80
12	55.09	58.76
13	55.29	59.76
14	54.87	60.05
15	55.14	58.17
PROM	55.00	57.87
DESV EST.	0.23	3.16

*Nota.* Elaboración Propia

Se observa que el “pvalue” es menor a 5%; por ende, existe evidencia estadística para establecer que la longitud de cola de la propuesta se ha incrementado con respecto a la situación actual; no obstante, cualitativamente se ha beneficiado a los diversos tipos de usuarios como peatones y ciclistas desde la óptica de la seguridad vial.

**Tabla 35**

*Prueba de hipótesis nula para la comparación de longitudes de cola*

X1	X2	S1:	S2:	N1:	N2:	Gdl	t(alfa/2)
55.00	57.87	0.23	3.16	15	15	28	2.0484

<b>Varianza muestral 1</b>	$S1^2$	0.05
<b>Varianza muestral 2</b>	$S2^2$	9.99
<b>Varianza agrupada</b>	$Sp^2$	5.02
<b>Estadístico t</b>	t	-3.5050
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	$t(1-\alpha/2)$	2.0484
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	pvalue	0.0016

*Nota.* Elaboración Propia

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

*De la Inspección de seguridad vial y recolección de datos del estado actual de la intersección entre la Av. Comandante Espinar y Calle Dos de Mayo*

De acuerdo a la encuesta de Percepciones realizada por la compañía Vox Pópuli, el distrito de Miraflores es considerado como el distrito más moderno de Lima. Uno de los aspectos que lo cataloga como tal se debe a la implementación del Plan Integral de Ordenamiento Vial (PIOV), el cual promueve la movilidad sostenible que priorice al peatón. A pesar de ello, de acuerdo a la inspección de seguridad vial (listas de chequeo) realizado en la intersección de estudio, se observó que existen zonas que aún requieren ser fortalecidas para un uso eficiente del espacio público. Los principales problemas observados en la intersección son los siguientes:

- El radio de los martillos de las esquinas de la intersección presenta un radio mayor a 8 m. Ello implica que los vehículos realicen maniobras de giro a altas velocidades.
- La Av. Comandante Espinar presenta tres carriles por cada sentido, el cual es posible reducir el ancho de los carriles para implementar una ciclovía.
- El estado de la superficie de rodamiento y la señalización horizontal y vertical influyen significativamente en la seguridad vial, de acuerdo a los informes presentados en el desarrollo del proyecto.

*De la representación del estado actual de la intersección mediante un modelo de microsimulación, calibrado y validado con Vissim - Viswalk 8.0.*

- Para la calibración del modelo, se emplea el modelo de Wiedemann 74, debido a que se trata de una intersección ubicada en una zona urbana y el modelo de Fuerza Social, para el caso peatonal. Por un lado, para la calibración vehicular no solo se modificaron los parámetros de Wiedemann, sino también otros factores de influencia sustancial como las líneas de prioridad (headway) y la brecha crítica (gap time). Por otro lado, para la calibración peatonal, los parámetros de mayor influencia fueron Tau, el cual gobierna la aceleración de los peatones. A continuación, en la siguiente tabla se resumen los valores adoptados de los parámetros de calibración:

Símbolo	Definición	Valor por Defecto	Valor Adoptado
<b>ax</b>	Average standstill distance	2	1
<b>bxadd</b>	Additive part of safety distance	2	1
<b>bxmult</b>	Multiplicative part of safety Distance	3	2
<b><math>\tau</math> (tau)</b>	Relaxation time (tiempo de reacción)	0.4	0.53
<b><math>\lambda</math> (landa)</b>	Factor de Anisotropía	0.176	0.176
<b>noise</b>	Noise (factor aleatorio)	1.2	1.2
<b>Gap time</b>	Brecha Crítica	6	3

- Para calibrar adecuadamente el flujo vehicular, se debe considerar los diversos tipos de vehículos del flujo. Para este proyecto, se definen dos tipos de vehículos que no se encuentran definidos en el software Vissim: las motocicletas y las combis. Cabe resaltar que se inserta cada uno de estos vehículos con sus respectivos registros de velocidad.
- El parámetro de eficiencia usado para la calibración fue la longitud de cola. En el estado actual, el promedio de la longitud de cola de la Av. Comandante Espinar en dirección sur – norte fue de 55 m en promedio.

*De la propuesta de un escenario donde se mejore las condiciones del diseño urbano, la gestión del tránsito, la seguridad vial en beneficio de los diversos tipos de usuarios. De la comparación e evaluación del estado actual y el escenario propuesto de la intersección*

En base a los problemas descritos en la intersección, el rediseño propuesto está orientado a mejorar el desplazamiento de las diversas formas de movilidad, priorizando las formas más autónomas: la caminata y la bicicleta. Las principales propuestas de rediseño y su impacto en la red, de acuerdo a la micro simulación del escenario propuesto, son los siguientes:

- La implementación de una red ciclovial en la Av. Comandante Espinar aumenta la longitud de colas en 5.21%.

Se implementa una ciclovía en la Av. Comandante Espinar unidireccional en ambos sentidos, al lado de la berma central de 2 m de ancho. Para tal fin, se reduce el número

de carriles de 3 a 2, con un ancho de 3.60 m en el sentido norte – sur y 3.70 m en el sentido sur – norte. Esta ciclovia se conecta con la red ciclovial de la Av. José Pardo, el cual se cumple con el objetivo del Plan de Movilidad Urbana de Miraflores 2016 - 2021. Al reducir el número de carriles, la longitud de colas incrementa de 55 m a 57.87 m (pvalue = 0.0016), el cual representa 5.21%. Se evidencia que la longitud de cola no aumenta considerablemente, ello se debe a que, al considerar carriles más anchos, los autos se ordenaban de manera más dispersa, Al reducir el ancho de los carriles, los autos se organizaban de manera más ordenada en “fila”. Así la dispersión aumenta por reducir el número de carriles, pero no de manera considerable. Cabe resaltar que la velocidad de circulación de la Av. Comandante Espinar es de 50 km/h; por ende, la ciclovia presenta un ancho de segregación de 0.50 m y se implementa como elemento de segregación a los hitos verticales de poliuretano.

En el caso de la Calle Dos de Mayo, se implementa una ciclovia bidireccional de 2m de ancho, debido al ancho de la sección. Se considera un ancho de segregación de 0.80 debido a los estacionamientos paralelos a la ciclovia.

- La reducción del radio de los martillos de las esquinas de 8 m a 3 m, disminuye el umbral de velocidad de giro de los vehículos motorizados de 30 km/h a 10km/h.

Los amplios radios de los martillos en la intersección permiten a los conductores realizar maniobras de giro a altas velocidades, lo cual representa un escenario de riesgo para los peatones y ciclistas. De acuerdo al análisis de la maniobra realizado en el software AutoTurn 2014, las características geométricas actuales de la intersección implican maniobras de giro con umbral de velocidad alrededor de 30 km/h. A velocidades mayores que este umbral, el vehículo ya invade la berma central, lo cual no ocurre en la realidad. Con la ampliación de los martillos de la intersección y la reducción de los radios a 3.0 m, el diseño geométrico propuesto permiten maniobras de giro con umbral de velocidad alrededor de 10 km/h; es decir, se reduce en 67%. Dicha reducción implica la mejora de la seguridad vial al mitigar el riesgo frente a lesiones fatales en atropellos. Cabe resaltar que, para modelar la maniobra, se considera un vehículo de uso particular con dimensiones establecidas por la AASHTO (2011).

Asimismo, el diseño propuesto permite las maniobras de giro, por parte de los vehículos de emergencia, ya sean vehículo de bomberos, ambulancias u otros. Para ello, se considera el vehículo de emergencia “Brandweer” regido por dimensiones y estándares europeos. Se obtuvo como resultado que el giro por dicho vehículo es posible realizarse con normalidad a velocidades alrededor de los 5 km/h a 7 km/h.

- La mejora de las condiciones de la superficie de rodamiento de una vía impacta considerablemente en la seguridad vial.

De acuerdo, programa general de evaluación de carreteras International Road Assessment Programme (IRAP), las condiciones de la superficie de rodamiento de una vía son factores imprescindibles con respecto a la seguridad vial. En base a la tabla de factores de riesgo de acuerdo a la condición de la vía (International Road Assessment Programme, mayo, 2013), una vía con condición media incrementa en 20% a 25% las probabilidades de ocurrencia de siniestros de tránsito. Cuando la vía presenta condiciones pobres, las posibilidades de siniestro de tránsito puede incrementarse en 40% a 50%. De esta manera, se debe implementar un plan de mejoramiento de la pavimentación de las vías, el cual mejore las deformaciones en el asfalto, ahuellamiento, desnivel, huecos en la superficie de rodado con pérdida material, defectos en los bordes o en el pavimento de la berma, entre otros.

- La mejora en la demarcación de la señalización horizontal y vertical impacta considerablemente en la seguridad vial.

De acuerdo, programa general de evaluación de carreteras International Road Assessment Programme (IRAP), el señalamiento permite que los conductores estén informados de la condición de la vía en la que se encuentra y de los cambios repentinos de las vías más adelante: angostamiento de carril, reducción de carriles, entre otros. En base a la tabla de factores de riesgo de acuerdo a la delineación y señalización, una delineación pobre incrementa la probabilidad de incurrir en un siniestro de tránsito en 20% (International Road Assessment Programme , junio, 2013). De esta manera, se debe reforzar la implementación de señales de micro movilidad y señales de población TEA.

- La implementación de una fase semafórica peatonal reduce los conflictos entre peatones y vehículos motorizados.

La inclusión de una fase semafórica peatonal es necesaria puesto que los peatones, a la hora de cruzar la Av. Comandante Espinar entraban en conflicto con aquellos vehículos que giraban de la Calle dos de Mayo hacia la Av. Comandante Espinar. Para determinar el tiempo de duración de este semáforo se consideró una velocidad peatonal de 0.8 m/s, el cual representa una velocidad promedio de las personas con movilidad reducida.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de softwares de micro simulación como Vissim – Viswalk para el desarrollo de planes de rediseño urbano. Ello permite predecir el comportamiento vehicular y peatonal con la implementación de las medidas de mitigación. De esta manera, se evita rediseños erróneos, los cuales conlleva a pérdidas de presupuesto, tiempo y recursos.
- Una vez definido el software de micro simulación a emplear, se recomienda el uso de otros softwares computacionales que complementen el modelo y nos brinde información relevante. En este caso, se empleó el software AutoTurn con la finalidad de validar los radios de giro de los vehículos y; de esta manera, rediseñar los martillos de las esquinas de la intersección.
- Se recomienda constatar los resultados obtenidos en el software Vissim – Viswalk con los obtenidos en campo. Para ello se debe considerar los valores típicos de los parámetros de calibración y validación vehicular y peatonal para la realidad peruana.
- La movilidad debe ser entendida como un derecho de todos los ciudadanos a ir a todas partes. Por ello, los planes de movilidad urbana deben poner atención a todas las formas de desplazamiento que requieren los diferentes grupos sociales, especialmente en aquellas formas que implican menor consumo de energía y crean menos dependencia como es la caminata y la bicicleta.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabrera Vega, F. I. (2015). *Apuntes del curso Ingeniería de Tráfico*. PUCP.
- Cabrera, F. (2015). *Microsimulación de Peatones en Ambientes Universitarios*.
- Dextre, J. C., & Tabasso, C. (Mayo, 2010 ). *El lenguaje vial. El lenguaje de la vida*.
- Dextre, J. C., Pirota, M. D., Tabasso, C., Bermúdez, J., & García, A. (2008). *Vías Humanas: un enfoque multidisciplinario y humano de la seguridad vial*. Lima, Perú.
- Gerencia de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente. (s.f.). *Plan de Movilidad Urbana de Miraflores 2017-2020*. Obtenido de <https://www.miraflores.gob.pe/movilidad-urbana-y-seguridad-vial/>
- Herce, M. (2009). *Sobre la movilidad en la ciudad: Propuestas para recuperar un derecho ciudadano*. Barcelona: Reverté.
- Instituto Municipal de Planeamiento, Municipalidad Provincial de Arequipa . (s.f.). *Capítulo 1: Zonificación y Compatibilidades* . Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://muniyanahuara.gob.pe/wp-content/uploads/2021/01/4\_1\_tituloIII\_1\_zonificacion-y-compatibilidades.pdf
- International Road Assessment Programme . (junio, 2013). *IRAP Road Attribute Risk Factors*.
- International Road Assessment Programme. (mayo, 2013). *iRAP Road Attribute: Risk Factors*. Obtenido de <https://irap.org/es/methodology/>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones . (Mayo, 2016 ). *Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras 2016* .
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (mayo, 2016). *Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras*. Lima. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\_docs/normas\_legales/1\_0\_3730.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones . (julio 2017). *Manual de Seguridad Vial del Perú* . Lima.
- Ministerio de Vivienda del Perú . (s.f.). *Norma Técnica CE.030 Obras Especiales y Complementarias* . Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/normas/norma-ce-030-obras-especiales-y-complementarias.pdf
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de Chile. (Abril, 2005 ). *Vialidad ciclo - inclusiva: Recomendaciones de diseño* . Santiago de Chile . Obtenido de <https://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/3394?show=full>
- Municipalidad Distrital de La Victoria. (2016). *Municipalidad distrital de La Victoria Plano de Zonificación y Usos de Suelos*. Obtenido de <https://www.munilavictoria.gob.pe/files/gde/zonificacion.pdf>
- Municipalidad distrital de Miraflores. (Mayo, 2006). *PLANO DE ZONIFICACIÓN DEL DISTRITO DE MIRAFLORES AREA DE TRATAMIENTO NORMATIVO III*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.miraflores.gob.pe/wp-content/uploads/2020/10/2\_Miraflores-Zonificacion.pdf

- Municipalidad Distrital de Miraflores. (s.f.). *Siniestros años 2019 a agosto 2021*. Obtenido de <https://www.miraflores.gob.pe/movilidad-urbana-y-seguridad-vial/>
- Municipalidad Metropolitana de Lima, Instituto Metropolitano de Planificación. (Diciembre, 1999). *Actualización del Sistema Vial Metropolitano, Plan de Desarrollo Metropolitano 1999-2010*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/[https://www.munlima.gob.pe/images/gerecias/gdu/Plano\\_del\\_Sistema\\_Vial\\_Metropolitano\\_Vigente.pdf](https://www.munlima.gob.pe/images/gerecias/gdu/Plano_del_Sistema_Vial_Metropolitano_Vigente.pdf)
- National Association of City Transportation Officials . (Abril 2011). *Urban Bikeway Design Guide* .
- National Association of City Transportation Officials . (Abril, 2011 ). *NACTO Urban bikeway DEsgind Guide*.
- PUCP . (2018 ). *Manual de Estadística para Ingeniería* .
- Secretaría Distrital de Movilidad, Alcaldía de Bogotá. (2005). *Guía de auditorías de seguridad vial en vías urbanas*.
- Secretaría Distrital de Movilidad, Alcaldía de Bogotá. (2005). *Guía de Auditorías de Seguridad Vial en Zonas Urbanas*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/<https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/Paginas/2019-03-18/Gu%C3%ADa%20ASVU.pdf>
- Sociedad Peruana de Bienes Raíces. (21 de mayo de 2021). *LA ZONIFICACION Y CLASIFICACION DE USO DEL SUELO*. Obtenido de LA ZONIFICACION Y CLASIFICACION DE USO DEL SUELO: <https://bienesraices.com/blogs/la-zonificacion-y-clasificacion-de-uso-del-suelo-2/>
- Subgerencia de Movilidad Urbana y Seguridad Vial de Miraflores . (2021). *Innovaciones Urbanas para la Movilidad Sostenible: Dispositivos y Elementos de Tránsito*.
- Subgerencia de Movilidad Urbana y Seguridad Vial de Miraflores . (2021). *PUNTOS NEGROS DE SINIESTROS VIALES EN VÍAS METROPOLITANAS DE MIRAFLORES 2016 - JUL2021*.
- Sustrans UK . (abril 2004). *Handbook for cycle-friendly design*.
- Transoft Solutions. (s.f.). *Transoft Solutions*. Obtenido de Transoft Solutions: <https://www.transoftsolutions.com/latam/vehicle-swept-path/autoturn-select/autoturn/funciones/>

## ANEXOS

### ANEXO A: LISTA DE CHEQUEO: URBANISMO, ENTORNO Y ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

LISTA PARA ETAPA DE OPERACIÓN Y VÍAS EXISTENTES				
Urbanismo, entorno y aspectos socioeconómicos				
	SÍ	NO	No aplica (N/A)	Observación/ Hallazgo/Propuesta
<b>Infraestructuras peatonales</b>				
¿Se requieren medidas especiales para determinados grupos por ejemplo para niños, personas de la tercera edad, personas enfermas, personas en condición de discapacidad (minusválidas, sordas o ciegas)?	X			Ausencia de ciclo vía, radio de martillos mayores a 3m, rampas peatonales con pendiente mayor a 10%
¿Hay barandas donde se necesitan? (por ejemplo sobre puentes o rampas).		X		
Donde se requiere ¿hay elementos para peatones con movilidad reducida? (por ejemplo, señales táctiles o auditivas o demarcaciones táctiles).		X		No existe demarcaciones táctiles (bandas podotáctiles)
Donde se requiere ¿hay elementos para adultos mayores o discapacitados? (por ejemplo tiempo de verde extendido o fases despejadas)		X		Ausencia de fase exclusiva peatonal
¿Las trayectorias de viaje y puntos de cruce para peatones y ciclistas son adecuados?		X		Las trayectorias de viaje de peatones y ciclistas se intersectan
¿Hay una defensa de seguridad instalada donde se requiere guiar a los peatones y ciclistas hacia los cruces o puentes?		X		
¿En los puntos de cruce, se da la orientación adecuada para que los peatones observen el tráfico?				
¿Las infraestructuras para peatones y bicicletas son adecuadas para uso nocturno?		X		Mejora de las demarcaciones horizontal y vertical
¿Hay un número adecuado de peatones que cruzan a lo largo de la ruta?		X		
¿Hay infraestructura adecuada para adultos mayores, discapacitados, niños, sillas de ruedas y coches de bebé? (por ejemplo carriles realzados, aceras, cruces en el separador, rampas).	X			Separador central de ancho adecuado
¿Hay una distancia adecuada de separación entre el tráfico vehicular y los peatones?	X			
¿Las infraestructuras peatonales sobre los puentes son apropiadas y seguras?			X	
¿Se proporcionan andenes en los puentes?			X	
¿En vías donde existen dos o más carriles por sentido, existe algún refugio peatonal, en aquellos lugares donde es más probable que los peatones crucen?	X			
¿En intersecciones semaforizadas, se dispone de fases exclusivas para peatones?			X	Los peatones entran en conflicto con los autos que giran
¿Los accesos a pasos peatonales elevados e inferiores son cómodos, como para que los peatones no prefieran cruzar la calle a nivel?			X	

¿Los anchos de los refugios son los suficientes para el volumen de peatones?	X			
¿Están los andenes bien mantenidos, de manera que los peatones no estén forzados o estimulados a caminar por la calzada?	X			
¿Se han provisto suficientes facilidades peatonales para cruzar y están en lugares donde el mayor número de peatones desea cruzar?	X			
¿Las isletas como refugio para peatones son suficientemente grandes, para acomodar a todos los peatones?	X			
¿Los conductores y peatones son mutuamente intervisibles en los refugios?	X			
¿Los cruces peatonales en intersecciones están demarcados con líneas de cebra?	X			Los cruces de cebra no son visible por la noche.
¿El ancho de los andenes es suficiente para la cantidad de peatones?				
¿La visibilidad de los peatones que se encuentran sobre una isleta de refugio, es obstaculizada por vehículos que esperan girar a la derecha o por bolardos o cualquier otra señal?	X			
¿En el cruce escolar, hay un patrullero o policía de tránsito dirigiendo?			X	
¿Los refugios, las isletas y andenes están acondicionados para discapacitados y coches de bebés?		X		Pendiente de rampas mayor a 10%
¿Está el cruce peatonal controlado con semáforo?	X			
¿Se contemplan facilidades para el tránsito de peatones?	X			
¿Se han identificado pasos peatonales inseguros, sin protección?		X		
¿Los refugios peatonales son los suficientemente anchos para acomodar a todos los peatones en el cruce?	X			
¿Existen barreras metálicas para peatones al aproximarse al cruce?		X		
¿Existen barreras metálicas en las zonas de andenes próximas a zonas escolares?			X	
¿En áreas de alta concentración estudiantil, existen facilidades peatonales suficientes y seguras?			X	
¿Para población discapacitada existen facilidades peatonales accesibles y seguras?		X		
¿Existen en zonas con presencia de equipamiento urbano y servicios sociales permanentes (centros de salud, comercio e instituciones) que generan alto flujo peatonal, facilidades seguras para movilización peatonal y vehicular?	X			La zona de estudio es del tipo comercial - residencial
¿El tipo y el espaciamiento de las diferentes instalaciones de cruce están coordinados (por ejemplo, cruces ferroviarios, semáforos, pasos de cebra)?	X			
¿Los pasos de peatones guían a los peatones de acera a acera por una ruta lógica?	X			
Comprobar la necesidad de establecer elementos de disuasión para los peatones en su propósito de cruzar por lugares no previstos.		X		
<b>Iluminación</b>				

¿Hay iluminación adecuada donde se requiere?	X			
¿La vía está libre de elementos que interrumpen la iluminación (como árboles o puentes)?	X			
¿El diseño de la iluminación está libre de efectos confusos o engañosos sobre las señales o semáforos?	X			
¿Se ha proporcionado iluminación para las señales, donde sea necesario?	X			
¿La iluminación interfiere con los semáforos o señales verticales?	X			
¿Las bases y las luminarias están a las alturas apropiadas?	X			
Comprobar que no aparecen “zonas negras” en toda la longitud de tramo iluminado.	X			

## ANEXO B: LISTA DE CHEQUEO: COMPROMETIMIENTO DE USUARIOS

LISTA PARA ETAPA DE OPERACIÓN Y VÍAS EXISTENTES				
Urbanismo, entorno y aspectos socioeconómicos				
Comportamiento de los usuarios	SÍ	NO	No Aplica (N/A)	Observación/ Hallazgo/Propuesta
<b>Peatones</b>				
Se evidencia la circulación de menores de edad (específicamente menores de seis años) SIN el acompañamiento de una persona mayor.		X		
Se evidencia la circulación de adultos mayores SIN el acompañamiento de una persona de apoyo o guía.	X			
Se evidencia la circulación de personas en condición de discapacidad sensorial - física - motora o cognitiva SIN el acompañamiento de una persona de apoyo o guía.	X			
Se evidencia la circulación de peatones en espacios no apropiados o destinados para la circulación peatonal (calzada, separador, berma, etc.).		X		
Se evidencia la circulación de peatones que portan elementos que interfieren en el tráfico (cajas, vehículos de tracción humana-carretas-, mercancía, etc.).	X			
Existe suficiente iluminación para evidenciar la circulación de peatones.	X			
Se evidencia que las condiciones de iluminación están ubicadas en zonas estratégicas de circulación peatonal (puentes peatonales, cruces a nivel, bocacalles, etc.).	X			
Se evidencia que en los cruces a nivel, los peatones miran a ambos lados antes de cruzar.	X			
Se evidencia que los peatones NO se anticipan al cambio semaforizado y realizan el cruce peatonal en verde o amarillo.		X		
No se evidencian signos de afán (mirar el reloj, intentar cruzar en reiteradas ocasiones, correr, etc.) en los peatones que se encuentran en los cruces peatonales semaforizados.	X			Sí se evidencia
Se evidencia el uso de los pasos peatonales, conforme lo dispuesto por la señalización horizontal.	X			

No se evidencia la circulación de deportistas (atletas, marcha, etc.) en las calzadas vehiculares.	X			Se evidencia personas realizando ejercicios.
No se evidencia la circulación de menores de edad acompañado por otros menores de edad.	X			Se evidencia menores de edad caminando juntos para ir al colegio
Se evidencia la ejecución de actividades deportivas por parte de colegios o jardines en zonas cercanas a las vías.		X		
No se evidencia la circulación de peatones distraídos por el uso de aparatos o elementos electrónicos (celular, audífonos, tablet, etc.).	X			
La circulación de menores acompañados por un adulto se realiza por la parte interna del andén.	X			
Se evidencia que los peatones NO requieren salir a la calzada para tener visibilidad para realizar los cruces.		X		
Se evidencia cruce de peatones en medio de los vehículos.		X		
Se evidencia la presencia de vendedores informales en calzadas vehiculares.	X			
Se evidencian aglomeraciones de peatones en puntos específicos de la vía.				
Sobre el final del día o las horas de la noche se evidencia el uso de prendas oscuras por parte de los peatones.	X			
Se evidencias comportamientos erráticos (correr, devolverse, dudar el cruce, empujar, etc.) en los cruces de las calzadas.	X			
Los peatones que cruzan por los pasos seguros no verifican los dispositivos de control (semáforos), actúan por imitación de conducta de terceros (otro peatón que realiza un cruce inseguro).		X		
Se evidencian conductas agresivas por parte de peatones hacia otros usuarios de la vía (señas, palabras, conductas retadoras, etc.).	X			
Se evidencian circulación de peatones desatentos (no verificar previamente el sentido de la vía, no identificar pasos seguros previamente, no hay inspección visual, etc.).	X			
Se evidencia que los peatones ocupan la zona de seguridad y protección de la vía férrea.			X	
Se evidencia el ascenso y descenso a vehículos en movimiento.	X			
No se evidencia que el uso de paraderos y zonas destinadas para la toma del transporte público.	X			
Se evidencia ingreso irregular e inseguro al transporte público.	X			
¿Existen mercados o puestos de venta en las aceras que obliguen al peatón a circular por la calzada?		X		
¿Se ha detectado algún paso de peatones no respetado por los vehículos por su escasa visibilidad (pintura gastada, cambio de rasante, curva, etc.)?	X			Pavimento en mal estado
¿Los vehículos respetan los cruces peatonales?		X		
¿Cuándo hay una fase semaforizada conflictiva con peatones, los vehículos ceden el paso?		X		



¿Se presenta cruce de peatones por zonas prohibidas?	X			Por la mitad de la intersección
¿Se observan marcas en las zonas verdes de separadores e isletas que indiquen el paso frecuente de peatones por zonas prohibidas?			X	
En caso afirmativo, dado el flujo peatonal ¿Se requiere controlar el paso peatonal o debe prohibirse?			X	
¿La acera tiene obstáculos fijos que pudiesen inducir a los peatones a caminar por la calzada vehicular?	X			
¿Se observan peatones caminar por la calzada vehicular en sentido paralelo a la acera?	X			
¿Se observan peatones utilizando dispositivos móviles mientras realizan un cruce de vía?	X			
¿Se observan puestos de ventas informales en la calle que obstruyan la movilidad peatonal o la visibilidad desde y hacia los peatones?		X		
¿Se observan peatones que portan audífonos y realizan el cruce de vías en forma desprevenida?	X			
¿Se observan peatones que realizan cruces peligrosos de la calzada para entrar ilegalmente al sistema de transporte masivo?	X			
¿El tiempo de verde para peatones en intersecciones semaforizadas es adecuado para cruzar a velocidad normal? ¿Se observan personas que cruzan corriendo?		X		
En las áreas de conflicto entre peatones y bicicletas, ¿el peatón tiene prioridad de paso?		X		
¿Los semáforos peatonales cuentan con señalización sonora?			X	
¿Los peatones invaden la cicloruta? En caso afirmativo, ¿puede definirse la sección como una sección mixta con prelación peatonal?			X	Los ciclistas invaden las aceras peatonales
<b>Ciclistas</b>				
Se evidencia el uso completo de todos los elementos de protección como casco, rodilleras, guantes, calzado y elementos reflectivos por parte de los bicisuarios		X		Algunos ciclistas no usan los implementos de seguridad
Se evidencia el uso del casco abrochado por parte de los ciclistas.		X		
Se evidencia la circulación de los bicisuarios por la infraestructura destinada para su tránsito.		X		No existe una red ciclovial. Se desplazan por las veredas o pistas.
Se evidencia que los ciclistas respeta el sentido de circulación de la vía.	X			
Se evidencia la circulación de los ciclistas sin acompañante ubicado en barras o tornillos (exceptúan aquellas bicicletas que tengan acondicionada la silla infantil).	X			
Se evidencia que el ciclista guarda la distancia de seguridad necesaria y no se sujeta de otros vehículos para su circulación.		X		
Se evidencia el uso de dispositivos o aparatos electrónicos por parte del ciclista durante su circulación.		X		
Se evidencian conductas erráticas por parte de los ciclistas (conducir solo con una mano, zigzag, etc.).	X			

Se evidencia el porte de cargas extra dimensionadas en la bicicleta.		X		
Se evidencian conductas de distracción durante la conducción de la bicicleta.	X			
Se evidencia que el porte del casco se realiza en lugares de la bicicleta, mas no en la cabeza del ciclo usuario (manubrio, canasta, etc.).		X		
Se evidencia el irrespeto de la intersección (la cual puede ser semaforizada o no semaforizada).	X			Algunos ciclistas intentan ganar el tiempo del semáforo
No se evidencia detención de los ciclistas en las intersecciones.		X		Vehículos que no priorizan a los peatones ni a los ciclistas
Se evidencia la circulación de los ciclistas por zonas no destinadas para la circulación (puentes, separadores, pasos a nivel, andenes, etc.).	X			Los ciclistas se desplazan por las veredas y carriles
Se evidencian conductas agresivas con otros usuarios de las vías (gritar, gestos, etc.).	X			Algunos ciclistas entran en conflicto con los peatones
Se evidencian conflictos con los peatones (en especial en aquellos donde la infraestructura de la cicloruta esta aledaña al andén).	X			
¿Son utilizados las ciclo-infraestructuras por otro tipo de vehículos como, por ejemplo, las motocicletas?	X			Por los scooters
¿En la noche los ciclistas cuentan con dispositivos luminosos en sus bicicletas?	X			
¿La velocidad de las bicicletas es adecuada y segura de acuerdo al tipo de zona e interacción con peatones?	X			
¿Se presenta circulación de vehículos motorizados por las ciclo infraestructuras o aceras?			X	
¿Los ciclistas cuentan con los elementos de protección adecuados? (casco, ropa reflectiva, etc.).		X		
¿Los ciclistas respetan la luz roja del semáforo?		X		
¿Se observa la circulación de ciclistas en los carriles vehiculares?	X			No existe una ciclovía
<b>Otros usuarios</b>				
¿Se han identificado, hay rastros, muestras o evidencias de vehículos raspando los sardineles, o huellas de frenado de vehículos sobre calzada, sobre andenes, o daños en el mobiliario urbano de tal manera que se puedan ver indicios de un problema o amenaza potencial de conflicto?	X			Bolardos dañados
¿Los aditamentos internos del bus (luces, tableros de rutas, placas) interfieren con la visibilidad del conductor y peatón?		X		
Si existe carril preferencial ¿Se evidenciaron vehículos diferentes a los de transporte público circulando por el carril preferencial?				X
¿Se evidencio la circulación de carretas o vehículos de tracción animal, vehículos de mano, bicitaxis o mototaxis?	X			Triciclos
¿Los conductores respetan las facilidades de circulación vehicular establecidas?		X		
¿Participa la población y organizaciones locales en la solución de los problemas de accidentalidad?	X			

¿Existe seguimiento sobre el comportamiento de usuarios respecto al cumplimiento y uso de las facilidades instaladas?	X		
¿Los buses paran solo en el paradero?	X		para en cualquier lugar
¿Los buses transitan con las puertas cerradas?	X		
¿Los buses transitan únicamente por los carriles destinados para ellos?	X		
¿Todos los ocupantes de los vehículos tienen puesto el cinturón de seguridad?	X		
¿Se observan vehículos que no realizan el Pare o Ceda el Paso?	X		
¿Se presenta bloqueo de la intersección?	X		
¿Se observan vehículos estacionados sobre los carriles o bahías de transporte?		X	
¿Se observan conductores hablando por teléfono mientras conducen?	X		
¿Se observan vehículos que pasan en luz roja el semáforo?	X		
¿En las maniobras de giro y estacionamiento, se utilizan correctamente las luces direccionales del vehículo?		X	
¿Se observan peatones que desacatan el semáforo en rojo peatonal?	X		
¿Se observan vehículos que transporten personas o carga de forma peligrosa o prohibida por la ley? (niños en motocicleta, en el asiento delantero de automóviles, pasajeros en vehículos de carga, carga sobredimensionada, etc.).		X	
¿Se observan conductores que no mantienen la distancia de seguridad mínima de acuerdo a las condiciones operativas de la vía?		X	
¿Los vehículos que cambian de carril utilizan las luces direccionales adecuadamente?		X	
¿Se presentan cambios de carril (entrecruzamientos) muy frecuentes o riesgosos?	X		
¿Los conductores de vehículos acatan las líneas longitudinales continuas (prohibición de adelantamiento)?	X		
¿Se observa bloqueo de carriles por maniobras de carga y descarga de mercancía?	X		
¿Todos los vehículos que circulan por el carril reversible llevan las luces encendidas?	X		
¿Se observan vehículos con elementos que impiden la completa visibilidad del conductor? (por ejemplo, publicidad o vidrios oscurecidos).	X		
¿La actividad de la zona adyacente a la vía, especialmente en horas de la noche, puede implicar la presencia de peatones en estado de embriaguez?	X		
¿Se observaron vehículos particulares, vehículos de transporte de carga o motocicletas estacionados en los paraderos de transporte público, obstruyendo el ascenso y descenso de pasajeros?	X		