UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

**“Redistribución de las funciones de accesibilidad y movilidad para reducir los
conflictos peatón-vehículo en los alrededores de la estación Naranjal del
Metropolitano”**

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR(ES)

Alcalde Sánchez, Carla Denís (0000-0001-7460-3152)

Larrea Quina, Diego Rolando (0000-0002-5531-5697)

ASESOR

Campos De la Cruz, Fernando José (0000-0002-7827-2861)

Lima, 13 de febrero de 2020

DEDICATORIA

*A mi ángel que dedicó su vida a guiar cada uno de mis pasos y no me dejó desfallecer.
Gracias a ese amor de madre me ayudó a cumplir cada uno de mis metas y desde donde esté
lo seguirá haciendo.*

CARLA A.

*A mi familia, en especial a mi madre que siempre me impulsó a salir adelante y ser mejor
cada día. Gracias a su confianza y palabras de aliento pude cumplir mis metas hoy*

DIEGO L.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos.

A nuestros hermanos por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

RESUMEN

El presente estudio tiene como finalidad disminuir los conflictos peatón-vehículo en los alrededores de la estación Naranjal del BRT Metropolitano. Se propone reducir el problema por medio de la redistribución de las funciones de accesibilidad y movilidad.

La evaluación se realizó mediante un enfoque microscópico. Los datos como aforos peatonales y vehiculares, la superposición de actividad vehicular y peatonal, el uso de lugares no autorizados como paraderos, la presencia de vendedores ambulantes, y deficiencias en los ciclos semafóricos, agentes causantes de los conflictos. Fueron obtenidos mediante diversas herramientas como visitas de campo y toma aérea de datos con dron. Con el procesamiento de datos se identificaron las áreas de conflictos peatón-vehículo. Esto sirvió para elaborar un mapeo de puntos negros de conflicto.

Con los datos obtenido se desarrolló un modelo de micro simulación con el software Vissim 9. La construcción del modelo de micro simulación tiene como principal objetivo representar la problemática. Para ello se modelaron las rutas y los comportamientos peatonales, en los cruces peatonales. Además, se modelaron los paraderos informales, los principales puntos de conflicto y la presencia de vendedores ambulantes como obstáculos.

Se midieron valores en campo como velocidad de los peatones, tiempos de viajes de los vehículos y tiempos de espera en el cruce semaforizado. Estas fueron calibradas y validadas dentro del modelo de micro simulación.

Ante esta problemática se busca redistribuir y generar paraderos autorizados en los alrededores de la estación Naranjal. Además, mejorar y sincronizar los ciclos semafóricos del cruce, reduciendo los conflictos peatón-vehículo.

Palabras clave: Redistribución; Paraderos; Micro simulación; Calibración; Validación; BRT; Accesibilidad; Movilidad; Conflicto peatón-vehículo.

ABSTRACT

Redistribution of accessibility and mobility functions to reduce pedestrian-vehicle conflicts around of Naranjal station of the Metropolitan"

The purpose of this study is to reduce pedestrian-vehicle conflicts around the Naranjal station of the Metropolitan BRT. It's proposed to reduce the problem through the redistribution of accessibility and mobility functions.

The evaluation was performed using a microscopic approach. Data such as pedestrian and vehicular capacity, overlapping of vehicular and pedestrian activity, the use of unauthorized places as bus stops, the presence of peddlers, and deficiencies in traffic light cycles, agents causing conflict. They were obtained through various tools such as field visits and aerial data collection with drone. With the data processing, the areas of pedestrian-vehicle conflicts were identified. This served to develop a mapping of black spots of conflict.

With the data obtained, a micro simulation model was developed with Vissim 9 software. The construction of the micro simulation model has as its main objective to represent the problem. For this, routes and pedestrian behaviors were modeled on pedestrian cruises. In addition, informal bus stops, major conflict points and the presence of street vendors were modeled as obstacles.

Field values were measured such as pedestrian speed, vehicle travel times and waiting times at the traffic light crossing. These were calibrated and validated within the micro simulation model.

Faced with this problem, it is sought to redistribute and generate authorized bus stops around the Naranjal station. In addition, improve and synchronize the traffic light cycles of the pedestrian cruise, reducing pedestrian-vehicle conflicts.

Keywords: Redistribution; bus stops; Microsimulation; Calibration; Validation; BRT; Accessibility; Mobility; Pedestrian-vehicle conflict

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	IV
TABLA DE CONTENIDOS	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
INTRODUCCIÓN	11
EL PROBLEMA	12
ESTADO DEL ARTE.....	14
HIPÓTESIS	20
OBJETIVO GENERAL	20
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO.....	20
MARCO TEÓRICO	22
■ ACCESIBILIDAD Y MOVILIDAD	22
■ CONFLICTO PEATÓN-VEHÍCULO	23
1.2.1 Cultura vial.....	23
1.2.2 Invasión de cruceros peatonales.....	24
1.2.3 Espacios invadidos por transporte público	24
1.2.4 Cruce temerario de peatones	24
1.2.5 Espacios invadidos por peatones	24
■ SEGURIDAD VIAL	25
■ MODELOS DE SIMULACIÓN DE TRÁNSITO	25
1.4.1 Modelo macroscópico	26
1.4.2 Modelo mesoscópico	26
1.4.3 Modelo microscópico.....	27
■ PRINCIPALES SOFTWARES DE MODELACIÓN DE MICRO SIMULACIÓN	29
1.5.1 Aimsun.....	29

1.5.2	Corsim.....	30
1.5.3	Vissim	30
■	FUNDAMENTOS DE LA MICRO SIMULACIÓN	31
1.6.1	Modelo de la fuerza social	31
1.6.2	Modelo de Wiedemann	31
METODOLOGÍA		33
■	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	33
■	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	33
■	PROCEDIMIENTO	33
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN		35
■	DETERMINAR ESPACIOS COMPARTIDOS ENTRE PEATONES Y VEHÍCULOS	35
3.1.1	Mapeo de identificación de paraderos	35
3.1.2	Mapeo de identificación de vendedores ambulantes	37
■	MEDIR LAS DEMORAS PEATONALES Y DENSIDAD EN LOS CRUCES PEATONALES Y FLUJOS Y COLAS VEHICULARES.	39
3.2.1	Análisis peatonal	39
3.2.2	Análisis vehicular.....	47
■	MICRO SIMULAR EL ESTADO ACTUAL.....	53
3.3.1	Construcción del modelo actual de la problemática	53
3.3.2	Calibración del modelo	54
3.3.3	Validación del modelo	63
■	MICRO SIMULAR EL MODELO PROPUESTO DE LA REDISTRIBUCIÓN	71
3.4.1	Redistribución de paraderos.....	71
3.4.2	Ciclo semafórico	76
3.4.3	Ensanchamiento del cruce peatonal.....	78
3.4.4	Conservación medio ambiente	80
3.4.5	Comercio ambulatorio	80
■	REDISEÑAR LA GEOMETRÍA DE LOS ESPACIOS EN CONFLICTO.....	81
3.5.1	Redistribución de paraderos.....	81
3.5.2	Zona de ambulantes	90
3.5.3	Aprovechamiento de espacios públicos	91
CONCLUSIONES.....		94
RECOMENDACIONES		97

REFERENCIAS.....	98
ANEXOS.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de las intersecciones	14
Tabla 2. Softwares para Macro simulación del tránsito.....	26
Tabla 3. Softwares para Meso simulación del tránsito	27
Tabla 4. Softwares para Micro simulación del tránsito (a).....	28
Tabla 5. Softwares para Micro simulación del tránsito (b).....	29
Tabla 6. Conteo y movimientos Acceso N-S.....	45
Tabla 7. Conteo y movimientos Acceso Alimentadores.....	45
Tabla 8. Conteo y movimientos Acceso S-N.....	46
Tabla 9. Primer aforo vehicular cada 15 minutos	49
Tabla 10. Primer aforo vehicular en hora pico.....	50
Tabla 11. Muestra de velocidades de vehículos.....	51
Tabla 12. Muestra de velocidades de peatones.....	54
Tabla 13. Tabla estadística.....	55
Tabla 14. Resultados de calibración vs realidad el sector 1	57
Tabla 15. Resultados de calibración vs realidad el sector 2.....	58
Tabla 16. Muestra de velocidades.....	60
Tabla 17. Estadística de vehículos	60
Tabla 18. Resultados de calibración vs realidad	62
Tabla 19. Segundo aforo de peatones y movimientos Fuente: Propia.....	64
Tabla 20. Resultados de validación vs realidad en sector 1	65
Tabla 21. Resultados de validación vs realidad en sector 2.....	67
Tabla 22. Segundo aforo de vehículos en hora pico	68
Tabla 23. Resultados de validación vs realidad	70
Tabla 24. Eficiencia de sitios linealmente dispuestos en paraderos.	81
Tabla 25. Valores de Z para distintas probabilidades de falla de un paradero	82
Tabla 26. Resumen de capacidad horaria en el sentido norte-sur.....	84
Tabla 27. Resumen de capacidad horaria en el sentido sur-norte.....	86
Tabla 28. Resumen de la capacidad horaria de paraderos en los alrededores de la estación Naranjal.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Situación de conflicto vehículo-peatón con punto de conflicto	15
Figura 2. Conflicto entre peatones y vehículos que doblan y entran a la avenida en cuestión	16
Figura 3. Definición de los factores de influencia en la trayectoria de los peatones	16
Figura 4. Variación en las trayectorias del desbordamiento peatonal	17
Figura 5. <i>Configuración del experimento para la toma de datos</i>	17
Figura 6. Dos casos para definir la distancia de conflicto	18
Figura 7. Nivel de probabilidad de daño vs. Velocidad de vehículo	19
Figura 8. El Ying-Yang de la Accesibilidad y Movilidad de una vía.....	22
Figura 9. Identificación de paraderos.....	36
Figura 10. Mapeo de densidad de ambulantes	38
Figura 11. Mapeo de densidad de personas	40
Figura 12. Ciclo semafórico cruce Sur - Norte	41
Figura 13. Ciclo semafórico Zona de alimentadores	42
Figura 14. Toma aérea de la zona de estudio.....	42
Figura 15. <i>Movimientos típicos de Este a Oeste</i>	43
Figura 16. Movimientos típicos de Oeste a Este.....	44
Figura 17. Ciclo semafórico Tupac Amaru.....	47
Figura 18. Ciclo semafórico Tupac Amaru - Chinchaysuyo	47
Figura 19. Toma aérea de datos	48
Figura 20. Movimientos vehiculares.....	49
Figura 21. Área de calibración de vehículos	50
Figura 22. Medición de cola vehicular	52
Figura 23. <i>Vista de escenario de estudio</i>	53
Figura 24. Simulación de escenario BRT	53
Figura 25. <i>Rango vs H Sector 1, sentido N-S</i>	55
Figura 26. <i>Rango vs H Sector 2, sentido S-N</i>	56
Figura 27. Distribución de velocidad de peatones	56
Figura 28. Valores de calibración peatonal.....	57
Figura 29. <i>Prueba T student, sector 1</i>	58
Figura 30. <i>Prueba T student, sector 2</i>	59
Figura 31. Rango vs H	61
Figura 32. Distribución de velocidad de vehículos.....	61

Figura 33. Variables de calibración vehicular	62
Figura 34. Prueba T student de calibración vehicular.....	63
Figura 35. Sección N°1	65
Figura 36. Prueba T student de validación en sector 1	66
Figura 37. Sección N°2.....	66
Figura 38. Prueba T student de validación en sector 2	67
Figura 39. Area de calibración y validación peatonal.....	69
Figura 40. Prueba T student de validación de vehículos	70
Figura 41. Rutas del paradero A	72
Figura 42. Rutas del paradero B	73
Figura 43. Rutas del Paradero C	74
Figura 44. Rutas del Paradero Los Incas	75
Figura 45. Paradero A N-S.....	75
Figura 46. Ciclo semafórico de Av. Tupac Amaru	76
<i>Figura 47. Ciclo Semafórico de zona de buses alimentadores.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 48. Ciclo semafórico de Av. Chinchaysuyo</i>	<i>77</i>
Figura 49. Barreras de seguridad peatonal.....	78
Figura 50. Paso de peatones obstaculizado por colas Fuente: Propia.....	79
Figura 51. Propuesta de ensanchamiento en Vissim 9.....	79
Figura 52. Punto ecológico. Fuente: DISA contenedores.....	80
Figura 53. Propuesta de paradero A, sentido norte-sur Fuente: Propia	82
Figura 54. Propuesta de paradero B, sentido norte-sur.....	83
Figura 55. Propuesta de paradero C, sentido sur-norte.....	85
<i>Figura 56. Propuesta de paradero Los Incas. Fuente: Propia</i>	<i>87</i>
Figura 57. Redistribución de paraderos	87
Figura 58. Contenido del letrero del paradero A	89
<i>Figura 59. Nombres y fotos de las empresas</i>	<i>90</i>
Figura 60. Zona de ambulantes	91
Figura 61. Bajo tránsito de peatones.....	92

INTRODUCCIÓN

En diversas partes del mundo existe una gran demanda de movilidad dentro de las ciudades, principalmente en las horas pico, debido a la necesidad de las personas de movilizarse en a sus centros de labores y centro de estudios. En dichas horas puntas las principales intersecciones de las ciudades y sus alrededores se ven saturadas tanto de vehículos como de peatones. En muchas ocasiones las actividades peatonales y vehiculares se ven superpuestas en solo punto, generándose de esta manera los conflictos peatón-vehículo.

Esta realidad es más evidente en Lima Metropolitana, donde se pueden observar graves conflictos en los cruces peatonales y áreas cercanas a estos. Las funciones de accesibilidad y movilidad quedan comprometidas debido a que existe un mal uso de la infraestructura lo que impide el libre desplazamiento de los peatones. Por un lado, accesibilidad se refiere a la infraestructura que permite tener calidad de accesos para poder moverse hacia cualquier destino. Por otro lado, movilidad se refiere a la capacidad de moverse y a las distintas formas en la que se puede desplazar una persona de un lugar a otro. Dicha infraestructura es el espacio que comparten peatones y vehículos, lo que permite el intercambio de modal, donde gran parte de las infraestructuras son informales y además son usadas en lugares que representan peligro a los pasajeros y peatones que desciendan y transitan en sobre ellas. Estas infraestructuras son los paraderos.

Los conflictos más comunes son la invasión de cruces peatonales, espacios invadidos por transporte público, cruce temerario de peatones y espacios invadidos por peatones. Esto también se genera debido a la falta de claridad en cuanto a delimitación de espacios, ya que, en mismo punto, como en los paraderos, se pueden presentar peatones y vehículos, de tal manera que los peatones estarían invadiendo la pista, que corresponde al estacionamiento del transporte público, generándose así un conflicto.

En el presente estudio se explican los conflictos a evaluar y además se realiza una propuesta de solución para minimizarlos.

EL PROBLEMA

En el Perú, en los últimos años se han incrementado los accidentes de tránsito y con ellos las muertes y lesiones por estos eventos, siendo considerado como primera causa de carga de enfermedad. Los conflictos peatón-vehículo se presentan en diversas partes del mundo. En países desarrollados como Japón, China y Alemania se realizaron diversos estudios teniendo como principal objetivo el análisis de dicho problema. Como consecuencia de los conflictos la Agencia Nacional de Japón reporta que la mitad de los accidentes mortales ocasionados por atropellos ocurrieron en una intersección o cerca de ellas (Suzuku e Ito, 2017). Así también, en China se encuentra que un 25% de las muertes son consecuencia de accidentes de tránsito, lo que indica que un peatón muere en un accidente cada 33 minutos y uno se lesiona cada 13 minutos (Jianga et al., 2018). Decenas de millones de personas sufren heridas o discapacidades cada año a consecuencia de accidentes automovilísticos. En países en vías de desarrollo, como en el caso de los países Latinoamericanos, se presenta un déficit en las vías y los sistemas de transporte público, viéndose afectadas las funciones de accesibilidad y movilidad, generándose conflictos peatón-vehículo.

En el Perú, los conflictos peatón-vehículo son observados en la mayoría de intersecciones, tanto semaforizadas como no semaforizadas. Lima, siendo la ciudad más poblada y con mayor movimiento económico, es la más afectada con el caos del sistema del transporte público. De este caos ya conocido se identifican diferentes conflictos peatón-vehículos, los cuales se generan debido a la superposición de actividades peatonales y vehiculares en un mismo punto.

Según un diario local los distritos de la capital donde suceden más accidentes de tránsito son Los Olivos, San Juan de Lurigancho, Independencia, entre otros (Diario El Comercio, 2016). En dichos distritos se hacen más evidentes los conflictos peatón vehículo. Ello se denota en los diversos reportajes que realizan las cadenas de televisión siendo la imprudencia y el apuro un gran causante de los conflictos y posibles accidentes de tránsito. En los alrededores de la estación Naranjal, debido a la masiva concurrencia de peatones se pueden observar diversos conflictos peatón-vehículo, siendo que uno de los principales conflictos el cruce temerario por parte de los peatones, esto se debe a que los peatones buscan la oportunidad de evadir los vehículos con el fin de acortar su tiempo de espera para cruzar. Esto se debe a que los ciclos semaforicos están diseñados para dar preferencia a los vehículos y además no están sincronizados, de tal manera que los peatones se ven obligados a interrumpir su paso.

Se tiene como referencia que en el año 2006 se registraron 77840 accidentes de tránsito, lo cual ha ido incrementando con el pasar de los años.

Este incremento se denota, ya que en el año 2017 se registraron 88168 accidentes de tránsito y el número de víctimas mortales es de 2826. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

A partir de los datos presentados se demuestra que existen conflictos entre los peatones y los conductores de vehículos, principalmente en intersecciones cercanas a paraderos concurridos, lo cual será presentada como problemática de la presente investigación.

ESTADO DEL ARTE

En diversos países se han desarrollado investigaciones relacionadas con esta problemática y han sido tomadas como base para el presente trabajo ya que los conflictos peatón-vehículo presentan una realidad similar a la de Lima.

Como primera investigación a tomar se tiene un estudio en Japón: “Empirical Analysis on Risky Behaviors and Pedestrian-Vehicle Conflicts at Large-Size Signalized Intersections” (Suzuki e Hito, 2017). El problema se centra en el comportamiento arriesgado de los peatones al cruzar las calles y la reacción temeraria de los conductores de los vehículos. Para obtener datos se realizaron encuestas en cinco intersecciones entre ellos nueve pasos de peatones en la sección del centro de Nagoya, Japón, con el fin de analizar el comportamiento de los usuarios y los conflictos de tránsito. Además, se tomaron datos de ciertas características de los pasos peatonales, por ejemplo, la distancia de cruce, el ángulo de los cruces del camino, el número de carriles de salida, entre otros datos, que se muestran en la tabla:

Tabla 1. Características de las intersecciones

Leg of intersection	Length of crosswalk (m)	Setback distance of outflow (m)	Angle of crossing roads (°)	Installation angle of crosswalk (°)	Number of lanes of outflow leg
A	29.0	13.2	90	90	4
B	29.5	12.9	90	90	4
C	28.5	4.7	90	90	3
D	33.8	14.7	90	90	3
E	27.1	19.0	90	90	3
F	25.7	4.0	110	110	3
G	33.3	11.1	70	70	2
H	25.6	18.3	110	100	3
I	17.1	10.1	70	120	2

Fuente: Suzuki e Hito, 2017

Como principales resultados se tiene la proporción de tiempo en que los peatones comienzan a cruzar por la luz peatonal del lado cercano, obteniendo que, en 3 de los 9 cruces peatonales estudiados, el 20% de peatones cruza la calle antes de que el semáforo cambie a verde; lo que conlleva a aumentar la probabilidad de ocurrencia de accidentes de tránsito, esto en relación al comportamiento del peatón.

Como segundo estudio, se tiene el siguiente artículo: “Drivers’ effective decelerating zone in an urban Vehicle-Pedestrian conflict situation: Observational studies and analyses” (Jianga et

al., 2018). El problema estudiado es la existencia del conflicto peatón – vehículo en los cruces de diversas partes del mundo; toman como ejemplo Beijing, China y Múnich, Alemania, de estas ciudades cruces medianos urbanos no señalizados. Consideran los factores de riesgo de accidentes como la visibilidad inadecuada y velocidad del vehículo. Para ese estudio fueron seleccionados seis sitios de observación de campo, incluyendo tres pasos de peatones de media cuadra no señalizados en Beijing y tres en Munich.

Figura 1. Situación de conflicto vehículo-peatón con punto de conflicto

Fuente: Jianga et al., 2018

Los resultados de este estudio muestran que la velocidad de desaceleración está relacionada linealmente con la velocidad de aproximación del vehículo. Los conductores presentan una tasa de desaceleración más alta cuando se encuentran cruzando peatones. Por ejemplo, en un vehículo dado que se aproxima a una velocidad de 10 m/s, la tasa de desaceleración elegida por los conductores es 0,23 m/s² más alta que en los casos alemanes.

El tercer análisis se realizó al estudio: “Modeling the Variation in the Trajectory of Crosswalk Overflow Violation Pedestrians in China and Countermeasure” (Ning-Bo et al., 2017). En el se ha investigado el comportamiento de los peatones al cruzar una avenida y el conflicto que este genera con los vehículos que desean pasar por la misma calle.

Figura 2. Conflicto entre peatones y vehículos que doblan y entran a la avenida en cuestión

(a) Conflict between turning vehicles and law-abiding pedestrians (b) Conflict between turning vehicles and overflow violation pedestrians

Fuente: Ning-Bo et al., 2017

En la Ilustración 2 (a) se observa que existe cierta similitud en el comportamiento de los peatones que cruzan la calle bajo los lineamientos que estipula la ley. Asimismo, se visualiza en la Ilustración 2 (b) cómo es la tendencia de cruce de las personas que desbordan el cruce peatonal.

La particularidad de este estudio radica en el modelo que se obtuvo, como bien plantea el título del artículo, para realizar la comparación entre las variaciones del desbordamiento del cruce peatonal en diferentes intersecciones.

Figura 3. Definición de los factores de influencia en la trayectoria de los peatones

Fuente: Ning-Bo et al., 2017

Figura 4. Variación en las trayectorias del desbordamiento peatonal

Fuente: Ning-Bo et al., 2017

La cuarta investigación tomada en cuenta corresponde a: “Injured probability assessment in frontal pedestrian-vehicle collision counting uncertainties in pedestrian movement” (Huang et al., 2018). En este paper se tomó en cuenta la incertidumbre en la trayectoria de los peatones al momento de cruzar una avenida y la probabilidad que esta genera de un posible atropello.

Figura 5. Configuración del experimento para la toma de datos

Fuente: Huang et al., 2018

Figura 6. Dos casos para definir la distancia de conflicto

Fuente: Huang et al., 2018

Los resultados de la simulación muestran que el método presentado es sensible a las operaciones evasivas del conductor y proporciona pistas útiles para la optimización del control de prevención de colisiones. En la investigación, solo se cuentan las lesiones del peatón involucrado mientras que, en el tráfico real, los peligros para los vehículos también deben considerarse debido a la complicación de la misma (sobre todo en el caos que se genera en el tráfico de Lima). Este enfoque probabilístico podría extenderse a evaluaciones de peligros de todos los participantes de tráfico involucrados, de modo que el sistema de manejo del asistente puede alcanzar el objetivo de los beneficios máximos esperados en un entorno complicado.

Figura 7. Nivel de probabilidad de daño vs. Velocidad de vehículo

Fuente: Huang et al., 2018

HIPÓTESIS

Las demoras, grado de saturación, densidad disminuyen al redistribuir las funciones de accesibilidad y movilidad en los alrededores de estación Naranjal, aplicando modelos de micro simulación.

OBJETIVO GENERAL

Reducir los conflictos entre peatones y vehículos en la zona adyacente a la estación Naranjal del Metropolitano por medio de la redistribución de funciones de accesibilidad y movilidad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los espacios compartidos entre peatones y vehículos
- Medir las demoras peatonales y densidad en los cruces peatonales y flujos y colas vehiculares.
- Micro simular el estado actual.
- Micro simular el modelo propuesto de la redistribución.
- Rediseñar la geometría de los espacios en conflicto

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

En la presente investigación se aborda como tema a resolver los conflictos peatón – vehículo, proponiendo un modelo de micro simulación para poder generar una solución y así poder redistribuir las funciones de accesibilidad y movilidad.

Se describen los antecedentes, marco teórico, el análisis del problema, la formulación del problema, la hipótesis y los objetivos, principal y específicos como parte de la introducción.

Dentro del marco teórico, se desarrollan definiciones tales como accesibilidad y movilidad, conflicto peatón - vehículo, seguridad vial y micro simulación. Dentro de conflicto – vehículo, se desarrollan los conflictos que se van a abordar y reducir en la presente investigación, tales como: falta cultura vial, invasión de cruceros peatonales, espacios invadidos por transporte público, cruce temerario de peatones, espacios invadidos por peatones.

Dentro de los resultados de la investigación se encuentran los objetivos de la investigación. En cuanto al primer objetivo, identificar y delimitar espacios compartidos entre peatones y

vehículos, se realizaron mapeos por medio de 2 visitas al lugar de la problemática, mapeos en cuanto al número y distribución de personas en las horas punta, mapeo sobre la ubicación de paraderos, y sobre los lugares en donde que se encuentran ocupados por los vendedores ambulantes. Con el segundo objetivo, medir y cuantificar las demoras peatonales y densidad en los cruces peatonales, se busca complementar el primer objetivo teniendo en cuenta los tiempos de espera y lo que demora el peatón debido al ciclo semafórico deficiente. Con el tercer objetivo, medir y cuantificar las demoras y el grado de saturación de los vehículos en las intersecciones, se busca obtener datos de oferta de accesos y demanda vehicular esto con ayuda del programa Visswalk. Los objetivos 2 y 3 muestran resultados debido al conteo peatonal y vehicular que se va a realizar, no con el método tradicional, en este caso se busca innovar el conteo con la ayuda de drones, de tal manera que se puedan minimizar los errores de conteo, ya que el drone presenta una gran vista, la necesaria para que se cubran los puntos más críticos al momento de realizarse el conteo. Con el cuarto objetivo, construcción y validación de micro simulación, se busca realizar la construcción de la micro simulación de la realidad del lugar, es decir reflejar la realidad actual del escenario en el software visswalk, luego se procede a validar una vez que la problemática se vea reflejada en el programa. En cuanto al quinto y último objetivo, rediseñar la geometría de los espacios en conflicto, se busca mejora y rediseñar los puntos en conflicto, en este caso se busca mejorar la accesibilidad de los peatones, redistribuyendo los paraderos en lugares estratégicos de tal manera que se vea mejorado también el flujo vehicular en zona, generando así mayor seguridad vial y menos probabilidad de accidentes.

MARCO TEÓRICO

Accesibilidad y Movilidad

Por un lado, la accesibilidad hace referencia a la calidad de accesos que se tiene, tanto en infraestructura al igual que en los servicios brindados. (Santos y de Las Rivas, 2008).

En cuanto a infraestructura hace referencia al acceso de paso por calles de amplias veredas, de tal manera que los usuarios más vulnerables, los cuales son los ancianos y personas con discapacidad, tengan facilidad de ingreso y salida a los diversos servicios locales. (Burton & Mitchell, 2006)

Por otro lado, se entiende por movilidad que “es la capacidad de moverse o de recibir movimiento”. Según lo anterior se puede desglosar que “Movilidad Urbana” es la capacidad y/o posibilidad de moverse dentro de la ciudad”. (Movilidad Gijon, 2011).

Son términos que van de la mano y en la realidad existe una dependencia de la movilidad con la accesibilidad, ya que se necesitan facilidades para poder moverse en un escenario.

Figura 8. El Ying-Yang de la Accesibilidad y Movilidad de una vía

Fuente: Labi, 2011

Según Labi (2011), uno de los principales atributos operativos que distingue a la clase funcional de la carretera es la movilidad y la accesibilidad (Ilustración 10), los cuales son

recíprocos. Es decir, el aumento en un atributo está asociado con la disminución en el otro. En ese sentido, los caminos de dos carriles pueden descomponerse en al menos tres subclases:

- Colectores rurales (caracterizados por movilidad relativamente baja y alta accesibilidad)
- Arterias menores rurales (caracterizadas por movilidad y accesibilidad relativamente medias)
- Arterias principales rurales (caracterizadas por movilidad relativamente alta y baja accesibilidad)

■ Conflicto peatón-vehículo

Es un problema que se observa en las diferentes intersecciones a nivel nacional e internacional. En mayor medida se denotan los conflictos en países como China, India según estudios realizados, por consiguiente, se presenta una alta tasa de accidentes (Zeng et al., 2017). En nuestro país estos conflictos son generados diariamente principalmente en la ciudad de Lima.

En esta investigación se tiene como principales conflictos a tratar los siguientes: La invasión de cruceros peatonales por parte de los vehículos, el acaparamiento de espacios por parte transporte público y el cruce temerario de los peatones y la invasión de espacios de uso vehicular por parte de peatones y ambulantes.

1.2.1 Cultura vial

La cultura vial está referida a cómo las personas viven, actúan y se relacionan con la infraestructura que brinda accesibilidad, dicho sea: espacios que facilitan la movilidad y desplazamiento de todos los participantes como peatones, pasajeros, ciclistas, conductores, entre otros. Relación que se basa en el respeto para la interacción con los demás agentes que son partícipes en la vía pública (Camacho-Cabrera, 2009).

En el Perú, no se tiene claro este concepto ya que poco respeto existe de las personas hacia los espacios como los son las aceras, pistas, ciclovías, plazas y parques. Esto se ve reflejado día a día en diversos noticieros locales ya que los peatones y conductores, como participantes en dicha cultura, no respetan sus espacios asignados, su movilidad y desplazamiento. Consecuencia de ello son los accidentes de tránsito, debido a malas maniobras de peatones y conductores de transporte público y privado de las distintas ciudades.

1.2.2 Invasión de cruceros peatonales

Se sabe que el peatón es muy vulnerable, debido a que no tiene la misma protección que un vehículo. “Los mayores, junto con los niños, son los dos grupos de personas de más alto riesgo en los accidentes de circulación peatonal” (BITAKA, 2013, p. 9).

Los conductores ante la congestión vehicular, principalmente en la llamada “hora punta” no respetan los espacios compartidos, en este caso los cruceros señalizados y se detienen en el tráfico invadiendo los cruceros peatonales, sin darle preferencia al peatón, obstaculizando el libre flujo de personas con discapacidad, ancianos, madres con sus niños, mujeres gestantes y peatones en general. Esto debido a que “los conductores no siempre tienen claro los límites o espacios del peatón” (MTC, 2011, p. 5).

1.2.3 Espacios invadidos por transporte público

Existe una mala gestión del transporte público, no hay un ente regulador competente que controle y sancione las temerarias maniobras de dichos conductores, además de brindar soporte y seguridad a los peatones y demás participantes del conflicto. Ante la inexistencia de dicha entidad los conductores del transporte público en la lucha por ganar pasajeros invaden el espacio de otros vehículos con sus giros temerarios y su inadecuada manera de estacionarse para recoger pasajeros, poniendo en riesgo a los otros conductores involucrados y a los peatones que transitan por el lugar.

1.2.4 Cruce temerario de peatones

El tráfico que se presenta en la ciudad de Lima genera mucho estrés en conductores y peatones debido a los largos tiempos de espera para poder llegar a sus destinos; en el caso de los peatones para evitar las demoras cruzan de forma intempestiva cuando el semáforo muestra la luz roja, o en otros casos el cruce es por lugares no señalizados, lo cual eleva la probabilidad de accidentes de tránsito. Esto se ve reflejado en que el 60% de las colisiones viales a nivel nacional se registran en la ciudad de Lima y Callao (MTC, 2011).

1.2.5 Espacios invadidos por peatones

La gran cantidad de personas esperando por tomar un transporte ya sea público o privado, como taxis o colectivos, interrumpen el paso de los peatones que se dirigen a la estación Naranjal del Metropolitano o de aquellos que llegan del mismo y se dirigen hacia las zonas aledañas al escenario en cuestión. Esta obstaculización obliga a los peatones que desean transitar a muchas veces bajar hacia la pista para continuar su recorrido, lo cual incrementa la probabilidad de ser atropellados.

Seguridad vial

Según indica el MTC (2017) en el Manual de Seguridad Vial, Resolución Directoral N° 05-2017-MTC/14, la seguridad vial es el conjunto de acciones orientadas a prevenir o evitar los riesgos de accidentes de los usuarios de las vías y reducir los impactos sociales negativos por causa de la accidentalidad. Adicionalmente, hace referencia al comportamiento de las personas que deben de tener al desplazarse por la vía pública, ya sea como peatones, conductores o pasajeros (Talla, 2017).

Los factores de la seguridad vial se pueden agrupar en las siguientes categorías: acciones del conductor, condiciones mecánicas del vehículo, características geométricas de la vía y el medio ambiente físico o climático en el que opera el vehículo (MTC, 2017).

El caótico tránsito vehicular que se observa en la ciudad de Lima obliga, prácticamente, a los ciudadanos a tener buenas prácticas en materia de seguridad vial con la finalidad de evitar accidentes de tránsito tanto para peatones como conductores (Anaconda, 2014).

Modelos de simulación de tránsito

Los simuladores de tránsito son usados desde hace más de 50 años, pues tuvo sus comienzos en el Reino Unido, donde se desarrollaron las primeras simulaciones de tránsito en ciertas intersecciones, esto fue posible gracias al Laboratorio de Investigación de Transporte y Carreteras (TRRL) (Valladares, 2016).

Los simuladores reflejan el flujo de tránsito en las vías, en intersecciones de ciudades y carreteras, a través de modelos que permiten simular diversos escenarios, modelos sobre los que se puede realizar comparaciones con la realidad para obtener resultados sobre la solución que se le quiere dar a un problema respecto al tránsito.

Los modelos de simulación son clasificados de acuerdo al nivel de estudio y análisis de detalle, de tal manera existen los siguientes modelos: macroscópico, mesoscópico, y microscópico.

1.4.1 Modelo macroscópico

El modelo de simulación macroscópico está referido al uso de forma de la simulación de manera más externa, ya que sus datos obtenidos están apoyados sobre promedios de velocidad, flujo, tiempo de viaje y densidad (Valladares, 2016). Dentro de los macro simuladores, los vehículos al ser simulados muestran el comportamiento de un fluido, es decir el flujo vehicular no presenta interrupciones, es decir cero intersecciones durante su paso, es continuo como el paso de un fluido. Además, “considera el tránsito de los vehículos como partículas que interactúan entre sí” (Valladares, pp 16, 2016). Para la realización de los modelos macroscópicos existen en la actualidad diversos programas, de los cuales se presentan 16 en la siguiente tabla:

Tabla 2. Softwares para Macro simulación del tránsito

Simulador	País de origen	Aplicación
AUTOS	Georgia Tech Research Institute, EEUU	Autopistas
TRAF/CORFLO	FHWA, EEUU (contiene NETFLO y FREFLO)	Integrado
EMME 4.2	Transportation Association of Canada, Canada	Integrado
FREFLO	FHWA, EEUU	Autopistas
FREQ	Universidad de California, EEUU	Integrado
KRONOS	Universidad de Minnesota, EEUU	Autopistas
METACOR	Centro de Ingeniería de Tráfico y Simulación de Tráfico, Suecia	Integrado
METANET	Universidad Técnica de Múnich, Alemania	Autopistas
NETFLO	FHWA, EEUU	Redes señalizadas
NETVACI	Instituto de Tecnología de Massachusetts, EEUU	Redes señalizadas
PASSER	Instituto de Transporte de Texas, EEUU	Redes señalizadas
TRANSYT-7F	FHWA, EEUU	Redes señalizadas
TRANSYT 15.1	TRL, Reino Unido	Integrado
TRANSCAD	Corporación Caliper, EEUU	Integrado
TEXAS	Universidad de Texas, EEUU	Redes señalizadas
VISUM 15	Universidad de Karlsruhe, Alemania	Integrado

Fuente: Valladares (2016)

1.4.2 Modelo mesoscópico

Los modelos de simulación mesoscópicos son considerados un nivel intermedio entre los niveles macroscópico y microscópico. Estos modelos no detallan el comportamiento individual de los vehículos, sin embargo, se pueden realizar análisis y recopilación de datos de las intersecciones ya señalizadas. (Valladares, 2016). Entre los ejemplos de aplicaciones potenciales del modelo mesoscópico se incluyen la determinación de frecuencia, la evaluación de las estrategias de control en tiempo real para el mantenimiento del horario, la restauración de interrupciones importantes y la evaluación de los efectos de la programación del vehículo

en el nivel del servicio. (Toledo, 2010). Para la realización de los modelos mesoscópicos existen en la actualidad diversos programas, de los cuales se muestran 7:

Tabla 3. Softwares para Meso simulación del tránsito

Simulador	País de origen	Aplicación
DYNAMIT	Instituto de Tecnología de Massachusetts, EEUU	Integrado
DYNEMO	Conceptos Innovativos, EEUU	Integrado
DYNASMART	Universidad de Austin Texas, EEUU	Integrado
INTEGRATION	Universidad de Queens, Canadá	Integrado
METROPOLIS	Suecia	Integrado
TRANSMODELER	Corporación Caliper, EEUU	Integrado
VISSIM 8	Universidad de Karlsruhe, Alemania	Integrado

Fuente: Valladares (2016)

1.4.3 Modelo microscópico

Los modelos de simulación microscópicos aplican para objetos como, personas, vehículos, animales, dichos objetos que contribuyen a determinar el comportamiento de ciertos fenómenos macroscópicos, como “por ejemplo el comportamiento del tráfico vehicular, el comportamiento de una población basándose en el comportamiento de sus individuos entre otras” (Ramirez & Ardila, pp. 3, 2002). Los micro simuladores modelan a mayor detalle a diferencia de los otros modelos ya mencionados, pues simulan el comportamiento individual de los involucrados dentro del escenario, en este caso, de los peatones y vehículos. (Valladares, 2006). Para la realización de los modelos microscópicos existen en la actualidad diversos programas, de los cuales se muestran los siguientes:

Tabla 4. Softwares para Micro simulación del tránsito (a)

Simulador	País de origen	Aplicación
AIMSUN	Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.	Integrado
ARCADY	TRL, Reino Unido	Redes señalizadas
AUTOBAHN	Benz Consult-GMBH, Francia	Redes señalizadas
AVENUE	Universidad Metropolitana de Tokio, Japón	Redes señalizadas
CASIMIR	Instituto Nacional de Investigación de Transportes y Seguridad, Francia	Redes señalizadas
CARSIM	Universidad de Michigan	Redes señalizadas
CONTRAM	TRL y Mott McDonal, Reino Unido	Integrado
TSIS /CORSIM	FHWA, EEUU(contiene NETSIM y FRESIM)	Integrado
Dynameq 3.0	INRO, Canadá	Redes señalizadas
DRACULA	Instituto de Estudios de Transporte, Universidad de Leeds, Reino Unido	Integrado
FLEXYT	Ministerio de Transporte, Países Bajos	Redes señalizadas
FOSIM	Ministerio de Transporte, Países Bajos	Autopistas
FREEVU	Universidad de Waterloo, Canadá	Autopistas
FRESIM	FHWA, EEUU	Autopistas
HUTSIM	Universidad Tecnológica de Helsinki, Finlandia	Redes señalizadas
ICARUS	Compañía Elsevier, Amsterdam	Integrado
INTEGRATION	Universidad de Queens, Canadá	Integrado
INTRAS	FHWA, EEUU	Redes señalizadas
Junctions 9	TRL, Reino Unido	Glorietas e intersecciones a prioridad
MELROSE	Corporación Electrónica Mitsubishi, Japón	Integrado
METROPOLIS	Universidad de Cergy-Pontoise, Francia	Autopistas
MICROSIM	Universidad de Cologne, Alemania	Redes señalizadas
MICSTRAN	Instituto Nacional de Investigación de Ciencias Policiales, Japón	Redes señalizadas
MIMIC	Automotive Automation Limited, Reino Unido	Seguridad
MITSIM	Instituto de Tecnología de Massachusetts, EEUU	Integrado
MIXIC	Organización Neerlandesa para la aplicación científica, Países Bajos.	Autopistas
MOVA	TRL, Reino Unido	Redes señalizadas
NEMIS	Mizar Automatización, Italia	Integrado
NETSIM	FHWA, EEUU	Intersecciones señalizadas
OLSIM	Universidad de Duisberg, Alemania	Autopistas
OSCADY PRO	TRL, Reino Unido	Redes señalizadas
PADSIM	Nottingham Trent University, Reino Unido	Autopistas

Fuente: Valladares (2016)

Tabla 5. Softwares para Micro simulación del tránsito (b)

Simulador	País de origen	Aplicación
PARAMICS	The Edinburgh Parallel Computing Centre and Quadstone Ltd., Reino Unido	Integrado
PELOPS	Institut fur Kraftfahwesen Aachen, Alemania	Integrado
PHAROS	Instituto de Simulación y Entrenamiento, EEUU	Redes señalizadas
PLANSIM-T	Universidad de la Colonia, Alemania	Autopistas
PICADY	TRL, Reino Unido	Redes señalizadas
ROADSIM	FHWA, EEUU	Rural
SATURN	TRL y Universidad de Leeds, Reino Unido	Integrado
SIGSIM	Universidad de Newcastle, Reino Unido	Redes señalizadas
SIMCO2	Universidad Técnica de Aachen, Alemania	Autopistas
SIMDAC	ONERA, Francia	Autopistas
SIMNET	Universidad Técnica de Berlín, Alemania	Autopistas
SIMTRAFFIC	Compañía de Software para señales de tráfico, EEUU	Redes señalizadas
SISTM	TRL, Reino Unido	Autopistas
SITRA-B+	ONERA, Francia	Integrado
SITRAS	Universidad de Nueva Gales del Sur, Gales	Integrado
SMARTPATH	Universidad de California Berkley, EEUU	Autopistas
SOUND	Universidad de Tokio, Japón	Integrado
SPEACS	Programa Protetheus, Reino Unido	Autopistas
STEER	Grupo de Control de Redes de la Universidad de York, Reino Unido	Autopistas
TEXAS	Universidad de Texas, EEUU	Redes señalizadas
TEXSIM	Instituto de Transporte de Texas, EEUU	Redes señalizadas
TRAFFICQ	Administración de Vehículos Motorizados (MVA), EEUU	Redes señalizadas
TRANSIMS	Laboratorio Nacional Los Álamos, EEUU	Autopistas
TRANSMODELER	Corporación Caliper, EEUU	Integrado
THOREAU	Corporación MITRE, EEUU	Autopistas
VENDES	Tecnología AEA, EEUU	Redes señalizadas
VISSIM 7	Universidad de Karlsruhe, Alemania	Integrado
WATSIM	Asociación KLD, EEUU	Integrado
WEAVSIM	FHWA, EEUU	Integrado

Fuente: Valladares (2016)

Es por ello que en el presente estudio se uso de la micro simulación, para poder analizar y modelar de forma más flexible las variables y a los participantes del conflicto de manera más detallada.

Principales softwares de modelación de micro simulación

1.5.1 Aimsun

Aimsun destaca por la velocidad excepcional de sus simulaciones y por la combinación de la modelización de la demanda y la asignación estática y dinámica de tráfico con simulaciones mesoscópicas, microscópicas e híbridas microscópica-mesoscópica en una misma aplicación de software.

- Creación de modelos, simulación y análisis de resultados en un único entorno
- Permite generar una interfaz de usuario intuitiva, muy visual y adaptada al uso del ratón

- Vistas simultáneas en 2D y 3D (sólo en micro simulación)
- Resultados gráficos fáciles de visualizar

Sin embargo, este software define una tabla de movimiento de giro para cada periodo de tiempo, lo que puede resultar inconveniente, según Salgado et al. (2016), al navegar entre diferentes periodos de tiempo para cambiar los valores numéricos. Asimismo, los mapas de fondo no están integrados en el software, lo que implica que el usuario deba elegir manualmente el mapa almacenado para un área específica cada vez que abra el proyecto Aimsun.

1.5.2 Corsim

Es un modelo de simulación microscópica diseñado para el análisis de autopistas, calles urbanas y corredores o redes. Las capacidades de CORSIM incluyen simular diferentes controles de intersección (por ejemplo, señales activadas y previas); casi cualquier geometría de superficie. “Se ejecuta dentro de un entorno de software denominado Traffic Software Integrated System (TSIS), que proporciona una interfaz y un entorno integrados basados en Windows para ejecutar el modelo” (Bloomberg & Dale, pp. 3, 2000).

1.5.3 Vissim

En la actualidad es denominada como la solución de software que ayuda a simular y controlar el tránsito vehicular de forma inteligente. Es una herramienta de simulación para modelos de tránsito multimodal y proporciona las condiciones ideales para probar diferentes escenarios de tránsito de una forma más realista y detallada. “En un solo modelo, permite representar a todos los usuarios de la vía pública y estudiar sus interacciones. PTV Vissim es una herramienta potente para evaluar y planificar la infraestructura vial tanto urbana como interurbana” (PVT Group, 2018). Es usado actualmente por diversas entidades, empresas, como también autoridades. Un gran complemento de este software es el Viswalk, pues hace partícipe las necesidades de los peatones, esto ayuda a que la planificación del transporte sea aún más integrada.

De igual modo, Salgado et al. (2016) hace mención al poderoso modelo de decisión de enrutamiento de vehículos de este software, el cual permitiría ingresar fácilmente gran cantidad de datos de conteo de movimiento de giro. Es así que, si el usuario tiene los datos listos en una hoja de cálculo de Excel, los mismos pueden ser copiados y pegados fácilmente en VISSIM.

El modelo de seguimiento vehicular de Wiedemann y el modelo Social Force para peatones, aseguran la representación más realista de todos los agentes dentro de la infraestructura existente y propuesta. (PVT Group, 2018).

Asimismo, la principal ventaja de VISSIM es que el usuario puede cambiar fácilmente los conjuntos de comportamiento de conducción para cada enlace, ya que un comportamiento más agresivo no está relacionado con las otras partes de la red, solo los enlaces cercanos a la zona en estudio. Entonces, el comportamiento de conducción se puede modelar por separado para cada enlace en el modelo, lo que permitiría modelar un comportamiento de conducción más agresivo cerca de las estaciones de inspección donde se producen altos tiempos de espera. Los conductores que experimentan condiciones de tráfico congestionado son propensos a maniobras de cambio de carril más agresivas. La simulación no puede replicar ese tipo de comportamiento con sus parámetros predeterminados. (Salgado et al., 2016).

Fundamentos de la micro simulación

1.6.1 Modelo de la fuerza social

Este modelo trata de describir el comportamiento peatonal a través de fuerzas de atracción y repulsión basadas en las leyes de Newton, es decir que los peatones interactúan con el medio, obstáculos y otras personas lo cual determinara la variación de la trayectoria, velocidad y aceleración que depende del destino del peatón analizado.

El comportamiento del peatón es inducido por una serie de procesos cognitivos que determinan los cambios en el desplazamiento, lo cual provoca una reacción que depende de los objetivos que desea alcanzar el peatón.

Las fuerzas de atracción antes mencionadas se originan por diversos factores como anuncios, tiendas y amigos; las fuerzas de repulsión se aparecen por la distancia que se mantiene respecto a otros peatones y obstáculos en el camino, como postes, etc.; estas fuerzas decrecen con el tiempo, ya que se va perdiendo atención a un punto determinado y el peatón continua con su desplazamiento.

1.6.2 Modelo de Wiedemann

El modelo de Wiedemann se basa en la reacción y percepción de los conductores ante las distintas situaciones de tráfico. Cada conductor se relaciona con su propio vehículo, es decir, es modelado por separado. El modelo representa la percepción humana, sobre los vehículos, principalmente la percepción de distancias como también las diferencias de velocidad. Este modela como los conductores reaccionan a una situación específica cambiando su propio

comportamiento de conducción. El modelo de Wiedemann se apoya en mediciones e investigaciones de la conducción humana. A continuación, se describen brevemente las áreas empleadas por Wiedemann:

Área de conducción libre: El conductor busca adquirir y sostener cierta velocidad, es decir, su velocidad deseada individual. Además, no existe interacción entre vehículo líder y seguidor.

Área de aproximación: El conductor del móvil seguidor trata de adaptar su velocidad a la velocidad más baja del vehículo delantero. Se produce una desaceleración por parte del conductor seguidor de tal forma que la diferencia entre velocidades de los vehículos sea cero al alcanzar una distancia de seguridad deseada.

Área de seguimiento: El conductor escolta al vehículo antecesor sin ninguna muestra de aceleración o desaceleración perceptible. El piloto seguidor sostiene una distancia de seguridad deseada aproximadamente constante.

Área de frenado o desaceleración: Al aplicarse una desaceleración considerable, se aprecia si la distancia cae por debajo de la distancia de seguridad deseada. Esto puede suceder si el vehículo que precede modifica su velocidad repentinamente o si un tercer vehículo cambia de carril en frente del conductor estudiado

METODOLOGÍA

■ Nivel de Investigación

El nivel de investigación es explicativo, debido a que se buscan las causas del problema, el porqué del problema y con los datos obtenidos se buscan generar relaciones causa-efecto para generar resultados que solucionen dicho problema.

■ Diseño de Investigación

Se tiene experimentalmente la recopilación de datos en campo y con los datos obtenidos se busca micro simular la realidad y luego modificarla para solucionar el problema.

■ Procedimiento

Los pasos seguidos para el desarrollo de la investigación son los siguientes:

- Se propuso la problemática en los alrededores de una estación BRT
- Se realizaron visitas a campo para analizar la problemática
- Se buscó información teniendo en cuenta investigaciones relevantes que se relacionen con esta problemática.
- Se realizaron visitas a campo para los tiempos de los ciclos semafóricos.
- Mediante el vuelo de drone se realizó una grabación de 1 hora a 178 metros de altura para luego recopilar datos de peatones y vehículos
- Se realizaron los conteos de peatones y vehículos a través de la observación del video
- Se recopilaron datos como la densidad peatonal y demoras en los cruces peatonales.
- En cuanto a vehículos, se midieron las colas y se tiempos de viaje en un determinado espacio.
- Se buscó reflejar la problemática con una micro simulación del estado actual.
- Una vez modelado el problema con los conflictos peatón-vehículo, busca calibrar el modelo.
- Se toma una muestra de la población, tanto para peatones como para vehículos; para poder obtener tiempos de viaje y velocidades.
- En la calibración se busca modificar las variables del modelo de fuerza social, tau y lambda, y del modelo de Wiedemann, ax, bx, abx, dentro del modelo de micro simulación.

- Una vez obtenidos los datos que toman las variables sen mención, se procede a validar el modelo
- La validación se realiza con los datos de un segundo conteo. Dicho conteo se realizó una semana después, un día igual que el primer conteo.
- Se ingresan los nuevos datos y luego se corre el modelo sobre los datos de las variables obtenido en la calibración.
- Luego se procede a hacer una prueba T student después de calibrar y validar, para comprobar si efectivamente cumple, es decir de que el nivel de significancia sea mayor a 0,05 en ambos casos.
- Se hizo la propuesta de rediseño de la geometría, teniendo en cuenta la disminución de los conflictos peatón vehículo.
- Se redistribuyeron paraderos en puntos alejados de la intersección en estudio.
- Se redujo el ciclo semafórico de tal manera que los peatones y vehículos tengas que esperar menos tiempo para cruzar la intersección.
- Se optimizan espacios públicos poco utilizados y descuidados. Dicho espacio, como la alameda que se encuentra en el sentido sur-norte de la Av. Tupac Amaru, se redujo en ancho para agregar una bahía como paradero y ensanchar las veredas.
- Se reubicaron los vendedores ambulantes en dicha zona y en la zona Oeste de la estación en un área determinada. Se busca un espacio máximo por vendedor ambulante de 1.5 m².
- Se busca también recuperar la alameda y colocar espacios donde sentarse rediseñando la arquitectura del lugar.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

■ Determinar espacios compartidos entre peatones y vehículos

Se busca representar de manera gráfica la distribución de las partes que conforman los conflictos peatón-vehículo. En este caso se busca presentar la densidad de personas que se encuentran en diversos puntos de los alrededores de la estación Naranjal del Metropolitano.

3.1.1 Mapeo de identificación de paraderos

Para obtener resultados, se realizaron 2 visitas a campo para poder identificar los puntos de paraderos formales e informales.

Se logró observar que fuera de la estación Naranjal no se presentaba señalética vertical alguna, que indicase cuales eran los paraderos autorizados para el recojo de pasajeros. Además, no existen espacios adecuados para el recojo de pasajeros por parte del transporte público. Es decir, los choferes de transporte público, al igual que los pasajeros eran libres de decidir donde era, según su criterio, más rápido y seguro de bajar, teniendo una nula fiscalización, y originando demoras y tránsito menos fluido en la avenida Gerardo Unger. De tal manera se podrían originar tragedias, como los accidentes de tránsito y hasta la pérdida de vidas humanas debido a estas malas maniobras.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la visita al lugar de la problemática:

Figura 9. Identificación de paraderos
MAPEO DE PARADEROS

Fuente: Propia

3.1.2 Mapeo de identificación de vendedores ambulantes

Los vendedores ambulantes son aquellos que se dedican al comercio fuera de un establecimiento comercial permanente, de forma habitual, ocasional, periódica o continuada, en los perímetros o lugares debidamente autorizados en instalaciones comerciales desmontables o transportables. En este caso se realizó la identificación de vendedores ambulantes autorizados y no autorizados.

Se realizaron observaciones de campo un día laborable de la semana, dichas observaciones sirvieron para obtener e identificar la ubicación de los vendedores ambulantes.

Los vendedores ambulantes han sido ubicados además por el espacio que ocupan, que van desde 0.5 m² que son aquellos que caminan con sus productos en la mano, mientras que el espacio más grande que ocupan es de aproximadamente 2 m², que son aquellos que usan carritos para llevar y vender sus productos.

Además, se identificaron vendedores ambulantes formales, que en cuanto a número son en menor cantidad a diferencia de los vendedores ambulantes informales, siendo la proporción, según lo observado, de 1/5, es decir que, por cada vendedor formal, existen otros 5 informales vendiendo a su alrededor. Teniendo esas consideraciones, se realizó el siguiente mapeo:

Figura 10. Mapeo de densidad de ambulantes

Fuente: Propia

■ Medir las demoras peatonales y densidad en los cruces peatonales y flujos y colas vehiculares.

3.2.1 Análisis peatonal

- Densidad peatonal

Se presenta una leyenda que muestra diversos tamaños de círculos, los cuales van desde el más grande al más pequeño, de acuerdo con la cantidad de personas que se encuentran en cada punto identificado. El punto más pequeño, representa el grupo 1-2 personas, mientras que el más grande representa el grupo de 31-40 personas.

En primer lugar, se muestra el mapeo realizado a partir de la toma de datos en las horas más críticas de la mañana, desde las 6:30am hasta las 8:30am. Dicho mapeo muestra la gran densidad peatonal que se muestra en dichas horas.

Figura 11. Mapeo de densidad de personas

Fuente: Propia

- Medición de ciclo semafórico peatonal

En la zona norte de la estación se encuentran 3 semáforos, es decir, los peatones deben esperar durante 3 ciclos semafórico para poder cruzar de la zona este hacia la zona oeste donde se encuentra el mercado Los Incas.

El ciclo semafórico de la zona noroeste cuenta con un periodo de rojo 85 segundos y un periodo de verde de 75 segundos.

El semáforo de la zona noreste, que se encuentra cerca de la zona más comercial los alrededores de la estación Naranjal, presenta como ciclo semafórico un periodo de rojo de 85 segundos y como periodo de verde 75 segundos.

Figura 12. Ciclo semafórico cruce Sur - Norte

Fuente: Propia

El ciclo semafórico de la parte central, en la que se encuentra la zona exclusiva para los alimentadores presenta un periodo de rojo de 38 segundos y un periodo de verde de 98 segundos.

Los 3 semáforos de la zona norte de la estación no están sincronizados, es decir, se presenta un problema, pues los peatones no pueden cruzar al otro extremo de la intersección de manera continua. En caso extremo, los semáforos pueden presentar en sus ciclos cierta sincronización, de tal manera que, sumando los tiempos de rojo, los peatones deberían esperar 208 segundos, es decir 3 minutos y 28 segundos.

Figura 13. Ciclo semafórico Zona de alimentadores

CRUCE AV. TUPAC AMARU – CHINCHAYSUYO

Fuente: Propia

- Recolección de datos de campo peatonales

Para realizar el conteo peatonal se realiza la toma de datos en la zona de estudio, alrededores de la estación Naranjal del Metropolitano, el equipo empleado es un drone marca Phantom 4. La grabación del video se realizó desde una altura de 178 m. Se realizó la observación del flujo peatonal y vehicular durante 8 horas y se determinó que la hora crítica se encuentra entre las 7.00 y 8.00 am por lo que fue en este intervalo de tiempo en el que se tomaron grabaciones.

Figura 14. Toma aérea de la zona de estudio

Fuente: Propia

- Análisis de recopilación de datos peatonales

Para realizar el análisis de datos se inició con la observación de la grabación de los 15 minutos críticos estableciendo las rutas típicas que siguen los peatones al momento de cruzar los accesos. Para el acceso Norte – Sur se determinaron 4 movimientos típicos de ida y vuelta, para el acceso exclusivo de alimentadores se determinaron 3 de ida y 2 de vuelta. Finalmente, para el acceso Sur – Norte 2 movimientos de ida y 3 de regreso. Se determina mediante conteo la cantidad de peatones en cada una de las rutas obteniendo los siguientes resultados

Figura 15. Movimientos típicos de Este a Oeste

Fuente: Propia

Figura 16. Movimientos típicos de Oeste a Este

Fuente: Propia

Tabla 6. Conteo y movimientos Acceso N-S

ACCESO	SENTIDO DE CRUCE	MOVIMIENTO	CONTEO
N-S	O-E		494
		443
		254
		258
	E-O		88
		46
		29
		36

Fuente: Propia

Tabla 7. Conteo y movimientos Acceso Alimentadores

ACCESO	SENTIDO DE CRUCE	MOVIMIENTO	CONTEO
ALIMENTADORES	O-E		536
		49
		69
	E-O		310
		125

Fuente: Propia

Tabla 8. Conteo y movimientos Acceso S-N

ACCESO	SENTIDO DE CRUCE	MOVIMIENTO	CONTEO
ALIMENTADORES	O-E		87
		25
	E-O		430
		195
		125

Fuente: Propia

3.2.2 Análisis vehicular

- Medición de ciclo semafórico vehicular

En la zona norte de la estación se tiene una intersección peatonal, es decir los vehículos interactúan con peatones en el cruce.

Al noroeste se presenta el siguiente ciclo semafórico: Se tiene un periodo de verde de 85 segundos y un periodo de rojo de 75 segundos. En total el ciclo completo presenta 160 segundos. En este ciclo semafórico no se presenta el ámbar.

Figura 17. Ciclo semafórico Tupac Amaru

Fuente: Propia

Al noreste se presenta el siguiente ciclo semafórico: Se presenta un periodo de verde de 82 segundos, 3 de segundos de ámbar y 75 segundos de rojo. En total el ciclo semafórico presenta 160 segundos.

Figura 18. Ciclo semafórico Tupac Amaru - Chinchaysuyo

Fuente: Propia

- Conteo vehicular en hora punta

Se realizó la toma de datos de vehículos en la intersección del cruce de la Av. Tupac Amaru con Av. Chinchaysuyo. Se realizó el estudio y visualización del tráfico durante 8 horas continuas en dicha intersección. De acuerdo con la observación se llegó a concluir que la hora pico de la intersección se encuentra entre las 7:00 y 8:00 am, ya que la afluencia de vehículos en los alrededores de la estación Naranjal aumenta notablemente en dicho horario. Ya con la hora pico obtenida se procedió a grabar a través del vuelo de drone desde 178 metros de altura el día jueves 28 de marzo. Se escogió dicho día pues se tuvo en consideración que los días típicos recomendados para realizar toma de datos son martes, miércoles y jueves.

Se obtuvo la grabación del video, tal como se muestra en la figura “N”, a partir de 1 hora de vuelo de drone.

Figura 19. Toma aérea de datos

Fuente: Propia

Se realizó el conteo de vehículos en los alrededores de la zona norte de la estación Naranjal, en 4 periodos de 15 minutos tal como recomienda la HCM 2010. Se clasificaron los vehículos de la siguiente manera: Vehículos livianos, transporte público y vehículos pesados. Se realizó el conteo de vehículos en 5 accesos de los alrededores de la estación Naranjal. Dicho conteo se realizó por grupo de carril (GC).

Figura 20. Movimientos vehiculares

Fuente: Propia

De los conteos de los 4 periodos de 15 minutos, se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 9. Primer aforo vehicular cada 15 minutos

ACCESO	CARRIL	MOVIMIENTO	CONTEO											
			PERIODO 1 (15MIN)			PERIODO 2 (15MIN)			PERIODO 3 (15MIN)			PERIODO 4 (15MIN)		
			LIVIANO	PESADO	TRANSPORTE PÚBLICO	LIVIANO	PESADO	TRANSPORTE PÚBLICO	LIVIANO	PESADO	TRANSPORTE PÚBLICO	LIVIANO	PESADO	TRANSPORTE PÚBLICO
1	Derecho	↶	6	0	0	7	0	1	4	0	1	6	0	0
2	Derecho	↶	20	0	0	22	0	0	18	0	0	15	1	0
3	Derecho	↶	40	1	19	42	0	21	41	1	17	39	0	19
		↶	10	0	0	15	0	0	14	0	0	12	0	0
	Izquierdo	↶	80	5	42	88	6	43	79	2	40	84	3	40
4	Derecho	↶	38	0	21	40	1	23	36	0	20	41	0	20
		↶	3	0	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0
	Izquierdo	↶	89	8	21	93	11	23	85	9	22	80	6	20
5	Derecho	↶	16	0	0	17	0	0	15	0	0	12	0	0
	Izquierdo	↶	8	0	0	9	0	0	8	0	0	6	0	1
		↶	48	0	0	53	0	0	46	0	0	50	0	0

Fuente: Propia

A partir de los datos obtenidos, se compararon los datos obtenidos por cada periodo de 15 minutos. Como resultado de la comparación se llega a la conclusión que el segundo periodo de 15 minutos presenta la mayor cantidad de vehículos en los 5 accesos. Es por ello por lo que se procede a replicar dichos datos máximos en los 4 periodos de 15 minutos

Tabla 10. Primer aforo vehicular en hora pico

ACCESO	CARRIL	MOVIMIENTO	CONTEO (1 HORA)			TOTAL
			LIVIANO	PESADO	TRANSPORTE PÚBLICO	
1	Derecho		28	0	4	32
2	Derecho		88	0	0	88
3	Derecho		168	0	84	312
		60	0	0	
	Izquierdo		352	24	172	548
4	Derecho		160	4	92	272
		16	0	0	
	Izquierdo		372	44	92	508
5	Derecho		68	0	0	68
	Izquierdo		36	0	0	248
		212	0	0	

Fuente: Propia

- Análisis de recopilación de datos

Como parte del análisis, se pueden obtener varios datos de gran relevancia de la grabación de video hecha con el drone. Por un lado, se mide la velocidad que con la que se mueven los vehículos en los 15 minutos más críticos de la hora pico de los alrededores de la estación Naranjal. Esto se realiza teniendo en cuenta una distancia determinada, para este caso se usó una distancia de 60 metros.

Figura 21. Área de calibración de vehículos

Fuente: Propia

Dicha distancia se toma en consideración después del cruce peatonal en la Av. Tupac Amaru.

Se tomó una muestra de 25 vehículos para obtener sus velocidades, y se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 11. Muestra de velocidades de vehículos

TIEMPO	VELOCIDAD m/s	VELOCIDAD km/h
7.95	7.55	27.17
8.40	7.14	25.71
6.98	8.60	30.95
8.90	6.74	24.27
8.00	7.50	27.00
8.14	7.37	26.54
8.41	7.13	25.68
6.80	8.82	31.76
10.50	5.71	20.57
7.83	7.66	27.59
8.12	7.39	26.60
7.19	8.34	30.04
8.61	6.97	25.09
9.50	6.32	22.74
8.64	6.94	25.00
8.60	6.98	25.12
8.08	7.43	26.73
8.55	7.02	25.26
8.12	7.39	26.60
8.90	6.74	24.27
8.70	6.90	24.83
7.95	7.55	27.17
8.55	7.02	25.26
8.20	7.32	26.34
7.59	7.91	28.46
8.29	7.30	26.27

Fuente: Propia

Se obtuvo como tiempo promedio 8.34 y como velocidad promedio 7.30 seg, que equivale a 26.27 km/h.

Otro dato importante a tener en consideración es la medición de colas vehiculares. Esto se refiere a la distancia que se toma desde el cruce peatonal hasta el último vehículo que se encuentra en la parte posterior de la cola esperando por avanzar. Dicha medición se realizó a partir de una imagen obtenida del video de los 15 minutos más críticos de la intersección.

Figura 22. Medición de cola vehicular

Fuente: Propia

La distancia obtenida fue de 186 metros, esta distancia fue calculada con la ayuda del programa Google Earth.

Micro simular el estado actual.

3.3.1 Construcción del modelo actual de la problemática

El modelado se realizó después de las distintas visitas a campo realizadas y luego de obtener datos significativos que demuestran el problema. Se realizó el modelado con el software Vissim 9, el cual sirve para modelar peatones y vehículos.

En cuanto al proceso de modelación, en primer lugar, se procedió a modelar los espacios en conflicto, es decir, las calles y avenidas, veredas y cruces peatonales que se encuentran en los alrededores de la estación Naranjal.

Figura 23. Vista de escenario de estudio

Fuente: Propia

Figura 24. Simulación de escenario BRT

Fuente: Propia

Calibración del modelo virtual en comparación con el actual

3.3.2 Calibración del modelo

Para la calibración del modelo se tomaron 25 datos, tanto de vehículos como de peatones. Dichos datos son cuantificables debido a que se tomaron datos de velocidad.

3.3.2.1 Calibración de peatones

En cuanto a peatones se tomaron en cuenta 2 secciones a tomar en cuenta, una sección en la zona noroeste y la otra en la zona noreste. Ambas secciones fueron consideradas antes de la intersección y su medida fue de 30 metros.

Para la calibración de peatones se tomaron los siguientes datos de velocidades los 2 sectores:

Tabla 12. Muestra de velocidades de petones

SECTOR 1	TIEMPO	VELOCIDAD	VELOCIDAD EN KM/H
1	20.1	1.49	5.37
2	29.8	1.01	3.62
3	23.7	1.27	4.56
4	23.98	1.25	4.50
5	19.8	1.52	5.45
6	23.56	1.27	4.58
7	18.98	1.58	5.69
8	18.07	1.66	5.98
9	19.67	1.53	5.49
10	19.5	1.54	5.54
11	22.5	1.33	4.80
12	22.5	1.33	4.80
13	22.67	1.32	4.76
14	26.98	1.11	4.00
15	17.6	1.70	6.14
16	25.98	1.15	4.16
17	19.05	1.57	5.67
18	26.9	1.12	4.01
19	19.64	1.53	5.50
20	24.98	1.20	4.32
21	24.87	1.21	4.34
22	23.6	1.27	4.58
23	27.9	1.08	3.87
24	24.87	1.21	4.34
25	21.7	1.38	4.98
PROM		1.35	4.84
MAX		1.70	6.14
MIN		1.01	3.62

SECTOR 2	TIEMPO	VELOCIDAD	VELOCIDAD EN KM/H
1	24.67	1.22	4.38
2	25.67	1.17	4.21
3	22.87	1.31	4.72
4	26.3	1.14	4.11
5	16.95	1.77	6.37
6	17.89	1.68	6.04
7	21.76	1.38	4.96
8	16.75	1.79	6.45
9	27.5	1.09	3.93
10	34.58	0.87	3.12
11	17.21	1.74	6.28
12	26.87	1.12	4.02
13	21.98	1.36	4.91
14	24.56	1.22	4.40
15	14.98	2.00	7.21
16	27.89	1.08	3.87
17	26.48	1.13	4.08
18	21.45	1.40	5.03
19	23.76	1.26	4.55
20	24.67	1.22	4.38
21	16.98	1.77	6.36
22	21.67	1.38	4.98
23	19.45	1.54	5.55
24	28.97	1.04	3.73
25	26.98	1.11	4.00
PROM		1.35	4.87
MAX		2.00	7.21
MIN		0.87	3.12

Fuente: Propia

Se realizó una tabla estadística para ambos sectores de la siguiente manera:

Tabla 13. Tabla estadística

RANGO	f	F	h	H
5.4	7	7	0.28	0.28
6.12	8	15	0.32	0.6
6.84	6	21	0.24	0.84
7.56	4	25	0.16	1
	25			

RANGO	f	F	h	H
5.4	10	10	0.4	0.4
6.12	8	18	0.32	0.72
6.84	7	25	0.28	1
7.56	0	25	0	1
	25			

Fuente: Propia

A continuación, se muestran los gráficos Rango vs H de la siguiente manera:

Figura 25. Rango vs H Sector 1, sentido N-S

Fuente: Propia

Figura 26. Rango vs H Sector 2, sentido S-N

Fuente: Propia

Al software Vissim se ingresan los datos del cuadro con los datos más desfavorables para realizar la distribución de velocidad peatonal.

Figura 27. Distribución de velocidad de peatones

Fuente: Propia

Se toma en cuenta las variables tau, lambda y noise. Siendo tau la variable más sensible y muy relacionada con la velocidad de paso. Se debe hallar la combinación de variables, de tal manera que los resultados de velocidad peatonal durante la calibración se asemejen a los datos recopilados en la realidad.

La combinación que más se asemeja a la realidad es la siguiente:

Figura 28. Valores de calibración peatonal

Walking Behaviors (2)												
Select layout...												
Coun	No	Name	Tau	ReactToN	ASoclso	BSoclso	Lambda	ASocMean	BSocMean	VD	Noise	SidePref
1	1	Default	0.050	8	2.720	0.200	1.000	0.400	2.800	3.000	0.200	None
2	2	Elevator (In Cab)	0.400	8	2.720	0.200	0.176	0.400	2.800	3.000	0.300	None
3	3	Elevator (Alighting)	0.200	8	2.040	0.300	0.176	0.400	2.800	3.000	1.200	None

Fuente: Propia

Siendo el valor de tau 0.05, el valor de lambda 1 y el valor de noise 0.2.

Las resultantes fueron comparadas con los valores de la realidad en el software SPSS Statistics.

Tabla 14. Resultados de calibración vs realidad el sector 1

CAMPO1	CALIBRACION1
4,85	4,35
4,62	4,45
4,41	4,54
4,50	4,39
5,11	4,45
4,58	4,29
5,21	4,38
4,78	4,23
5,06	4,49
5,10	4,54
4,80	4,61
4,80	4,39
4,34	4,42
4,00	4,56

Fuente: Propia

Tabla 15. Resultados de calibración vs realidad el sector 2

CAMPO2	CALIBRACION2
4,98	4,06
4,01	4,46
4,54	4,42
5,09	4,54
4,34	4,35
4,65	4,32
3,95	4,28
4,87	4,43
3,85	4,38
4,65	4,36
4,35	4,25
6,01	4,24
4,34	4,37
5,06	4,11
5,05	4,58

Fuente: Propia

Se realizó una prueba T student en comparando las medias y se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 29. Prueba T student, sector 1

➔ Prueba T

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	CAMPO1	4,5923	25	,39663	,07933
	CALIB1	4,4288	25	,09324	,01865

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	CAMPO1 & CALIB1	25	-,123	,559

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	CAMPO1 - CALIB1	.16354	.41843	.08369	-.00918	.33626	1.954	24	.062

Fuente: Propia

Figura 30. Prueba T student, sector 2

➔ **Prueba T**

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	CAMPO2	4,6493	15	,55822	,14413
	CALIB2	4,3433	15	,14211	,03669

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	CAMPO2 & CALIB2	15	-,162	,564

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	CAMPO2 - CALIB2	,30600	,59791	,15438	-,02511	,63711	1,982	14	,067

Fuente: Propia

Los resultados de la prueba T student se aceptan si el sig. Bilateral es mayor a 0.05. Los resultados de ambas pruebas son mayores a 0.05, siendo el primero 0.062 y el segundo 0.065.

3.3.2.2 Calibración de vehículos

En una distancia de 60 metros inmediatamente después del cruce fue medida la velocidad de los vehículos. Se tomaron datos de velocidad en un sector en la zona noroeste inmediatamente después de la intersección.

Tabla 16. Muestra de velocidades

TIEMPO	VELOCIDAD m/s	VELOCIDAD km/h
7.95	7.55	27.17
9.27	6.47	23.30
8.3	7.23	26.02
8	7.50	27.00
7.79	7.70	27.73
7.64	7.85	28.27
7.49	8.01	28.84
6.8	8.82	31.76
10.5	5.71	20.57
7.83	7.66	27.59
8.12	7.39	26.60
7.19	8.34	30.04
6.3	9.52	34.29
9.5	6.32	22.74
8	7.50	27.00
7.13	8.42	30.29
8.08	7.43	26.73
6.69	8.97	32.29
6	10.00	36.00
8.9	6.74	24.27
8.7	6.90	24.83
7.95	7.55	27.17
8.55	7.02	25.26
8.2	7.32	26.34
7.59	7.91	28.46
7.94	7.67	27.62

Fuente: Propia

Luego se realizó una tabla estadística, siendo el rango el tiempo en segundos:

Tabla 17. Estadística de vehículos

RANGO	f	acum F	h	H
6	1	1	0.04	0.04
6.5	2	3	0.08	0.12
7	3	6	0.12	0.24
7.5	3	9	0.12	0.36
8	6	15	0.24	0.6
8.5	5	20	0.2	0.8
9	3	23	0.12	0.92
9.5	1	24	0.04	0.96
10	1	25	0.04	1
	25			

Fuente: Propia

Luego se realizó un gráfico de Rango vs H:

Figura 31. Rango vs H

Fuente: Propia

Dicho gráfico se debe replicar en el software Vissim de la siguiente manera:

Figura 32. Distribución de velocidad de vehículos

Fuente: Propia

Distribución de velocidad Vehicular

En cuanto a vehículos se deben tomar en cuenta las variables ax , bx y abx . En el software dichas variables tienen por nombre average, additive y multiplic. Part of safety distance respectivamente. La combinación que más se asemeja con la realidad es la siguiente:

Figura 33. Variables de calibración vehicular

Driving Behavior

No.: 1 Name: Urban (motorized)

Following Car following model Lane Change Lateral Signal Control Meso

Wiedemann 74

Model parameters

Average standstill distance: 1.70 m

Additive part of safety distance: 2.00

Multiplic. part of safety distance: 2.80

Fuente: Propia

Los valores calibrados son comparados con los obtenidos en la realidad:

Tabla 18. Resultados de calibración vs realidad

CALIBRACION	CAMPO
8,61	8,61
8,64	8,64
8,41	8,41
8,61	8,12
8,76	8,00
8,91	8,08
8,62	8,90
8,74	8,70
8,96	7,95
8,74	8,55
8,72	8,20
8,84	7,79
8,60	10,50
8,94	9,50
8,66	7,83

Fuente: Propia

Tabla 19. Segundo aforo de peatones y movimientos

ACCESO	SENTIDO DE CRUCE	MOVIMIENTO	CONTEO
N-S	O-E		475
		456
		264
		275
	E-O		78
		51
		25
		32

Fuente: Propia

Los datos son ingresados al programa Vissim 9 de igual manera que para el proceso de calibración.

En cuanto al programa, se va a tomar los datos de velocidad peatonal sobre las mismas secciones creadas para el proceso de calibración.

Figura 35. Sección N°1

Fuente: Propia

Se tomó en consideración los mismos valores de las variables tau, lambda y noise, ya que en calibración dichos valores son los que se asemejan a la realidad. Al igual que para la calibración se realizaron 15 corridas

Se obtuvieron los siguientes datos de velocidad para el sector 1:

Tabla 20. Resultados de validación vs realidad en sector 1

CAMPV1	VALID1
4,56	4,18
5,21	4,21
4,32	4,48
5,05	4,25
3,98	4,42
3,67	4,56
4,75	4,35
4,51	4,22
4,25	4,36
4,98	4,25
3,75	4,35
5,10	4,28
3,89	4,19
4,56	4,27
4,37	4,45

Fuente: Propia

Se realizaron las 15 corridas, y los resultados que se obtuvieron se compararon con los datos que se obtuvieron en campo.

Tabla 21. Resultados de validación vs realidad en sector 2

CAMPV2	VALID2
4,21	4,22
4,37	4,14
5,02	4,31
4,25	4,43
4,25	4,54
4,31	4,27
3,21	4,31
4,53	4,32
3,78	4,21
5,21	4,35
4,87	4,25
4,25	4,28
4,30	4,32
4,54	4,22
4,31	4,18

Fuente: Propia

Se realizó una Prueba T student en el software SPSS statistics ara comparar las medias y se obtuvo el siguiente resultado:

Figura 38. Prueba T student de validación en sector 2

➔ **Prueba T**

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	CAMPV2	4,3607	15	,47853	,12356
	VALID2	4,2900	15	,10043	,02593

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	CAMPV2 & VALID2	15	,047	,868

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
Par 1	CAMPV2 - VALID2	,07067	,48432	,12505	Inferior	Superior	,565	14	,581

Fuente: Propia

El valor del sig. Bilateral es mayor a 0.05, por lo tanto, se aceptan los resultados de la prueba.

3.3.3.2 Validación de vehículos

Se obtuvo el conteo de los vehículos que circulan por la intersección en estudio:

Tabla 22. Segundo aforo de vehículos en hora pico

ACCESO	CARRIL	MOVIMIENTO	CONTEO		
			LIVIANO	PESADO	TRANSPORTE PÚBLICO
1	Derecho		36	0	0
2	Derecho		80	0	0
3	Derecho		156	0	100
		48	0	0
	Izquierdo		304	16	208
4	Derecho		160	4	92
		12	0	0
	Izquierdo		356	32	108
5	Derecho		60	0	0
	Izquierdo		16	0	0
		204	0	0

Fuente: Propia

Se realizó la toma de datos de tiempos y velocidad en el mismo tramo que en la calibración del modelo

Figura 39. Area de calibración y validación peatonal

Fuente: Propia

Esta distancia se encuentra inmediatamente después del cruce peatonal en el sentido norte-sur.

Se realizaron 15 corridas al igual que en la calibración del modelo. Los resultados que se obtuvieron del software se compararon con los obtenidos a partir del video en campo.

Tabla 23. Resultados de validación vs realidad

VALIDACION	CAMPV
8,46	7,05
8,86	7,36
8,58	6,88
8,58	7,89
8,57	9,36
8,87	8,56
8,41	7,87
8,67	8,86
8,68	7,82
8,51	7,96
8,54	7,31
8,68	8,64
8,78	9,54
8,71	8,86
8,65	10,20

Fuente: Propia

Se realizó una prueba T para comparar las medias con el software SPSS Statistics y se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 40. Prueba T student de validación de vehículos

→ Prueba T

[ConjuntoDatos1] D:\2018-2\TESIS 1\DATOS CALIBRACION.sav

Estadísticas de muestras emparejadas

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	VALIDACION	8,6367	15	,13473	,03479
	CAMPV	8,2773	15	,97158	,25086

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	VALIDACION & CAMPV	15	,326	,236

Prueba de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	VALIDACION - CAMPV	,35933	,93635	,24176	-,15920	,87787	1,486	14	,159

Fuente: Propia

El sig. Bilateral es mayor a 0.05, por lo tanto, se aceptan los resultados.

De esta manera se culmina el proceso de validación del modelo.

Micro simular el modelo propuesto de la redistribución

3.4.1 Redistribución de paraderos

Teniendo en cuenta la problemática mostrada, se presenta una propuesta de mejora. La cual consta de la redistribución de paraderos en lugares estratégicos que no interfiera en el flujo vehicular. Dichos accesos tendrán una infraestructura adecuada de tal manera que se brinde seguridad y confort al peatón.

Los nuevos paraderos serán ubicados alrededor de la estación, tanto antes de la intersección como después de la intersección. La distribución será por rutas.

Se recopiló datos sobre las rutas que circulen en los alrededores de la estación, es decir, en la Av. Tupac Amaru, Av. Gerardo Unger, Calle Contisuyo y Av. Chinchaysuyo.

Se registraron un total de 34 rutas de transporte público que circulan en dichas avenidas. En la Av. Tupac Amaru circulan 25 rutas y en la Calle Contisuyo circulan 9 rutas, las cuales giran hacia la Av. Chinchaysuyo.

Se propone distribuir las rutas por paradero. Los paraderos propuestos se encuentran al Norte, al Sur y al Este de la intersección. Los Paraderos son nombrados con las letras A, B, C y paradero Los Incas. Los tres primeros se encuentran ubicados en la Av. Tupac Amaru, en ambos sentidos, mientras que el paradero Los Incas se encuentra en la calle Contisuyo.

Por un lado, el Paradero A, en el sentido Norte-Sur, se ubica al norte de la intersección, mientras que en el sentido Sur-Norte dicho paradero se localiza al sur de la Estación después de la intersección de las Av. Tupac Amaru y Av. Los Alisos. Las rutas que serán asignadas al paradero son las siguientes:

Figura 41. Rutas del paradero A

PARADERO A	
EMPRESA	RUTA
ETISSFESA	CR-51
	IO-38
Consorcio BRIZA SA	IM-47
	IO-40
TRANSNASA	1702
Fénix 2000	7101
EMPTONSA	1610
EMTESA	1216
11 de Noviembre	1610
SANTA LUZMILA	1612

Fuente: Propia

Por otro lado, el Paradero B, en el sentido Norte-Sur, se ubica al sur de la intersección en estudio, después de la calle Las Prensas. En el sentido Sur-Norte el paradero se ubica a la misma altura. Las rutas que serán asignadas al paradero son las siguientes:

Figura 42. Rutas del paradero B

PARADERO B	
EMPRESA	RUTA
TRANSCALLAO SA	CR-53
Consorcio Grupo Uvita	CR-27
	IPC-06
	1206
ETECHSA	
San Antonio SA	CR-12
Empresa de Transportes y Servicios Rapidos Ramón Castilla	IO-09
EVIPUSA	1404
URANO TOURS	1706
ETIRSA	1705

Fuente: Propia

Además, el paradero C, en el sentido Norte-Sur se encuentra al Sur de la intersección de estudio, 50 metros antes de la intersección de las Av. Tupac Amaru y los Alisos; mientras que en el sentido Sur-Norte, el paradero se encuentra después de la intersección en estudio. Las rutas que serán asignadas al paradero son las siguientes:

Figura 43. Rutas del Paradero C

PARADERO C	
EMPRESA	RUTA
ET Líder	CR-65
CHIMPUM CALLAO	CR-17
ETBOSA	2203
Jilguero de Los Andes	1208
IMPULSA PROGRESO SAC	1403
E. HUANDOY	1103
ETS 14 de Diciembre	1602
ESTUNSAC	1508

Fuente: Propia

El Paradero Los Incas, que se encuentra al este de la intersección, en la vía auxiliar de la Av. Tupac Amaru en el sentido Sur-Norte, es exclusiva para las líneas de transporte público que continúan su ruta hacia la Av. Chinchaysuyo. Las rutas que serán asignadas al paradero Los Incas son las siguientes:

Figura 44. Rutas del Paradero Los Incas

LOS INCAS	
EMPRESA	RUTA
EMTURSA SRL	5201
	CR-53
ETRACCSA	CR-42
ETISSA	2407
HAYDEE	IM-08
SA ALIPIO PONCE	NO-95
Consortio 45	CR-53
Grupo Uvita	CR-27

Fuente: Propia

En la Av. Tupac Amaru, en el sentido norte-sur se contabilizaron 241 vehículos de transporte público; mientras que en sentido sur-norte 170 vehículos de transporte público.

Figura 45. Paradero A N-S

Fuente: Propia

3.4.2 Ciclo semafórico

Además, como parte de la solución se busca mejorar y sincronizar los ciclos semafóricos que se encuentran en la intersección. El ciclo semafórico actual en la intersección de Av. Tupac Amaru y Av. Chinchaysuyo es de 160 segundos y en la zona de Alimentadores es de 138 segundos. En este proyecto se propone reducir el tiempo del ciclo semafórico de la intersección a 120 segundos y que los 3 semáforos se encuentren sincronizados. Los tiempos serán distribuidos según la cantidad vehículos y la densidad de personas.

A diferencia de la Av. Tupac Amaru, la zona de alimentadores por ser vía exclusiva de cierto grupo de buses tiene una menor cantidad de vehículos circulando por dicha vía y es por ello tendrá un tiempo menor de verde en comparación de la Av. Tupac Amaru.

Se propone una distribución de tiempo para vehículos en el ciclo semafórico de la Av. Tupac Amaru de 60 segundos de verde, 3 segundos de ámbar y 57 segundos de rojo. En cuanto a peatones se tendrá 68 segundos de rojo y 52 segundos de verde. Se tendrá un tiempo todo rojo de 5 segundos por seguridad, de tal manera que el último peatón en ingresar al cruce tenga 5 segundos para cruzar sin que se suscite un conflicto peatón-vehículo.

Figura 46. Ciclo semafórico de Av. Tupac Amaru

Fuente: Propia

Además, en la zona de Alimentadores se propone el mismo ciclo semafórico, con la diferencia de que el tiempo de verde para vehículos de 47 segundos, 3 segundos de ámbar y

70 segundos de rojo. En cuanto a peatones, se tendrá 55 segundos de rojo y 65 segundos de verde. Se tendrá también un tiempo de 5 segundos de todo rojo.

Figura 47. Ciclo Semafórico de zona de buses alimentadores

Fuente: Propia

En la avenida Chinchaysuyo se tendrá, para vehículos, una distribución de tiempos de la siguiente manera: 55 segundos de verde, 3 segundos de ambar y 62 segundos de rojo. Para peatones se tiene un tiempo de rojo de 63 segundos y un tiempo de verde de 57 segundos.

Figura 48. Ciclo semafórico de Av. Chinchaysuyo

Fuente: Propia

6.4. SEGURIDAD PEATONAL

Siendo el peatón un participante activo de los conflictos peatón-vehículo, se busca preservar su integridad física. Para ello se propone colocar barreras de acero de 1.30 metros de altura en las veredas aledañas a la estación, de tal manera que los peatones no bajen a caminar a la pista de forma temeraria. Además, con estas barreras de seguridad se busca también que los vehículos de transporte público dejen y recogen a sus pasajeros en los paraderos establecidos. Dichas barreras serán colocadas a lo entre las calles Las Prensas y Taladros, y el único espacio abierto necesario para cruzar, teniendo como referencia el ancho del cruce peatonal. De igual modo se colocan barreras a lo largo de la zona peatonal en el entre la Av. Chinchaysuyo y Av. Los Alisos en el sentido sur-norte, donde solo quedan abierto los espacios necesarios para embarque y desembarque de pasajeros y además el espacio necesario para cruzar teniendo en cuenta los anchos de los cruces peatonales.

De esta manera se logra generar más orden y se reducirán los conflictos peatón-vehículo.

Figura 49. Barreras de seguridad peatonal

Fuente: Google maps.

3.4.3 Ensanchamiento del cruce peatonal

En lo que va del año 2019 se ha observado que las colas de espera en las taquillas o para abordar buses del metropolitano se han incrementado, viéndose perjudicado el cruce peatonal con mayor concurrencia de peatones en los alrededores de la estación.

Figura 50. Paso de peatones obstaculizado por colas

Fuente: Propia

Esta imagen se obtuvo del vuelo de dron que se realizó para la recopilación de datos. Además de ser obstaculizado el paso peatonal de un lado a otro, se puede observar que los peatones se ven obligados a salir del cruce peatonal y caminan sobre la vía de los alimentadores con la finalidad de agilizar su marcha. Dicha acción pone en riesgo su vida debido a que en la rotonda giran constantemente los buses del metropolitano y los alimentadores.

Debido a este problema, se propone ampliar el ancho del cruce peatonal, que actualmente tiene un ancho de 6 metros, y en nuestra propuesta será de 8 metros de ancho. Además, se busca que el comportamiento del peatón sea regulado por el personal municipal.

Figura 51. Propuesta de ensanchamiento en Vissim 9

Fuente: Propia

3.4.4 Conservación medio ambiente

Debido a la reubicación de los vendedores ambulantes se reactiva la actividad peatonal en los alrededores de la estación Naranjal, se genera una mayor cantidad de desperdicios de diversos tipos: papelería, orgánicos, plásticos, entre otros. Se propone colocar depósitos de basura que permitan el reciclaje. Estos serán denominados puntos ecológicos y serán colocados cada 50 metros a lo largo de las zonas de reubicación peatonal. Además, cada puesto ambulatorio de comida y golosinas deberá contar un tacho dentro de su área respectiva.

Figura 52. Punto ecológico.

Fuente: DISA contenedores

Debido al descuido de las autoridades municipales en el cuidado y mantenimiento de las áreas verdes, se busca reactivar este control y replantar los árboles que hayan sido removidos debido a los trabajos de peatonalización y ensanchamiento de veredas.

3.4.5 Comercio ambulatorio

Se encuentra también el problema de los vendedores ambulantes, los cuales con el pasar de las semanas van incrementando notablemente en cantidad en los alrededores de la estación. Para ello se propone la formalización respectiva con ayuda de la Municipalidad de Independencia y su reubicación con el fin de buscar su ordenamiento. Debido a que los vendedores ambulantes se colocan en los lugares más concurridos por las personas, se busca ordenarlos en dichos lugares, de tal manera que no obstaculicen el paso de los peatones. Se busca ubicarlo en 2 zonas.

Rediseñar la geometría de los espacios en conflicto

3.5.1 Redistribución de paraderos

Para la elección de la redistribución de rutas de transporte público en 3 paraderos se tomó en cuenta la siguiente fórmula de la HCM:

$$Q_N = \frac{3600(g/C)N_{eb}}{t_c + (g/C)t_d + Z_a C_v t_d}$$

Donde:

Q_N = capacidad de un paradero de N sitios [bus/h]

g = verde efectivo del semáforo aguas abajo del paradero, si existe [s]

C = tiempo de ciclo del semáforo aguas abajo [s]

N_{eb} = número efectivo de sitios

t_c = tiempo de despeje del paradero entre buses sucesivos [s]

t_d = tiempo promedio de transferencia de pasajeros [s]

C_v = coeficiente de variación de t_d

Z_a = abscisa de la curva normal, asociada con una probabilidad a que se forme cola aguas arriba del paradero (*probabilidad de falla*)

La capacidad de un paradero permite cuantificar el número máximo de vehículos de transporte público que pueden ingresar al paradero en una hora, sin llegar a fallar.

El número efectivo de sitios se rige bajo la siguiente tabla:

Tabla 24. Eficiencia de sitios linealmente dispuestos en paraderos.

Nº de sitios	Sin adelantar en paradero		Adelantamiento en paradero	
	Eficiencia (%)	N_{eb}	Eficiencia (%)	N_{eb}
1	100	1,00	100	1,00
2	85	1,85	85	1,85
3	60	2,45	75	2,60
4	20	2,65	65	3,25
5	5	2,70	50	3,75

Fuente: Fernández, 2010

Los valores de Z que se designados de acuerdo a la probabilidad de falla son los siguientes:

Tabla 25. Valores de Z para distintas probabilidades de falla de un paradero

a [%]	1,0	2,5	5,0	7,5	10	15	20	25	30	50
Z_a	2,330	1,960	1,645	1,440	1,280	1,040	0,840	0,675	0,525	0,000

Fuente: Fernández, 2010

En condiciones normales la HCM recomienda un valor de $Z = 0,675$. En caso de que el paradero se encuentre en un carril exclusivo el Z recomendado es de 1,96 (Fernández, 2010)

- Sentido norte-sur

En dicho sentido de circulación se crean 3 paraderos. Para el paradero A se crea una salida de la vía principal hacia la Av. Gerardo Unger antes de la calle Los Tornos. Dicho paradero se ubica entre las calles Los Tornos y Taladros.

En cuanto al paradero A en el sentido norte-sur, este paradero tiene un ciclo semafórico de 120 segundos aguas abajo y se tiene un tiempo de verde efectivo de 57 segundos. Se consideraron 4 sitios, teniendo en cuenta el adelantamiento en paradero; es por ello que se obtiene un número efectivo de sitio de 3,25. El tiempo de transferencia de pasajeros es de 30 segundos y fue tomado en campo. El tiempo de despeje también fue tomado en campo y es aproximadamente 12 segundos. El coeficiente de variación (C_v) recomendado es de 0,60. El valor de Z es de 0,675. Con estos datos el paradero A tendrá una capacidad de 178 buses/h.

Figura 53. Propuesta de paradero A, sentido norte-sur

Fuente: Propia

En cuanto al paradero B en el sentido norte-sur, este paradero no tiene un ciclo semafórico aguas abajo es por ello que el cociente de g/C es de 1 (Fernández, 2010). Se consideraron 3 sitios, teniendo en cuenta el adelantamiento en paradero; es por ello que se obtiene un número efectivo de sitio de 2,60. El tiempo de transferencia de pasajeros es de 30 segundos y fue tomado en campo. El tiempo de despeje también fue tomado en campo y es aproximadamente 12 segundos. El coeficiente de variación (C_v) recomendado es de 0,60. El valor de Z es de 1,96 por encontrarse en bahía. Con estos datos el paradero A tendrá una capacidad de 166 buses/h.

Figura 54. Propuesta de paradero B, sentido norte-sur

Fuente: Propia

En cuanto al paradero C en el sentido norte-sur, este paradero tiene un ciclo semafórico de 120 segundos aguas abajo y se tiene un tiempo de verde efectivo de 60 segundos. Se consideraron 3 sitios, teniendo en cuenta el adelantamiento en paradero; es por ello que se obtiene un número efectivo de sitio de 2,60. El tiempo de transferencia de pasajeros es de 35

segundos y fue tomado en campo. El tiempo de despeje también fue tomado en campo y es aproximadamente 15 segundos. El coeficiente de variación (C_v) recomendado es de 0,60. El valor de Z es de 1,96 por encontrarse en bahía. Con estos datos el paradero A tendrá una capacidad de 93 buses/h.

En total en la zona oeste fuera de la estación Naranjal se tendrá una capacidad de 437 buses/h superando ampliamente la cantidad de buses que se recopiló en la hora pico del lugar que fue de 241 buses.

Tabla 26. Resumen de capacidad horaria en el sentido norte-sur

PARADEROS NS	CAPACIDAD HORARIA
A	178
B	166
C	93
TOTAL	437

Fuente: Propia

- Sentido sur-norte

En dicho sentido se propone adicionar un carril exclusivo para vehículos de transporte público entre las Av. Los Alisos y Av. Chinchaysuyo. para el embarque y desembarque seguro de pasajeros en los paraderos propuestos.

El paradero A en el sentido sur-norte no tiene un ciclo semafórico aguas abajo es por ello que el cociente de g/C es de 1 (Fernández, 2010). Se consideraron 3 sitios, teniendo en cuenta el adelantamiento en paradero; es por ello que se obtiene un número efectivo de sitio de 2,60. El tiempo de transferencia de pasajeros es de 30 segundos y fue tomado en campo. El tiempo de despeje también fue tomado en campo y es aproximadamente 15 segundos. El coeficiente de variación (C_v) recomendado es de 0,60. El valor de Z es de 1,96 por encontrarse en bahía. Con estos datos el paradero A tendrá una capacidad de 149 buses/h.

En cuanto al paradero B en el sentido sur-norte, este paradero tiene un ciclo semafórico de 120 segundos aguas abajo y se tiene un tiempo de verde efectivo de 57 segundos. Se

consideraron 4 sitios, teniendo en cuenta el adelantamiento en paradero; es por ello que se obtiene un número efectivo de sitio de 2,60. El tiempo de transferencia de pasajeros es de 35 segundos y fue tomado en campo. El tiempo de despeje también fue tomado en campo y es aproximadamente 12 segundos. El coeficiente de variación (C_v) recomendado es de 0,60. El valor de Z es de 1,96 por encontrarse en bahía. Con estos datos el paradero B tendrá una capacidad de 104 buses/h.

En cuanto al paradero C en el sentido sur-norte, este paradero no tiene un ciclo semafórico aguas abajo es por ello que el cociente de g/C es de 1 (Fernández, 2010). Se consideraron 3 sitios, teniendo en cuenta el adelantamiento en paradero; es por ello que se obtiene un número efectivo de sitio de 2,60. El tiempo de transferencia de pasajeros es de 30 segundos y fue tomado en campo. El tiempo de despeje también fue tomado en campo y es aproximadamente 15 segundos. El coeficiente de variación (C_v) recomendado es de 0,60. El valor de Z es de 0,675. Con estos datos el paradero C tendrá una capacidad de 183 buses/h.

Figura 55. Propuesta de paradero C, sentido sur-norte

Fuente: Propia

En total en la zona este fuera de la estación Naranjal se tendrá una capacidad de 436 buses/h superando ampliamente la cantidad de buses que se recopiló en la hora pico del lugar que fue de 170 buses.

Tabla 27. Resumen de capacidad horaria en el sentido sur-norte

PARADEROS SN	CAPACIDAD HORARIA
A	149
B	104
C	183
TOTAL	436

Fuente: Propia

- Auxiliar sur-norte

El paradero Los Incas no tiene un ciclo semafórico aguas abajo es por ello por lo que el cociente de g/C es de 1 (Fernández, 2010). Se consideraron 3 sitios, teniendo en cuenta el adelantamiento en paradero; es por ello que se obtiene un número efectivo de sitio de 2,60. El tiempo de transferencia de pasajeros es de 40 segundos y fue tomado en campo. El tiempo de despeje también fue tomado en campo y es aproximadamente 15 segundos. El coeficiente de variación (C_v) recomendado es de 0,60. El valor de Z es de 1,96 por encontrarse en bahía. Con estos datos el paradero A tendrá una capacidad de 153 buses/h.

Figura 56. Propuesta de paradero Los Incas.

Fuente: Propia

Tabla 28. Resumen de la capacidad horaria de paraderos en los alrededores de la estación Naranjal

SENTIDO	TOTALES
Buses NS	437
Buses SN	436
Buses Los Incas	153

Fuente: Propia

Esta propuesta tiene como finalidad ordenar el transporte público y para ellos se brindan los accesos necesarios.

Figura 57. Redistribución de paraderos

Fuente: Propia

Propuesta de señalización:

Para complementar el rediseño de la geometría, se propone mejorar la señalización vertical en los alrededores de la estación Naranjal. En los nuevos paraderos se colocaran una señalización a 5 metros de altura de tal manera que el chofer de transporte público pueda divisar el lugar donde le corresponde estacionarse para dejar y recoger pasajeros.

Figura . Letrero de paradero en altura

Fuente: Propia

Las características de cada letrero se basan en el nombre y las rutas que le corresponde a cada paradero, rutas que fueron distribuidas de manera equitativa. Los letreros tienen un formato como el de la siguiente figura:

Figura 58. Contenido del letrero del paradero A

Fuente: Propia

Existen casos en los que los pasajeros no distinguen los buses ni sus características, ni tampoco los relacionan con sus rutas ni nombres de las empresas. Para ello se propone un letrero a nivel de piso en el que se detalla el nombre de las rutas de cada paradero con una imagen al lado del bus y su ruta, de tal manera que los pasajeros logren relacionar estas 3 características y les sea mas fácil tomar su bus gracias a este practico letrero.

Figura 59. Nombres y fotos de las empresas

Fuente: Propia

3.5.2 Zona de ambulantes

En el sentido norte-sur, se delimita un área en la vereda entre las calles las Prensas y Taladros, un área exclusiva para vendedores ambulantes, los cuales serán fiscalizados e debidamente regularizados por la municipalidad de Independencia, de tal manera que se respete su espacio y ellos también respeten el paso del peatón. En el sentido sur-norte, con la creación de nuevos paraderos, se busca ubicar a los vendedores en un área cercana a los paraderos a lo largo del área peatonal, aprovechando así los espacios públicos poco utilizados con la finalidad de ordenar los alrededores de la estación Naranjal del Metropolitano.

Se busca en ambos sentidos el ancho del área ambulatoria sea de 1 metro de ancho. Cada puesto ambulatorio tendrá 1.5 m² de área. Además, entre cada puesto habrá una separación de 30 cm de tal manera que mantenga el orden y se respeten los espacios delimitados.

Para el ordenamiento se debe realizar un conteo de la cantidad actual de comercios ambulatorios, los cuales serán reubicados por tipo de comercio, generando así una limpia competencia sin favorecimientos por lugar ubicación.

Los vendedores ambulantes que aparezcan después de la formalización y reubicación de los comercios ambulatorios actuales podrán ser formalizados y reubicados siempre que quede espacio alguno donde puedan ser colocados. De caso contrario debido a su inoportuna aparición, dichos vendedores ambulantes serán desalojados por personal municipal con la finalidad de mantener el orden

Figura 60. Zona de ambulantes

Fuente: Propia

3.5.3 Aprovechamiento de espacios públicos

Con esta propuesta se busca incentivar al tránsito peatonal por las zonas poco concurridas en los alrededores de la estación. Es el caso de la zona peatonal actual que se encuentra al lado de la Av. Tupac Amaru en el sentido sur-norte.

Figura 61. Bajo tránsito de peatones

Fuente: Google maps

En la actualidad dicha zona es poco concurrida y además se encuentra descuidada. Es por ello que se implementa un carril adicional el cual esta destinado al embarque y desembarque de pasajeros. De esta manera con la redistribución de paraderos se busca incrementar el transito peatones.

Además, se busca ampliar el ancho de vereda de dicha zona que actualmente tiene 1.50 metros de ancho. El ancho a proponer será de 3 metros.

CONCLUSIONES

- Se identificaron los principales puntos de conflicto a través de los mapeos de paraderos y vendedores ambulantes. Dichos puntos generan riesgo de accidentes de tránsito debido a la superposición de peatones y vehículos en un mismo punto. Esto se debe a que los vehículos de transporte público hacen uso indebido de paraderos informales incluso a mitad de la pista.
- En la investigación se midieron variables cuantificables. En cuanto a vehículos la cola más larga es de 186 metros, esto se registra en el sentido norte-sur de la Av. Tupac Amaru en la zona norte de la estación, generando que el tiempo de viaje del último vehículo de la cola sea de 5 minutos con 15 segundos. Esto se debe a que los vehículos de transporte público generan congestión vehicular con sus maniobras para que pasajeros suban y bajen a sus unidades en el punto en que mejor les parece. El ciclo semafórico actual es de 160 segundos y la fase de verde actual para vehículos es de 85 segundos. En cuanto a peatones se midieron las densidades peatonales, y se observó que en un instante de tiempo un grupo de hasta 100 personas pueden esperar que culmine fase de verde vehículos para poder cruzar la intersección desde el lado oeste. Desde el lado este pueden llegar a esperar 55 personas. La fase de verde actual para peatones es de 75 segundos. Debido a la falta de sincronización de los ciclos semafóricos de la avenida principal con la zona de alimentadores, en el caso más desfavorable los peatones tardarían en cruzar toda la intersección 3 minutos con 28 segundos.
- Se realizó la construcción del modelo a partir de las observaciones y toma de datos en campo. Dicha toma de datos se realizó con la grabación aérea a través de un dron. Con ello se obtuvieron los aforos de peatones y vehículos, y se micro simuló los comportamientos de los vehículos de transporte público al dejar a sus pasajeros en distintos puntos de la avenida. Se modelaron los conflictos peatón-vehículo. Se calibró el modelo con la primera toma de datos realizada el 4 de abril. Los valores de los parámetros de calibración de vehículos son: $ax = 1.7$, $bx = 2.8$, $abx = 3$. El ax es el parámetro más sensible y está relacionado con la distancia de separación entre vehículos.
- En cuanto a peatones los valores de los fueron los siguientes: $\tau = 0.05$, $\lambda = 1.00$, $\text{noise} = 0.20$. τ es el valor más sensible que está relacionado con la aceleración de los peatones. Con esto se demuestra que el modelo representa esta realidad con la primera toma de datos. La validación se realizó ingresando los resultados de la segunda toma de

datos. Dicha toma de datos se realizó una semana después. Los valores de los parámetros fueron los adecuados pues se realizó la comparación de valores de tiempos y velocidad de campo con los obtenidos del software Vissim. Con ello se comprueba que el modelo también funciona en distintos escenarios.

- Se micro simuló la propuesta de redistribución de accesibilidad y movilidad con la creación de nuevos paraderos formales, 3 en el sentido norte-sur y de igual manera en el sentido sur-norte en la Av. Túpac Amaru. Además, se implementó un nuevo paradero a las afueras del mercado Los Incas en la calle Contisuyo. Con ellos se distribuyeron las diferentes líneas de transporte público en los diferentes paraderos. Fueron identificadas 24 empresas de transporte público en la Av. Tupac Amaru y 7 que transitan en la calle Contisuyo con dirección a la Av. Chinchaysuyo. Las primeras 24 fueron distribuidas en los paraderos A, B y C. Las otras 7 rutas son asignadas al paradero Los Incas que se
- Se rediseñó la geometría de los alrededores de la estación Naranjal implementando un nuevo carril en el sentido sur-norte de la Av. Túpac Amaru exclusivo para transporte público. Además, se ensacharon las veredas y el cruce peatonal de 6 a 8 metros generando mayor espacio para mayor fluidez del tránsito peatonal. Además, se reubican a los vendedores ambulantes en zonas exclusivas a lo largo de los paraderos. Los ciclos semafóricos propuestos son de 120 segundos de duración. Las rutas peatonales son canalizadas mediante barreras al borde de la vereda que no permitan el paso intempestivo de peatones a la pista. Solo se podrán subir y bajar los pasajeros de los vehículos en los paraderos autorizados.
- Se obtuvieron resultados importantes con la modelación de la propuesta de mejora. Las colas vehiculares disminuyeron, la cola más larga es de 128 metros, por tal motivo se registra una mejora del 31%. El tiempo de viaje vehicular disminuyó a 2 minutos 30 segundos. Los peatones tendrán un tiempo máximo de demora para cruzar la intersección de 2 minutos. La densidad peatonal disminuyó de 100 a 70 personas en lado oeste, las cuales esperan para cruzar la intersección. En el lado este disminuyó de 55 a 40. Se genera mayor orden y limpieza en los alrededores de la estación Naranjal.
- La geometría de la zona de estudio también influencia en la congestión vehicular, debido a que, en la zona norte de la estación, en el sentido norte-sur, se unen la Av. Tupac Amaru con la auxiliar Gerardo Unger, de tal manera los vehículos deben continuar su recorrido

solo en una vía de 2 carriles. Además, en el la Av. Tupac Amaru, en el sentido sur-norte se reducen el número de carriles de 3 a 2 en el tramo donde se encuentra la estación Naranjal de Metropolitano. De esta manera la gran cantidad de vehículos que transitan en la hora punta ven afectado su tiempo de viaje por el reducido espacio de la Av. Tupac Amaru en ambos sentidos en la zona de la estación Naranjal

- A diferencia de otras estaciones, la estación Naranjal tiene un acceso a nivel desde ambos lados, es decir este y oeste. El paso a nivel permite el ingreso fácil y rápido de los usuarios del Metropolitano en la estación Naranjal, sin embargo, esto genera desorden. Los peatones por agilizar su camino transitan por la pista, obstaculizando por momentos el paso de los vehículos. Además, el cruce temerario de peatones cuando la preferencia la tiene el vehículo genera riesgo de accidentes.
- En los alrededores de la estación Naranjal existe gran cantidad de transporte informal. Los colectivos generan congestión al dejar a sus pasajeros. Además, combis informales transitan en la calle Contisuyo. Los choferes posicionan unidades a las afueras del mercado Los Incas a la espera de llenarlas de pasajeros. Esta actividad obstaculiza un carril, generando congestión vehicular y desorden en esta calle.
- Los conflictos peatón-vehículo que se tienen en este escenario pueden ser resueltos con la redistribución de las funciones de accesibilidad y movilidad. Esta solución propuesta responde a la problemática encontrada optimizando espacio y recursos de la zona.
- Las personas que tienen la necesidad de pasar por los alrededores de la estación Naranjal han sido afectadas debido a que han desaparecido algunas rutas, y esto no se soluciona con la presencia del BRT Metropolitano en la zona.
- La inexistencia de paraderos autorizados es responsabilidad de la municipalidad de Lima, y esto debido a que se le da preferencia a la estación Naranjal y genera desorden y conflictos peatón-vehículo por la falta de delimitación de espacios.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda para próximas investigaciones tomar en cuenta el aforo de vehículos BRT y de alimentadores en la zona de la estación Naranjal
- En esta investigación se realizó el aforo de la zona con mayor cantidad de conflictos peatón-vehículo de la estación, la cual es la zona norte. Para próximas investigaciones se sugiere tomar en cuenta también la zona sur.
- Para generar mayor fluidez vehicular en la zona de la estación Naranjal, se sugiere sincronizar los semáforos de la zona norte y sur de la estación de tal manera que los vehículos circulen toda esa zona en menor tiempo.
- Se recomienda realizar un estudio sobre el aforo de la estación debido a que se generan bloqueos por grupos de peatones que se quedan esperando a las afueras de la estación, obstaculizando el paso de peatones que circulan a largo del cruce peatonal.
- Ante la presencia de gran cantidad de transporte informal en los alrededores de la estación Naranjal se debe presentar una propuesta de formalización y fiscalización de vehículos de transporte público informales.
- La propuesta de solución que se plantea en este estudio puede ser tomada en cuenta en consideración para el proyecto de ampliación de la ruta del Metropolitano hasta el futuro terminal Sinchi Roca si se presentan problemas como los hallados en esta investigación.
- La labor de planificación es importante, es por ello que deben generarse nuevos estudios sobre los problemas que se presentan en esta y otras estaciones que tiene el BRT Metropolitano.

REFERENCIAS

Anaconda, I. (2014). *Propuesta educativa sobre seguridad vial y prevención ambiental en la comunidad educativa Escuela Integral Indígena*. (Tesis de licenciatura, Universidad del Valle, Instituto de Educación y Pedagogía. Santiago de Cali, Colombia)

Ardila, G & Ramirez, D (2003). Concurrencia en sistemas multiagente: Implementación de un simulador de tráfico urbano (Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, Bogota, Colombia). Recuperado de <http://pegasus.javeriana.edu.co/~concurre/Recursos/DocumentoFin> [Consulta: 25 de Setiembre de 2018]

Burton, E. & Mitchell, L. (2006). *Inclusive Urban Design: Streets for life*. Burlington: Elsevier

Camacho-Cabrera, G. (2009). Qué es cultura vial. Recuperado de <https://culturavial.net/que-es-cultura-vial/> [Consulta: 17 de Setiembre de 2018]

Diario El Comercio. (4 de Julio de 2016). Estos son los distritos de Lima con más accidentes de tráfico. *Diario El Comercio*. Recuperado de <https://elcomercio.pe/lima/son-distritos-lima-accidentes-transito-231202> [Consulta: 16 de Setiembre de 2018]

Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones (2012). Estadísticas de accidentes de tránsito. Piura. Recuperado de http://www.drtcp.gob.pe/descargar_doc.php?file=SEGURIDAD_VIAL.pdf&root=./documentos/desarrollo_capacitaciones/ [Consulta: 16 de Setiembre de 2018]

Eguiara, I. (Ed.). (2013). *Guía para la movilidad urbana segura*. 2ª ed. Vitoria-Gasteiz: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.

Huang, Z., He, Y., Wen, Y. & Song, X. (2018). Injured probability assessment in frontal pedestrian-vehicle collision counting uncertainties in pedestrian movement. *Safety Science*. 106 (2018), pp. 162-169. doi: 10.1016/j.ssci.2018.03.009

Jianga, X., Wanga, W., Guoa, H., Chenga, Q. & Benglerb, K (2018). Drivers' effective decelerating zone in an urban Vehicle-Pedestrian conflict situation: Observational studies and analyses. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 1, 1-9. doi: [10.1016/j.trd.2018.05.004](https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.05.004)

Labi, S. (2011). Efficacies of roadway safety improvements across functional subclasses of rural two-lane highways. *Journal of Safety Research*. 42 (2011), PP. 231 – 239. Doi: 10.1016/j.jsr.2011.01.008

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2011). Distritos modelos en seguridad vía. Lima: MTC. Recuperado de https://www.mtc.gob.pe/cnsv/documentos/programa_cuida_tu_vida.pdf [Consulta: 4 de Setiembre de 2018]

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2017). Manual de Seguridad Vial. Lima: MTC. Recuperado de <http://www.osterlingfirm.com/documentos/webma/normas/R-5-2017-MTC-14.pdf> [Consulta: 24 de Setiembre de 2018]

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2018). Accidentes de tránsito 2006 – 2017. Lima: MTC. Recuperado de https://www.mtc.gob.pe/cnsv/documentos/accidentesTransito_2006-2017.pdf [Consulta: 16 de Setiembre de 2018]

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2018). Muertos por accidentes de tránsito 2006 – 2017. Lima: MTC. Recuperado de https://www.mtc.gob.pe/cnsv/documentos/muertos-AccidenteTransito_2006-2017.pdf [Consulta: 16 de Setiembre de 2018]

Movilidad urbana sostenible en Gijon (2018). Movilidad y Accesibilidad Urbanas. Gijon. Recuperado de <https://movilidad.gijon.es/page/13889-movilidad-y-accesibilidad-urbanas> [Consulta: 4 de Setiembre de 2018]

Ning-Bo, C., Zhao-Wei, Q., Xian-Min, S., Li-Ying, Z., Qiao-Wen, B. & Rui-Qi, L. (2017). Modeling the Variation in the Trajectory of Crosswalk Overflow Violation Pedestrians in China and Countermeasure. *Mathematical Problems in Engineering*. 2017, pp. 1-14. doi: 10.1155/2017/3483809

Posada C. (26 de febrero del 2018). Aumento continuo del parque automotor, un problema que urge solucionar. La Cámara. Recuperado de https://www.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r816_3/comercio%20exterior.pdf [Consulta: 25 de Agosto de 2018]

Planning Transport Verkehr (PTV) (2012). VISSIM. Recuperado de <http://vision-traffic.ptvgroup.com/es/productos/ptv-vissim/> [Consulta: 18 de setiembre de 2018]

Salgado, D., Jolovic, D., Martin, P. & Aldrete, R. (2016). Traffic Microsimulation Models Assessment – A Case Study of International Land Port of Entry. *Procedia Computer Science*. 83 (2016), pp. 441 – 448. Doi: 10.1016/j.procs.2016.04.207

Santos. L & de Las Rivas, J. (2008). Ciudades con atributos: conectividad, accesibilidad y movilidad. Recuperado de <http://www3.uva.es/iuu/REVISTA/Ciudades%2011/Ciudades>

[%2011%20013-032%20SANTOS%20y%20DE%20LAS%20RIVAS.pdf](#) [Consulta: 4 de Setiembre de 2018]

Suzuki K. & Ito, H. (2017). Empirical Analysis on Risky Behaviors and Pedestrian-Vehicle Conflicts at Large-Size Signalized Intersections. *Transportation Research Procedia*, 25C, 2144–2157. doi: 10.1016/j.trpro.2017.05.411

Talla, D. (2017). *Efectos del programa Seguridad por Seguridad para la práctica de la seguridad vial en estudiantes del Instituto de Formación Bancaria Certus-Norte 2016*. (Tesis de maestría, Universidad César Vallejo. Lima, Perú)

Transport Simulation System (TSS) (2013). AIMSUN. Recuperado de <https://www.aimsun.com/> [Consulta: 18 de setiembre de 2018]

Zeng, W., Chen, P., Yu, G. & Wang, Y. (2017). Specification and calibration of a microscopic model for pedestrian dynamic simulation at signalized intersections: A hybrid approach. *Transportation Research Part C*, 80, pp. 37-70. doi: [10.1016/j.trc.2017.04.009](https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.04.009)

ANEXOS

Anexo N° 1

Drone Phantom 4 Pro Plus empleado para la toma de datos

Anexo N° 3

Delimitación de la zona de estudio

Phantom 4 Pro PLUS

*Este modelo se ha descatalogado. Sustituido por la versión actualizada Phantom 4 Pro V2.0 con Goggles Racing Edition

Drone DJI Phantom 4 Pro y control remoto con pantalla integrada de 5.5" y 1080p con una gran luminosidad de 1000 nits para trabajar con la aplicación DJI GO 4 y sistema dual de transmisión LightBridge en frecuencia doble 2.4Ghz y 5.8Ghz,

Especificaciones principales del Phantom 4 Pro PLUS

- Sensor CMOS de 1" pulgada
- Grabación de video H.264 4K a 60 fps o H.265 4K a 30 fps a una velocidad de bits de 100 Mbps
- Grabación de fotografías en rafaga de 14 fps.
- Gimbal de 3 ejes. **Inclinación** de -90 to +30° y **Paneo** de -30 to +30°
- Grabación con modo Draw para seguir una ruta prefijada a la misma altura y concentrarte en la grabación o filmación
- Evita obstaculos por delante entre 0.7 a 15 metros.
- Máxima distancia operativa de 7 Km
- Dispone de vuelo inteligente en modos **Draw, ActiveTrack, TapFly**, regreso al punto de origen y **Modo Gesture**
- Hasta 72 Km/h de velocidad punta.
- Sistema de visión delantera
- Visión trasera
- Visión hacia abajo
- Altitud máxima operativa de 6000 metros.
- Sistema de transmisión de video: Lightbridge
- Frecuencia operativa 2.4 GHz
- Dimensiones de 289.5 x 289.5 x 196 mm
- Peso de 1388 gramos

Mejoras con respecto al Phantom 4 Advanced

- Sensores de proximidad delantero, trasero y infrarrojos de proximidad laterales para evitar obstáculos.
 - **Frecuencia adicional de 5.8 Ghz** para cuando detecta que en la frecuencia de 2.4Ghz hay saturación. (No Disponible en todos los países)
 - Pantalla integrada incluida de 5.5" de gran luminosidad
- Para grabaciones de video en 4K o fotografías de alta resolución con hasta 30 minutos de autonomía de vuelo con el control remoto

Características de la cámara del drone Phantom 4 Pro PLUS

- Sensor CMOS de 1" de 20 MP
- Objetivo FOV: 84 ° con apertura de f/2.8 - 11. Minima distancia de enfoque de 1 metro a Infinito en Autofoco.
- Rango ISO video: 100 a -3200 Auto / 100 - 6400 Manual
- Rango ISO Foto: 100 a -3200 Auto / 100 - 12800 Manual
- Velocidad del obturador. Electrónico de 8 a 1/8000 seg. Mecánico de 8 a 1/2000 segundo
- Aspectos de relación de tamaño de imagen para fotografía: 3:2 (5472×3648), 4:3 (4864×3648) y 16:9 (5472×3072)
- Video bitrato máximo de 100 Mbps
- Soporta archivos FAT32 (≤ 32 GB) y exFAT (> 32 GB)
- Soporta archivos de foto en JPG (JPEG), DNG (RAW)
- Soporta formatos de video MP4/MOV (H.264/AVC; H.265/HEVC)

Anexo N° 4

Observación aérea de la zona este de la estación Naranjal

Anexo N° 5

Observación aérea de la zona oeste de la estación Naranjal

Anexo N° 6

Uso indebido de paraderos informales

Anexo N° 7

Superposición de actividades peatonales y vehiculares

Anexo N° 8

Presencia de transporte público informal

Anexo N° 9

Plano de redistribución de paraderos