

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PROPUESTA DE MEJORA PARA LA INTERSECCIÓN ENTRE LAS AVENIDAS  
HUANCAYO Y BRUNO TERREROS EN LA CIUDAD DE JAUJA**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil**

**AUTORA:**

Estheffanny Idelia Casas Aylas

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Enrique Marino Lolo Rojas

**ASESOR**

Felix Israel Cabrera Vega

Lima, Abril de 2023

## Informe de Similitud

Yo, Felix Cabrera Vega docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulada "PROPUESTA DE MEJORA PARA LA INTERSECCIÓN ENTRE LAS AVENIDAS HUANCAYO Y BRUNO TERREROS EN LA CIUDAD DE JAUJA" de los autores Estheffanny Idelia Casas Aylas y Enrique Marino Lolo Rojas, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 9 %. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 7/04/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 7 de abril 2023

Apellidos y nombres del asesor <u>Cabrera Vega Felix Israel</u>	
DNI: 22309049	Firma 
ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0003-1917-9840">https://orcid.org/0000-0003-1917-9840</a>	

## RESUMEN

El proyecto de ingeniería a desarrollar consiste en el estudio de la intersección ubicada en la ciudad de Jauja con el objetivo de proponer condiciones para regenerar el flujo vehicular y peatonal; asimismo, definir las mejoras que se realizarán tomando en cuenta la seguridad de los peatones e implementar la inclusión de personas con problemas de movilidad. Las propuestas a plantear se realizan en base a la comparación de distintos manuales de diseño basados en un enfoque de diseño universal que prioriza la accesibilidad y la relación de las personas con su entorno para permitir la igualdad de condiciones.

Para el análisis de las propuestas existen herramientas que facilitan una simulación de la realidad tanto de peatones como vehículos incluyéndolos en un solo sistema independiente del lugar al que pertenezcan. Para determinar el comportamiento entre ambos se realiza un modelo de microsimulación mediante el uso de los softwares como VISSIM y VISWALK.

La metodología empleada para la creación del modelo se fundamenta en etapas que permiten analizar, plantear y evaluar las mejoras del proyecto. Primero se recolecta los datos para definir la hora pico y la hora valle, y luego realizar las grabaciones. Posteriormente, se realiza el conteo de los aforos vehiculares y peatonales para obtener los datos de entrada. Después, se construye y valida el modelo para luego definir las medidas a implementar. Para evaluar las mejoras se compara los parámetros de eficiencia entre el modelo original y el modelo nuevo.

Finalmente, se concluye que mediante herramientas como los softwares mencionados se logra un modelamiento muy cercano a la realidad y de esta manera se puede proponer mejoras que se adapten a las necesidades de los distintos usuarios intervenidos; además, evaluar con mayor certeza si los planteamientos de un nuevo rediseño son viables o no.

*A mis padres, por ser un pilar fundamental en mi vida, y por brindarme su aliento y apoyo desde siempre.*

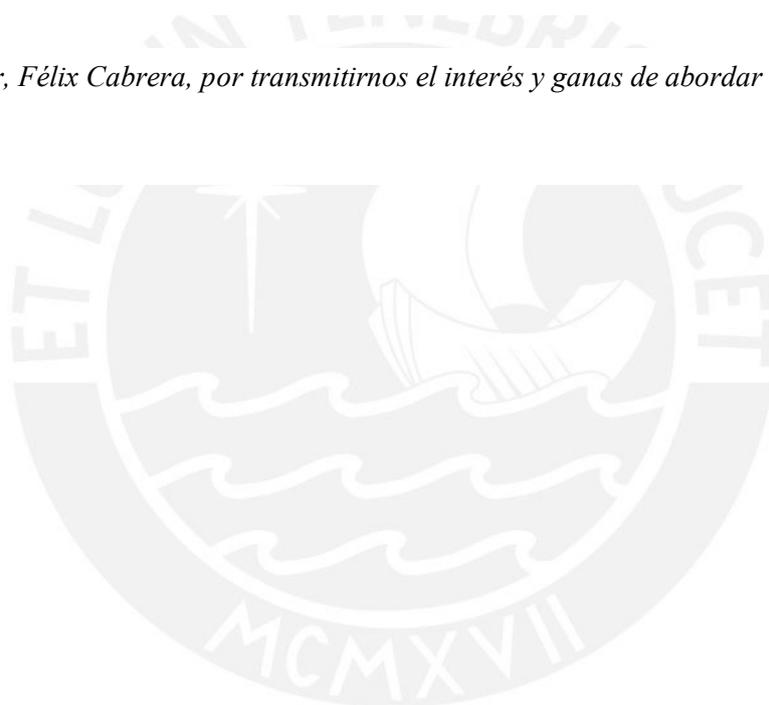
***Enrique Marino Lolo Rojas***

*A Dios, mis padres, hermana y profesores por haber compartido conmigo esta etapa además de su constante motivación, enseñanzas y consejos.*

***Estheffanny Idelia Casas Aylas***

*A nuestro asesor, Félix Cabrera, por transmitirnos el interés y ganas de abordar esta rama de la carrera.*

***Enrique y Estheffanny***



## ÍNDICE

<b>1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>- 1 -</b>
1.1. OBJETIVOS .....	- 3 -
1.1.1. <i>Objetivo General</i> .....	- 3 -
1.1.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	- 3 -
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	- 3 -
1.3. ALCANCE Y LIMITACIONES.....	- 5 -
<b>2. CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>- 7 -</b>
2.1. ESPACIO PÚBLICO.....	- 7 -
2.2. TRANSPORTE Y MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE .....	- 8 -
2.2.1. <i>Transporte</i> .....	- 8 -
2.2.2. <i>Movilidad urbana sostenible</i> .....	- 8 -
2.3. DISEÑO UNIVERSAL.....	- 9 -
2.3.1. <i>Primer principio</i> .....	- 11 -
2.3.2. <i>Segundo Principio</i> .....	- 11 -
2.3.3. <i>Tercer Principio</i> .....	- 11 -
2.3.4. <i>Cuarto Principio</i> .....	- 11 -
2.3.5. <i>Quinto principio</i> .....	- 11 -
2.3.6. <i>Sexto principio</i> .....	- 11 -
2.3.7. <i>Séptimo principio</i> .....	- 12 -
2.4. MANUALES DE DISEÑO .....	- 12 -
2.4.1. <i>Manual de Normas Técnicas de Accesibilidad de la Ciudad de México</i> .....	- 12 -
2.4.2. <i>Manual de Accesibilidad para espacios públicos urbanizados del Ayuntamiento de Madrid</i> - 12 -	
2.4.3. <i>Manual de Accesibilidad Universal de Chile</i> .....	- 13 -
2.4.4. <i>Abu Dhabi Urban Street Design Manual</i> .....	- 13 -
2.4.5. <i>Manual Práctico de Diseño Universal de Buenos Aires Ciudad</i> .....	- 14 -
2.4.6. <i>Complete Streets Design Guide of State of New Jersey</i> .....	- 14 -
2.4.7. <i>Manual de Accesibilidad Integral de Castilla-La Mancha</i> .....	- 14 -
2.5. MODELOS DE SIMULACIÓN DE TRÁFICO .....	- 15 -
2.5.1. <i>Tipos de modelo de tráfico</i> .....	- 15 -
2.5.1.1. Modelo Microscópico .....	- 16 -
2.5.1.2. Modelo Mesoscópico .....	- 16 -
2.5.1.3. Modelo Macroscópico.....	- 16 -
2.6. MICRO SIMULACIÓN DE TRÁFICO .....	- 16 -
2.6.1. <i>Fundamentos de la micro simulación</i> .....	- 17 -
2.6.1.1. Nivel de aleatoriedad .....	- 17 -
2.6.1.2. Número semilla.....	- 18 -
2.6.1.3. Periodo de estabilización.....	- 18 -
2.6.1.4. Número de corridas.....	- 19 -
2.6.1.5. Interacción entre vehículos.....	- 20 -
2.6.1.5.1. Modelo de brechas .....	- 20 -
2.6.1.5.2. Cambio de carril.....	- 21 -
2.6.1.5.3. Modelo de adelantamiento.....	- 22 -
2.6.1.5.4. Modelos de seguimiento vehicular .....	- 22 -
2.6.1.5.4.1. Modelo de seguimiento vehicular General Motor .....	- 22 -
2.6.1.5.4.2. Modelo de seguimiento vehicular de Gipps .....	- 23 -
2.6.1.5.4.3. Modelo de seguimiento vehicular de Wiedemann.....	- 24 -
2.7. SOFTWARE PTV VISSIM 8 Y VISWALK 8 .....	- 25 -

<b>3. CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA</b> .....	<b>- 28 -</b>
3.1. EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	- 30 -
3.2. PLANTEAMIENTO DE MEJORAS .....	- 31 -
3.3. RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO .....	- 32 -
3.4. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS .....	- 32 -
3.5. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO EN PTV VISSIM 8.....	- 32 -
3.5.1. <i>Background</i> .....	- 33 -
3.5.2. <i>Links y conectores</i> .....	- 33 -
3.5.3. <i>Áreas</i> .....	- 35 -
3.5.4. <i>Áreas de reducción de velocidad</i> .....	- 36 -
3.5.5. <i>Desired Speed</i> .....	- 36 -
3.5.6. <i>Composiciones vehiculares y peatonales</i> .....	- 38 -
3.5.7. <i>Áreas de conflicto</i> .....	- 40 -
3.5.8. <i>Stop Sign</i> .....	- 41 -
3.5.9. <i>Vehicle Inputs</i> .....	- 42 -
3.5.10. <i>Vehicle Routes</i> .....	- 42 -
3.5.11. <i>Vehicle Travel Time</i> .....	- 43 -
3.5.12. <i>Pedestrian Inputs</i> .....	- 43 -
3.5.13. <i>Pedestrian Routes</i> .....	- 44 -
3.5.14. <i>Pedestrian Travel Time</i> .....	- 44 -
3.5.15. <i>Driving Behavior</i> .....	- 45 -
3.5.16. <i>Walking Behaviors</i> .....	- 46 -
3.5.17. <i>Parámetros de simulación</i> .....	- 46 -
3.5.18. <i>Parámetros de evaluación</i> .....	- 46 -
3.6. CALIBRACIÓN DEL MODELO .....	- 47 -
3.7. VALIDACIÓN DEL MODELO.....	- 52 -
<b>4. CAPÍTULO 4: PROPUESTAS DE MEJORA</b> .....	<b>- 57 -</b>
<b>5. CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b> .....	<b>- 77 -</b>
<b>6. CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>- 82 -</b>
6.1. CONCLUSIONES .....	- 82 -
6.2. RECOMENDACIONES.....	- 84 -
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>- 85 -</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: ILUSTRACIÓN DEL PERIODO DE WARM UP.....	- 19 -
FIGURA 2: INTERVALOS Y ESPACIAMIENTOS EN UNA CORRIENTE DE TRÁFICO .....	- 23 -
FIGURA 3: ESQUEMA DE METODOLOGÍA.....	- 30 -
FIGURA 4: ESQUEMA DEL PROCESO DE MICRO SIMULACIÓN.....	- 30 -
FIGURA 5: BACKGROUND INTERSECCIÓN AV. HUANCAYO Y AV. BRUNO TERREROS .....	- 33 -
FIGURA 6: LINKS DEL MODELO EN VISSIM .....	- 34 -
FIGURA 7: CONECTORES DEL MODELO EN VISSIM .....	- 35 -
FIGURA 8: INTERSECCIÓN EN ESTUDIO FORMADA CON LINKS, CONECTORES Y ÁREAS .....	- 35 -
FIGURA 9: PANEL DE LA HERRAMIENTA REDUCED SPEED AREAS.....	- 36 -
FIGURA 10: GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE LA VELOCIDAD DESEADA PARA MOTOTAXIS ..	- 37 -
FIGURA 11: GRÁFICO HALLADO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA VELOCIDAD DESEADA PARA PEATONES .....	- 38 -
FIGURA 12: GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE LA VELOCIDAD DESEADA PARA PEATONES DEFINIDA EN VISSIM.....	- 38 -
FIGURA 13: DEFINICIÓN DE LA COMPOSICIÓN VEHICULAR DEL MODELO .....	- 39 -
FIGURA 14: DEFINICIÓN DE LA COMPOSICIÓN PEATONAL DEL MODELO .....	- 39 -
FIGURA 15: ORDEN DE PRIORIDAD EN LAS ÁREAS DE CONFLICTO DE LA INTERSECCIÓN ....	- 40 -
FIGURA 16: DEFINICIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE TIEMPO PARA LOS BUSES.....	- 41 -
FIGURA 17: ASIGNACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE TIEMPO AL PARADERO DE BUSES .....	- 41 -
FIGURA 18: ESPECIFICACIÓN DE VOLÚMENES DE ENTRADA DE VEHÍCULOS EN LOS ACCESOS .	- 42 -
FIGURA 19: RUTAS VEHICULARES EN LA INTERSECCIÓN.....	- 43 -
FIGURA 20: DEFINICIÓN DE PEDESTRIAN INPUTS.....	- 44 -
FIGURA 21: DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN DEL TIEMPO DE VIAJE PEATONAL .....	- 45 -
FIGURA 22: DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DE MANEJO VEHICULAR .....	- 45 -
FIGURA 23: CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.....	- 47 -
FIGURA 24: CALIBRACIÓN PARA VEHÍCULOS DEL MODELO EN EL SOFTWARE ONLINE STATKEY .....	- 50 -
FIGURA 25: CALIBRACIÓN PARA PEATONES DEL MODELO EN EL SOFTWARE ONLINE STATKEY .....	- 52 -
FIGURA 26: VALIDACIÓN DEL MODELO PARA VEHÍCULOS EN EL SOFTWARE ONLINE STATKEY .....	- 54 -
FIGURA 27: VALIDACIÓN DEL MODELO PARA PEATONES EN EL SOFTWARE ONLINE STATKEY .	- 56 -
FIGURA 28: ALGUNAS RUTAS DE LOS VEHÍCULOS EN LA INTERSECCIÓN EN ESTUDIO .....	- 58 -
FIGURA 29: DIRECCIÓN DE LAS MEDIANAS A LO LARGO DE LA AV. HUANCAYO.....	- 59 -

FIGURA 30: PASO PEATONAL A NIVEL DE CALZADA E ISLETA INTERMEDIA CON NARIZ A LA ALTURA DE LA ESQUINA .....	- 60 -
FIGURA 31: DIMENSIONES DE LA MEDIANA O ISLA PEATONAL.....	- 60 -
FIGURA 32: ANCHO DE CRUCERO PEATONAL.....	- 62 -
FIGURA 33: CAPTURA DE DRON EN LA INTERSECCIÓN EN ANÁLISIS .....	- 64 -
FIGURA 34: MEDIDAS DE RAMPA PEATONAL .....	- 65 -
FIGURA 35: MEDIDAS DE ACERAS Y ETIQUETAS DE VEREDAS .....	- 68 -
FIGURA 36: ZONAS DE UNA ACERA CONVENCIONAL EN ABU DHABI.....	- 68 -
FIGURA 37: FRANJA DE CIRCULACIÓN LIBRE DE UNA ACERA CONVENCIONAL.....	- 69 -
FIGURA 38: PENDIENTES DE ACERA .....	- 69 -
FIGURA 39: ESQUINAS DE ACERAS EN LA INTERSECCIÓN ACTUAL.....	- 71 -
FIGURA 40: ESQUINAS DE ACERAS EN MODELO ACTUAL .....	- 72 -
FIGURA 41: MEDIDAS DE ANCHO DE CARRIL EN LA INTERSECCIÓN ACTUAL.....	- 73 -
FIGURA 42: RUTAS DE ENTRADA HACIA EL GRIFO .....	- 75 -
FIGURA 43: RUTAS DE ENTRADA HACIA EL GRIFO .....	- 76 -
FIGURA 44: MODELO EN VISSIM DE LAS PROPUESTAS EN LA INTERSECCIÓN.....	- 77 -
FIGURA 45: CALIBRACIÓN PARA VEHÍCULOS DEL MODELO EN EL SOFTWARE ONLINE STATKEY .....	- 79 -
FIGURA 46: CALIBRACIÓN PARA PEATONES DEL MODELO EN EL SOFTWARE ONLINE STATKEY .....	- 81 -

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1._TIEMPOS DE VIAJE VEHICULAR EN CAMPO Y LOS TIEMPOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA SIMULACIÓN PARA LA CALIBRACIÓN DEL MODELO. ....	- 49 -
TABLA 2._TIEMPOS DE VIAJE PEATONALES EN CAMPO Y LOS TIEMPOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA SIMULACIÓN PARA EL PROCESO DE CALIBRACIÓN. ....	- 51 -
TABLA 3._TIEMPOS DE VIAJE VEHICULAR EN CAMPO Y LOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA SIMULACIÓN PARA LA VALIDACIÓN DEL MODELO.....	- 53 -
TABLA 4._TIEMPOS DE VIAJE PEATONALES MEDIDOS EN CAMPO Y LOS TIEMPOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA SIMULACIÓN PARA LA VALIDACIÓN DEL MODELO.....	- 55 -
TABLA 5._COMPARACIÓN DE MEDIDAS EN UNA MEDIANA O ISLETA.....	- 61 -
TABLA 6._TABLA DE COMPARACIÓN DE MEDIDAS DEL ANCHO DEL CRUCERO PEATONAL .	- 63 -
TABLA 7._TABLA DE COMPARACIÓN DE MEDIDAS DE RAMPA.....	- 66 -
TABLA 8._TABLA DE COMPARACIÓN DE MEDIDAS DE LA ACERA O VEREDA.....	- 70 -
TABLA 9._TABLA DE COMPARACIÓN DE MEDIDAS DE RADIO DE LA ACERA O VEREDA.....	- 73 -
TABLA 10._TABLA DE COMPARACIÓN DE MEDIDAS DE CARRIL O CALZADA .....	- 74 -
TABLA 11._TIEMPOS DE VIAJE VEHICULARES EN CAMPO Y LOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA SIMULACIÓN DEL MODELO CON LAS PROPUESTAS DE MEJORA. ....	- 78 -
TABLA 12._TIEMPOS DE VIAJE PEATONALES EN CAMPO Y LOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA SIMULACIÓN DEL MODELO CON LAS PROPUESTAS DE MEJORA. ....	- 80 -

## **1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**

De acuerdo con Dextre & Avellaneda (2014), las políticas urbanísticas enfocadas al orden territorial que se desarrollan en el Perú, junto con los cambios económicos y sociales actuales han generado que la estructura vial urbana del país sufra cambios acelerados. Esto se debe en gran medida al proceso de crecimiento y dispersión urbana, lo que conlleva a un reordenamiento de funciones y actividades en zonas específicas de una ciudad.

El país ha sufrido en los últimos 10 años un incremento de la demanda de movilidad. El crecimiento poblacional sumado a las migraciones campo-ciudad serían los causantes del aumento de desplazamientos entre las distintas ciudades del Perú para realizar actividades cotidianas. Estos tienen un patrón establecido debido a que, en la mayoría de los casos, las migraciones ocurren desde la provincia hacia la capital en busca de actividades laborales, comerciales, entre otras (Dextre & Avellaneda, 2014).

Existen personas con diferentes capacidades y limitaciones al momento de realizar este tipo de tareas. En este grupo se encuentran los adultos mayores y aquellas con algún tipo de discapacidad; ya sea visual, motriz, auditiva, con movilidad reducida, etc. Sin embargo, se evidencia la dificultad que ellos tienen para realizar estas actividades a causa de la ausencia de inclusión y accesibilidad en los lugares públicos. Esto se observa mediante las barreras del entorno, las cuales son las dificultades que presentan ellos al momento de acceder a diferentes servicios que brinda la sociedad. A pesar de existir normas con una visión universal, se puede evidenciar que en muchas ocasiones no se cumplen o se realizan mediante una mala práctica, ocasionando problemas e incomodidades a este sector de la población.

Las barreras en mención son el resultado de diversos factores tales como una planificación urbana deficiente, condiciones territoriales con un acondicionamiento escaso y el desarrollo de viviendas debido a la construcción informal. Estos inconvenientes se presentan en distintas formas dentro de la ciudad. En primer lugar, existen problemas estructurales dentro de los

proyectos de desarrollo urbano, así como veredas angostas que no permiten una circulación apropiada, ininterrumpida y segura. En segundo lugar, se encuentran problemas en el diseño urbano que limitan la accesibilidad, tal como la ausencia de rampas o la presencia de estas con un diseño deficiente. En tercer lugar, el poco interés por parte de los gobiernos locales en cuanto al mantenimiento de los espacios públicos. Por último, el descuido en relación al seguimiento y monitoreo del cumplimiento de la normativa correspondiente, además de la imposición de penalidades ante la falta de cumplimiento (Grupo de Trabajo Multisectorial – PNA, 2018).

La provincia de Jauja, perteneciente al departamento Junín, no ha sido ajena a todos los conflictos que poseen las ciudades con crecimiento poblacional y económico. Esta provincia sufre de un proceso de urbanización acelerado; pues los resultados del censo realizado en el departamento de Junín en el año 2017 revelan que el 71% de su población pertenece al sector urbano y el 29% restante, al sector rural (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018). El crecimiento es notorio; pues en el año 2007 la población urbana constituía un 67% de la población total frente a un 33% de población rural (Aramburú & Lugon, 2008).

Por otro lado, dicha provincia es una de las muchas que existen en el país, que no tienen como prioridad una adecuada organización en cuanto a temas de movilidad. Las principales dificultades que se perciben son la ausencia de mantenimiento en la infraestructura vial, la existencia de pavimentos con fallas de alta severidad (agrietamiento y roturas), ausencia de rampas para personas con discapacidad motriz, entre muchos otros (Perez, 2019).

El presente proyecto busca evaluar la situación entre las avenidas Bruno Terreros y Huancayo, en la provincia de Jauja; y posteriormente proponer posibles mejoras enfocadas en la movilidad vehicular, peatonal y en la accesibilidad para usuarios con limitaciones para desplazarse. Se emplearán los softwares Vissim 8 y Viswalk para representar la intersección en estudio a través de un modelo y así poder analizar las propuestas.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo General**

Plantear condiciones para optimizar la circulación vehicular y peatonal en la intersección de las avenidas Huancayo y Bruno Terreros en la ciudad de Jauja.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Evidenciar los problemas de seguridad y accesibilidad que poseen los peatones que transitan por la intersección en estudio.
- Definir las mejoras que se realizarán, tomando en cuenta las modificaciones indispensables que garanticen la seguridad de quienes cruzan por la intersección y; además, la intervención empleando elementos que permitan la movilidad de los peatones sin exclusión alguna.
- Evaluar el desempeño de dichas mejoras a partir de un proceso de micro simulación con los softwares Vissim 8 y Viswalk.

## **1.2. Justificación**

Las personas afrontan un declive en cuanto a la calidad de vida urbana que estas tienen, debido a una inexistente planificación con un enfoque en favor a su desarrollo. Esto se manifiesta cuando aumenta el nivel de tráfico de vehículos y peatones en las calles; produciendo mayor cantidad de accidentes, congestión vehicular, contaminación, ruido, segregación del entorno, intrusión visual e impactos antiestéticos (Fernández, 2014). No obstante, existen instrumentos de ayuda para mitigar algunos de esos problemas.

Uno de estos es el desarrollo de un Plan de Movilidad Urbana Sostenible, cuyo objetivo es optimizar las condiciones de vida de los residentes, partiendo de cambios en las circunstancias correspondientes a su movilidad. Este plan tiene como base los principios de integración, participación y evaluación. Además, plantea la implementación de un sistema de transporte urbano seguro para los ciudadanos, que brinde oportunidades y permita elegir entre diversos

medios de transporte. Asimismo, busca mejorar la eficacia y rentabilidad del transporte, disminuir la contaminación acústica y ambiental; y contribuir para mejorar el atractivo en el ámbito urbano (Wefering et al., 2014).

Otro método a emplear es el principio del diseño universal basado en la accesibilidad y la correlación entre el individuo y su entorno para permitir la paridad de condiciones. La estrategia empleada para ello es la supresión de barreras, la cual propone enfrentar los impedimentos que se tienen y perjudican el diseño e implementación de espacios y servicios para los usuarios.

Asimismo, otro concepto importante es la accesibilidad universal. Esta organiza, planifica, construye y mantiene el espacio público; tomando en cuenta las carencias y exigencias de cualquier persona, indistinta de su condición física, mental o edad. Este enfoque plantea un desempeño autónomo y práctico de cualquier persona. La accesibilidad universal debe ser implementada a distintos ámbitos como las estructuras (viviendas, vías eléctricas, de transporte, etc.), los espacios públicos (parques, jardines, museos, etc.), sistema de transporte, señalización y los distintos servicios que forman parte de un entorno social (Grupo de Trabajo Multisectorial – PNA, 2018).

Para llevar a cabo las mejoras, a partir de evaluaciones realizadas en base a los métodos antes mencionados, es importante analizar dichas alternativas de solución y verificar su efectividad. Por ello, se emplean métodos de análisis de tráfico para realizar evaluaciones de estrategias según las necesidades que se tienen en una determinada zona. Estas herramientas pueden ayudar a optimizar la toma de decisiones, evaluar alternativas de planificación, mitigar el tráfico, administrar la capacidad vial existente y medir el desempeño de estructuras viales (Alexiadis et al., 2004).

Los modelos de simulación microscópicas son parte de una de las categorías de las herramientas mencionadas anteriormente. Estos funcionan en base a un proceso estocástico, por el cual los vehículos son asignados a una sistema de transporte empleando una distribución estadística de llegadas para luego ser rastreados en la red moderando pequeños intervalos de tiempo (Alexiadis et al., 2004).

Asimismo, en la teoría de la ingeniería de tráfico es importante la aplicación del Vissim, un software de micro simulación. Este tiene el propósito de buscar una mejor gestión del sistema de tránsito con máxima eficiencia de viaje, menor número de accidentes, mayor velocidad de tránsito, costo mínimo de transporte, poco impacto ambiental y menor consumo de energía; llegando así a ser seguro, rápido, económico y conveniente (Yang, 2018).

### **1.3. Alcance y limitaciones**

La importancia del presente proyecto se centra en el análisis de la intersección de las avenidas Bruno Terreros y Huancayo, ubicada en la provincia de Jauja, departamento de Junín.

Para el desarrollo del proyecto de micro simulación se emplearán los softwares PTV Vissim 8 y PTV Viswalk. Estas herramientas son válidas solo para la zona de estudio ya que se enfocan en analizar pequeñas secciones en conflicto. Según PTV Group (2021), el comportamiento de los softwares en el análisis de micro simulación será significativamente distinto si se usan diferentes versiones; por lo tanto, los resultados que se obtendrán no serán extrapolables a versiones anteriores pues las más recientes poseen características distintas.

Por otro lado, el área de la encuesta se encuentra en una zona comercial, y la recolección de datos se realizó entre semana, ya que el flujo típico de vehículos y personas se puede obtener entre semana. Se optó por emplear grabaciones con drones; pero dentro de las desventajas de usar este tipo de aparatos, se encuentra que en su mayoría no ofrecen tiempos de vuelo cercanos a una hora. Como un plan de respaldo se realizó una grabación de manera simultánea, usando

una cámara; con la finalidad de que, al bajar el dron para realizar el cambio de batería, la cámara continúe grabando la intersección durante el tiempo que dure este proceso.



## **2. CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Espacio público**

La idea de “espacio público” comprende dos ámbitos, uno en el entorno urbanístico y el otro en el político. Para la definición urbanística, el espacio público está compuesto por todo aquello que no es una propiedad privada. Por otro lado, para la definición política, se entiende como un espacio público al lugar donde se deliberan democráticamente distintos pensamientos (Aramburu, 2008). Sin embargo, esto último puede ser desconocido para la mayoría de personas. Los transeúntes generalmente consideran espacio público a lugares abiertos tales como parques, canchas deportivas, playas, piscinas, entre otros. (Borja & Muxi, 2001).

En la publicación “El espacio público: ciudad y ciudadanía”, por J. Borja y Z. Muxi (2001); definen este término en base a distintas publicaciones recopiladas, estudiadas y citadas. Entre ellas, las que más destacan lo definen como "espacios abiertos". Asimismo, también lo definen como espacios en donde no hay construcciones situadas cerca o en el interior de sectores destinados para construcción. Además de definirlo como aquellos territorios, ya sean rurales o urbanos, en donde se evidencia la ausencia de casas y están destinados a ser parques, jardines y losas deportivas al aire libre.

Reflexiones como las anteriores han guiado a la construcción de diversas definiciones del término, donde se identifican múltiples y variadas funciones del mismo, como son la de recreación, disfrute público y libre esparcimiento. Además, se considera como unidad mínima para la construcción de una ciudad con valor organizacional desde los distintos enfoques de la sociedad como el ecológico, educacional, social y cultural (Borja & Muxi, 2001).

Finalmente, se puede concluir que el espacio público es el lugar donde interactúan las personas con distintas características. Según Borja (2001), estas diferencias pueden ser los diversos pensamientos, enfoques, edades, condiciones sociales, socioculturales y físicas. Estos pueden

ser evidenciados por diversas actividades que las personas realizan individualmente o en grupos.

## **2.2. Transporte y movilidad urbana sostenible**

### **2.2.1. Transporte**

El transporte, entendido en su forma más esencial, es el término asignado para el desplazamiento de individuos y productos. En personas esto se denomina transporte de pasajeros; y en el caso de productos, se denomina transporte de carga. Asimismo, el concepto de transporte urbano es empleado para hacer referencia a los traslados mencionados anteriormente dentro de las ciudades (Dangond et al., 2011).

Este se clasifica en las siguientes tres categorías: transporte privado, transporte público y transporte semipúblico. En el primero, los desplazamientos se realizan haciendo uso de vehículos particulares. En el segundo, se realizan empleando vehículos con gran capacidad de pasajeros y una elevada densidad de demanda. Y, por último, en el tercero se emplean vehículos con características intermedias entre los que se mencionaron anteriormente, como es el caso de las van (Dangond et al., 2011).

### **2.2.2. Movilidad urbana sostenible**

La movilidad urbana es un requerimiento básico que poseen los habitantes de una ciudad, la cual debe ser cumplida del mejor modo posible. Los esfuerzos que exijan estos desplazamientos esenciales para el acceso a recursos básicos, no deberían de impactar de manera negativa el nivel de vida de las personas; mucho menos, su desarrollo económico, cultural, formativo, etc. (Mataix, 2010).

Por otro lado, la movilidad urbana también es un derecho fundamental que debería de estar totalmente garantizado a toda la población, en igualdad de condiciones y sin distinciones debido a la capacidad adquisitiva, estado físico, género, edad u otra característica (Mataix, 2010). Lamentablemente se puede apreciar que en la realidad peruana sí existen grandes

brechas en cuanto al tipo y calidad del medio de transporte que emplean las personas para desplazarse, ya que no todos pueden acceder a medios eficientes y que brinden un estándar de calidad mínimo para ellos.

Los vehículos motorizados fueron los objetos a los cuales se les brindó mayor énfasis en temas de movilidad, pues se priorizaba su seguridad y capacidad; en especial, los vehículos particulares. Por otro lado; los peatones y otros modos de desplazamiento, como bicicletas y transporte público, fueron dejados de lado (Lugmaña, 2016).

Para buscar el correcto enfoque que se le da en la actualidad a los diseños de infraestructura vial urbana, es fundamental la implementación de técnicas o herramientas que evalúen el funcionamiento y solicitaciones de los espacios que serán utilizados por los peatones; y de esta manera garantizar una verdadera integración y libre movilidad para todos ellos (Lugmaña, 2016).

Un plan de movilidad urbana sostenible implica aplicar diversas estrategias que permitan satisfacer las demandas de transporte de los habitantes de las áreas urbanas, con el objetivo de brindarles una mejor calidad de vida (Wefering et al., 2014).

### **2.3. Diseño universal**

En primera instancia, se considera como espacio urbano al lugar en donde las personas se desenvuelven tanto en el ámbito social como colectivo, por lo que en su construcción no debería de existir exclusión de ningún tipo. Las ciudades y edificios no consideran esto al momento de su planificación, generando de esta manera barreras que limitan la igualdad y el desarrollo en los distintos ámbitos para las personas con discapacidad. Por consiguiente, se debe enfatizar en las mejoras de la accesibilidad en los distintos espacios urbanos, puesto que beneficiaría a toda la población. El diseño accesible integra a personas con discapacidad y otras condiciones

médicas a diferentes sectores de la comunidad para disfrutar de una ciudad accesible para todos (Huerta, 2007).

Hoy en día, la definición de diseño accesible también puede ser denominada «Diseño universal» o «Diseño para todos», lo cual en otras palabras es diseñar entornos considerando a la mayoría de la población, sin necesidad de diseños especiales. Por lo tanto, para que el entorno urbano sea considerado un espacio en el cual se visualiza el diseño universal debe ser apto para todo tipo de usuario y accesible en todas sus formas. La accesibilidad se define básicamente como la posibilidad que tiene una persona, indiferente de sus condiciones de movilidad o alguna otra afección, de integrarse e interactuar en un espacio (Huerta, 2007).

La introducción del concepto de diseño universal se introdujo por el padre del término, Ronald Mace. Este diseñador en favor de la accesibilidad menciona que las cosas que se consideran universalmente utilizables, son aquellas que la población, sin importar sus capacidades o limitaciones, puede emplear por su propia cuenta sin ayuda alguna. En ese sentido, el diseño universal provee un mayor alcance de accesibilidad realizando la modificación de elementos y espacios orientados al uso de todas las personas. Al realizar un enfoque inclusivo en la construcción de estos espacios y objetos, se logra obtener un entorno más seguro y fácil con el cual interactuar tanto para aquellos, con sus limitaciones como para los demás. El diseño universal no sólo se enfoca a las normas mínimas de la accesibilidad; va más allá de estas, en búsqueda de un entorno inclusivo y de uso para todos (Preiser & Smith, 2011).

De la misma manera, el diseño universal se basa en crear un entorno que tenga en cuenta las diferentes características y capacidades de los individuos que conviven en un determinado espacio. Es una herramienta esencial que se enfoca en la diversidad de las personas y, a través de siete principios, plantea beneficiar al mayor número de individuos posible, en busca de la universalidad (Suárez, 2017).

### **2.3.1. Primer principio**

Al primer principio de los anteriormente mencionados se le denomina uso equitativo, el cual se refiere a que puede ser empleado por todas las personas sin importar sus capacidades o condiciones. Este principio propone reducir las brechas de diferencias, de este modo, se pretende evitar la exclusión y discriminación e incrementar la igualdad entre las personas (Suárez, 2017).

### **2.3.2. Segundo Principio**

Este principio, llamado uso flexible, se adapta a diversas condiciones según las preferencias y competencias de cada persona. Así, es posible brindarles la capacidad de elegir las formas de uso o de interacción e ir al ritmo de cada uno de ellos (Suárez, 2017).

### **2.3.3. Tercer Principio**

Se denomina uso simple e intuitivo al principio que pretende brindar facilidad de entendimiento al usuario. De esta manera, se busca considerar la experiencia, conocimientos, habilidades y grado de concentración de cada uno de los individuos (Fernández, 2012).

### **2.3.4. Cuarto Principio**

Este principio llamado información perceptible, plantea que el diseño debería de permitirle a todas las personas entender lo que se quiere comunicar, independientemente de las capacidades y condiciones de cada uno (Iwarsson & Stahal, 2003).

### **2.3.5. Quinto principio**

Principio de tolerancia al error, el cual plantea que se el diseño debería de reducir o tratar de eliminar los riesgos y consecuencias de situaciones inesperadas que puedan darse (Fernández, 2012).

### **2.3.6. Sexto principio**

Principio de bajo esfuerzo físico, en el cual se busca que el diseño empleado debería de poder ser usado sin realizar mucho esfuerzo, por el contrario, su uso debería de ser eficiente y cómodo (Iwarsson & Stahal, 2003).

### **2.3.7. Séptimo principio**

Este último principio, de dimensiones apropiadas consiste en regular los tamaños y espacios para que los diseños puedan ser adecuados al tamaño, posición y condición de movilidad del usuario (Fernández, 2012).

## **2.4. Manuales de Diseño**

Actualmente en Perú no existe manuales de diseño universal aprobados por el gobierno. Por lo que, nos guiaremos de otros manuales para obtener una mejor elaboración en base a un diseño universal. Cada manual tiene objetivos distintos con un enfoque universal. A continuación, se detallará los principales objetivos de los manuales que serán parte de nuestro proyecto.

### **2.4.1. Manual de Normas Técnicas de Accesibilidad de la Ciudad de México**

El Manual de Normas Técnicas de Accesibilidad elaborado por la Jefatura de Gobierno de la Ciudad de México (2016), tiene como propósito crear un entorno que fomente la inclusión de personas con discapacidad, ancianos, niños y mujeres embarazadas; mediante diseños que consideren a este sector de la población. Esto se evidencia en las medidas que consideran para los diversos componentes que conforman parte de la ciudad. Este manual se basa en el diseño universal, buscando la accesibilidad para todos.

### **2.4.2. Manual de Accesibilidad para espacios públicos urbanizados del Ayuntamiento de Madrid**

Este manual sugiere la aplicación de criterios prácticos con la finalidad de homogeneizar medidas que se incorporan al espacio urbano en favor de la accesibilidad. Este indica que para garantizar la funcionalidad de las aplicaciones de los parámetros normativos y que el entorno urbano alcance el máximo grado de accesibilidad posible, es necesario emplear conceptos

como “ajuste razonable” y “adecuación efectiva”. El primero se describe como los cambios de los ambientes adecuados a los requerimientos que puedan tener las personas que presentan alguna discapacidad mientras que no implique una carga desproporcionada cuando solo se necesiten cambios prácticos. El segundo concepto hace referencia a cómo se deben de llevar a cabo los ajustes razonables cuando por alguna razón, la aplicación de los parámetros establecidos no signifique un incremento al nivel de accesibilidad de un espacio (Área de Gobierno de Desarrollo Urbano Sostenible, 2016).

#### **2.4.3. Manual de Accesibilidad Universal de Chile**

El manual de Accesibilidad Universal elaborado por la Mutual de Seguridad de la Cámara Chilena de la Construcción se basa en conceptos como los de accesibilidad desapercibida, cadena de accesibilidad y diseño universal.

El primero hace referencia a que una buena accesibilidad debería de pasar desapercibida a todos los usuarios, pues de este modo se ofrece mayor acceso a las personas; empleando un diseño cómodo, estético y seguro; que funcione para todos por igual. El segundo término hace referencia a todas las acciones que deberían de ejecutarse de manera ininterrumpida para lograr una buena accesibilidad; estas son, aproximarse, acceder, desplazarse en todo lugar con independencia, comodidad y de forma continua. Por último, el concepto de diseño universal tiene como foco concebir el entorno de de manera inclusiva y apta para todos, sin necesidad de adaptaciones ni diseños especializados (Boudeguer et al., 2010).

#### **2.4.4. Abu Dhabi Urban Street Design Manual**

El Manual de Diseño de Calles Urbanas de Abu Dhabi se basa en algunos principios que son equilibrados a través de un diseño integrado. Estos principios mencionan que el mejor plan de transporte es realizar un buen plan y aprovechamiento de los espacios. Los peatones son pieza fundamental para el diseño de calles, ya que estas son, en esencia, espacios comunitarios. Además, un buen diseño de calles contribuye a la creación de ciudades sostenibles; lo que, a

su vez, aporta con las metas que tiene el Emirato de Abu Dhabi para el 2030 (Abu Dhabi Urban Planning Council, 2009).

#### **2.4.5. Manual Práctico de Diseño Universal de Buenos Aires Ciudad**

Conforme al Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y la Comisión para la plena Participación e inclusión de las Personas con Discapacidad – COPIDIS (2015), el manual planteado posee un enfoque de diseño universal, el cual, tiene como objetivo construir la accesibilidad mediante la convivencia colectiva en base de la aceptación, armonía y disfrute de los espacios, además de los distintos servicios priorizando la igualdad. El manual toma en cuenta medidas flexibles para asegurar la accesibilidad y crear una diversidad en cuanto al tipo de usuarios que transitan en la ciudad.

#### **2.4.6. Complete Streets Design Guide of State of New Jersey**

De acuerdo con la Guía de Diseño de Calles del estado de New Jersey (Turner et al., 2017), se plantea la importancia de un diseño accesible que permita la movilización segura de todos. En ese sentido, se expone que diseñar en favor de la accesibilidad no solo favorece a personas con discapacidad o movilidad limitada, sino que representa un entorno más completo que permite la movilización de todos los usuarios. Esto implica tener un ambiente que cuente con las redes de aceras en buenas condiciones, las paradas de tránsito accesibles para todos, y rampas en las veredas que estén implementadas y diseñadas correctamente. Asimismo, incorporar otras características accesibles que faciliten el viaje de todas las personas. De este modo, se pueda brindar un entorno construido más digno y agradable para todos.

#### **2.4.7. Manual de Accesibilidad Integral de Castilla-La Mancha**

Según la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (2006), se plantea un entorno accesible a todos para promover la plena participación ciudadana sin exclusión en el ámbito social, económico, cultural y laboral. Priorizando las necesidades de los usuarios para que se integren de manera conjunta al entorno físico apto para todos. El manual propone suprimir las barreras

en distintos sectores tales como arquitectónicos, urbanísticos, de transporte y telecomunicaciones y de esta manera incluir a los diferentes usuarios en el espacio público.

## **2.5. Modelos de simulación de tráfico**

En la actualidad, se emplean modelos de tráfico para simular la interacción aleatoria entre los movimientos peatonales con el tránsito de los vehículos. Estos modelos matemáticos son una aplicación de la teoría de tráfico que explican la conexión que existe entre la capacidad de una red de comunicaciones, la demanda de servicios que las personas le exigen y el nivel de desempeño que esta puede lograr (Alzate, 2004).

Mediante el uso de modelos es posible experimentar e inspeccionar situaciones en las que los métodos directos serían imprácticos e inviables debido a diversos factores como el costo y el tiempo. Particularmente, para modelar situaciones complejas se mantienen constantes ciertos parámetros mientras que otros varían y así obtener los resultados correspondientes.

El propósito de un modelo es explicar y entender las características de un determinado comportamiento, además de predecir la conducta de los elementos que se quiera diseñar. Sin embargo, predecir conductas no implica que sea igual a la realidad sino semejante, permitiendo simularla (Gómez, 2009)

### **2.5.1. Tipos de modelo de tráfico**

Los modelos de tráfico buscan encontrar la relación entre tres variables importantes del tránsito, las cuales son: velocidad, densidad y flujo. Dentro de estos prototipos existen ecuaciones diferenciales parciales no lineales de primer orden denominadas ecuaciones de conservación, las cuales son herramientas que ayudan a encontrar las relaciones espaciales y temporales de las variables del flujo de tránsito. A continuación, se definen los diferentes tipos de modelo de tráfico, los cuales se clasifican según el nivel de detalle utilizado en la modelación (Gómez, 2009).

### **2.5.1.1. Modelo Microscópico**

Este modelo describe en detalle el comportamiento del vehículo y del conductor a la hora de tomar decisiones al cambiar de carril; asimismo, especifica la interacción del peatón con los demás. En este nivel de detalle, se toma en cuenta la posición, velocidad y aceleración por parte de los vehículos y los transeúntes. Además, describe un cambio de carril como una cadena de decisiones complejas que toma el conductor. De la misma manera, detalla las rutas seguidas por los peatones como decisiones aleatorias y complicadas (Rodríguez & Figueroa, 2012).

### **2.5.1.2. Modelo Mesoscópico**

En este nivel de detalle, se plantea el estudio de los vehículos como unidades en forma de paquetes, los cuales se clasifican considerando las velocidades y agrupándolos para luego ser estudiados individualmente. Este prototipo considera al cambio de carril como un evento instantáneo, en donde la toma de decisión se basa fundamentalmente en la compacidad del carril y las velocidades diferenciales (Rodríguez & Figueroa, 2012).

### **2.5.1.3. Modelo Macroscópico**

Por último, este planteamiento propone que el comportamiento de los peatones se modela como las del flujo vehicular o fluidos continuos, dependiendo del tráfico. Asimismo, estudia la conducta de los vehículos a gran escala, por lo que las decisiones de cambio de carril no son consideradas en el modelo (Rodríguez & Figueroa, 2012).

## **2.6. Micro simulación de tráfico**

La micro simulación se refiere al modelado de los desplazamientos que realizan los vehículos de manera individual en un segundo o subsegundo, lo que permite evaluar el comportamiento del tráfico en sistemas viales como carreteras y calles. Durante los últimos años, estos modelos han experimentado un rápido avance y se han vuelto mucho más sofisticados, convirtiéndose en herramientas valiosas por su uso en trabajos de planificación e ingeniería de transporte (Dowling et al., 2004).

Estos modelos pueden ser considerados como representaciones detalladas de escenarios de tráfico, para las cuales se emplean herramientas computacionales y softwares especializados para su instalación, configuración y calibración (Montenegro & Lozano, 2013).

Además, suelen ofrecer un gran potencial para el modelamiento de situaciones complejas en las cuales se experimentan situaciones de tráfico urbano. Por ejemplo, giros permitidos en intersecciones, movimientos para ceder el paso, tráfico de ingreso a rotondas no señalizadas, autopistas u otras situaciones en las que se genera confluencia de tráfico (Akçelik & Besley, 2001). Debido a su capacidad para manejar situaciones complejas, estos modelos se utilizan en la planificación de transporte para analizar la capacidad y la congestión, evaluar el impacto de las contramedidas y cambios propuestos; y evaluar la eficiencia del tráfico en la ciudad, así como para desarrollar medidas de control de tráfico (Montenegro & Lozano, 2013).

## **2.6.1. Fundamentos de la micro simulación**

### **2.6.1.1. Nivel de aleatoriedad**

Los modelos de micro simulación se ordenan de acuerdo a cómo estos representen la aleatoriedad del flujo de tráfico, ya que de ello depende su comportamiento. En un modelo determinístico, no hay ninguna diferencia en las características de los conductores ni vehículos. Esto significa que todos los conductores tienen la misma brecha crítica y todos los vehículos tienen la misma longitud. Por otro lado, si se trata de un modelo estocástico, las características que se les asocia a los conductores y vehículos derivan de una distribución estadística usando valores aleatorios. Estos números se hallan a partir de un método en el cual la secuencia de esos valores parte de un número aleatorio inicial llamado número semilla (Dowling et al., 2004).

Las características de vehículos comúnmente asignadas son: tipo de vehículo (auto, bus, etc.), ancho, longitud, máxima aceleración, velocidad máxima, etc. De manera similar, se otorgan

características a los conductores; tales como su nivel de agresividad, tiempo de reacción, velocidad deseada, brecha crítica, etc. (Zúñiga, 2010).

#### **2.6.1.2. Número semilla**

El número semilla es un valor inicial que se utiliza en la generación de números aleatorios, los cuales están relacionados con la conducta de los conductores y vehículos en un modelo de micro simulación. Si varía el número semilla a las funciones estocásticas de los softwares se les asigna una secuencia de valores distinta, por lo tanto, el flujo de tráfico cambia. Gracias a esto es posible simular; por ejemplo, variaciones estocásticas de llegadas de vehículos a una red de tráfico, lo cual puede conducir a obtener diversos resultados de simulación (PTV Group, 2021).

#### **2.6.1.3. Periodo de estabilización**

Periodo de estabilización, o *warm up*, es el tiempo que una simulación necesita para lograr un estado estable. A este también se le denomina periodo de calentamiento, ya que se refiere al tiempo necesario para que el modelo y las variables simuladas alcancen valores estables. Este período está relacionado con la duración y cantidad de acciones que ocurren en el sistema. Conocer este periodo es importante para la recolección de datos, ya que permite eliminar el sesgo causado por el estado transitorio del modelo (Ballesteros & Medina, 2003).

Generalmente, las simulaciones comienzan sin vehículos en la red; por lo que se debe excluir este periodo de calentamiento de las estadísticas utilizadas para evaluar el funcionamiento del sistema. Algunos softwares pueden realizar este proceso de manera automática; pero de no ser así, el periodo de estabilización deberá ser calculado por un analista. La cantidad de vehículos que se encuentran dentro de la red en cualquier momento es el indicador para la estabilidad del modelo; se establece que este número debe dejar de aumentar en una cantidad mínima especificada para considerar que el modelo ha alcanzado la estabilidad y que los resultados pueden ser considerados válidos (Dowling et al., 2004).

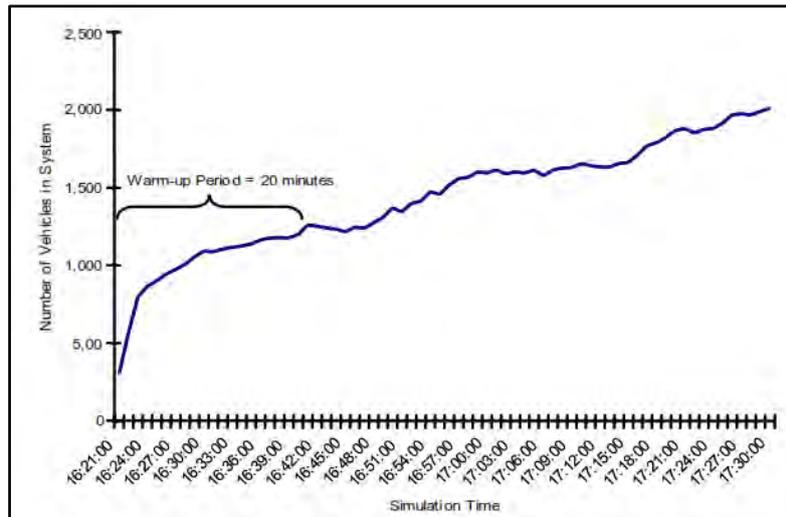


Figura 1: Ilustración del periodo de warm up

Tomado de Dowling et al., 2004.

#### 2.6.1.4. Número de corridas

Durante una simulación se requieren varias ejecuciones de las corridas del modelo. Esto se debe a que, cada ejecución varía dependiendo del número semilla que se empleó para seleccionar la secuencia de números aleatorios, los cuales serán utilizados para determinar el comportamiento de los elementos involucrados durante el desarrollo de la simulación (Dowling et al., 2004).

Para hallar el mínimo número de corridas, se debe decidir el nivel de confianza deseado. Este será equivalente a la probabilidad de que la media real se encuentre dentro del intervalo de confianza deseado. El intervalo de confianza puede variar según los objetivos para los cuales se emplearán los resultados; mientras más pequeño sea el intervalo, más corridas serán necesarias (Dowling et al., 2004).

El menor número de corridas que se emplearán no se puede conocer de antemano. Estas se deben de estimar a partir de un proceso iterativo. Para conocer la primera estimación de la desviación estándar de los resultados será necesario definir un número preliminar mínimo de

corridas. Se sugiere realizar al menos 15 corridas con diferentes números semilla (Salazar, 2018).

Según los autores Alexiadis, Jeannotte y Chandra en su texto sobre el análisis de tráfico (2004), se puede hallar el número mínimo de corridas utilizando la siguiente expresión:

$$CI_{1-\alpha\%} = 2 * t_{(1-\alpha/2),N-1} * \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Donde:

- $\alpha$  = probabilidad de que la media verdadera no se encuentre en el intervalo de confianza
- N = número de corridas
- $CI_{1-\alpha\%} = (1-\alpha) \%$  intervalo de confianza para la media verdadera
- $t_{(1-\alpha/2),N-1}$  = Valor estadístico de la distribución t de Student para la probabilidad de un error bilateral con N-1 grados de libertad
- S = desviación estándar de los resultados del modelo

#### **2.6.1.5. Interacción entre vehículos**

Para simular el comportamiento del tráfico de manera realista, los softwares de simulación incluyen diferentes tipos de conductores y consideran su influencia en el tráfico según su comportamiento. Para lograr esto, se utilizan modelos matemáticos que varían según el software utilizado. Algunos de estos modelos son:

##### **2.6.1.5.1. Modelo de brechas**

Este modelo regula el comportamiento de los vehículos de la simulación con respecto a situaciones de tránsito conflictivas. Por ejemplo, un vehículo que espera en una vía principal para realizar un giro a la izquierda a través de un flujo de tránsito conflictivo. Los softwares asumen que el conductor esperará una brecha adecuada en la corriente de tránsito conflictiva (medida en segundos) antes de realizar la maniobra (Montenegro & Lozano, 2013).

Se considera que el primer conductor de la cola que realizará el movimiento observa el flujo conflictivo y busca un espacio adecuado entre los vehículos para que pueda cruzar de manera segura. Al ser el primer vehículo en la cola, actúa como “tapón” para los que se encuentran detrás de él. Si la brecha es mayor o igual que cierto valor (llamado brecha crítica), el vehículo realizará el movimiento y el vehículo que se encontraba detrás tomará su lugar para realizar el mismo movimiento luego de encontrar una brecha apropiada. Si la brecha es menor que la brecha crítica será considerada insegura y no será aceptada (Fernández & Dextre, 2011).

Las brechas críticas son diferentes según el tipo de movimiento que realizará el conductor y conforme al comportamiento que este tenga. Por lo tanto, los conductores de carácter más agresivo admitirán brechas más pequeñas. La magnitud de las brechas tiene gran importancia, pues de esta depende el realismo de la simulación. Si se requieren brechas muy grandes se generarán colas largas que podrían llegar a ser irreales (Montenegro & Lozano, 2013).

#### **2.6.1.5.2. Cambio de carril**

Los cambios de carril son movimientos complicados que están controlados por algoritmos. Estos rigen la forma en la que los vehículos se integran y cambian de carril en la corriente de tránsito simulada. El comportamiento de los conductores, el desempeño de los vehículos y las condiciones del flujo de tránsito influyen en estas maniobras.

Los cambios de carril pueden ser obligatorios (ej. Si uno de los carriles se encuentra obstruido), de posicionamiento (ej. Si se elige un carril correcto para realizar un giro) y discrecionales (ej. Si quieren adelantar a un vehículo) (Montenegro & Lozano, 2013).

Cuando un conductor tiene decidido cambiar de carril, deberá buscar un espacio suficiente y oportuno en el flujo de tránsito contiguo y tomar en cuenta la diferencia de velocidad con los vehículos que circulan por ella (Montenegro & Lozano, 2013).

### **2.6.1.5.3. Modelo de adelantamiento**

Este modelo abarca la decisión que un conductor toma para rebasar o no a otro que avanza con menor velocidad. Si un vehículo cambia de carril en una vía de un solo sentido, entonces se realiza dos maniobras seguidas de cambio de carril. Esta tarea se complica cuando se trata de una carretera de dos sentidos y el vehículo debe cruzar el carril contrario a su dirección de viaje (Montenegro & Lozano, 2013).

Para la aplicación de este modelo, se toma en cuenta la velocidad deseada por el conductor, la cual está relacionada con su habilidad para conducir y la aceleración del vehículo. Además, existen otras condiciones que influyen como el número de carriles, el sentido de esos, la diferencia de velocidades con respecto a otros vehículos en los carriles y el espaciamiento disponible entre los vehículos del carril adyacente (Montenegro & Lozano, 2013).

### **2.6.1.5.4. Modelos de seguimiento vehicular**

Los modelos de seguimiento vehicular (*car following*) examinan como se comportarán los vehículos mientras siguen a otros en una corriente de tráfico continua y confinada en un carril (Fernández & Dextre, 2011).

Existen distintos modelos que buscan desarrollar esta relación entre vehículos, algunos de ellos son los siguientes.

#### **2.6.1.5.4.1. Modelo de seguimiento vehicular General Motor**

Este modelo se enfoca en como un vehículo (sucesor) se comporta en relación al vehículo que se encuentra delante (predecesor). Este considera cómo la conducta del vehículo sucesor se ve afectada por los cambios en la velocidad relativa entre él y el vehículo predecesor. Sin embargo, el conductor del vehículo sucesor no reacciona de forma inmediata, ya que la respuesta implica un proceso que incluye la percepción del estímulo, su interpretación, la evaluación de la mejor respuesta, la ejecución y finalmente la transmisión mecánica de la respuesta. Además, no existe

un tiempo único de percepción – respuesta, pues los conductores poseen distintas conductas (Fernández & Dextre, 2011).

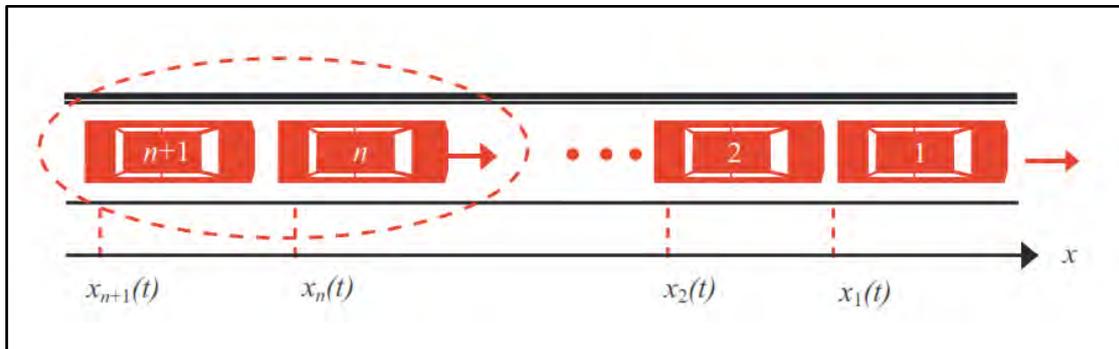


Figura 2: Intervalos y espaciamientos en una corriente de tráfico

Tomado de Fernández & Dextre, 2011.

#### 2.6.1.5.4.2. Modelo de seguimiento vehicular de Gipps

El modelo de Gipps se basa, fundamentalmente, en limitar la velocidad de los vehículos bajo tres restricciones con la finalidad de establecer una velocidad segura con respecto al vehículo precedente. En primer lugar, se prohíbe superar la velocidad deseada por el conductor. En segundo lugar, se permite que la aceleración libre aumente hasta que el vehículo alcance una velocidad cercana a la deseada, para luego disminuir gradualmente hasta alcanzar cero y mantener dicha velocidad. Por último, la tercera restricción hace referencia a la distancia entre vehículos y como esta determina el comportamiento del vehículo que se encuentra detrás (Gipps, 1981). Las ecuaciones que definen este modelo son las siguientes:

- Primera y segunda restricción:

$$u_n(t + \tau) = u_n(t) + 2.5 * a_n \tau * \left(1 - \frac{u_n(t)}{V_n}\right) * \left(0.025 + \frac{u_n(t)}{V_n}\right)^{1/2}$$

Donde:

- $u_n(t)$ : velocidad del vehículo “n” en el tiempo “t”
- $a_n$ : aceleración máxima que el conductor del vehículo “n” desea desarrollar

- $\tau$ : tiempo de reacción aparente (constante para todos los vehículos)
- $V_n$ : velocidad a la que el conductor del vehículo “n” desea viajar
- Tercera restricción:

$$u_n(t + \tau) = b_n \tau + \sqrt{b_n^2 \tau^2 - b_n \left[ 2[X_{n-1}(t) - S_{n-1} - X_n(t)] - u_n(t)\tau - \frac{u_{n-1} t^2}{\dot{b}} \right]}$$

Donde:

- $u_n(t)$ : velocidad del vehículo “n” en el tiempo “t”
- $b_n$ : Frenado más severo que el conductor del vehículo “n” desea realizar
- $\tau$ : tiempo de reacción aparente (constante para todos los vehículos)
- $X_n(t)$ : Ubicación de la parte delantera del vehículo “n” en el tiempo “t”
- $S_{n-1}$ : Tamaño efectivo del vehículo “n-1”. Es decir, longitud física del vehículo y un margen que el siguiente vehículo no sobrepasará, incluso en reposo.
- $\dot{b}$ : Frenado más severo que el conductor del vehículo “n-1” según el conductor del vehículo “n”

En caso de que ambas ecuaciones establezcan limitaciones sobre la velocidad del vehículo y este esté circulando a la máxima velocidad segura permitida por las características del vehículo, la nueva velocidad resultante se determinará como la menor de las dos restricciones.

#### 2.6.1.5.4.3. Modelo de seguimiento vehicular de Wiedemann

El modelo de Wiedemann se clasifica como un modelo de seguimiento vehicular psico-físico, el cual se basa en el modelamiento de los límites de percepción y reacción humanos en la interacción de dos vehículos. Este modelo tiene cuatro regímenes definidos los cuales son: régimen de flujo libre, en el cual el vehículo no se ve influenciado por otro y busca mantener su velocidad deseada; régimen de aproximación, en el cual el vehículo se acerca a otro y desacelera para tratar de igualarla mientras se asegura de mantener la distancia de seguridad;

régimen de seguimiento, en donde el vehículo sigue de manera inconsciente al vehículo principal manteniendo una velocidad y aceleración similar; y por último, régimen de emergencia, donde la distancia entre vehículos se reduce por debajo de la distancia de seguridad deseada por el conductor y este desacelera al máximo dentro de las capacidades del vehículo para no chocar (Menneni & Sun, 2008).

Existen dos modelos de seguimiento vehicular de Wiedemann: Wiedemann 74, cuya aplicación se sugiere para condiciones urbanas; y Wiedemann 99, el cual se sugiere para el uso en autopistas inter-urbanas. Aunque ambos modelos son similares, ya que ambos se basan en límites de percepción humana similares, se diferencian en la forma en la que estas se calculan (Menneni & Sun, 2008).

### **2.7. Software PTV Vissim 8 y Viswalk 8**

Vissim es un software de simulación multinivel que proporciona análisis de tráfico, la planificación de servicios, la estrategia avanzada y las soluciones de transporte. Se basa en un algoritmo de cuatro pasos para la generación de viajes, distribución de viajes, selección de modo y selección de ruta, así como un modelo de planificación de tráfico. (Bedoya, 2013).

Para el presente trabajo se emplea un modelo de simulación microscópico, es decir, el software podrá simular a nivel de detalle los vehículos y los peatones; observando cuál es la ruta que cada uno elige, si estos realizan cambios de carril, la separación entre ellos, etc.; asimismo, los detalles de cada peatón (PTV Group, 2021).

Vissim permite representar, de forma muy similar, a infraestructuras reales en formato digital. En otras palabras, permite reproducir detalles como el número de carriles y dimensiones tales como las pendientes, curvaturas, ancho, entre otras. Otra de las ventajas del uso de Vissim, es que se puede trabajar sobre un *background*, esta se refiere a una imagen de fondo la cual puede ser brindada desde algún sistema que proporcione información geográfica como Google Maps

o Google Earth; o en todo caso, modelar sobre el mismo mapa que te brinda el software (Belloti, 2019).

El programa nos permite ingresar el tráfico por hora, la configuración del vehículo y la velocidad promedio en el modelo. Todo esto se hace de acuerdo a los parámetros del tráfico. Una vez definida la infraestructura y los parámetros, es posible asignar, entre otras cosas, el porcentaje de vehículos que atenderá cada ruta, la prioridad que tendrá el viaje frente a los demás y el grado de aceleración y desaceleración (Belloti, 2019).

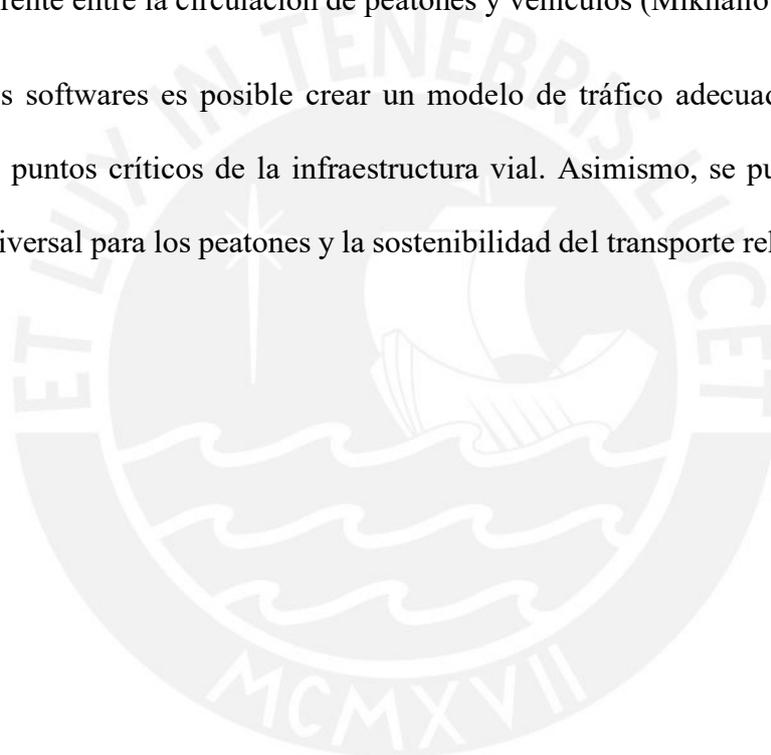
Además, permite la simulación de medidas de control de tráfico tales como señales de alto y semáforos, estos últimos son simulados por el programa con su respectivo ciclo. Vale la pena mencionar que las herramientas de evaluación del simulador pueden lograr una amplia gama de resultados; por lo que le corresponderá al modelador elegir los resultados que sean útiles (Belloti, 2019).

Por otro lado, se tiene al programa Viswalk 8, el cual forma parte de Vissim y es una herramienta que organiza la disposición de los peatones simulando diversas rutas o patrones de comportamiento para asemejar el desplazamiento y trayectoria de estos en la realidad. Es considerado como el software líder para la simulación de peatones, ya que modela de manera realista y confiable el comportamiento al caminar de las personas. Esta herramienta es muy útil al momento de simular y analizar los flujos de peatones, ya que permite encontrar las rutas que ayudan a los transeúntes llegar a sus destinos de forma segura (Mikhailov, 2012).

Pese a que las rutas de los peatones no son tan predecibles como sucede con los movimientos de los vehículos, este software permite diseñar áreas en donde los peatones se desplazan con mayor libertad y con movimientos más reales en lugar de caminar en filas o trasladarse por una ruta establecida. Esto permite que también se puedan trasladar en distintas direcciones dentro del área asignada para su movimiento (Friis y Svensson, 2013).

En el contexto de movilidad y la accesibilidad universal, el objetivo de este proyecto, la seguridad de los peatones y sus necesidades son una prioridad. En la planificación del tráfico en las intersecciones hay peatones y transporte motorizado; los peatones pueden afectar el flujo de tráfico de diversas maneras. Por este motivo, en este tipo de situaciones es preferible combinar ambos softwares PTV Viswalk y el software de simulación de tráfico PTV Vissim para modelar el impacto de los flujos de peatones en los vehículos. En el caso de un análisis microscópico, ambos softwares trabajan mejor en conjunto pues se establece un entorno de simulación coherente entre la circulación de peatones y vehículos (Mikhailov, 2012).

Empleando estos softwares es posible crear un modelo de tráfico adecuado para encontrar soluciones a los puntos críticos de la infraestructura vial. Asimismo, se pueda garantizar la accesibilidad universal para los peatones y la sostenibilidad del transporte relacionado (Krivda et al., 2021).



### **3. CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA**

En el presente proyecto se seguirá la filosofía del Diseño universal, con el cual se busca la accesibilidad a distintos servicios y espacios públicos fomentando la igualdad entre los diferentes usuarios. Además, se buscará implementar mejoras a lo largo de estas pautas para lograr una movilidad urbana sostenible.

En primer lugar, se realizó una inspección en la ciudad acerca de las posibles avenidas con mayor oportunidad de mejora según sus condiciones y carencias. Después, se llevó a cabo la revisión de bibliografía para obtener mayor noción y manejo de los temas que servirán como recurso para plantear la propuesta de mejora. Asimismo, se consultó manuales de diseño de intersecciones de distintos países para luego plantear posibles soluciones en base a lo leído.

Posteriormente, para evaluar el estado actual de la intersección seleccionada, se elaboraron encuestas a peatones que circulaban por el área en cuestión. De esta manera, se pudieron obtener datos como la afluencia de personas y automóviles, además, del día y hora donde se presenta un mayor movimiento en este cruce de avenidas. Asimismo, las respuestas de los encuestados sirvieron para recopilar posibles problemáticas o carencias que observaban en la intersección y potenciales oportunidades de mejora a estas condiciones. Con base en los hallazgos y la información de los manuales de diseño, se desarrollaron posibles opciones de rediseño para abordar estos problemas.

Lo siguiente que se realizó fue la micro simulación, la cual requirió la recopilación previa de información de la intersección en cuestión. Para la recolección de dicha información, se empleó el uso de equipos de grabación como drones y cámaras, los cuales se contrataron con cierta anticipación y realizando algunas pruebas previas. Gracias a las grabaciones obtenidas, se procedió con el conteo de vehículos y personas para conseguir los aforos vehiculares y peatonales necesarios para crear un modelo de la intersección en Vissim.

Después, se inició la elaboración del modelo utilizando los datos previamente mencionados. Una vez concluido, se procedió a verificar los datos ingresados al software, la geometría y los parámetros de simulación.

Luego de culminar con la creación del modelo, se procedió a la calibración, la cual implica la comparación de los parámetros de calibración obtenidos por el programa con los parámetros medidos en campo. Los resultados obtenidos deben ser representativos de las condiciones de cruce, de lo contrario se continúa cambiando los parámetros tanto de vehículos como de peatones hasta que los resultados obtenidos de cada uno de ellos, se asemejen a la realidad.

A continuación, cuando el modelo se encuentre calibrado se realizó la validación de este. Esto con la finalidad de ver si el modelo era representativo con otros datos de entrada. Después de ello, se plantean posibles mejoras buscando la mejor optimización del flujo vehicular y peatonal que a su vez representen un desarrollo en cuanto a la accesibilidad para las personas. Seguidamente, se crea un modelo con dichas mejoras y se evalúa en Vissim con los parámetros bajo los cuales se calibró el primer modelo.

Finalmente, con los resultados obtenidos de esta última simulación, se determinó si las mejoras planteadas representan un progreso en cuanto a las condiciones de la intersección o no.

A continuación, la Figura 3 presenta la metodología a seguir para el desarrollo del presente trabajo.



Figura 3: Esquema de metodología

Elaboración propia

Del mismo modo, se elaboró la siguiente figura para detallar el proceso de micro simulación.



Figura 4: Esquema del proceso de micro simulación

Elaboración propia

### 3.1. Evaluación de la situación actual

A lo largo de esta etapa se realizaron visitas en la zona de estudio durante distintos días y en diferentes horarios. De la misma manera, se evaluó y se identificó los diferentes problemas y necesidades que pueden enfrentar los peatones. Esta evaluación se realizó a distintas horas, debido a que, el flujo de peatones y automóviles varía durante el día. Se tomó en cuenta la opinión de los transeúntes que atraviesan la intersección; por ello, se realizaron encuestas para recopilar sus sugerencias acerca de las carencias y condiciones actuales de la intersección en cuestión.

En síntesis, la mayoría de encuestados coincidió en los siguientes problemas que presenta la situación actual. En primer lugar, varios encuestados mencionaron la falta de orden vehicular, ya que observaban que los vehículos se detienen en cualquier parte de la intersección a veces sin respetar a los demás automóviles y peatones. En segundo lugar, se evidenció la falta de señalización que posee la intersección tanto para indicar las paradas como para los cruces peatonales. En tercer lugar, se observó una mediana con una nariz pequeña lo que ocasiona que los vehículos puedan voltear en U, ocasionando inseguridad en los peatones que desean cruzar de una calle a otra. En cuarto lugar, se verifica la presencia de un grifo, el cual genera desorden al momento que los vehículos se retiran, pues estos lo hacen muchas veces sin seguir la señalización adecuada. Por último, resaltaron la existencia de un paradero de buses en la pista, lo que interrumpe el tránsito normal de los vehículos y dificulta a los peatones cruzar la calle.

### **3.2. Planteamiento de mejoras**

A partir de todo lo expuesto en el apartado anterior, se plantearon las siguientes medidas e implementaciones para la optimización del flujo, además, de la mejora de condiciones para la accesibilidad y comodidad de todos los transeúntes.

Por lo cual, la primera sugerencia de mejora que se realizó es la ampliación de la mediana existente para evitar los giros en U de los vehículos y reducir la sensación de peligro para los peatones que van a cruzar la calle. Otra medida para incrementar la seguridad de los transeúntes, es colocar una mayor señalización tanto para los vehículos que entran y parten del grifo como para los peatones, ya que es importante que puedan identificar los cruces peatonales.

Por otro lado, para desarrollar una intersección que presente un diseño más accesible para todos, se planteó la posibilidad de situar rampas para personas con capacidad limitada o aquellos que lo requieran. Esto acompañado de un rediseño a las aceras para redefinir el ancho y que garantice las medidas que los manuales de diseño de accesibilidad brindan.

### **3.3. Recolección de datos de campo**

Los datos de campo se recolectaron empleando métodos cuantitativos, ya que serán utilizados para probar las hipótesis planteadas, en el análisis de micro simulación. Los resultados obtenidos se analizaron para la formulación de las conclusiones.

La zona en estudio y en la cual se realizó la recolección de datos está ubicada en la provincia de Jauja, en el departamento de Junín. La intersección se localiza entre las avenidas Bruno Terreros y Huancayo.

Para documentar la interacción de los vehículos y personas en la intersección en estudio se contrató a un equipo, el cual se encargó de proveer y pilotear los drones. Adicionalmente, se realizaron grabaciones al nivel del suelo empleando una cámara y un trípode; esto con la finalidad de tener una grabación continua al momento de bajar los drones para cambiarles la batería.

### **3.4. Procesamiento de los datos**

Para procesar los datos se utilizaron las grabaciones realizadas con los drones y las cámaras. Se delimitaron cuatro intervalos de 15 minutos cada uno y se contabilizó el número de vehículos y personas que circularon por la intersección durante el tiempo seleccionado. Adicionalmente, se clasificaron los vehículos según su tipo y a las personas según su sexo y edad; además, se registró si había personas con alguna condición o limitación de movilidad.

Para lograr tener mayor información acerca de los trayectos que realizan los vehículos y peatones, se realizó la contabilización según el tipo de desplazamiento y trayectoria que estos efectuaron en las grabaciones. En el caso del conteo vehicular, se analizaron los desplazamientos que realizaban los vehículos que ingresaban a la intersección desde cualquiera de los accesos del área de estudio.

### **3.5. Construcción del modelo en PTV Vissim 8**

Para realizar la construcción del modelo de la intersección mencionada, se emplearon los datos de campo previamente procesados. Se usaron herramientas tales como los softwares Vissim y Viswalk; ya que lo que se busca es modelar los flujos vehiculares y peatonales para obtener los parámetros de eficiencia según el comportamiento propio de cada uno de ellos.

### 3.5.1. Background

Se inicia la construcción del modelo insertando una imagen de fondo (*Background*) de la intersección, esta servirá como guía para dibujar los siguientes elementos sobre esta y replicar la distribución. Esta solo sirve como referencia para añadir los elementos que representarán las pistas y veredas de la intersección en estudio. La siguiente imagen, la cual fue empleada como *Background* en el presente trabajo, fue obtenida de *Google Maps*.



Figura 5: *Background* intersección Av. Huancayo y Av. Bruno Terreros

Tomado de *Google Maps*

### 3.5.2. Links y conectores

Los *links* son elementos de Vissim que se emplean para representar las vías por las cuales circulan los vehículos. Al insertarlos sobre el *background* se tiene que definir el número de carriles y los anchos que estos poseen; de este modo, al ubicarlos en las posiciones y sentidos que correspondan se podrá visualizar que las medidas de las vías se cumplen de forma

aproximada. Para la creación del modelo y la definición de los accesos de la intersección en estudio se emplearon siete *links*; cuatro *links* para representar las vías de la Av. Huancayo y tres *links* para las de la Av. Bruno Terreros.

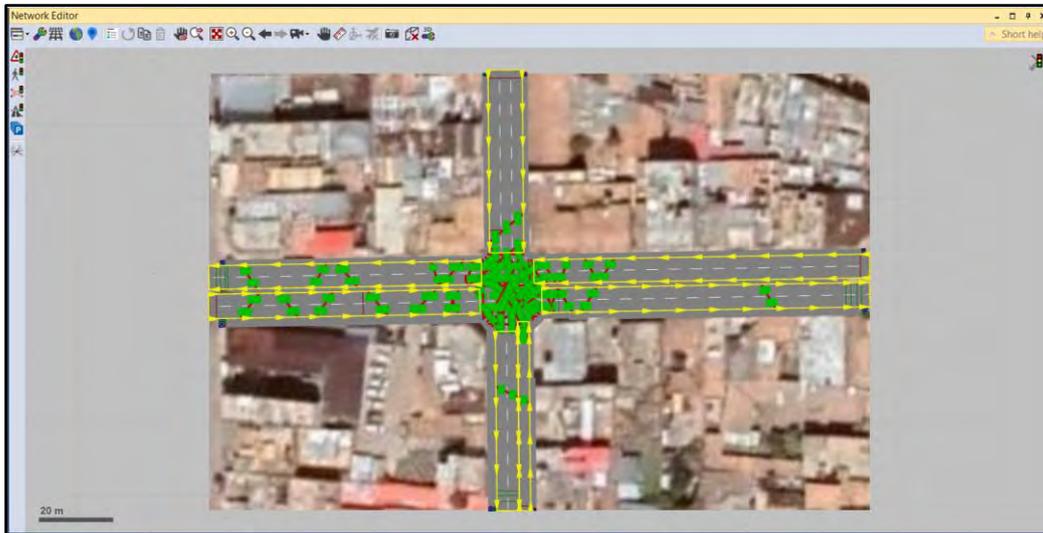


Figura 6: Links del modelo en Vissim

Elaboración propia

Por otra parte, los conectores tienen la función de unir dos *links*; estos elementos definen cuáles serán los carriles de salida de los *links* y cuáles serán los carriles en los cuales estos continuarán. Se definen en *links* que poseen un mismo sentido, o que permitan un flujo continuo, ya que al unirse será como si fuera una sola vía. En este caso, se emplearon 11 conectores para unir los *links* de los cuatro accesos, este es el mismo número de movimientos posibles que realizan los vehículos que ingresan a la intersección.

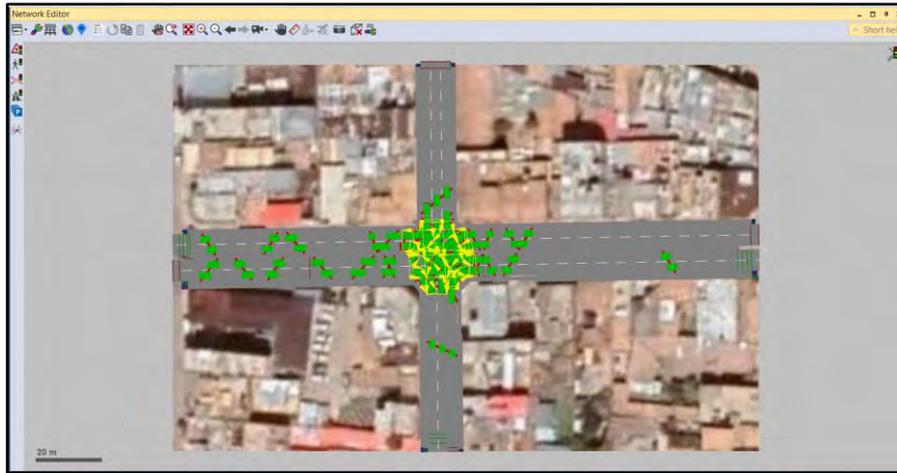


Figura 7: Conectores del modelo en Vissim

Elaboración propia

Además, existen *links* que pueden funcionar como elementos peatonales, ya que replican la manera en que las personas transitan y utilizan las vías. Por ejemplo, en el modelo del presente trabajo se emplearon para identificar las áreas de conflicto entre los peatones y las vías vehiculares, de este modo fue posible definir la prioridad de paso entre estas.

### 3.5.3. Áreas

Las áreas son elementos de Viswalk que sirven para que los peatones circulen por ellas y que el comportamiento de estos sea similar al de la vida real. La Figura 8, muestra cómo se emplearon para delimitar el espacio de las veredas y medianas en la intersección.

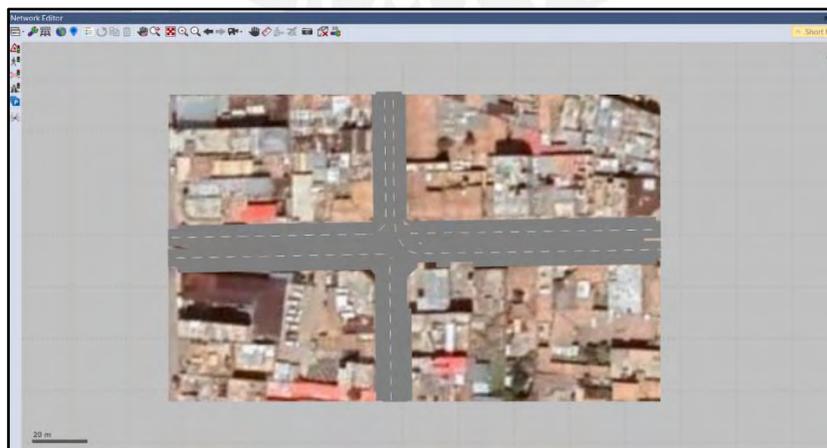


Figura 8: Intersección en estudio formada con links, conectores y áreas

Elaboración propia

### 3.5.4. Áreas de reducción de velocidad

*Reduced speed areas*, o áreas de reducción de velocidad, son elementos que se definen sobre los conectores para restringir la velocidad de los vehículos al entrar a una curva. Para ello se selecciona el conector sobre el cual se insertará este elemento y haciendo clic derecho se arrastra el cursor para especificar el inicio y fin del tramo en el cual los vehículos reducirán su velocidad.

De acuerdo a lo que se puede observar en la Figura 9, se estableció en este modelo que las velocidades deseadas para las áreas de reducción sean de 20 km/h en todos los casos y para todos los tipos de vehículos.

Count	No	Name	Lane	Pos	Length	TimeFrom	TimeTo	DesSpeedDistr(10)	DesSpeedDist	Count	RedSpeedArea	VehClass	DesSpeedDistr	Decel
1	1		10000 - 2	0.093	8.006	0		MAX: 20: 20 km/h	20: 20 km/h	1	1	10: Car	20: 20 km/h	2.00
2	2		10000 - 1	0.224	7.708	0		MAX: 20: 20 km/h	20: 20 km/h	2	1	20: HGV	20: 20 km/h	2.00
3	3		10002 - 2	0.393	15.881	0		MAX: 20: 20 km/h	20: 20 km/h	3	1	30: Bus	20: 20 km/h	2.00
4	4		10002 - 1	0.478	15.969	0		MAX: 20: 20 km/h	20: 20 km/h	4	1	60: Bike	20: 20 km/h	2.00
5	5		10003 - 1	0.216	8.298	0		MAX: 20: 20 km/h	20: 20 km/h	5	1	70: Motocicleta	20: 20 km/h	2.00
6	6		10005 - 1	0.592	4.502	0		MAX: 20: 20 km/h	20: 20 km/h	6	1	80: Mototaxi	20: 20 km/h	2.00
7	7		10006 - 1	0.577	17.831	0		MAX: 20: 20 km/h	20: 20 km/h					
8	8		10007 - 1	0.312	7.661	0		MAX: 20: 20 km/h	20: 20 km/h					
9	9		10009 - 2	0.376	19.543	0		MAX: 20: 20 km/h	20: 20 km/h					
10	10		10009 - 1	0.073	19.882	0		MAX: 20: 20 km/h	20: 20 km/h					
11	11		10010 - 1	0.096	6.429	0		MAX: 20: 20 km/h	20: 20 km/h					

Figura 9: Panel de la herramienta *Reduced Speed Areas*

Elaboración propia

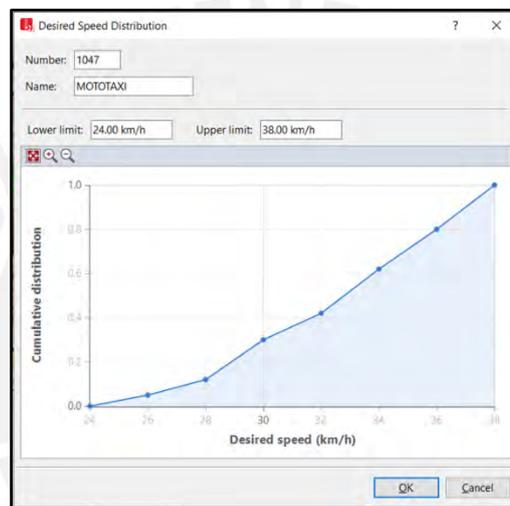
### 3.5.5. Desired Speed

La velocidad deseada de los peatones y vehículos es aquella velocidad que estos podrían alcanzar sin verse afectados por la interacción con otros elementos. En la realidad, esta velocidad no se alcanza de manera constante ya que existen cambios en las aceleraciones. Para ello se definen las velocidades deseadas empleando gráficos de distribución, de este modo, las velocidades variarán dentro del rango que se especifique.

El programa cuenta con velocidades deseadas definidas; en el caso del modelo desarrollado, se escogieron las que mejor representan a cada vehículo. Para brindarle mayor detalle al modelo

y que este represente mejor la realidad del comportamiento vehicular, fue necesario definir la distribución de las velocidades deseadas de los mototaxis, ya que al no ser vehículos típicos de otros países no cuentan con una distribución establecida.

El trabajo de tesis de Lazo y Araujo (2017) presenta los datos de la distribución de velocidades de los mototaxis que se emplearon para su proyecto. Estos fueron tomados como referencia para el presente trabajo. La Figura 10 muestra el gráfico de distribución con el cual se definió la velocidad deseada de los mototaxis.



*Figura 10: Gráfico de distribución de la velocidad deseada para mototaxis*

Tomado de Lazo y Araujo, 2017

Asimismo, se definió la velocidad deseada de los peatones, ya que dentro de las velocidades predeterminadas del programa no se encontraba ninguna que la represente bien. Para ello se empleó la grabación de la intersección y se realizaron 50 mediciones tiempo de viaje de personas a lo largo de distancias conocidas en campo (ver Anexo A). Con ellos se obtuvo un gráfico de distribución de velocidades, el cual se introdujo en el programa para definir la velocidad deseada de los peatones. La Figura 11, muestra el gráfico de distribución de velocidades obtenido.

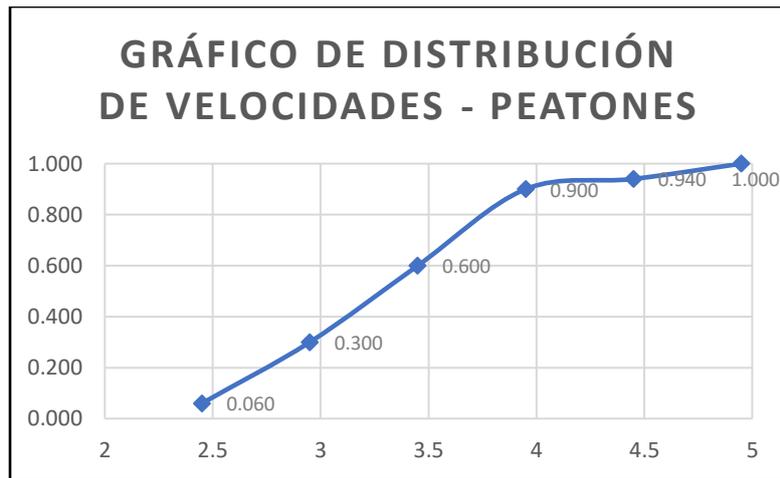


Figura 11: Gráfico hallado de la distribución de la velocidad deseada para peatones

Elaboración propia

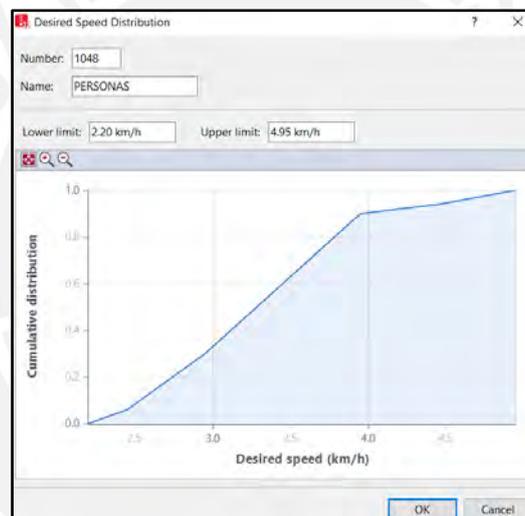


Figura 12: Gráfico de distribución de la velocidad deseada para peatones definida en Vissim

Elaboración propia

### 3.5.6. Composiciones vehiculares y peatonales

*Vehicle compositions* es la herramienta de Vissim que permite definir la velocidad deseada y el flujo relativo de las rutas que parten de un mismo acceso en la intersección. Tal y como muestra la Figura 13, para el presente trabajo se definieron las velocidades deseadas y el porcentaje del volumen que representan los automóviles, camiones, buses, usuarios de bicicleta, motos lineales y mototaxis.

Count	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	100: Car	50: 50 km/h	0.421
2	200: HGV	40: 40 km/h	0.018
3	610: Bike Man	15: 15 km/h	0.032
4	630: Motocicleta	50: 50 km/h	0.036
5	640: Mototaxi	1047: MOTOTAXI	0.493
6	100: Car	50: 50 km/h	0.274
7	200: HGV	40: 40 km/h	0.041
8	610: Bike Man	15: 15 km/h	0.055
9	630: Motocicleta	50: 50 km/h	0.069
10	640: Mototaxi	1047: MOTOTAXI	0.562
11	100: Car	50: 50 km/h	0.414
12	200: HGV	40: 40 km/h	0.017
13	300: Bus	40: 40 km/h	0.017
14	610: Bike Man	15: 15 km/h	0.060
15	630: Motocicleta	50: 50 km/h	0.060
16	640: Mototaxi	1047: MOTOTAXI	0.431
17	100: Car	50: 50 km/h	0.251
18	200: HGV	40: 40 km/h	0.002
19	300: Bus	40: 40 km/h	0.033
20	610: Bike Man	15: 15 km/h	0.033
21	630: Motocicleta	50: 50 km/h	0.039
22	640: Mototaxi	1047: MOTOTAXI	0.643

Figura 13: Definición de la composición vehicular del modelo

Elaboración propia

De igual forma, *Pedestrian Compositions* es la herramienta que se utiliza para definir las velocidades deseadas y el porcentaje del flujo total que cada tipo de peatón representa. Como se ve en la Figura 14, para la composición llamada “Peatones” se definieron ocho tipos de transeúntes, esto debido a que durante la recolección de datos se realizó la clasificación de los peatones que interactuaban en la intersección y se les dividió por edades, siendo las categorías resultantes: adulto, anciano, varón joven, niño, adulta, anciana, mujer joven y niña.

Count	PedType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	100: Adulto	1048: PERSONAS	30.000
2	200: Adulta	1048: PERSONAS	28.470
3	310: Niño	1048: PERSONAS	1.530
4	320: Niña	1048: PERSONAS	3.750
5	330: Anciano	1048: PERSONAS	4.170
6	340: Anciana	1048: PERSONAS	2.360
7	350: Varón Joven	1048: PERSONAS	16.810
8	360: Mujer Joven	1048: PERSONAS	12.920

Figura 14: Definición de la composición peatonal del modelo

Elaboración propia

### 3.5.7. Áreas de conflicto

Las áreas de conflicto son las zonas que se producen cuando dos *links* se cruzan, estas sirven para definir cuál será el movimiento que tenga prioridad con respecto a otro. El movimiento que sea prioritario se mostrará de color verde mientras que el otro movimiento en conflicto aparecerá de color rojo. Las reglas de prioridad en el modelo de la intersección en cuestión se definieron considerando lo observado en las grabaciones, dándole mayor importancia a los desplazamientos vehiculares que ocurren en las vías principales que atraviesan la intersección sin realizar giro alguno.

Además, se empleó esta herramienta para establecer las prioridades entre los movimientos de peatones y vehículos, pues en el caso de los desplazamientos peatonales que cruzan las vías de la intersección se utilizaron links con comportamiento peatonal para que estos se lleven a cabo. De este modo, el programa reconoció que existían áreas de conflicto entre estos *links* y las vías vehiculares, permitiendo que se establezca un orden prioritario entre estos, según lo que se observó en las grabaciones de la intersección en las que los vehículos eran los que tenían la prioridad.

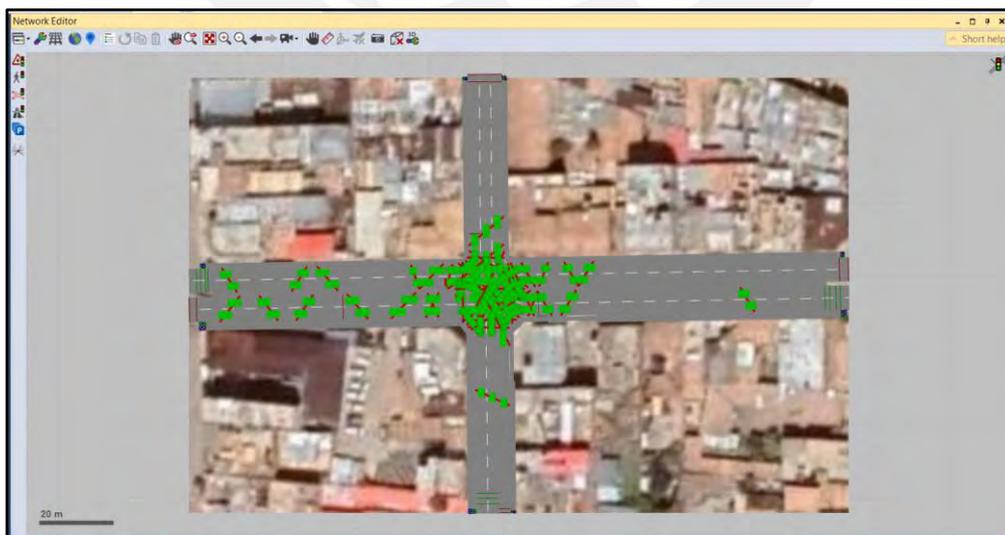


Figura 15: Orden de prioridad en las áreas de conflicto de la intersección

Elaboración propia

### 3.5.8. Stop Sign

Esta herramienta se emplea para definir los lugares en los cuales existen paradas de vehículos. En este caso, se utilizó para modelar un paradero de buses en la Av. Bruno Terreros. Para ello, se tomó el tiempo de detención de 11 buses en dicha zona, con el promedio de estos datos se pudo establecer una distribución de tiempo en Vissim en la sección *Time Distributions*. Esta fue asignada a los buses en ese acceso de la intersección.

Count	No	Name	Type	LowerBound	UpperBound	StdDev	Mean
1	1	0.5 s	Normal	0.00	0.50	0.00	0.50
2	2	0.9 s	Normal	0.00	0.90	0.00	0.90
3	3	5 s ±	Normal	0.00	15.00	1.00	5.00
4	20	20 s ±	Normal	0.00	40.00	2.00	20.00
5	30	30 s ±	Normal	0.00	130.00	10.00	30.00
6	101	2.0 s	Normal	0.00	2.00	0.00	2.00
7	102	1.5 s	Normal	0.00	1.50	0.00	1.50
8	103	0.6 s	Normal	0.00	0.60	0.00	0.60
9	104	BUSES	Normal	0.00	1372.43	110.77	264.73

Figura 16: Definición de la distribución de tiempo para los buses

Elaboración propia

Stop Sign

No.: 1 Name: PARADERO BUS

Link - lane: 2 - 1

At: 43.218 m

Show label

RTOR Time Distribution

Used Dwell Time Distribution:

Count	VehClass	DwellTmDistr
1	30: Bus	104: BUSES

OK Cancel

Figura 17: Asignación de la distribución de tiempo al paradero de buses

Elaboración propia

### 3.5.9. Vehicle Inputs

Se emplea para determinar los volúmenes vehiculares que ingresan a la intersección a través de los accesos. La Figura 18 muestra los cuatro *vehicle inputs* definidos a los extremos de las vías que ingresarán hacia el cruce en estudio, cada uno de estos con sus volúmenes respectivos obtenidos de los conteos de aforos realizados en la etapa de procesamiento de datos.

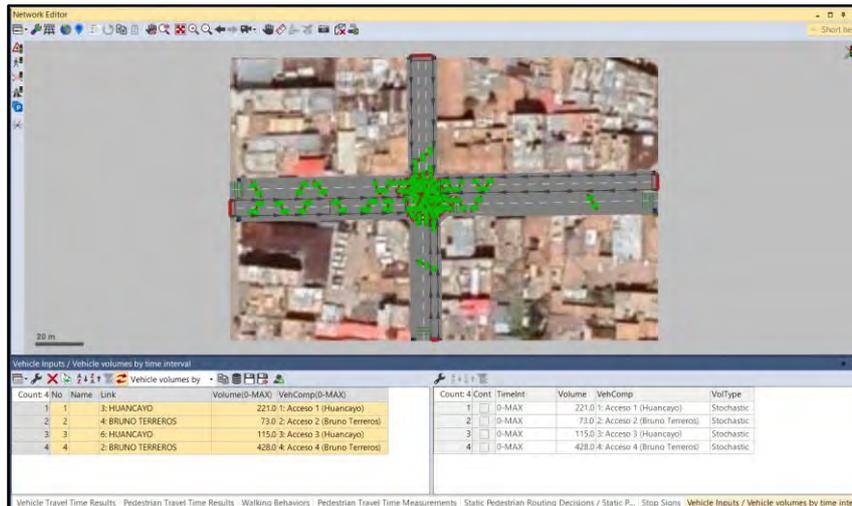


Figura 18: Especificación de volúmenes de entrada de vehículos en los accesos

Elaboración propia

### 3.5.10. Vehicle Routes

Con este elemento se definen las rutas de los vehículos en la intersección. Estas rutas se establecen a través de los *links* y conectores, reproduciendo todos los movimientos y giros que los vehículos realizan. Asimismo, se definen las cantidades relativas de los tipos de movimiento que se ejecutan (ver Anexo B). Como se muestra en la Figura 19, se definieron 11 rutas vehiculares en la intersección, a las cuales se les asignaron los porcentajes correspondientes en relación al total de vehículos que ingresan por cada acceso.

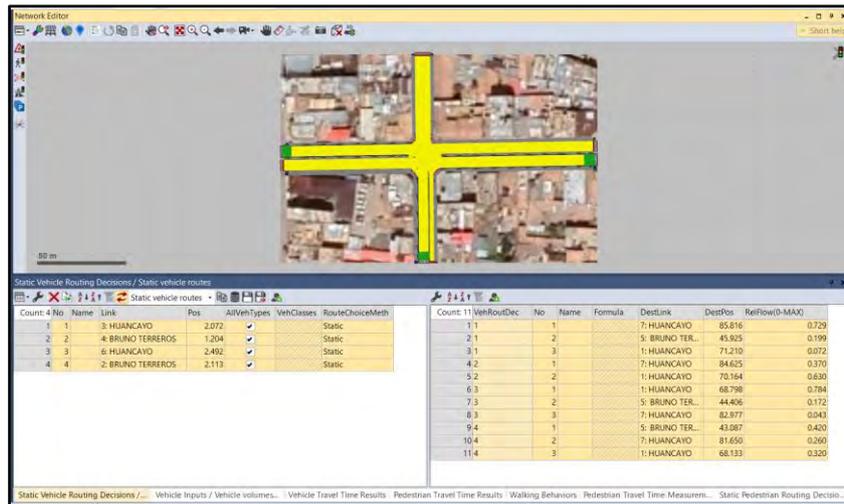


Figura 19: Rutas vehiculares en la intersección

Elaboración propia

### 3.5.11. Vehicle Travel Time

Con esta herramienta se establece el tramo en el cual se medirán los tiempos de viaje vehiculares al correr el programa. Este se establece a través de dos líneas dentro de los links que conforman una misma ruta vehicular. El tiempo que se mide inicia cuando un vehículo cruza la primera línea y termina cuando atraviesa la otra. Es de gran utilidad, ya que cumple la función de ser un parámetro de eficiencia para la calibración y validación, con el cual se puede evaluar un modelo.

### 3.5.12. Pedestrian Inputs

En esta sección se definen los volúmenes de entrada de peatones, se insertan sobre áreas y también se determina la composición peatonal de dichos volúmenes. Al establecer una entrada de peatones dentro de un área estos aparecen de manera aleatoria sobre toda la extensión del área. Para asegurar que los peatones ingresen al modelo por los puntos que se desean, se dibujan pequeñas áreas a los extremos de las zonas que representan las veredas y dentro de estas se ubican las entradas peatonales. En el presente modelo se ubicaron ocho puntos de entrada de peatones, dos por cada acceso, uno en cada vereda.

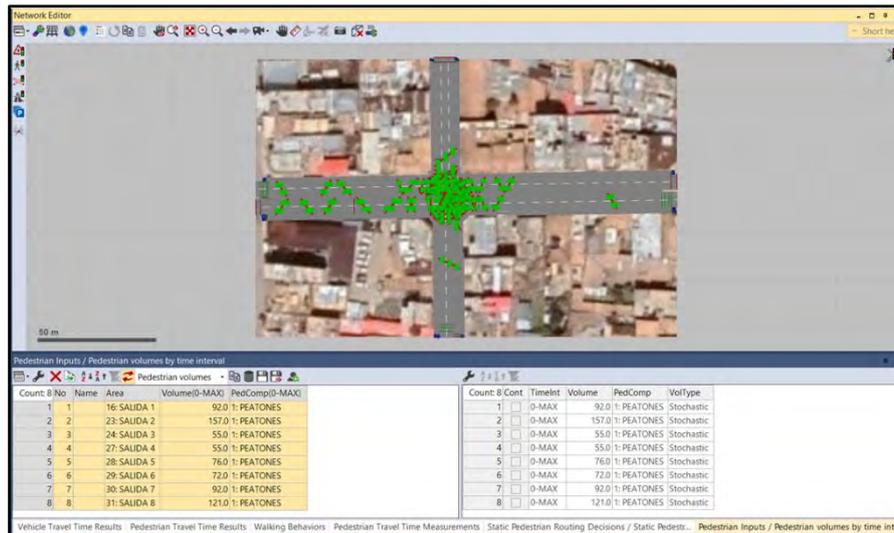


Figura 20: Definición de Pedestrian Inputs

Elaboración propia

### 3.5.13. Pedestrian Routes

Empleando esta herramienta se establecen todas las rutas peatonales que se desea considerar en el modelo, estas tienen que partir de un área en la que se asignó un volumen de entrada con *Pedestrian Inputs* y tienen que llegar hacia otra área de destino. A cada ruta se le asigna un flujo relativo para que el programa reconozca la cantidad de peatones que realizará cada movimiento con respecto al volumen total ingresado en los puntos de inicio.

En el modelo desarrollado se definieron 43 rutas peatonales en total, las cuales parten de los ocho puntos establecidos anteriormente (ver anexo C).

### 3.5.14. Pedestrian Travel Time

Este elemento sirve para recolectar información del tiempo de viaje de los peatones entre dos puntos al correr la simulación en el programa. Para el presente trabajo se definió que la medición de este parámetro se iba a realizar en la Av. Huancayo, cuando los peatones crucen de una vereda a otra. Además, este valor sirvió como parámetro de eficiencia en el proceso de calibración y validación realizado. La Figura 21 muestra las circunferencias azules que indican los puntos de inicio y finalización de la medición.

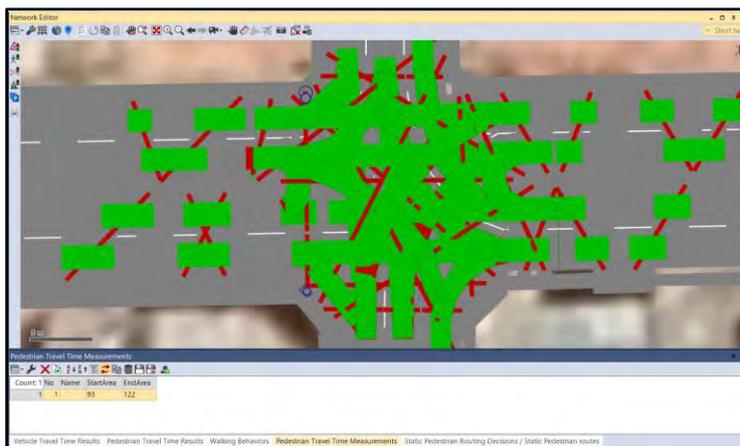


Figura 21: Determinación de los puntos de medición del tiempo de viaje peatonal

Elaboración propia

### 3.5.15. Driving Behavior

En esta sección se establece la manera en la que los vehículos se comportarán en el modelo. En este proyecto, se empleó el modelo de Wiedemann 74 ya que, al ser un ámbito urbano, este representa mejor las características de manejo vehicular. Además, para poder representar mejor la realidad peruana, se variaron parámetros como la media que existe entre los vehículos cuando estos se encuentran detenidos y el valor multiplicativo de distancia segura.

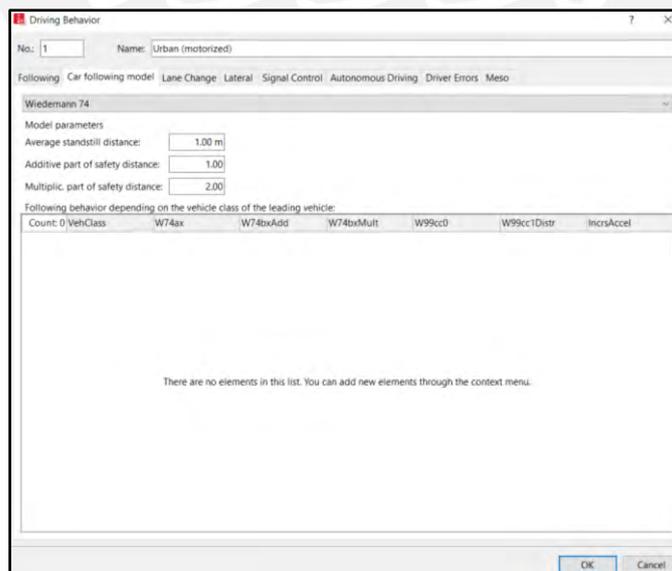


Figura 22: Definición de parámetros de manejo vehicular

Elaboración propia

### **3.5.16. Walking Behaviors**

Los parámetros que se definen en esta sección determinan el comportamiento de los peatones cuando estos interactúan entre sí o con objetos a su alrededor. Para conseguir valores que reflejen de manera precisa su comportamiento en la zona en estudio, es necesario realizar un proceso de prueba y error, cambiando los parámetros, hasta que el modelo se encuentre calibrado. Las variables que más inciden en el comportamiento peatonal y las cuales se suelen modificar son: *Tau*, *Lambda* y *Noise*.

### **3.5.17. Parámetros de simulación**

Para que el proceso de simulación brinde resultados representativos del modelo, se tienen que realizar cambios en los parámetros que la definen. Por ejemplo, para el presente trabajo se escogió un periodo de simulación de 4200 segundos, ya que los primeros 600 segundos representan el tiempo de *Warm-up*. Además, se estableció que el número de corridas del programa iba a ser 15 y que el número semilla incrementará su valor en uno, entre cada simulación.

### **3.5.18. Parámetros de evaluación**

Para el proyecto en cuestión, se determinó que los parámetros a evaluar serán los tiempos de desplazamiento para los peatones y los vehículos. Para seleccionarlos es necesario acceder a la ventana de opciones de configuración de la evaluación, modificando también el tiempo de inicio a 600 ya que no se contará el periodo de *Warm-up* para evaluar la simulación.

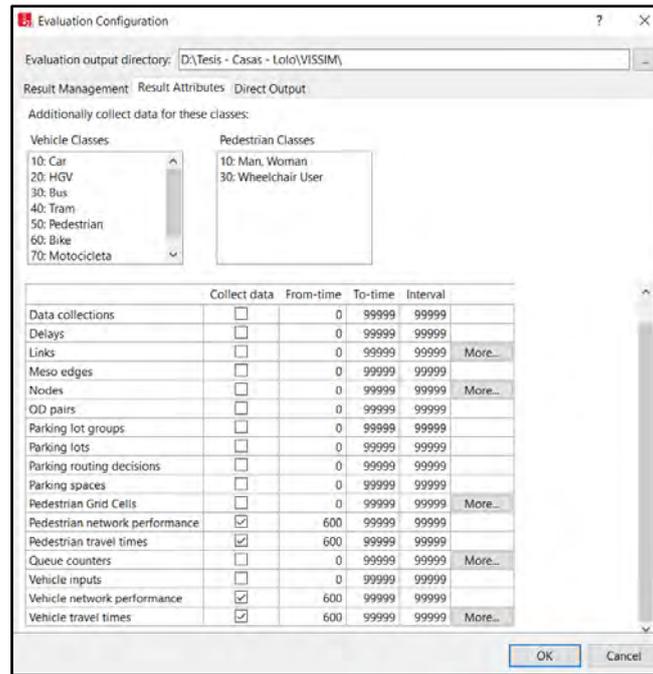


Figura 23: Configuración de parámetros de evaluación

Elaboración propia

### 3.6. Calibración del modelo

La etapa de calibración se inicia una vez que se ha completado el modelo de la intersección con todos los elementos mencionados previamente. Lo que se busca con esta etapa es que el modelo representado refleje la realidad del comportamiento e interacción de los vehículos y peatones.

Se lleva a cabo una prueba estadística no paramétrica denominada *Randomization Test*, para comparar los resultados de la simulación del software con los parámetros medidos en campo a través de las grabaciones. Estos valores son los parámetros de eficiencia definidos anteriormente; en este caso, para los vehículos sería el tiempo de viaje vehicular y para los peatones, el tiempo de viaje peatonal.

Como paso previo a realizar la prueba estadística, es posible hallar el “*P value*” empleando fórmulas estadísticas en una hoja de Microsoft Excel. Este es un indicador de la probabilidad con la que se rechazará la hipótesis nula definida y nos servirá para tener una idea de si el

modelo estará calibrado al realizar la prueba *Randomization Test* o no. Al trabajar con un nivel de significancia de 5%, en caso del que el *P value* sea mayor a 0.05, se asume que la hipótesis nula es verdadera, lo que significa que el modelo se encuentra calibrado y mientras más alto sea este valor, habrá mayores posibilidades de que este cumpla cuando el modelo sea validado.

Es importante considerar también el número mínimo de datos disponibles antes de realizar la prueba estadística. Para verificar si las cantidades de datos obtenidos en campo y en el software son adecuadas, es necesario aplicar la fórmula para el número mínimo de corridas que fue definida en el capítulo anterior y trabajar con un nivel de confianza del 95%.

Antes de llevar a cabo la prueba *Randomization Test* y la evaluación usando el *P value*, se define la Hipótesis nula ( $H_0$ ) y la Hipótesis alternativa ( $H_1$ ), las cuales son:

- $H_0$ : Las medias de los tiempos medidos en campo y obtenidos en el software son iguales.
- $H_1$ : Las medias de los tiempos medidos en campo y obtenidos en el software no son iguales.

La Tabla 1, presenta los tiempos de viaje vehiculares medidos en campo mediante grabación y los obtenidos como resultado de la simulación, así como los números mínimos de datos para ambos y el *P value* (Ver Anexo D).

Tabla 1.

*Tiempos de viaje vehicular en campo y los tiempos obtenidos a partir de la simulación para la calibración del modelo.*

	Tiempo de viaje vehicular medido en campo (s)	Tiempo de viaje vehicular medido en Vissim (s)
<b>1</b>	6.79	5.457
<b>2</b>	5.05	5.631
<b>3</b>	4.89	5.863
<b>4</b>	5.54	5.759
<b>5</b>	5.67	5.397
<b>6</b>	6.21	5.653
<b>7</b>	4.98	5.290
<b>8</b>	5.81	5.561
<b>9</b>	5.94	5.107
<b>10</b>	6.07	4.853
<b>11</b>	5.12	5.251
<b>12</b>	5.86	4.953
<b>13</b>	5.48	5.177
<b>14</b>	6.31	5.805
<b>15</b>	5.01	4.805
<b>Promedio</b>	5.649	5.371
<b>Desv. Est.</b>	0.548	0.345
<b>Pvalue</b>	-	0.116
<b>Nmin</b>	14.723	10.252

*Nota:* Elaboración propia

Se comprueba que la cantidad de datos es suficiente en ambos casos y que el *P value* es mayor a 0.05, lo que implica que se acepta la hipótesis nula.

Luego de realizar la prueba de *Randomization Test*, se encontró que la diferencia de medias (0.2) se encuentra dentro de la zona de confianza, lo que lleva a aceptar la hipótesis nula planteada. En consecuencia, se puede afirmar que el modelo se encuentra calibrado para los vehículos.



Tabla 2.

*Tiempos de viaje peatonales en campo y los tiempos obtenidos a partir de la simulación para el proceso de calibración.*

	Tiempo de viaje peatonal medido en campo (s)	Intento 1	Intento 2	Intento 3	Tiempo de viaje peatonal medido en Vissim (s)
1	18.38	20.12	18.5605	18.5917	17.9098
2	18.3	17.74	17.7391	18.3208	17.0793
3	16.78	19.13	20.8000	18.9524	18.3160
4	13.81	17.08	17.5929	17.4318	17.0239
5	20.21	17.65	18.3609	17.9143	17.9286
6	17.36	18.12	18.9405	18.2382	17.5073
7	13.51	18.09	18.7938	17.2484	17.4588
8	18.09	18.00	18.3033	18.4559	17.7231
9	13.89	17.30	16.8944	16.8763	16.9805
10	16.04	18.21	16.9656	17.1903	16.4514
11	11.85	19.59	15.9464	16.3419	15.5282
12	13.84	18.60	18.1774	20.1606	17.1471
13	15.03	17.84	18.2000	17.8773	17.6655
14	17.97	17.25	17.2676	17.7684	17.0073
15	15.35	18.51	18.0919	18.2100	17.7028
16	18.71	16.39			
17	13.84	17.61			
18	18.09	18.33			
19	15.76	19.12			
20	21.36	17.59			
21	16.92	18.76			
22	15.92	18.19			
23	18.15	18.85			
24	18.78	18.25			
25	19.57	17.99			
<b>Promedio</b>	16.7004	18.1720	18.0423	17.9719	17.2953
<b>Desv. Est.</b>	2.3887	0.8173	1.1092	0.9241	0.6833
<b>Pvalue</b>		0.0054	0.0484	0.0565	0.3545
<b>Nmin</b>	6.9619	2.0433	2.8130	2.3621	1.9599

Nota: Elaboración propia

Se indica que el modelo ha sido calibrado con éxito para los peatones, ya que el *P value* es mayor que 0.05 y la diferencia de medias (-0.66) se encuentra dentro del intervalo de confianza en la prueba *Randomization Test*. Por lo tanto, se puede afirmar que el modelo es capaz de

representar el comportamiento de los peatones en la zona de estudio con una precisión adecuada.

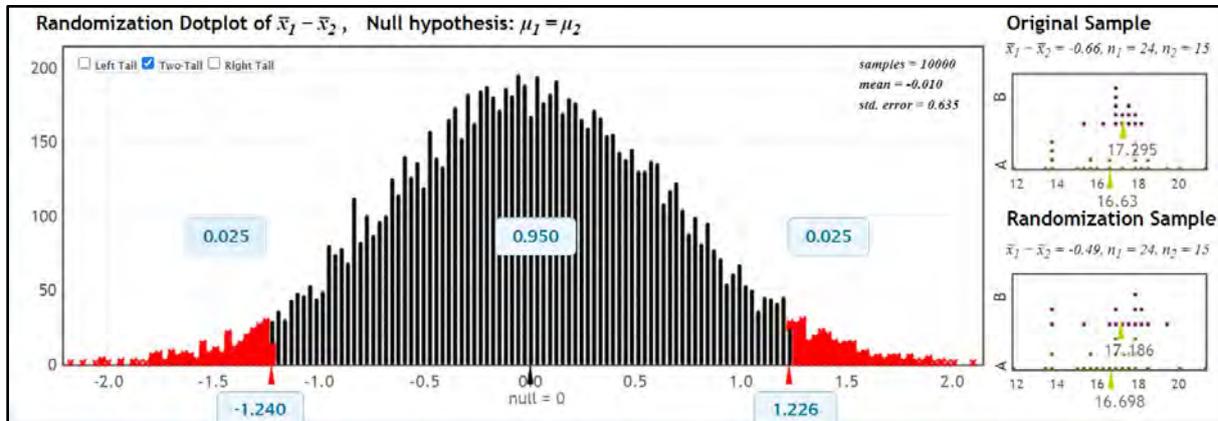


Figura 25: Calibración para peatones del modelo en el software online Statkey

Elaboración propia

### 3.7. Validación del modelo

El proceso para validar el modelo es similar al utilizado para calibrarlo. La diferencia con este proceso, es que en este caso se emplearán datos de entrada distintos; esto quiere decir que para realizar la simulación de la intersección se cambiarán los *Vehicle inputs* y *Pedestrian inputs*, los cuales estarán basado en los datos recopilados en campo durante la segunda hora de grabación.

En la Tabla 3 se presentan los tiempos de viaje vehiculares obtenidos en campo y los logrados mediante la simulación del modelo utilizando los datos de entrada correspondientes. Además, se indican los números mínimos de datos y el *P value* para ambos grupos (Ver Anexo E).

Tabla 3.

*Tiempos de viaje vehicular en campo y los obtenidos a partir de la simulación para la validación del modelo.*

	Tiempo de viaje vehicular medido en campo (s)	Tiempo de viaje vehicular medido en Vissim (s)
<b>1</b>	7.41	5.9120
<b>2</b>	6.78	7.4233
<b>3</b>	7.36	7.7933
<b>4</b>	6.42	7.6043
<b>5</b>	5.89	6.8404
<b>6</b>	7.87	7.5693
<b>7</b>	6.03	7.3856
<b>8</b>	5.99	7.1790
<b>9</b>	6.50	7.4331
<b>10</b>	6.97	6.5879
<b>11</b>	6.51	7.4752
<b>12</b>	5.77	7.3345
<b>13</b>	7.25	6.3235
<b>14</b>	6.34	6.3446
<b>15</b>	7.73	6.7392
<b>Promedio</b>	6.7213	7.0630
<b>Desv. Est.</b>	0.6584	0.5656
<b>Pvalue</b>		0.1463
<b>Nmin</b>	12.5035	9.7267

*Nota:* Elaboración propia

Al realizar la prueba *Randomization Test*, se determinó que la diferencia entre las medias obtenidas en campo y las obtenidas mediante la simulación se encuentra dentro del intervalo de confianza, lo que indica que el modelo ha sido validado para los vehículos.

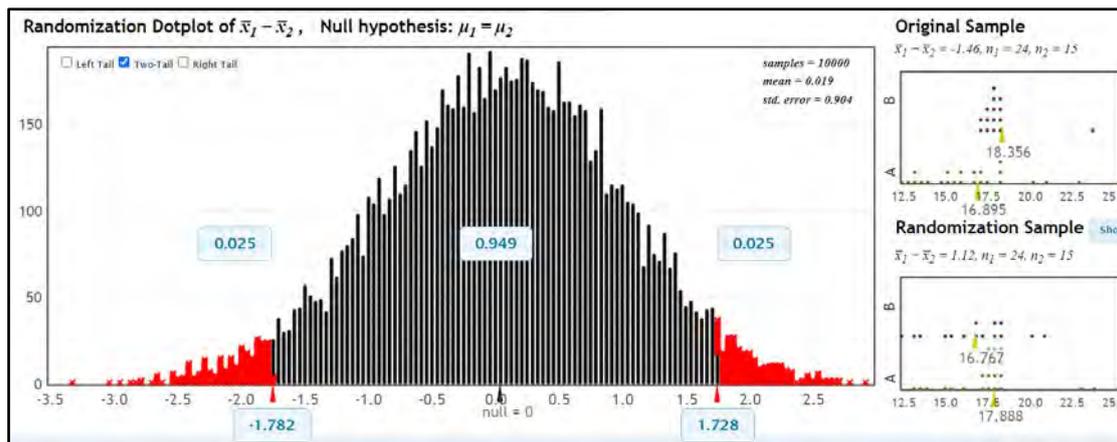


Figura 26: Validación del modelo para vehículos en el software online Statkey

Elaboración propia

En el caso de la validación para peatones se replica el procedimiento realizado anteriormente para validar el modelo enfocado en los vehículos. En la Tabla 4 se presentan los tiempos de viaje de los peatones, tanto los medidos en campo como los obtenidos mediante el software de simulación. Además, se incluyen los valores mínimos de datos para cada grupo y el correspondiente *P value* obtenido.

Tabla 4.

*Tiempos de viaje peatonales medidos en campo y los tiempos obtenidos a partir de la simulación para la validación del modelo.*

	Tiempo de viaje peatonal medido en campo (s)	Tiempo de viaje peatonal medido en Vissim (s)
1	16.21	18.0600
2	13.53	18.0073
3	15.46	17.2379
4	17.03	18.4602
5	12.39	17.7340
6	15.25	18.2379
7	17.78	17.2455
8	21.08	18.5075
9	18.35	23.8671
10	17.42	17.5289
11	20.39	17.7543
12	13.15	18.1976
13	15.67	17.9415
14	13.28	18.1167
15	18.35	18.4301
16	16.84	
17	17.34	
18	14.96	
19	16.23	
20	14.21	
21	13.65	
22	16.18	
23	25.23	
24	23.27	
25	18.43	
<b>Promedio</b>	16.87	18.3551
<b>Desv. Est.</b>	3.13	1.5767
<b>Pvalue</b>		0.0958
<b>Nmin</b>	8.9516	3.8042

*Nota:* Elaboración propia

Después de introducir estos datos para llevar a cabo el análisis estadístico, se determinó que la diferencia de medias también se encontraba dentro del intervalo deseado, lo que confirma la validación del modelo para tanto vehículos como peatones.

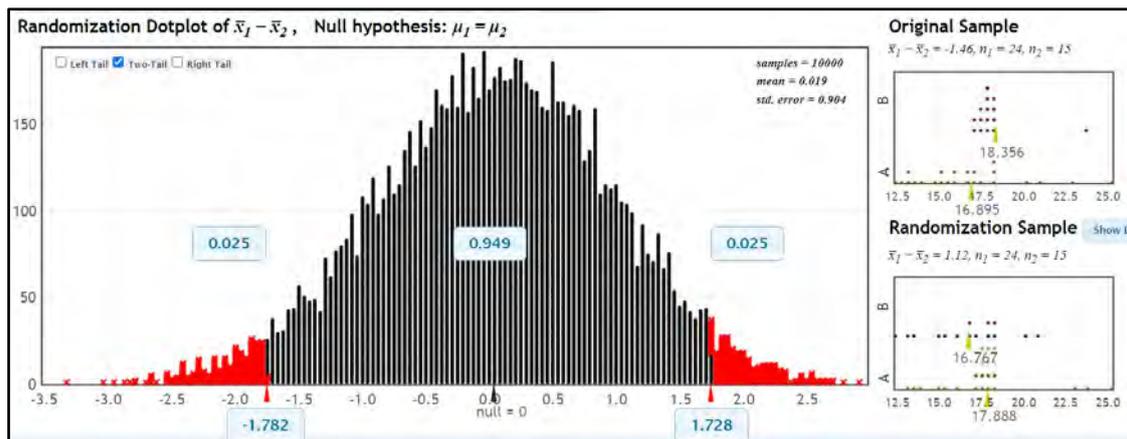


Figura 27: Validación del modelo para peatones en el software online Statkey

Elaboración propia



#### **4. CAPÍTULO 4: PROPUESTAS DE MEJORA**

Luego de revisar los distintos manuales de diseño con enfoque universal, es necesario realizar una comparación entre ellos y plantear propuestas de acuerdo a las oportunidades de mejora en la intersección. Así, se podrá alcanzar el objetivo principal de este proyecto, el cual consiste en generar recomendaciones para el rediseño de la intersección, teniendo en cuenta la priorización de los peatones y las personas con discapacidad motriz.

La intersección en estudio presenta muchas deficiencias en cuanto al diseño, señalización, entre otros. Por ello, se elaboró un previo análisis y se recopiló las opiniones de los peatones de la zona. Todo esto, con el fin de obtener un mejor panorama de las posibles optimizaciones y cambios que se puedan efectuar en base al objetivo de asegurar la accesibilidad del espacio a todas las personas.

Entre los problemas identificados por los encuestados, los peatones no encuentran un lugar seguro para cruzar las avenidas. Además, gracias a la falta de señalización y al peligro que generan los movimientos bruscos por parte de los vehículos, las personas demoran mayor tiempo del usual en viajar de un punto a otro.

Otro problema que se evidenció tras la observación en campo, es que existen muchas probabilidades de que los vehículos colisionen entre ellos debido a que existen factores como la falta de señalización y orden en ambas calles del cruce de las avenidas. Además, se observaron giros en “U” que realizan algunos conductores con movimientos bruscos y peligrosos.

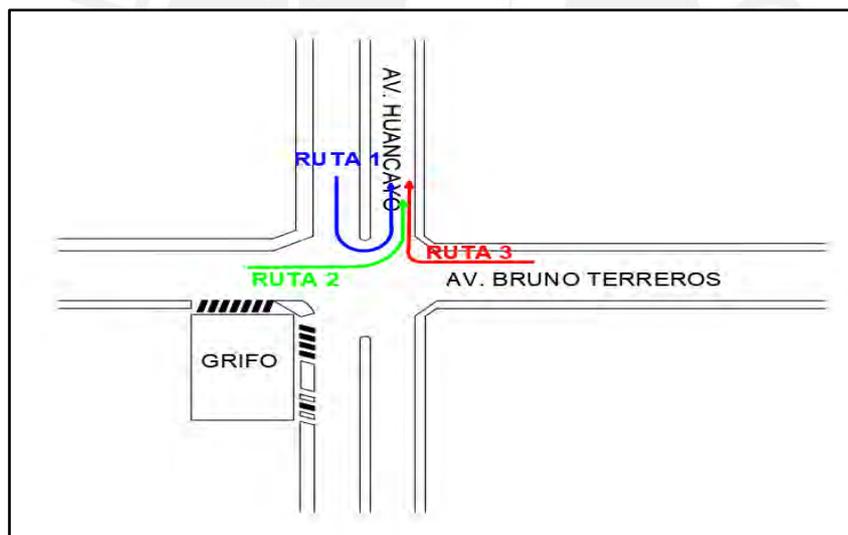
Por otro lado, también se evidencia la ausencia de rampas, lo que provoca que las personas con discapacidad motriz circulen por la pista y no por las aceras peatonales. Esto representa un claro peligro para este tipo de usuario.

Por consiguiente, se plantea mitigar los problemas expuestos mediante medidas elaboradas en base a los manuales de diseño. Asimismo, considerando un rediseño a partir de los elementos

que se disponen y mejorando el enfoque para que la comodidad de los usuarios que transitan entre estas avenidas incrementa, se planea mejorar las oportunidades de las personas con movilidad reducida para acceder sin ningún inconveniente a estos espacios. A continuación, se presentan los planteamientos de mejora sugeridos:

- **Rediseño de la mediana existente.**

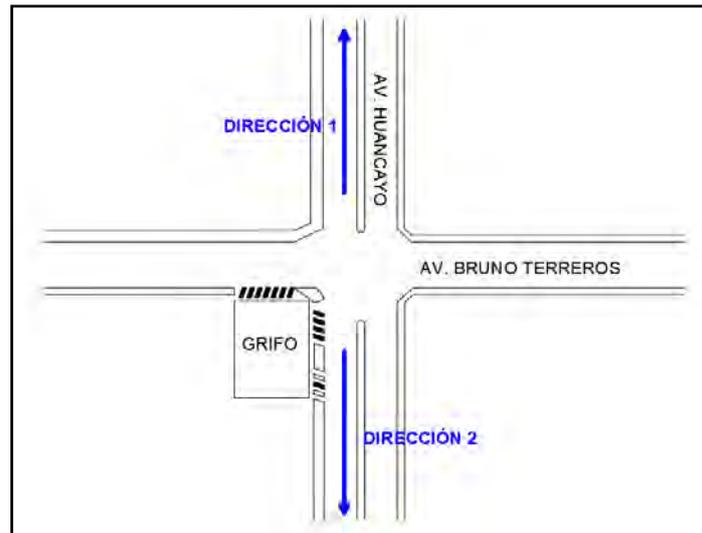
En la intersección de estudio, ya existen medianas ubicadas a lo largo de la avenida Huancayo; sin embargo, estas generan problemas en la circulación de los vehículos. Esto se observó mediante el análisis elaborado en campo, donde se advirtieron posibles choques entre los vehículos que se dirigían por la ruta 2 con aquellos que transitaban por la ruta 3 y la ruta 1 (ver Figura 28). Asimismo, debido a los movimientos en “U” que se generan por parte de los vehículos se produce cierta inseguridad en los peatones al momento de cruzar la avenida.



*Figura 28: Algunas rutas de los vehículos en la intersección en estudio*

Elaboración propia

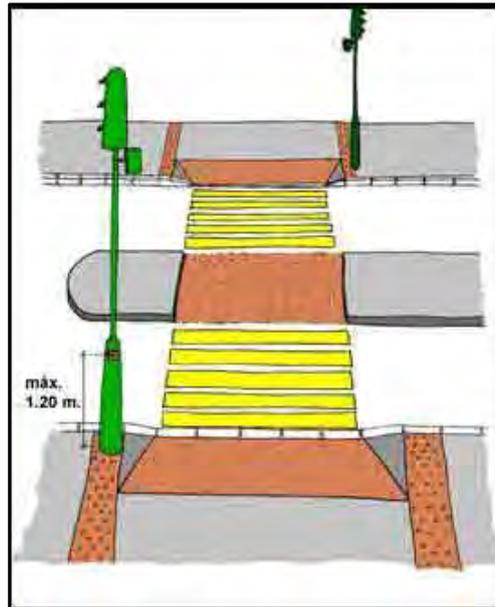
Por ende, se sugiere diseñar medianas con una nariz a la altura de las veredas existentes, esto sólo para el sentido de la dirección 1, ya que si se realiza en la dirección 2 (ver Figura 29) dificultaría el ingreso al grifo. Sin embargo, para este problema se tomarán otras medidas de diseño, las cuales se especificarán más adelante.



*Figura 29: Dirección de las medianas a lo largo de la av. Huancayo*

Elaboración propia

Igualmente, se plantea un paso peatonal a la altura de la calzada vehicular en ambas medianas como una de las mejoras; debido a que, a través de esta medida se espera generar mayor seguridad en los peatones, ya que esta disposición reduce el tiempo de exposición de los peatones al tráfico vehicular. Para este cambio se necesita conocer el ancho de la mediana, por ello, se compararon los manuales de diseño mencionados anteriormente. La Figura 30 muestra un ejemplo del Manual de Accesibilidad Integral elaborado por la Junta de comunidades de Castilla-La Mancha (2006), el cual ilustra los cambios que se van a plantear en la mediana de la intersección elegida para el presente proyecto.

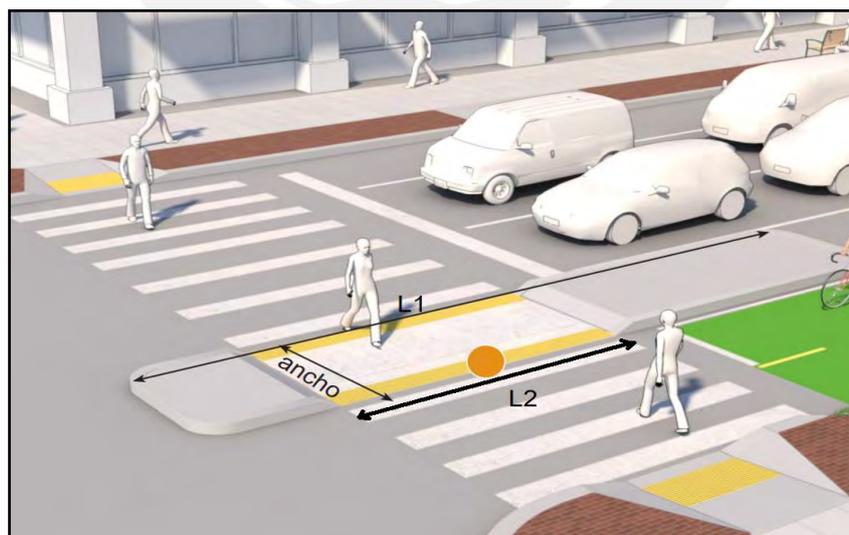


*Figura 30: Paso peatonal a nivel de calzada e isleta intermedia con nariz a la altura de la esquina*

Tomado de *Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, 2006.*

A continuación, se expondrán las siguientes medidas de acuerdo a cada manual consultado, las cuales sirvieron para elegir aquellas que se acomoden a las necesidades de los peatones en la zona en estudio.

En la Figura 31 se ilustran las longitudes a comparar de acuerdo a cada manual.



*Figura 31: Dimensiones de la mediana o isla peatonal*

Adaptado de *Crossing Islands of Complete Streets Design Guide*, por Turner et al., 2017.

Tabla 5.

*Comparación de medidas en una mediana o isleta*

Manual	País /Ciudad	Condición	Longitud 1 (m)	Longitud 2 (m)	Ancho (m)
Complete Streets Design Guide <sup>1</sup>	New Jersey	mínimo	1.83	Mismo ancho que la cebra peatonal	1.83
		recomendable	2.44 - 3.05		2.44 - 3.05
Abu Dhabi Urban Street Design Manual <sup>2</sup>	Emiratos Arabes Unidos	mínimo	5.00 - 6.00	Mismo ancho que la cebra peatonal	2.00 -3.00
Manual de Accesibilidad Integral <sup>3</sup>	Castilla de la Mancha	mínimo	1.50 - 4.00	Mismo ancho que la cebra peatonal	Igual al del paso peatonal

Nota: <sup>1</sup> Turnet et al. (2017). <sup>2</sup>Abu Dhabi Urban Planning Council (2009). <sup>3</sup>Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (2006).

A partir de la Tabla 5, se proponen algunos cambios a la mediana existente, entre ellas está la longitud 2, la cual se halla con el ancho del cruce peatonal. Asimismo, se considera un ancho de 1.80 m y la longitud 1 se conservará de acuerdo a las medianas existentes.

Por otro lado, para evitar que las personas realicen cruces a lo largo de la mediana, se replicará lo aplicado a la mediana de la cuadra contigua a la intersección en estudio y se añadirán áreas verdes a lo largo de la mediana con arbustos o árboles que no permitan el paso de las personas. De esta manera, se incentivará el uso de la cebra peatonal y las rampas.

Asimismo, para la mediana de la dirección 2 (ver Figura 29), se plantea colocar bolardos alrededor de la nariz de esta. Puesto que, se espera con esta medida se pueda proteger al peatón durante la ruta o trayecto que este elija y de ese modo, minimice la probabilidad de contacto con los vehículos que realicen giros en dirección a esta avenida.

Finalmente, los bolardos que se utilizará en esta mediana son del tipo bolardo *City Slim*, ya que son aptos para uso en exteriores, no decoloran, son resistentes al agua, tienen resistencia a los

rayos UV, además de ser reflectantes para mejorar la visibilidad durante la noche. El diámetro de los bolardos será de 100 mm, altura de 770 mm y peso de 7.2 kg (RMD Perú, 2022).

- **Diseño y señalización del cruce peatonal**

De acuerdo al Consejo de Planificación Urbana de Abu Dhabi (2009), se indica que las calzadas y los vehículos deben estar diseñados para garantizar que los peatones tengan el derecho de paso sobre los vehículos motorizados, se debe exigir a los vehículos que prioricen el paso al peatón. De esta manera, se busca plantear este enfoque para la intersección en estudio, considerando al peatón como prioridad.

Conforme a lo percibido en el área analizada, las esquinas no presentan cruce peatonal ni la señalización de los pasos de peatones. Debido a estas ausencias, se propone la implementación de cruces peatonales que cuenten con la señalización correspondiente, ambos en base a lo que plantean manuales de diseño revisados.

La Figura 32 indica la dimensión que se comparará en los manuales.



*Figura 32: Ancho de cruce peatonal*

Adaptado de *pedetrian zone of Abu Dhabi Street Design Manual*, por Abu Dhabi Urban Planning Council, 2009.

En la Tabla 6 se presentan las medidas requeridas para diseñar los cruces peatonales comparando las dimensiones entre distintos manuales de diseño. De esta forma, se elige el que mejor se acomode a las necesidades del proyecto.

Tabla 6.

*Tabla de comparación de medidas del ancho del cruce peatonal*

Manual	País /Ciudad	Condición	Ancho (m)
<b>Complete Streets Design Guide 1</b>	New Jersey	mínimo	1.52
<b>Abu Dhabi Urban Street Design Manual 2</b>	Emiratos Arabes Unidos	mínimo	2.2
<b>Manual de Accesibilidad Universal 3</b>	Chile	mínimo	1.20
<b>Manual de Accesibilidad para espacios públicos urbanizados 4</b>	Madrid	mínimo	1.20
<b>Manual de Normas Técnicas de Accesibilidad 5</b>	México	mínimo	1.20
<b>Manual Práctico de diseño universal 6</b>	Buenos Aires ciudad	mínimo	1.50

*Nota:* <sup>1</sup> Turnet et al. (2017). <sup>2</sup> Abu Dhabi Urban Planning Council (2009). <sup>3</sup> Boudeguer et al. (2010). <sup>4</sup> Área de Gobierno de Desarrollo Sostenible (2016). <sup>5</sup> Jefatura de Gobierno de la Ciudad de México (2016). <sup>6</sup> Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y la Comisión para la plena Participación e Inclusión de las Personas con Discapacidad – COPIDIS (2015).

A partir de la Tabla 6, se plantea diseñar un cruce peatonal con un ancho de 1.80 m debido a que las esquinas de la intersección no son muy anchas. Posteriormente, se procederá a realizar un rediseño de aceras o veredas. Además, como se señaló en el punto anterior, correspondiente a los cambios de la mediana; para el caso de la longitud 2 se establecerá la medida del ancho del paso peatonal igual 1.80 m.

- **Diseño de rampas para personas con capacidad limitada.**

Con respecto a las rampas en la intersección en estudio, se examinó que en las esquinas no se cuenta con estas o en todo caso son muy pequeñas para el tránsito de una persona con discapacidad limitada (ver Figura 33).



*Figura 33: Captura de dron en la intersección en análisis*

Elaboración propia

De acuerdo a la Guía de Diseño del estado de New Jersey (Turner et al., 2017), se indica que las rampas en las aceras son esenciales para brindar fácil acceso a los cruces para peatones de todas las edades y habilidades, beneficiando no solo a aquellos con discapacidad de movilidad o visibilidad, sino también a niños, personas mayores o aquellos con coches de bebé, carretas o carretillas de reparto.

Las rampas en la acera permiten una transición suave desde el nivel de la acera a la calle en las intersecciones y en los cruces a mitad de cuadra. Debido a esto, se propone construir rampas accesibles con una relación constante de pendiente y longitud, de modo que su tiempo de uso esté limitado de acuerdo con la intensidad del esfuerzo realizado. Además, hay que considerar la relación de estos dos factores con la seguridad de descenso para evitar que la rampa vuelque la silla de ruedas (Área de gobierno de Desarrollo Urbano Sostenible de Madrid, 2016).

Adicionalmente, se deben considerar rampas de acera dentro del área de cruce peatonal marcada. Se tiene que proporcionar un grado de rampa de acera que se pueda distinguir fácilmente del terreno circundante o de lo contrario debe de presentar superficies de advertencia. Además, es importante garantizar una correcta evacuación de agua y residuos para prevenir su acumulación en la zona inferior de la rampa. No obstante, no se debe colocar canaletas en la parte inferior de la rampa, ya que sería un obstáculo para la libre circulación de los usuarios.

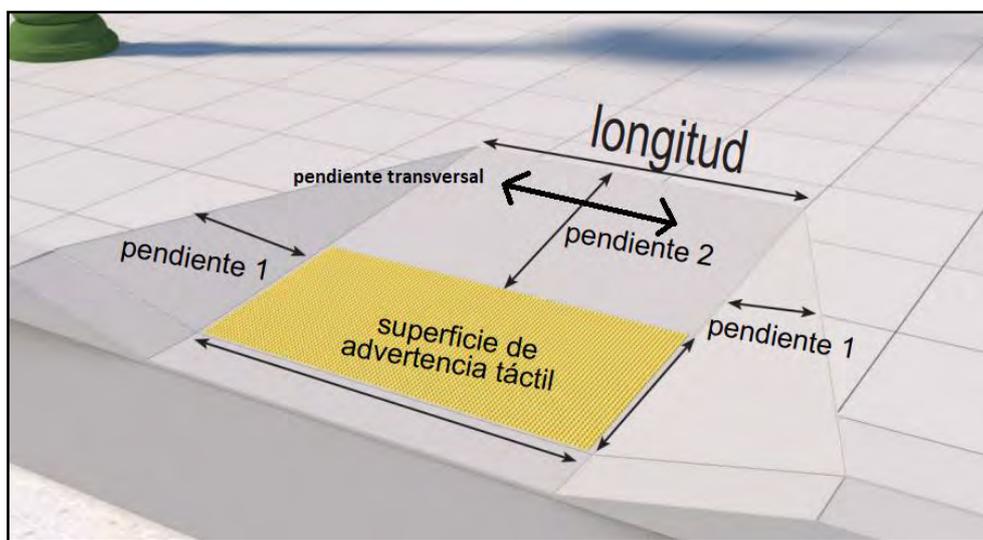


Figura 34: Medidas de rampa peatonal

Adaptado de *detectible warning surfaces of Complete Street Design Guide*, por Turnet et al., 2017.

La Tabla 7 a continuación compara las diferentes medidas ilustradas en la Figura 34. Con el fin de escoger la medida más idónea para el diseño de la rampa en la intersección en estudio.

Tabla 7.

*Tabla de comparación de medidas de rampa*

Manual	País /Ciudad	Longitud (m)	Pendiente 1 (H/L)	Pendiente 2 (H/L)	Pendiente transversal (H/L)
<b>Complete Streets Design Guide 1</b>	New Jersey	Mínimo 1.50	Máximo 10%	Máximo 8.3%	Máximo 2%
<b>Abu Dhabi Urban Street Design Manual 2</b>	Emiratos Arabes Unidos	3.00 - 5.00	Máximo 10%	Máximo 8.3%	Máximo 2%
<b>Manual de Accesibilidad Universal 3</b>	Chile	Mínimo 1.20	Máximo 12%	Máximo 12%	Máximo 2%
<b>Manual de Accesibilidad para espacios públicos 4</b>	Madrid	Mínimo 1.80	Máximo 10%	Máximo 10%	Máximo 2%
<b>Manual de Normas Técnicas de Accesibilidad 5</b>	México	Mínimo 1.50	Máximo 8%	Máximo 6%	Máximo 2%
<b>Manual Práctico de diseño universal 6</b>	Buenos Aires ciudad	Mínimo 1.50	Máximo 8.3%	Máximo 8.3%	No precisa
<b>Manual de Accesibilidad Integral 7</b>	Castilla de la Mancha	Mínimo 1.50	Máximo 8%	Máximo 8%	Máximo 2%

*Nota:* <sup>1</sup> Turnet et al. (2017). <sup>2</sup> Abu Dhabi Urban Planning Council (2009). <sup>3</sup> Boudeguer et al. (2010). <sup>4</sup> Área de Gobierno de Desarrollo Sostenible (2016). <sup>5</sup> Jefatura de Gobierno de la Ciudad de México (2016). <sup>6</sup> Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y la Comisión para la plena Participación e Inclusión de las Personas con Discapacidad – COPIDIS (2015). <sup>7</sup> Juanta de Comunidades de Castilla-La Mancha (2006).

A partir de la Tabla 7, se propone una rampa con las siguientes características, teniendo en cuenta que la altura de las aceras va de 10-15 cm:

- Pendiente 1: 10%
- Pendiente 2: 8%
- Longitud: 1.80 m (para permitir el paso de una persona con discapacidad física y una persona de la tercera edad). Esta medida se usará para el cruce peatonal y el ancho de la isleta propuestas anteriormente.
- Pendiente Transversal: 2%
- El pavimento en rampas, en general, será antideslizante tanto en condiciones secas como húmedas.
- Se debe prescindir del drenaje de las rampas para evitar los escombros, ya que estos representan obstáculos para los usuarios. Para esta medida se recomienda rejillas de drenaje ubicadas justo al lado cuesta arriba de la rampa del bordillo y no en la parte inferior de la rampa.
- Por último, para rampas ubicadas en el tramo de la vereda excluyendo a las que se encuentran en las esquinas, se diseñará con un ancho de 1.80m y una pendiente longitudinal de 8%.

- **Rediseño de las aceras**

En cuanto al diseño de las aceras, se tiene que en las direcciones “A”, “B”, “C”, “D”, “G” (ver Figura 17), las medidas de las aceras son insuficientes para garantizar el acceso de personas en silla de ruedas o invidentes con bastón; de la misma manera la deficiencia de estas medidas se refleja en cuanto al tráfico peatonal y la comodidad de los transeúntes, pues según lo observado la mayoría prefiere transitar por la calzada.

Las aceras o veredas deben de ser diseñadas en base a una demanda actual y futura, buscando la accesibilidad para todos los usuarios, y contando con un ancho adecuado, seguro de usar, continuo y conectado.

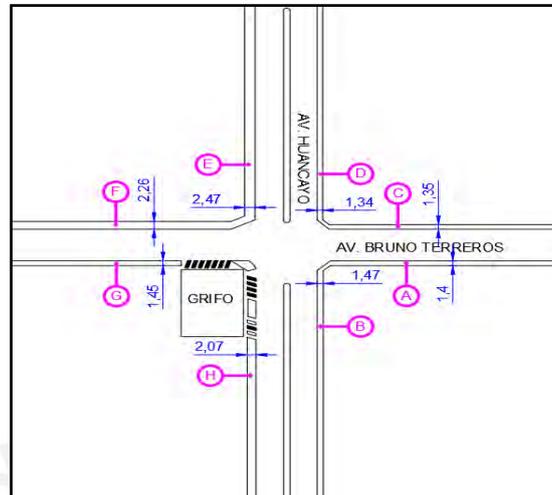


Figura 35: Medidas de aceras y etiquetas de veredas

Elaboración propia

Para el diseño de las veredas o aceras se revisaron diversos manuales, los cuales dividen la acera en distintas zonas. Los manuales de New Jersey, Abu Dhabi y México, plantean las medidas de la acera en base a cada una de estas secciones (ver Figura 36); mientras que, los manuales de Buenos Aires, Chile, Madrid y Castilla-La Mancha consideran la medida de la zona peatonal (ver Figura 37), empleada solo por los usuarios con distintas capacidades, ellos detallan en sus manuales la medida correspondiente.

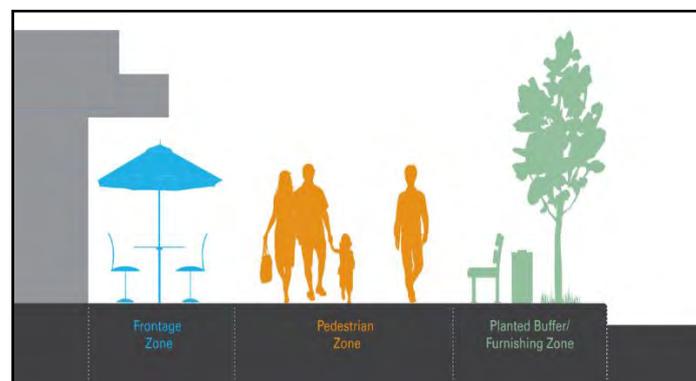
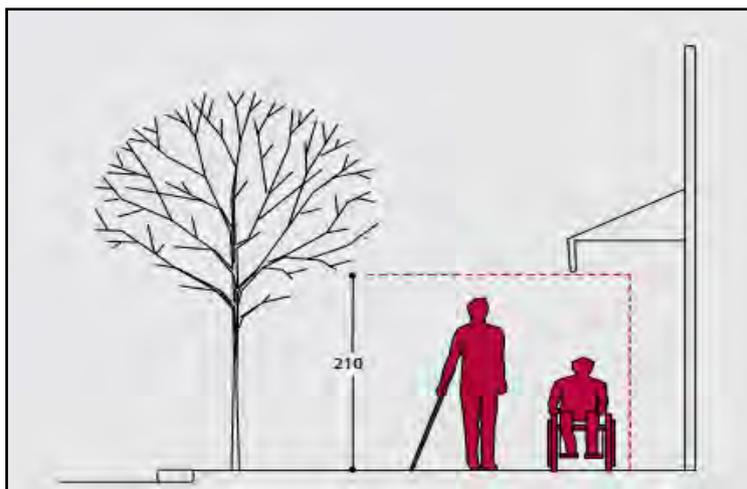


Figura 36: Zonas de una acera convencional en Abu Dhabi

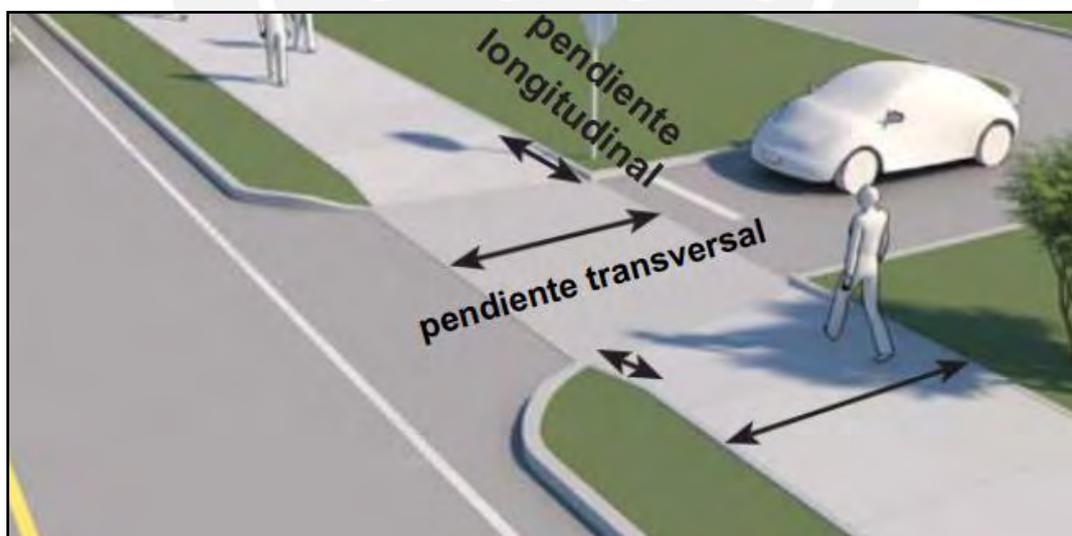
Tomado de Abu Dhabi Urban Planning Council, 2009.



*Figura 37: Franja de circulación libre de una acera convencional*

Tomado de Boudeguer et al., 2010.

En la siguiente Tabla 8 se presenta la comparación de las dimensiones de las aceras según los manuales revisados. Se considerará las dimensiones de las zonas que se observan en la Figura 36 y las pendientes que se muestran en la Figura 38. La finalidad es realizar una evaluación y elegir las mejores medidas que se adapten al área inspeccionada.



*Figura 38: Pendientes de acera*

Adaptado de *driveaways of Complete Street Design Guide*, por Turnet et al., 2017.

Tabla 8.

*Tabla de comparación de medidas de la acera o vereda*

Manual	País /Ciudad	Zona de Fachada (m)	Zona de Peatones (m)	Zona de Mobiliario (m)	Pendiente transversal (H/L)	Pendiente longitudinal (H/L)
<b>Complete Streets Design Guide 1</b>	New Jersey	Mínimo 0.60	Mínimo 1.50	Mínimo 0.70	Máximo 2%	Máximo 8.3%
<b>Abu Dhabi Urban Street Design Manual 2</b>	Emiratos Arabes Unidos	0.5 - 1.5	2.0 - 3.0	1.0 - 2.4	Máximo 2%	No especifica
<b>Manual de Accesibilidad Universal 3</b>	Chile	No especifica	Mínimo 1.50	No especifica	Máximo 2%	No especifica
<b>Manual de Accesibilidad para espacios públicos urbanizados 4</b>	Madrid	No especifica	1.80 - 2.20	No especifica	Máximo 2%	Máximo 6%
<b>Manual de Normas Técnicas de Accesibilidad 5</b>	México	Máximo 1.2	Mínimo 1.20	Mínimo 0.60	Máximo 2%	Máximo 6%
<b>Manual Práctico de diseño universal 6</b>	Buenos Aires ciudad	No especifica	Mínimo 1.50	No especifica	1% - 3%	Máximo 4%
<b>Manual de Accesibilidad Integral 7</b>	Castilla de la Mancha	No especifica	Mínimo 1.50	No especifica	Máximo 2%	Máximo 6%

*Nota:* <sup>1</sup> Turnet et al. (2017). <sup>2</sup> Abu Dhabi Urban Planning Council (2009). <sup>3</sup> Boudeguer et al. (2010). <sup>4</sup> Área de Gobierno de Desarrollo Sostenible (2016). <sup>5</sup> Jefatura de Gobierno de la Ciudad de México (2016). <sup>6</sup> Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y la Comisión para la plena Participación e Inclusión de las Personas con Discapacidad – COPIDIS (2015). <sup>7</sup> Juanta de Comunidades de Castilla-La Mancha (2006).

A partir de los parámetros comparados se propone un rediseño en las aceras con una longitud corta que cuente con medidas que se adapten al contexto.

- Zona de Fachada: 0.5 m

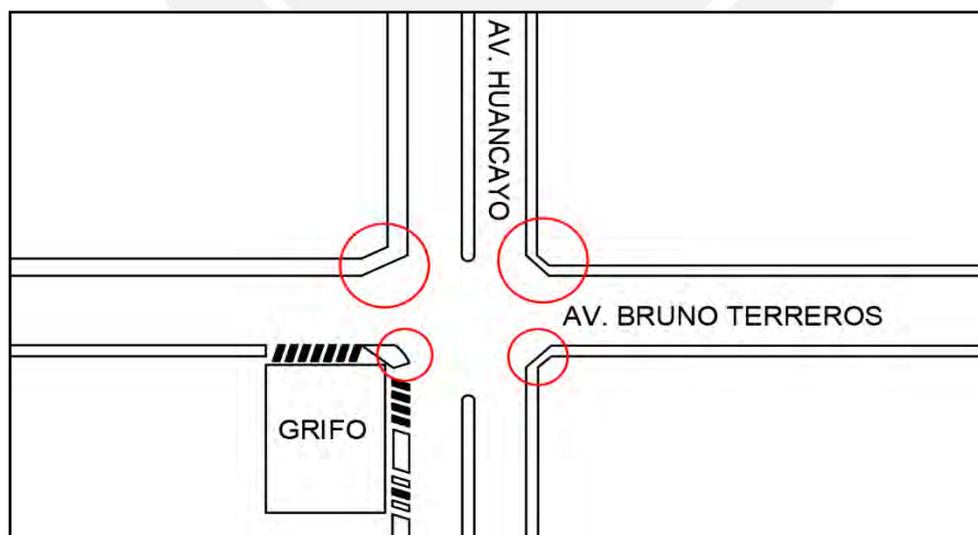
- Zona de Peatones: 1.80 m
- Zona de Mobiliario: 0.2 a 0.5 m
- Pendiente Transversal: 2%
- Pendiente Longitudinal: 5%

La medida propuesta de la acera varía desde 2.5 m hasta 2.8 m, esto depende del ancho de carril que se dispone para realizar los cambios necesarios en las veredas.

- **Rediseño de radio de acera**

Mediante la inspección realizada en la zona en estudio se identificó que las aceras no presentan un radio de giro definido; por el contrario, presentan una forma poligonal como se observa en la Figura 39. Debido a ello, este diseño dificulta el paso de los peatones y causa que los vehículos reproduzcan la forma de la esquina, acercándose más a los peatones y generándoles mayor inseguridad.

Mediante el rediseño se busca establecer los radios de las aceras en las esquinas, de forma que estos permitan una trayectoria práctica para los vehículos y al mismo tiempo, minimice su velocidad de giro; maximizando así, la seguridad y comodidad de los peatones.



*Figura 39: Esquinas de aceras en la intersección actual*

Elaboración propia

La Tabla 9 a continuación compara las medidas del radio de la acera (ver Figura 40) que proponen los distintos manuales de diseño revisados anteriormente.



*Figura 40: Esquinas de aceras en modelo actual*

Adaptado de *effective turning radius of Complete Street Design Guide*, por Turnet et al., 2017.

Tabla 9.

Tabla de comparación de medidas de radio de la acera o vereda

Manual	País /Ciudad	Radio (m)	
Abu Dhabi Urban Street Design Manual 1	Emiratos Arabes Unidos	Existen giros	5.00
		No existen giros	0.50
Complete Streets Design Guide 2	New Jersey	4.57	

Nota: <sup>1</sup>Abu Dhabi Urban Planning Council (2009). <sup>2</sup>Turnet et al. (2017).

A partir de la Tabla 9, se establecerá el valor del radio de acera en 5.0 m; sin embargo, esta medida puede cambiar adecuándose a nuestras necesidades en cuanto a la propuesta de diseño.

- **Rediseño de ancho de carril**

Debido a que se realizarán rediseños a las aceras, rampas y esquinas; las medidas del ancho de carril cambiarán con respecto a las dimensiones actuales en algunos casos (ver Figura 41).

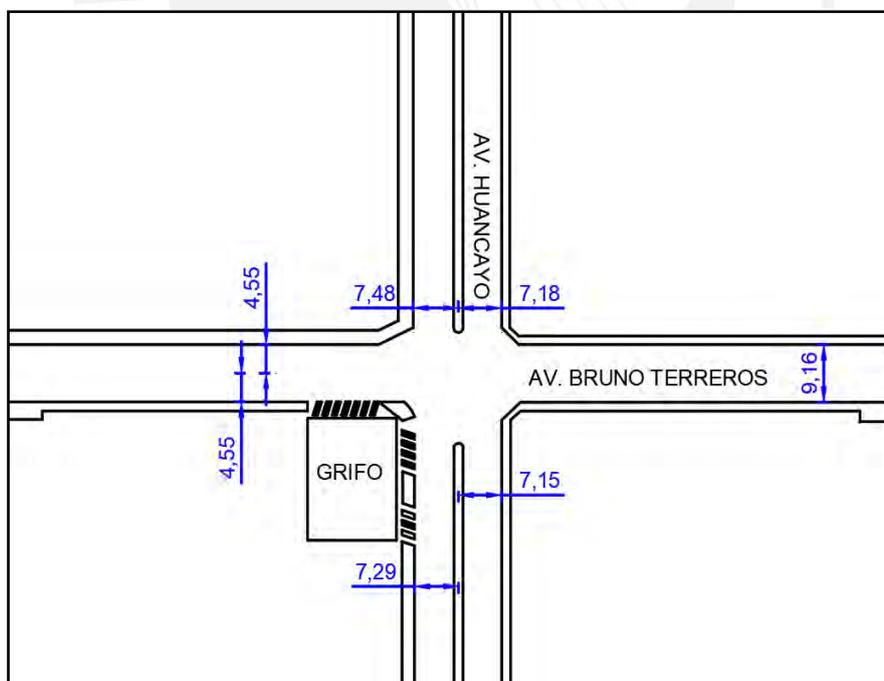


Figura 41: Medidas de ancho de carril en la intersección actual

Elaboración propia

La tabla 10 a continuación muestra las medidas de calzada comparadas de los manuales revisados. Pese a que esta medida es importante, existen manuales en los cuales no se indican las medidas sugeridas para esta dimensión.

Tabla 10.

*Tabla de comparación de medidas de carril o calzada*

Manual	País /Ciudad	Medida de Carril o calzada (m)
Abu Dhabi Urban Street Design Manual 1	Emiratos Arabes Unidos	3.3
Complete Streets Design Guide 2	New Jersey	3.05 - 3.35

*Nota: <sup>1</sup>Abu Dhabi Urban Planning Council (2009). <sup>2</sup>Turnet et al. (2017).*

A partir de las medidas comparadas en la Tabla 10 y en base a la inspección de las avenidas en estudio, se considerará como ancho mínimo de carril de 3.30 m. En el anexo F, se observan las medidas finales de los anchos de carril correspondientes a cada avenida.

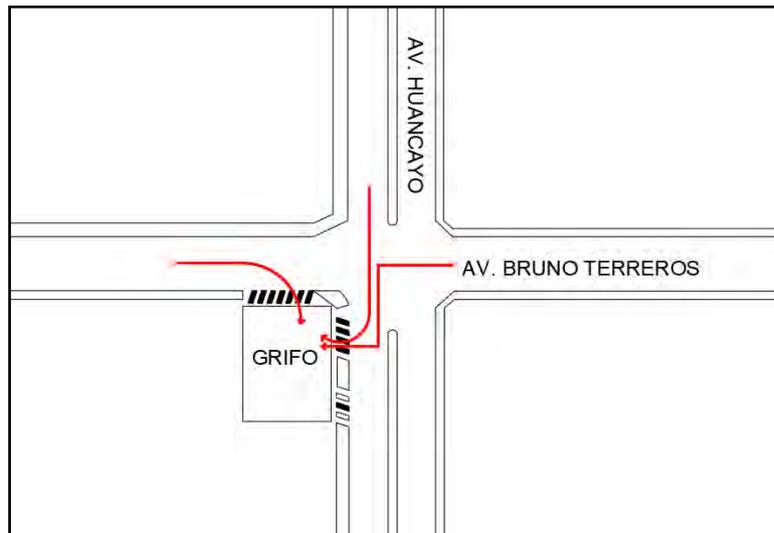
Con el fin de obtener una mejor división de la avenida Bruno Terreros en el lado del acceso del grifo, se separaron los carriles con tachas retrorreflectivas para evitar que los vehículos que intentan ingresar al grifo crucen los carriles y se muevan contra el flujo del tráfico.

Además, para ubicar correctamente estos elementos de separación se consultaron distintas normas; según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016) se coloca las tachas retrorreflectantes en medio de un espacio o sección discontinua. Esto quiere decir que se ubicarán al medio de la calzada dividiéndola en dos zonas iguales y formando dos carriles. La separación entre las tachas retrorreflectivas será de un metro.

- **Rediseño de entrada y salida de la zona del grifo**

Para la aplicación de los cambios en las aceras y rampas, se vio necesario realizar algunas modificaciones en el diseño del grifo. Como se muestra en la Figura 42, actualmente el grifo cuenta con dos entradas tanto por la Av. Bruno Terreros como por la Av. Huancayo. El rediseño

propuesto, sugiere cerrar el ingreso por la Av. Huancayo manteniendo solo el ingreso por la otra avenida. De este modo, se espera evitar la conglomeración de autos en el cruce de las vías formado por la cola de vehículos que se formaba para ingresar al grifo. Asimismo, se planteará conservar la salida existente por la Av. Huancayo para mantener el orden vehicular.



*Figura 42: Rutas de entrada hacia el grifo*

Elaboración propia

Para la elaboración de las correcciones e implementaciones del rediseño, se tomó en cuenta el Reglamento de Seguridad para Establecimientos de Venta al Público de Combustible Derivados de Hidrocarburo. Debido al hecho de que se realizaron los cambios, el objetivo es mantener el flujo del patio de maniobras en una sola dirección. Asimismo, el hecho de cerrar la entrada por la Av. Huancayo no afecta en gran medida, esto se aprecia en la Figura 43, la ubicación de los surtidores de gasolina no permite el acceso de vehículos más alejados de esta avenida el ingreso por la entrada de la Av. Huancayo (representado por la flecha verde), ya que entrarían en conflicto con los que ingresan por la Av. Bruno Terreros (representado por la flecha naranja).



*Figura 43: Rutas de entrada hacia el grifo*

Elaboración propia

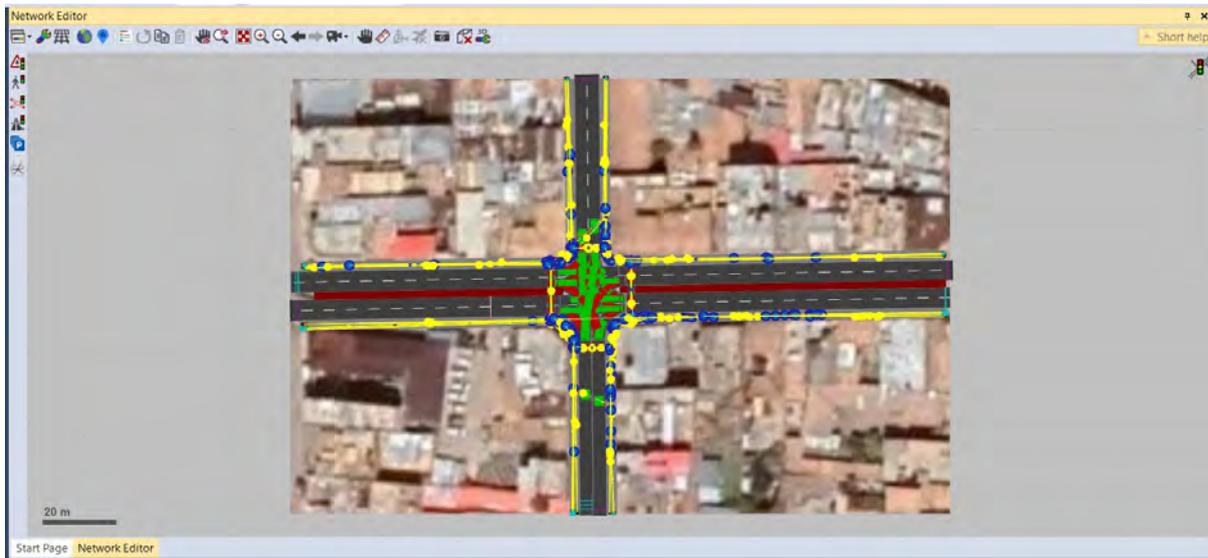
En las ciudades, el ancho de entrada es de al menos seis metros (6 m) y el ancho máximo es de ocho metros (8 m), y el ancho de salida es de al menos tres metros sesenta (3.60 m) y el ancho máximo es de seis metros (6 m), perpendicular al eje de medida. La entrada y salida solo afecta a las aceras que dan a la propiedad que se está utilizando (Decreto Supremo 54, 1993, Artículo 18).

El ángulo de entrada y salida a una gasolinera es de un máximo de cuarenta y cinco grados (45°) y un mínimo de treinta grados (30°). Este ángulo se mide desde la alineación del borde interior de la calzada (Decreto Supremo 54, 1993, Artículo 19).

De acuerdo al reglamento y en base a las necesidades del área en análisis, se plantea diseñar la estación de grifo con una entrada de 7m en dirección de la avenida Bruno Terreros, con una salida de 5.65 m e dirección de la avenida Huancayo, ángulo de entrada de 40° y un ángulo de salida de 45°.

## 5. CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Considerando los cambios propuestos en el capítulo anterior se creó un modelo en Vissim. La Figura 44, muestra el modelo de la intersección con todos los cambios aplicados y con las rutas peatonales canalizadas a través de los cruces propuestos.



*Figura 44: Modelo en Vissim de las propuestas en la intersección*

Elaboración propia

Los mismos parámetros que se midieron en la etapa de calibración y validación son los que se obtienen con el software. Por lo tanto, las condiciones en las que estas se ensayaron no cambian; es decir, la distancia y posición para la medición de los tiempos de viaje peatonales y vehiculares son las mismas.

Los datos de entrada que se definieron fueron los que se usaron para la validación ya que representaban un mayor volumen de ingreso a la intersección, tanto para peatones como para vehículos.

Para determinar si las propuestas aplicadas a la intersección suponen una mejora para vehículos y peatones, se realizará una prueba de hipótesis como en la etapa de calibración y validación,

manteniendo como parámetro de eficiencia a los tiempos de viaje. La Hipótesis nula (Ho) y la Hipótesis alternativa (H1) serán las siguientes:

- Ho: Las medias de los tiempos medidos en campo y obtenidos en el software son iguales.
- H1: La media de los tiempos medidos en campo es mayor que la media de los tiempos obtenidos en el software.

Tabla 11.

*Tiempos de viaje vehiculares en campo y los obtenidos a partir de la simulación del modelo con las propuestas de mejora.*

	Tiempo de viaje vehicular medido en campo (s)	Tiempo de viaje vehicular medido en Vissim (s)
1	7.41	6.0946
2	6.78	6.5705
3	7.36	5.5401
4	6.42	5.3418
5	5.89	6.7506
6	7.87	5.4889
7	6.03	5.8895
8	5.99	6.9521
9	6.5	6.5700
10	6.97	5.6896
11	6.51	5.7906
12	5.77	6.4011
13	7.25	6.4206
14	6.34	5.4064
15	7.73	5.8911
<b>PROMEDIO</b>	6.7213	6.0532
<b>DESV ESTANDAR</b>	0.6815	0.5242
<b>Nmin</b>	12.942	12.274

*Nota:* Elaboración propia

La Figura 45 muestra el gráfico resultante de aplicar la prueba *Randomization Test* a los grupos de datos obtenidos (ver Anexo G). Se observa que la diferencia de medias cae en la zona de rechazo, la cual se encuentra señalada de color rojo. Esto quiere decir que la Hipótesis Nula ( $H_0$ ) se rechaza, como consecuencia, las medidas planteadas y aplicadas a la intersección suponen una mejora para los vehículos que circulan a través de ella.

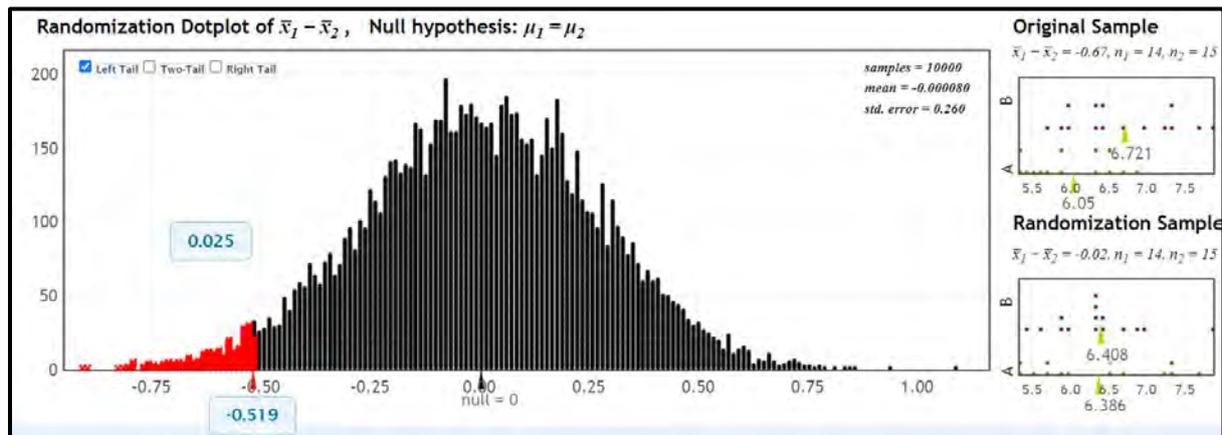


Figura 45: Calibración para vehículos del modelo en el software online Statkey

Elaboración propia

De igual manera, se realiza el mismo procedimiento para comprobar las mejoras en la intersección para los peatones. La Tabla 12 muestra los grupos de datos obtenidos en campo y por el software (Ver Anexo G).

Tabla 12.

*Tiempos de viaje peatonales en campo y los obtenidos a partir de la simulación del modelo con las propuestas de mejora.*

	Tiempo de viaje peatonal medido en campo (s)	Tiempo de viaje peatonal medido en Vissim (s)
<b>1</b>	20.39	14.8062
<b>2</b>	13.15	14.6830
<b>3</b>	15.67	14.5694
<b>4</b>	13.28	14.5141
<b>5</b>	18.35	14.6579
<b>6</b>	16.84	14.8696
<b>7</b>	17.34	14.5381
<b>8</b>	14.96	14.7402
<b>9</b>	16.23	14.7758
<b>10</b>	14.21	14.3922
<b>11</b>	13.65	14.7033
<b>12</b>	16.18	14.6677
<b>13</b>	25.23	14.7351
<b>14</b>	23.27	14.7511
<b>15</b>	18.43	14.7139
<b>PROMEDIO</b>	17.1453	14.6745
<b>DESV ESTANDAR</b>	3.5566	0.1246
<b>Nmin</b>	10.380	0.496

*Nota:* Elaboración propia

Luego de aplicar la prueba Randomization Test y obtener el siguiente gráfico (ver Figura 46), se observa que la diferencia de medias cae en la zona de rechazo. Entonces, la Hipótesis nula (Ho) es rechazada y se puede decir que las propuestas aplicadas en la intersección en estudio, también suponen una mejora para el tiempo de viaje de los peatones que circulan por sus vías.

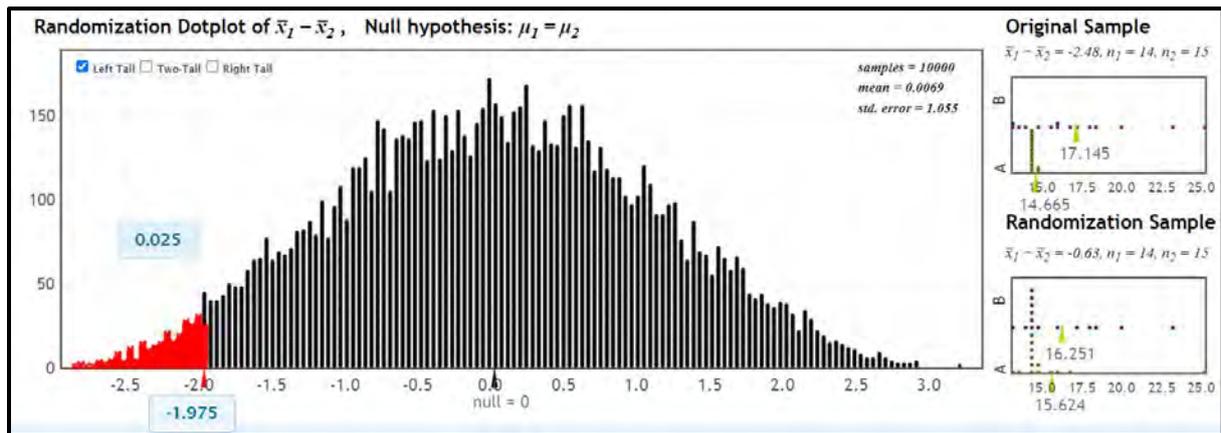


Figura 46: Calibración para peatones del modelo en el software online Statkey

Elaboración propia



## **6. CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. Conclusiones**

A partir de los resultados obtenidos, se puede decir que las propuestas de mejora planteadas para la intersección en estudio sí contribuyen a la mejora del espacio para vehículos y peatones. Esto se refleja en la reducción del tiempo de caminata de los peatones y tiempo de viaje vehicular; por lo que, el cambio responde a la mejor distribución del flujo peatonal que se planteó a través de las propuestas de mejora y a la eliminación de movimientos vehiculares conflictivos.

La propuesta de canalizar el flujo peatonal a través de cuatro cruces peatonales en la intersección, a diferencia del modelo inicial en el que los peatones cruzaban las vías por distintas zonas de la mediana, genera menos áreas de conflicto a lo largo de la Av. Huancayo pues los transeúntes se ven obligados a respetar el camino establecido.

Se concluye también que, para la realidad de nuestro país, la aplicación de elementos de barrera; como en este caso, los arbustos o árboles en la mediana, representan medidas eficaces para impedir el paso por determinados lugares y canalizar el flujo peatonal hacia las zonas destinadas para el paso de estos.

Además, si bien es cierto que los cambios que se han propuesto se enfocan en mejorar las condiciones y accesibilidad de los peatones, no significa que perjudica a los vehículos pues incluso aplicando dichas mejoras, el tiempo de viaje vehicular también disminuye notablemente. Estos dos criterios no son excluyentes entre sí. El hecho de realizar un diseño con buen desempeño en cuanto a circulación vehicular y peatonal tampoco significa que la inclusión de elementos para mejorar la accesibilidad represente un obstáculo para su correcto funcionamiento.

Por otro lado, las distintas etapas del modelo se realizaron en base a la población actual, la cual es representada en gran porcentaje por personas jóvenes y adultas. Se obtuvieron parámetros para medir la eficiencia de las mejoras en base a lo observado en la actualidad. Sin embargo, en unos años la población cambiará en cuanto a rangos de edad, aumentando el porcentaje de personas de la tercera edad. Ante esto, los cambios propuestos también se adaptarán en gran medida a esta nueva población. Ya que, para el planteamiento de estas sugerencias se considera a las personas de la tercera edad, quienes representan una parte de la población vulnerable.

Aunque es verdad que en Vissim no existe un parámetro de eficiencia que mida la accesibilidad, los cambios propuestos se han realizado tomando como prioridad la adaptación de los elementos del entorno para hacerlos más accesibles.

El uso del software Vissim y Viswalk en conjunto es muy beneficioso, ya que se reproducen comportamientos reales en cuanto a la interacción de vehículos y peatones; permitiendo evaluar con mayor certeza las medidas propuestas

Se concluye que, en Jauja, la accesibilidad de los peatones no es una prioridad ni preocupación al momento de diseñar vías, ya que lo observado en la intersección en estudio nos sugiere que los diseños propuestos fueron aprobados sin siquiera considerar factores o elementos básicos para la inclusión de las personas con problemas de movilidad.

En síntesis, los malos diseños de calles, avenidas o veredas evidencian los problemas que se tienen en cuanto a la planificación urbana. Los usuarios con movilidad limitada, mujeres embarazadas, personas con coche; son los más afectados pues las calles en su mayoría no están diseñadas para ellos. No existen muchos proyectos con enfoque en accesibilidad universal, si los proyectos tuvieran esta filosofía durante las etapas de diseño, priorizando al peatón; se evitarían accidentes, estrés e incomodidad en la población.

## 6.2. Recomendaciones

Debido a que, en Jauja no existen intersecciones con las señalizaciones y medidas adecuadas se pueden extender y replicar nuestras propuestas de mejora para que sean empleadas en otras intersecciones con condiciones similares. Asimismo, se pueden emplear las tablas de comparación en las que manuales de diseño especifican ciertas magnitudes de diseño, para escoger las que mejor se acomoden a los entornos que se vayan a intervenir.

Además, se recomienda actualizar los planos de la ciudad, ya que los que se encontraron durante la etapa previa al desarrollo de las propuestas no corresponden a las medidas actuales que se tomaron en campo.

Para la etapa de recolección de datos de un análisis de micro simulación, se sugiere realizar grabaciones de manera continua y con un solo equipo, ya que de este modo se evitará el tener que cuadrar los videos para que estos tengan continuidad.

Finalmente, se sugiere cambiar la metodología de diseño actual por un diseño universal e inclusivo; enfocándose en el peatón y las personas con capacidades limitadas como eje principal. Además, se sugiere tomar en cuenta que, si un diseño se realiza para los usuarios con más riesgo, este diseño será apto para todos los demás. Por lo tanto, este nuevo diseño sería accesible para todos, integrando de esta manera a todas las personas en los distintos sectores.

## 7. Bibliografía

Abu Dhabi Urban Planning Council. (2009). *Abu Dhabi Urban Street Design Manual*.

<https://data.abudhabi/sites/default/files/15.%20Abu%20Dhabi%20Urban%20Street%20Design%20Manual.pdf>

Akçelik, R., & Besley, M. (2001). *Microsimulation and analytical methods for modelling urban traffic*.

<https://www.sidrasolutions.com/media/130/download>

Alexiadis, V., Jeannotte, K., & Chandra, A. (2004). *Traffic Analysis Toolbox Volume I: Traffic Analysis Tools Primer*.

[https://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysistools/tat\\_voll/index.htm](https://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysistools/tat_voll/index.htm)

Alzate, M. (2004). *Modelos de tráfico en análisis y control de redes de comunicaciones*. 9.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4797153.pdf>

Aramburú, C., & Lugon, J. (2008). *Indicadores socioeconómicos de la región Junín*.

<https://docplayer.es/1482763-Indicadores-socioeconomicos-de-la-region-junin.html>

Aramburu, M. (2008). *Usos y significados del espacio público*. 143–151.

<http://www->

[cpsv.upc.es/ace/Articles\\_n8/articles\\_pdf/ACE\\_8\\_SE\\_26.pdf](http://cpsv.upc.es/ace/Articles_n8/articles_pdf/ACE_8_SE_26.pdf) AccessUPCommons:<http://hdl.handle.net/2099/6586>

Área de Gobierno de Desarrollo Urbano Sostenible. (2016). *Manual de accesibilidad para espacios públicos urbanizados del ayuntamiento de Madrid*.

<https://diario.madrid.es/wp-content/uploads/2017/02/Manual-accesibilidad-para-espacios-p%C3%BAblicos-urbanizados-2016-1.pdf>

Ballesteros, P., & Medina, R. (2003). *Determinación del periodo de calentamiento en simulaciones de estado estable*.

<https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/7381/4401>

Bedoya, Alain (2013). *Estudio de entornos de simulación en redes de vehículos*. [Tesis de maestría, Universidad de Zaragoza]. Repositorio de la Universidad de Zaragoza-Zaguan.

<https://core.ac.uk/download/pdf/289974723.pdf>

Belloti, M. (2019). *Vissim 8, uso y aplicación en una intersección urbana*.

<https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/12702/ITF%20Mariana%20Belloti.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Borja, J. (2011). *Espacio público y derecho a la ciudad*.

[https://debatstreballsocial.files.wordpress.com/2013/03/espacio\\_publico\\_derecho\\_ciudad\\_jordiborja.pdf](https://debatstreballsocial.files.wordpress.com/2013/03/espacio_publico_derecho_ciudad_jordiborja.pdf)

Borja, J., & Muxi, Z. (2001). *El espacio público: ciudad y ciudadanía*.

<https://www.researchgate.net/publication/31731154>

Boudeguer, A., Prett, P., & Squella, P. (2010). *Manual de accesibilidad universal: ciudades y espacios para todos*. Corporación Ciudad Accesible.

[https://www.ciudadaccesible.cl/wpcontent/uploads/2012/06/manual\\_accesibilidad\\_universal1.pdf](https://www.ciudadaccesible.cl/wpcontent/uploads/2012/06/manual_accesibilidad_universal1.pdf)

Comisión para la Plena Participación e Inclusión de las Personas con Discapacidad -

COPIDIS. (2015). *Manual Práctico de Diseño Universal* (Primera).

[https://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/manual\\_practico\\_de\\_diseno\\_universal.pdf](https://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/manual_practico_de_diseno_universal.pdf)

Dangond, C., Jolly, J.-F., Monteoliva, A., & Rojas, F. (2011). Algunas reflexiones sobre la movilidad urbana en Colombia desde la perspectiva del desarrollo humano. *Papel Político*, 16, 485–514.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77722772007>

Decreto 54 de 1993 [con fuerza de ley]. Por medio del cual se expide el Reglamento de Seguridad para Establecimientos de Venta al Público de Combustibles Derivados de Hidrocarburos. 19 de noviembre de 1993.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. *Manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras* (edición mayo 2016).

[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_3730.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3730.pdf)

Dextre, J. C., & Avellaneda, P. (2014). Movilidad en zonas urbanas. *Fondo Editorial PUCP*.

<https://transitemos.org/download/movilidad-en-zonasurbanas/?wpdmdl=4076&masterkey=5ba3d739445e1>

Dowling, R., Skabardonis, A., & Alexiadis, V. (2004). *Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software*.

[https://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysistools/tat\\_vol3/vol3\\_guidelines.pdf](https://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysistools/tat_vol3/vol3_guidelines.pdf)

Fernández, M. (2012). *El diseño universal: concepto y certificación*.

[http://riberdis.cedid.es/bitstream/handle/11181/3310/E1%20dise%c3%b1o%20universal%20concepto%20y%20certificaci%c3%b3n.pdf?sequence=3#:~:text=Actualmente%2C%20el%20Dise%C3%B1o%20Universal%20es,%2C%20comercial%2C%20etc.\)](http://riberdis.cedid.es/bitstream/handle/11181/3310/E1%20dise%c3%b1o%20universal%20concepto%20y%20certificaci%c3%b3n.pdf?sequence=3#:~:text=Actualmente%2C%20el%20Dise%C3%B1o%20Universal%20es,%2C%20comercial%2C%20etc.))

Fernández, R. (2014). *Temas de ingeniería y gestión de tránsito*.

<https://docer.com.ar/doc/vve0ve>

Fernández, R., & Dextre, J. C. (2011). *Elementos de la teoría del tráfico vehicular*.

<https://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/173103/Elementos%20de%20la%20teor%3%ada%20del%20tr%3%a1fico%20vehicular.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Friis, Cecilia y Svensson Lina (2013). *Pedestrian Microsimulation A comparative study between the software programs Vissim and Viswalk*. [Tesis de maestría, Chalmers University of Technology]. Semantic Scholar

Gipps, P. (1981). A behavioural car-following model for computer simulation. In *Tmnrrpn Res.-II*.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0191261581900370>

Gómez, E. (2009). *Desarrollo de un Modelo de Simulación Vehicular para la Mejora en la Sincronización de Semáforos*.

<https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/379/1/GomezHE.pdf>

Grupo de Trabajo Multisectorial - PNA. (2018). *Plan Nacional de Accesibilidad 2018 - 2023*.

<http://dgadt.vivienda.gob.pe/uploads/PNA.pdf>

Huerta, J. (2007). *Discapacidad y diseño accesible: Diseño urbano y arquitectónico para personas con discapacidad*.

[http://repositoriocdpd.net:8080/bitstream/handle/123456789/249/L\\_HuertaPeraltaJ\\_DiscapacidadDisenoAccesible\\_2007.pdf?sequence=1](http://repositoriocdpd.net:8080/bitstream/handle/123456789/249/L_HuertaPeraltaJ_DiscapacidadDisenoAccesible_2007.pdf?sequence=1)

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Junín. Resultados definitivos*.

[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1576/12TOMO\\_01.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1576/12TOMO_01.pdf)

Iwarsson, S., & Stahal, A. (2003). *Accesibilidad, usabilidad y diseño universal*.

[https://www.academia.edu/31851556/Accesibilidad\\_usabilidad\\_y\\_dise%C3%B1o\\_universal](https://www.academia.edu/31851556/Accesibilidad_usabilidad_y_dise%C3%B1o_universal)

Jefatura de Gobierno de la Ciudad de México (2016). *Manual de Técnicas de Técnicas de Accesibilidad*.

[http://www.data.seduvi.cdmx.gob.mx/portal/images/banners/banner\\_derecho/documentos/Manual\\_Normas\\_Tecnicas\\_Accesibilidad\\_2016.pdf](http://www.data.seduvi.cdmx.gob.mx/portal/images/banners/banner_derecho/documentos/Manual_Normas_Tecnicas_Accesibilidad_2016.pdf)

Junta de comunidades de Castilla - La Mancha. (2006). *Manual de accesibilidad integral de Castilla - La Mancha*.

<http://pagina.jccm.es/social/aaccesibilidad/manualpdf/manualpdf.htm>

Krivda, K., Petru, J., Macha, D. & Novak, J. (2021). Use of Microsimulation Traffic Models as Means for Ensuring Public Transport Sustainability and Accessibility: Sustainability.

<https://www.mdpi.com/2071-1050/13/5/2709>

Lazo, C. & Araujo, A. (2017). *Micro simulación de vehículos atípicos: el caso de las mototaxis en Villa María del Triunfo*

<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/8352>

Lugmaña, G. (2016). *Infraestructura vial urbana para personas con discapacidad*.

<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/11072>

Mataix, C. (2010). *Movilidad Urbana Sostenible: Un reto energético y ambiental*.

<https://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0536159.pdf>

Menneni, S., & Sun, C. (2008). *Analysis of Wiedemann 74 and 99 Driver Behavior Parameters*.

Mikhailov, A. Yu., (25-26 de junio de 2012). *Jornada de mejora de la educación en el campo del urbanismo y el transporte planificación*. [Sesión de conferencia]. Conferencia para transporte y urbanismo planificación, Irkutsk, Alemania

[http://www.transport.istu.edu/downloads/inter\\_2.pdf#page=5](http://www.transport.istu.edu/downloads/inter_2.pdf#page=5)

Montenegro, J. C., & Lozano, A. (2013). *Simulación microscópica del tránsito*.

<http://www.schlothauer.de/es/LISA.html>

Perez, C. (2019). *Mejoramiento de la Av. Hatun Xauxa – Ricardo Palma En Jauja Metropolitana - Provincia De Jauja - Junín*.

<https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1518>

Preiser, W., & Smith, K. (2011). *Universal Design Handbook*.

[https://disabilitystudies.nl/sites/disabilitystudies.nl/files/beeld/onderwijs/universal\\_design\\_handbook\\_with\\_interesting\\_chapters\\_23\\_30\\_31\\_33\\_etc.pdf](https://disabilitystudies.nl/sites/disabilitystudies.nl/files/beeld/onderwijs/universal_design_handbook_with_interesting_chapters_23_30_31_33_etc.pdf)

PTV Group. (2021). *PTV Vissim 2021 User Manual*.

RMD Perú (2020). *Elementos de seguridad para el tráfico en caucho reciclado*. RMD Perú.

Recuperado el 30 de junio de 2022 de <https://www.rmdperu.com/seguridad-y-traffic.html>

Rodriguez, D. H., & Figueroa, P. A. (2012). *Modelo para Micro-Simulación de Tráfico Vehicular y Peatonal Utilizando CUDA*.

<https://www.researchgate.net/publication/282329794>

Salazar, C. (2018). *Análisis por micro simulación de la intersección entre la Av. Brasil y el Jr. General Borgoño empleando Vissim 8*.

<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12617>

Suárez, R. (2017). *Pensar y diseñar en plural. Los siete principios del diseño universal* (Vol. 18).

<http://www.revista.unam.mx/vol.18/num4/art30/art30.pdf>

Turner, D., Sibley, R., Kremer, P., Jones, J., & Johnson, S. (2017). *Complete Streets Design Guide*.

<http://njbikeped.org/wp-content/uploads/2017/05/Complete-Streets-Design-Guide.pdf>

Wefering, F., Rupprecht, S., Bührmann, S., & Böhrer-Baedeker, S. (2014). *Guía. Desarrollo e implementación de planes de movilidad urbana sostenible*.

[https://www.eltis.org/sites/default/files/bump\\_guidelines\\_es.pdf](https://www.eltis.org/sites/default/files/bump_guidelines_es.pdf)

Yang, B. (2018). *Application of VISSIM software in traffic engineering course reform of road and bridge major*.

<https://download.atlantis-press.com/article/25891778.pdf>

Zúñiga, V. (2010). *Uso de herramientas de microsimulación para la definición de estrategias de control de tránsito para la ciudad de Santiago*.

<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103923>

The background features a large, faint watermark of the University of the Pacific seal. The seal is circular and contains the Latin motto "LEX IN TENEBRIS" at the top, a central figure of a ship on waves, and the Roman numeral "MCMXVII" at the bottom.

**Anexo A – Registro de  
velocidades de los peatones**

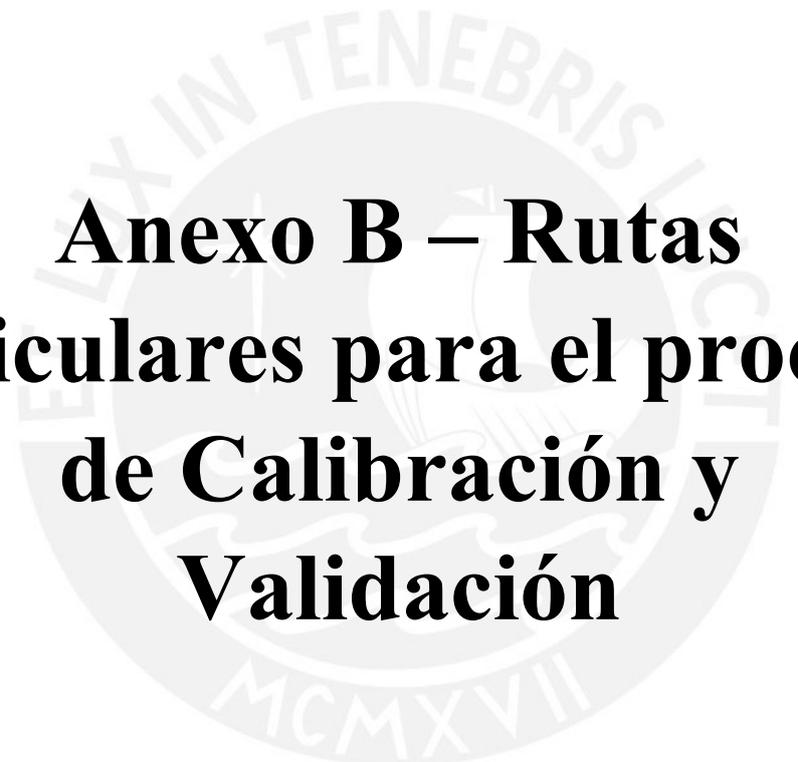
## VELOCIDADES REGISTRADAS DE LOS PEATONES

#	DISTANCIA (m)	TIEMPO (s)	VELOCIDAD (m/s)	VELOCIDAD (km/h)
1	10.45	10.62	0.98	3.54
2	10.45	11.49	0.91	3.27
3	10.45	10.45	1.00	3.60
4	10.45	9.17	1.14	4.10
5	10.45	10.03	1.04	3.75
6	10.45	11.67	0.90	3.22
7	10.45	10.05	1.04	3.74
8	9.1	9.6	0.95	3.41
9	9.1	9.33	0.98	3.51
10	9.1	9.35	0.97	3.50
11	14.65	18.38	0.80	2.87
12	14.65	18.3	0.80	2.88
13	14.65	16.78	0.87	3.14
14	14.65	13.81	1.06	3.82
15	14.65	20.21	0.72	2.61
16	14.65	10.9	1.34	4.84
17	14.65	13.51	1.08	3.90
18	14.65	13.17	1.11	4.00
19	14.65	13.89	1.05	3.80
20	14.65	16.04	0.91	3.29
21	14.65	11.85	1.24	4.45
22	14.65	13.84	1.06	3.81
23	14.65	15.03	0.97	3.51
24	11.91	15.06	0.79	2.85
25	11.91	14.36	0.83	2.99
26	11.91	15.04	0.79	2.85
27	11.91	19.52	0.61	2.20
28	11.91	12.81	0.93	3.35
29	11.91	12.96	0.92	3.31
30	11.91	10.82	1.10	3.96
31	11.91	18.4	0.65	2.33
32	11.91	15.06	0.79	2.85
33	11.91	10.22	1.17	4.20
34	11.91	12.56	0.95	3.41
35	9.16	9.15	1.00	3.60
36	9.16	11.99	0.76	2.75
37	9.16	8.08	1.13	4.08
38	9.16	11.89	0.77	2.77
39	9.16	9.93	0.92	3.32
40	9.16	11.97	0.77	2.75
41	9.16	11.22	0.82	2.94
42	14.44	10.7	1.35	4.86
43	14.44	13.46	1.07	3.86
44	14.44	16.3	0.89	3.19
45	14.44	16.05	0.90	3.24
46	14.44	12.36	1.17	4.21
47	14.44	13.01	1.11	4.00
48	14.44	14.02	1.03	3.71
49	14.44	10.9	1.32	4.77
50	14.44	13.96	1.03	3.72

## CÁLCULO DE LAS FRECUENCIAS RELATIVAS ACUMULADAS

<b>Promedio</b>	3.49
<b>Desv. Estándar</b>	0.61
<b>N mínimo</b>	46.46
<b>N</b>	50.00
<b>Mín</b>	2.20
<b>Máx</b>	4.86
<b>Rango</b>	2.66
<b>N° de intervalos</b>	6.61
<b>Amplitud</b>	0.44

Intervalo de clase		Marca de clase	fi	Fi	hi	Hi
Lim inferior	Lim superior					
2.2	2.7	2.45	3	3	0.06	0.060
2.7	3.2	2.95	12	15	0.24	0.300
3.2	3.7	3.45	15	30	0.3	0.600
3.7	4.2	3.95	15	45	0.3	0.900
4.2	4.7	4.45	2	47	0.04	0.940
4.7	5.2	4.95	3	50	0.06	1.000
<b>TOTAL</b>			<b>50</b>			



**Anexo B – Rutas  
vehiculares para el proceso  
de Calibración y  
Validación**

# RUTAS VEHICULARES A PARTIR DE CADA ACCESO

Static Vehicle Routing Decisions / Static vehicle routes

Count	No	Name	Link	Pos	AllVehTypes	VehClasses	RouteChoiceMeth
1	1	3: HUANCAYO		2.072	<input checked="" type="checkbox"/>		Static
2	2	4: BRUNO TERREROS		1.204	<input checked="" type="checkbox"/>		Static
3	3	6: HUANCAYO		2.492	<input checked="" type="checkbox"/>		Static
4	4	2: BRUNO TERREROS		2.113	<input checked="" type="checkbox"/>		Static

Count	VehRoutDec	No	Name	Formula	DestLink	DestPos	RelFlow(0-MAX)
1	1	1			7: HUANCAYO	85.816	0.729
2	1	2			5: BRUNO TER...	45.925	0.199
3	1	3			1: HUANCAYO	71.210	0.072

Static Vehicle Routing Decisions /... Vehicle Inputs / Vehicle volumes... Vehicle Travel Time Results Pedestrian Travel Time Results Walking Behaviors Pedestrian Travel Time Measur... Static Pedestrian Routing Decisio...

Static Vehicle Routing Decisions / Static vehicle routes

Count	No	Name	Link	Pos	AllVehTypes	VehClasses	RouteChoiceMeth
1	1	3: HUANCAYO		2.072	<input checked="" type="checkbox"/>		Static
2	2	4: BRUNO TERREROS		1.204	<input checked="" type="checkbox"/>		Static
3	3	6: HUANCAYO		2.492	<input checked="" type="checkbox"/>		Static
4	4	2: BRUNO TERREROS		2.113	<input checked="" type="checkbox"/>		Static

Count	VehRoutDec	No	Name	Formula	DestLink	DestPos	RelFlow(0-MAX)
1	1	1			7: HUANCAYO	85.816	0.729
2	1	2			5: BRUNO TER...	45.925	0.199
3	1	3			1: HUANCAYO	71.210	0.072

Static Vehicle Routing Decisions /... Vehicle Inputs / Vehicle volumes... Vehicle Travel Time Results Pedestrian Travel Time Results Walking Behaviors Pedestrian Travel Time Measur... Static Pedestrian Routing Decisio...

Network Editor

Static Vehicle Routing Decisions / Static vehicle routes

Count	No	Name	Link	Pos	AllVehTypes	VehClasses	RouteChoiceMeth
1	1	3: HUANCAYO		2.072	<input checked="" type="checkbox"/>		Static
2	2	4: BRUNO TERREROS		1.204	<input checked="" type="checkbox"/>		Static
3	3	6: HUANCAYO		2.492	<input checked="" type="checkbox"/>		Static
4	4	2: BRUNO TERREROS		2.113	<input checked="" type="checkbox"/>		Static

Count	VehRoutDec	No	Name	Formula	DestLink	DestPos	RelFlow(0-MAX)
1	3	1			1: HUANCAYO	68.798	0.784
2	3	2			5: BRUNO TER...	44.406	0.172
3	3	3			7: HUANCAYO	82.977	0.043

Static Vehicle Routing Decisions /... Vehicle Inputs / Vehicle volumes... Vehicle Travel Time Results Pedestrian Travel Time Results Walking Behaviors Pedestrian Travel Time Measur... Static Pedestrian Routing Decisio...

Network Editor

Static Vehicle Routing Decisions / Static vehicle routes

Count	No	Name	Link	Pos	AllVehTypes	VehClasses	RouteChoiceMeth
1	1	3: HUANCAYO		2.072	<input checked="" type="checkbox"/>		Static
2	2	4: BRUNO TERREROS		1.204	<input checked="" type="checkbox"/>		Static
3	3	6: HUANCAYO		2.492	<input checked="" type="checkbox"/>		Static
4	4	2: BRUNO TERREROS		2.113	<input checked="" type="checkbox"/>		Static

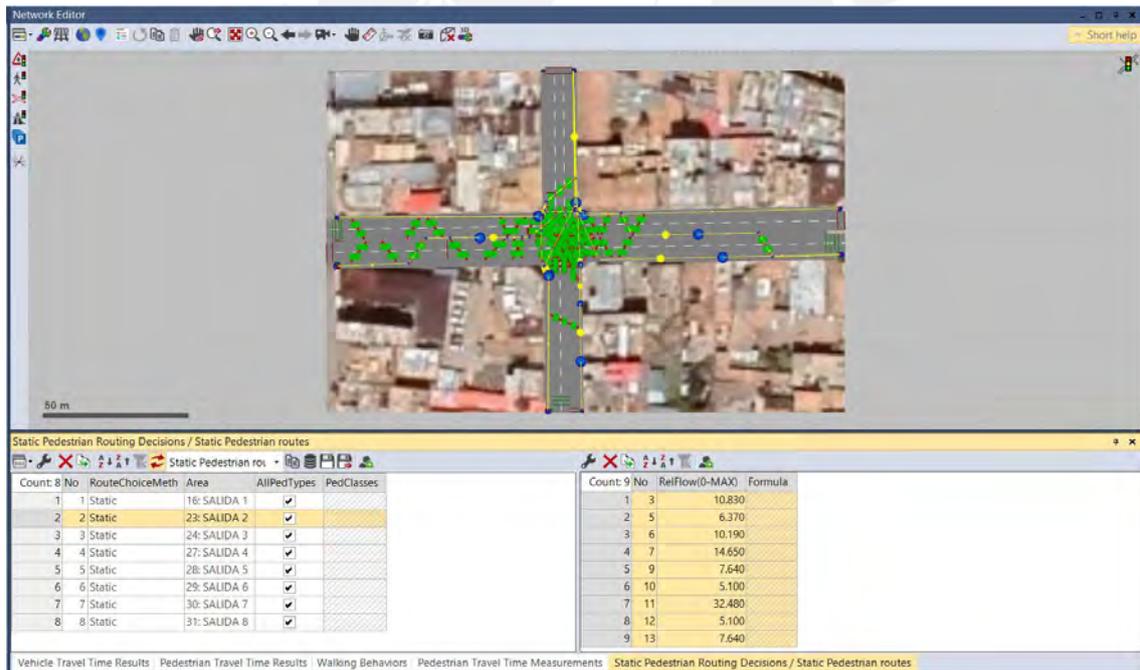
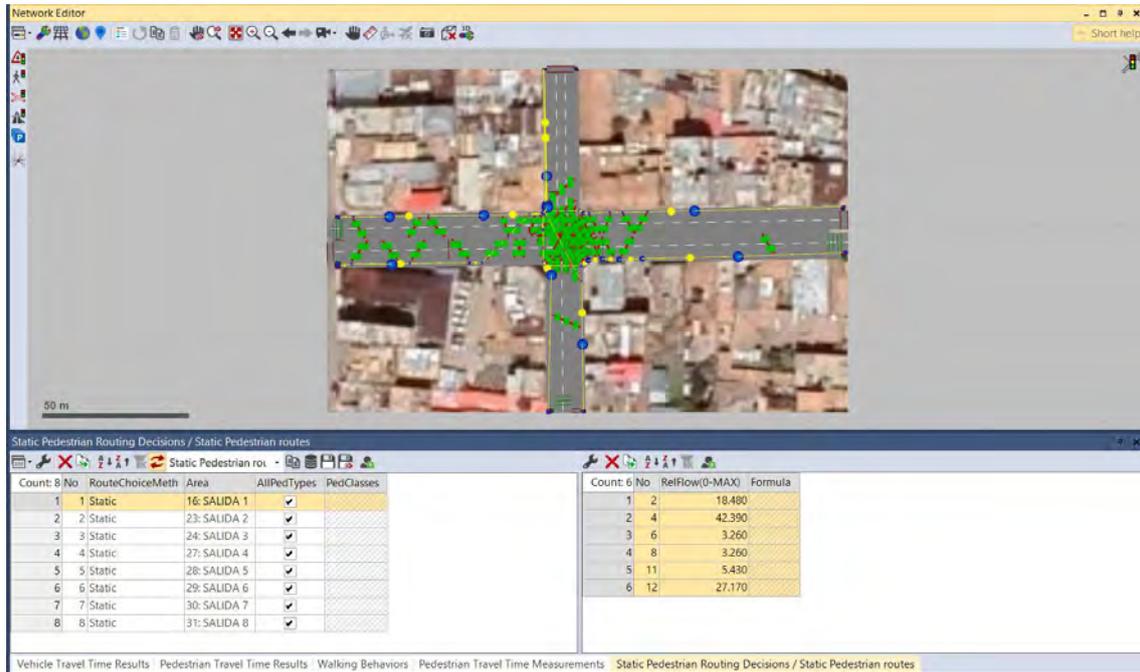
Count	VehRoutDec	No	Name	Formula	DestLink	DestPos	RelFlow(0-MAX)
1	4	1			5: BRUNO TER...	43.087	0.420
2	4	2			7: HUANCAYO	81.650	0.260
3	4	3			1: HUANCAYO	68.133	0.320

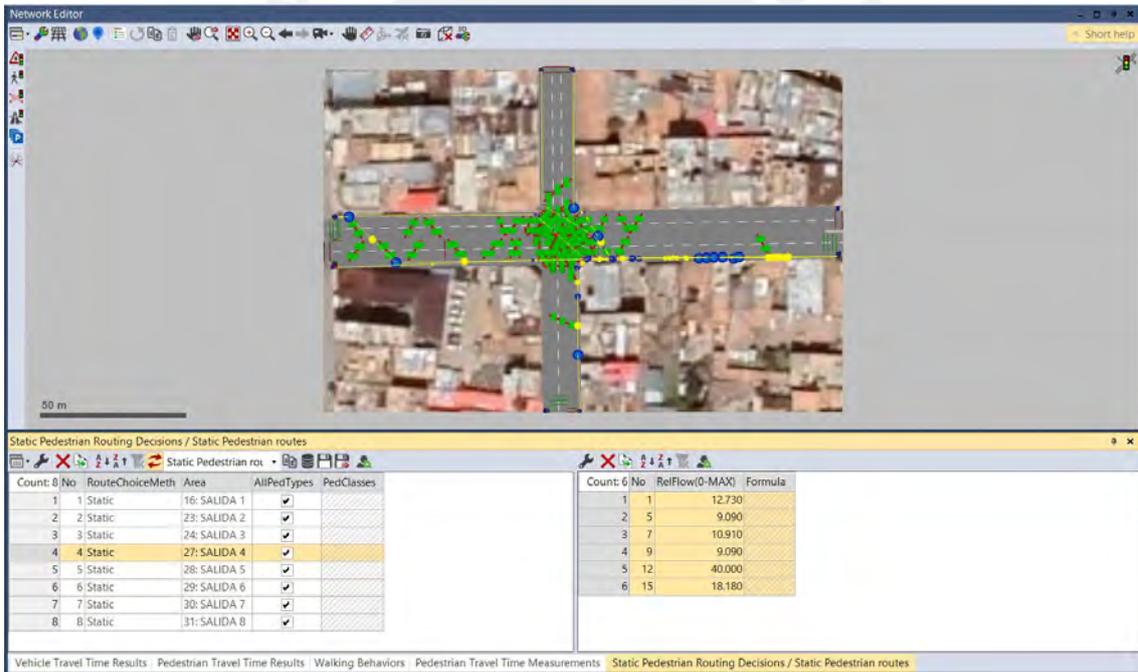
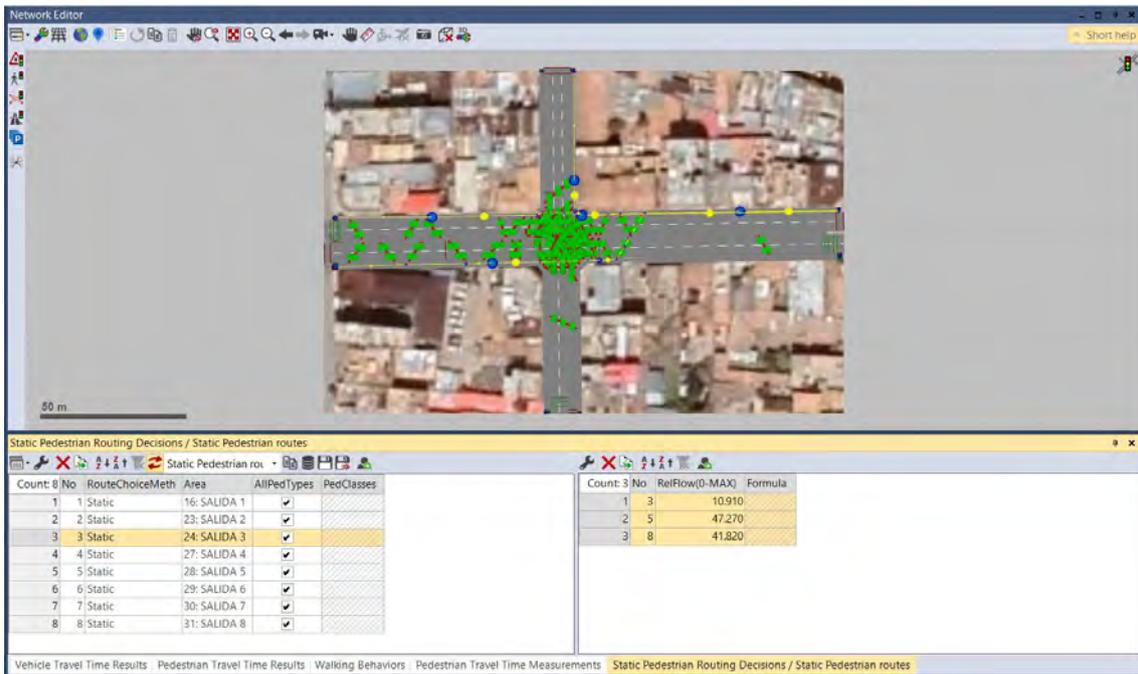
Static Vehicle Routing Decisions /... Vehicle Inputs / Vehicle volumes... Vehicle Travel Time Results Pedestrian Travel Time Results Walking Behaviors Pedestrian Travel Time Measur... Static Pedestrian Routing Decisio...



**Anexo C – Rutas  
peatonales para el proceso  
de Calibración y  
Validación**

# RUTAS PEATONALES QUE PARTEN DE CADA PUNTO DE SALIDA DEFINIDO





Network Editor

Static Pedestrian Routing Decisions / Static Pedestrian routes

Count	No	RouteChoiceMeth	Area	AllPedTypes	PedClasses
1	1	Static	16: SALIDA 1	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	2	Static	23: SALIDA 2	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	3	Static	24: SALIDA 3	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	4	Static	27: SALIDA 4	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	5	Static	28: SALIDA 5	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	6	Static	29: SALIDA 6	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	7	Static	30: SALIDA 7	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	8	Static	31: SALIDA 8	<input checked="" type="checkbox"/>	

Count	No	RelFlow(0-MAX)	Formula
1	1	14.470	
2	3	13.160	
3	4	60.530	
4	6	5.260	
5	8	6.580	

Vehicle Travel Time Results | Pedestrian Travel Time Results | Walking Behaviors | Pedestrian Travel Time Measurements | Static Pedestrian Routing Decisions / Static Pedestrian routes

Network Editor

Static Pedestrian Routing Decisions / Static Pedestrian routes

Count	No	RouteChoiceMeth	Area	AllPedTypes	PedClasses
1	1	Static	16: SALIDA 1	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	2	Static	23: SALIDA 2	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	3	Static	24: SALIDA 3	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	4	Static	27: SALIDA 4	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	5	Static	28: SALIDA 5	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	6	Static	29: SALIDA 6	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	7	Static	30: SALIDA 7	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	8	Static	31: SALIDA 8	<input checked="" type="checkbox"/>	

Count	No	RelFlow(0-MAX)	Formula
1	6	58.330	
2	9	16.670	
3	10	25.000	

Vehicle Travel Time Results | Pedestrian Travel Time Results | Walking Behaviors | Pedestrian Travel Time Measurements | Static Pedestrian Routing Decisions / Static Pedestrian routes

Network Editor

Static Pedestrian Routing Decisions / Static Pedestrian routes

Count	No	RouteChoiceMeth	Area	AllPedTypes	PedClasses
1	1	Static	16: SALIDA 1	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	2	Static	23: SALIDA 2	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	3	Static	24: SALIDA 3	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	4	Static	27: SALIDA 4	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	5	Static	28: SALIDA 5	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	6	Static	29: SALIDA 6	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	7	Static	30: SALIDA 7	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	8	Static	31: SALIDA 8	<input checked="" type="checkbox"/>	

Count	No	RelFlow(0-MAX)	Formula
1	3	35.870	
2	5	4.350	
3	7	11.960	
4	9	25.000	
5	10	22.630	

Vehicle Travel Time Results | Pedestrian Travel Time Results | Walking Behaviors | Pedestrian Travel Time Measurements | Static Pedestrian Routing Decisions / Static Pedestrian routes

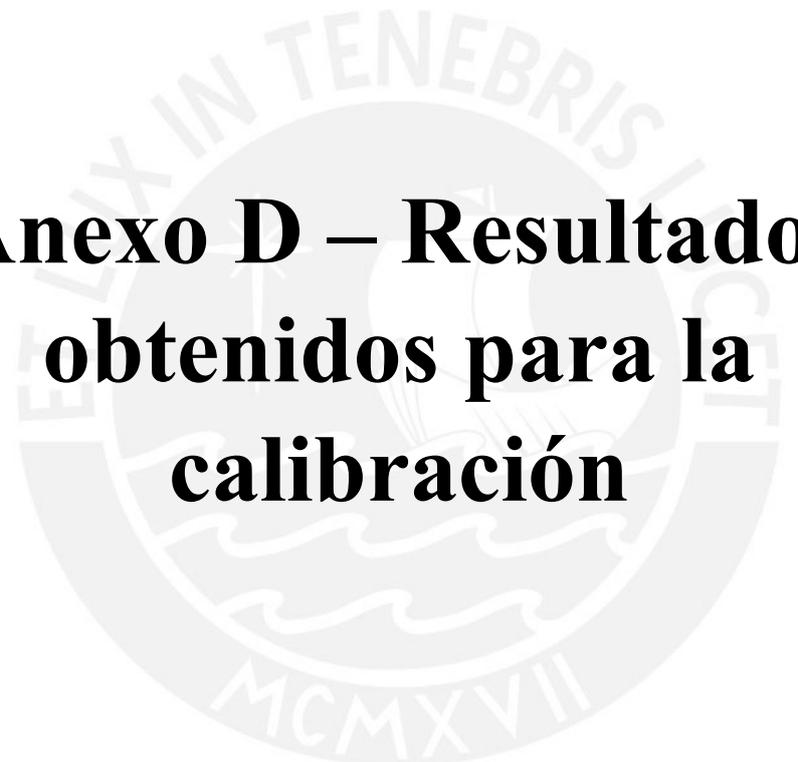
Network Editor

Static Pedestrian Routing Decisions / Static Pedestrian routes

Count	No	RouteChoiceMeth	Area	AllPedTypes	PedClasses
1	1	Static	16: SALIDA 1	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	2	Static	23: SALIDA 2	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	3	Static	24: SALIDA 3	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	4	Static	27: SALIDA 4	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	5	Static	28: SALIDA 5	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	6	Static	29: SALIDA 6	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	7	Static	30: SALIDA 7	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	8	Static	31: SALIDA 8	<input checked="" type="checkbox"/>	

Count	No	RelFlow(0-MAX)	Formula
1	1	30.580	
2	4	19.010	
3	5	9.920	
4	10	6.610	
5	12	9.090	
6	14	24.790	

Vehicle Travel Time Results | Pedestrian Travel Time Results | Walking Behaviors | Pedestrian Travel Time Measurements | Static Pedestrian Routing Decisions / Static Pedestrian routes



**Anexo D – Resultados  
obtenidos para la  
calibración**

## TIEMPOS DE VIAJE VEHICULAR

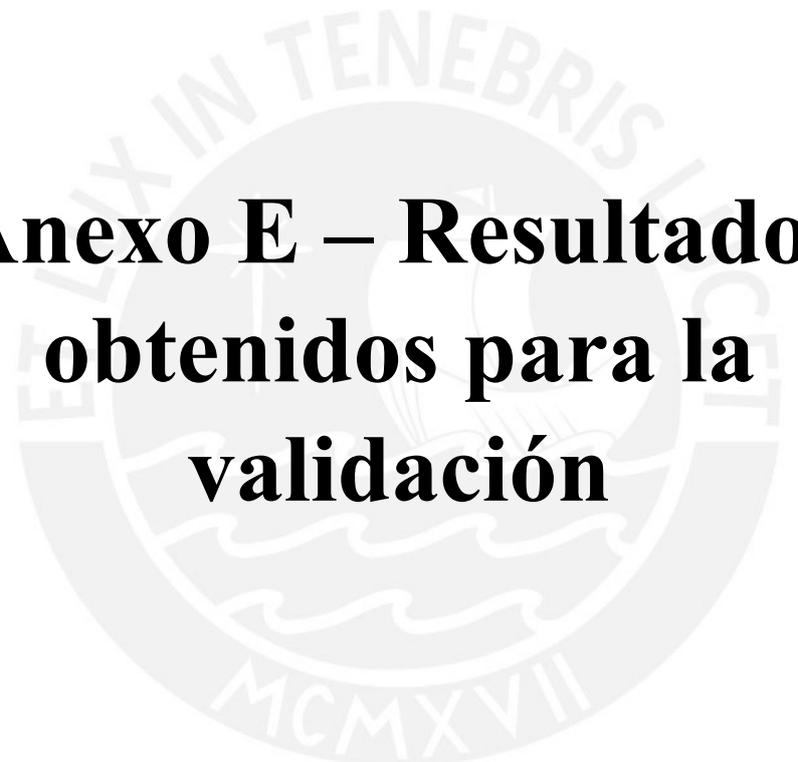
Count	SimRun	TimeInt	VehicleTravelTimeMeasurement	Vehs(All)	TravTm(All)	DistTrav(All)
1	1	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	156	5.46	36.31
2	2	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	151	5.63	36.31
3	3	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	161	5.86	36.31
4	4	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	136	5.76	36.31
5	5	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	173	5.40	36.31
6	6	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	173	5.65	36.31
7	7	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	166	5.29	36.31
8	8	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	165	5.56	36.31
9	9	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	172	5.11	36.31
10	10	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	157	4.85	36.31
11	11	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	160	5.23	36.31
12	12	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	187	4.95	36.31
13	13	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	159	5.18	36.31
14	14	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	151	5.80	36.31
15	15	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	160	4.80	36.31
16	Average	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	162	5.37	36.31
17	Standard deviation	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	12	0.34	0.00
18	Minimum	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	136	4.80	36.31
19	Maximum	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	187	5.86	36.31

Vehicle Travel Time Results | Pedestrian Travel Time Results | Walking Behaviors | Desired Speed Distributions / Data Points | Conflict Areas | Vehicle Travel Time Measurements

## TIEMPOS DE VIAJE PEATONAL

Count	SimRun	TimeInt	PedestrianTravelTimeMeasurement	TravTm(All)	Peds(All)
1	1	600-4200	1	17.91	41
2	2	600-4200	1	17.08	29
3	3	600-4200	1	18.32	25
4	4	600-4200	1	17.02	46
5	5	600-4200	1	17.49	28
6	6	600-4200	1	17.51	41
7	7	600-4200	1	17.46	34
8	8	600-4200	1	17.72	39
9	9	600-4200	1	16.98	41
10	10	600-4200	1	16.45	35
11	11	600-4200	1	15.53	39
12	12	600-4200	1	17.15	34
13	13	600-4200	1	17.67	29
14	14	600-4200	1	17.01	41
15	15	600-4200	1	17.70	36
16	Average	600-4200	1	17.27	36
17	Standard deviation	600-4200	1	0.66	6
18	Minimum	600-4200	1	15.53	25
19	Maximum	600-4200	1	18.32	46

Vehicle Travel Time Results | Pedestrian Travel Time Results | Walking Behaviors | Desired Speed Distributions / Data Points | Conflict Areas | Vehicle Travel Time Measurements



**Anexo E – Resultados  
obtenidos para la  
validación**

## TIEMPOS DE VIAJE VEHICULAR

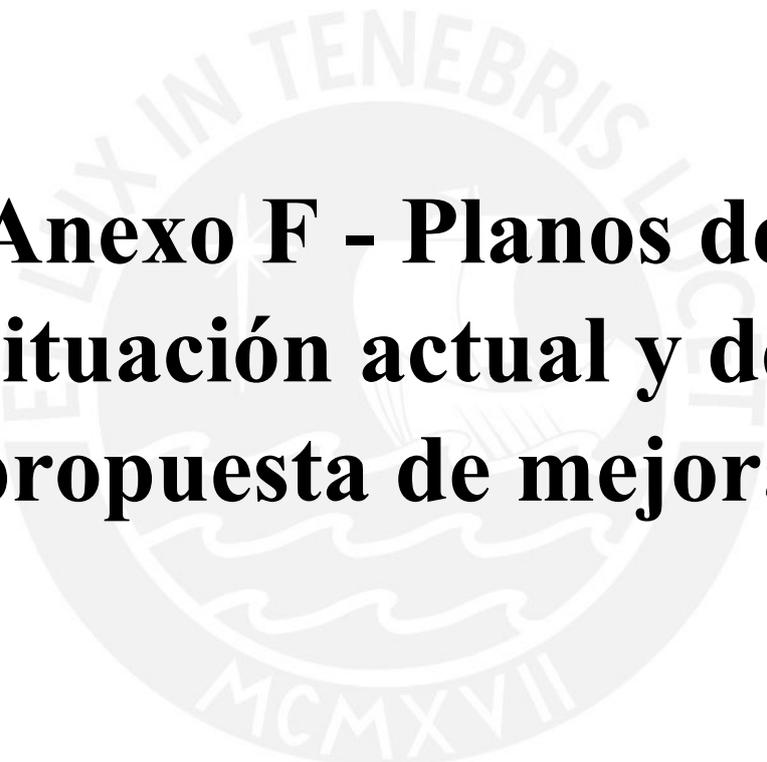
Vehicle Travel Time Results						
Count	SimRun	TimeInt	VehicleTravelTimeMeasurement	Vehs(All)	TravTm(All)	DisTrav(All)
1	1	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	158	5.91	36.31
2	2	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	160	7.42	36.31
3	3	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	166	7.79	36.31
4	4	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	142	7.60	36.31
5	5	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	175	6.84	36.31
6	6	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	183	7.57	36.31
7	7	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	172	7.39	36.31
8	8	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	170	7.18	36.31
9	9	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	174	7.43	36.31
10	10	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	163	6.59	36.31
11	11	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	169	7.48	36.31
12	12	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	205	7.33	36.31
13	13	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	171	6.32	36.31
14	14	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	157	6.34	36.31
15	15	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	168	6.74	36.31
16	Average	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	169	7.06	36.31
17	Standard deviation	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	14	0.57	0.00
18	Minimum	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	142	5.91	36.31
19	Maximum	600-4200	1: TIEMPO VIAJE VEH	205	7.79	36.31

Vehicle Composition... **Vehicle Travel Time R...** Pedestrian Travel Tim... Walking Behaviors Desired Speed Distri... Conflict Areas Vehicle Travel Time... Vehicle Inputs / Vehic... Pedestrian Inputs / P... Pedestrian Composi...

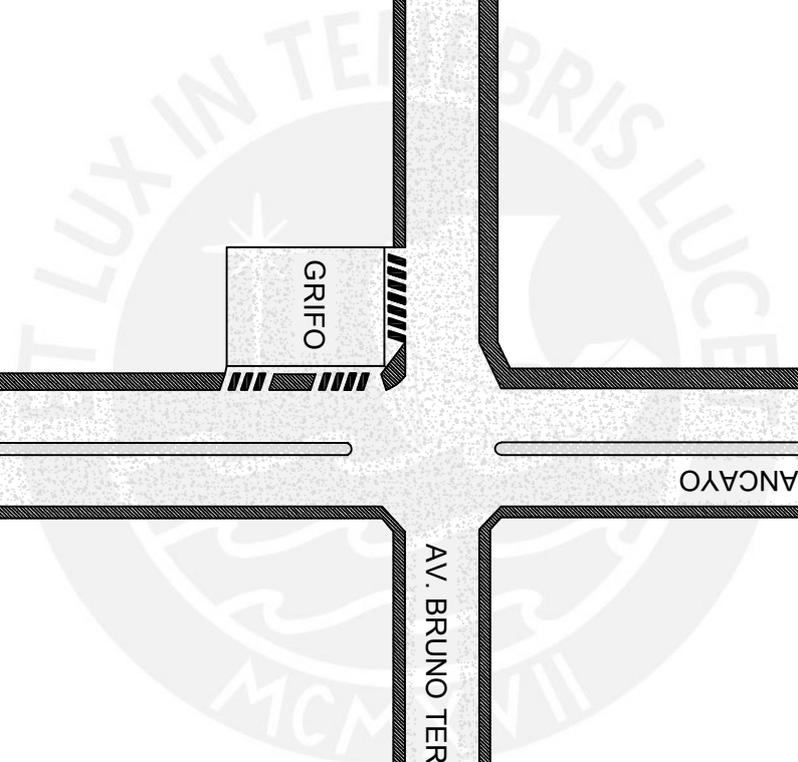
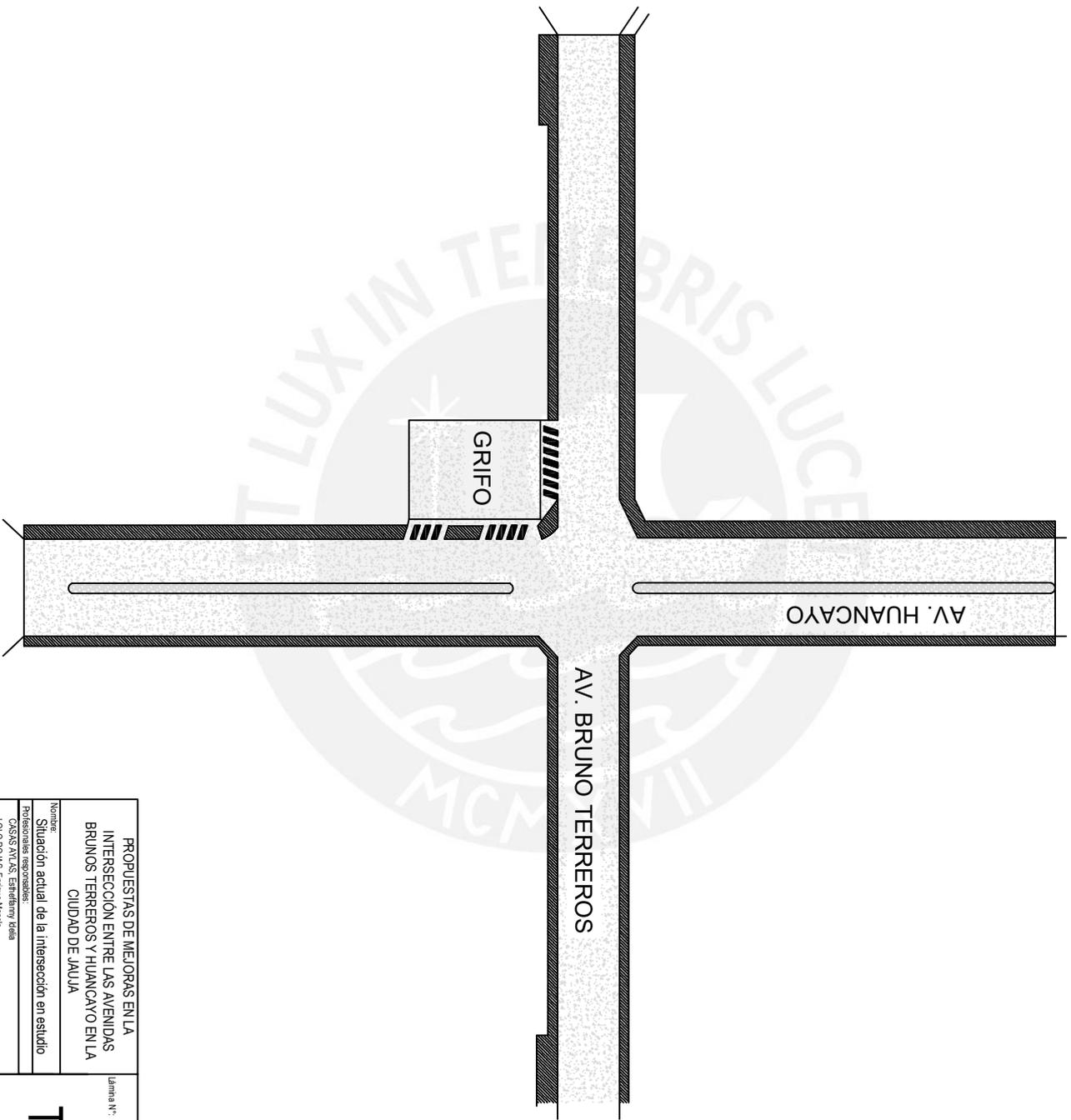
## TIEMPOS DE VIAJE PEATONAL

Pedestrian Travel Time Results					
Count	SimRun	TimeInt	PedestrianTravelTimeMeasurement	TravTm(All)	Peds(All)
1	1	600-4200	1	18.06	90
2	2	600-4200	1	18.01	82
3	3	600-4200	1	17.24	87
4	4	600-4200	1	18.46	93
5	5	600-4200	1	17.73	94
6	6	600-4200	1	18.24	87
7	7	600-4200	1	17.25	88
8	8	600-4200	1	18.51	107
9	9	600-4200	1	23.87	85
10	10	600-4200	1	17.53	90
11	11	600-4200	1	17.75	92
12	12	600-4200	1	18.20	83
13	13	600-4200	1	17.94	82
14	14	600-4200	1	18.12	78
15	15	600-4200	1	18.43	103
16	Average	600-4200	1	18.36	89
17	Standard deviation	600-4200	1	1.58	8
18	Minimum	600-4200	1	17.24	78
19	Maximum	600-4200	1	23.87	107

Vehicle Composition... Vehicle Travel Time R... **Pedestrian Travel Tim...** Walking Behaviors Desired Speed Distri... Conflict Areas Vehicle Travel Time... Vehicle Inputs / Vehic... Pedestrian Inputs / P... Pedestrian Composi...

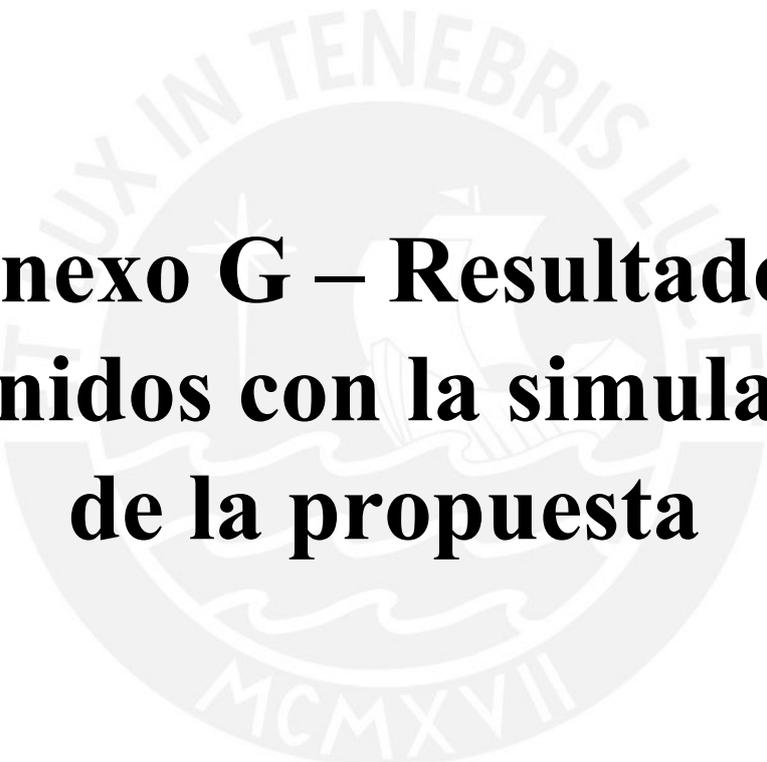


**Anexo F - Planos de  
situación actual y de  
propuesta de mejora**



<b>PROPUESTAS DE MEJORAS EN LA INTERSECCIÓN ENTRE LAS AVENIDAS BRUNOS TERREROS Y HUANCAYO EN LA CIUDAD DE JAJAJA</b>		Lámina N°: <b>T-01</b>
Nombre: Situación actual de la intersección en estudio		
Profesionales responsables: CISAS ATLAS, Estratemy Urban LOLO ROLAS, Enrique Mando		
Ubicación: Jajaja / Jajaja Surin	Año: 2022	
Fecha: 03/07/2022	Escala: 1 : 750	





**Anexo G – Resultados  
obtenidos con la simulación  
de la propuesta**

## TIEMPOS DE VIAJE VEHICULAR – PROPUESTA

Count	19 SimRun	TimeInt	VehicleTravelTimeMeasurement	Vehs(All)	TravTm(All)	DistTrav(All)
1	1	600-42...	1: TIEMPO VIAJE VEH	65	6.09	36.31
2	2	600-42...	1: TIEMPO VIAJE VEH	52	6.57	36.31
3	3	600-42...	1: TIEMPO VIAJE VEH	66	5.54	36.31
4	4	600-42...	1: TIEMPO VIAJE VEH	50	5.34	36.31
5	5	600-42...	1: TIEMPO VIAJE VEH	54	6.75	36.31
6	6	600-42...	1: TIEMPO VIAJE VEH	72	5.49	36.31
7	7	600-42...	1: TIEMPO VIAJE VEH	57	5.89	36.31
8	8	600-42...	1: TIEMPO VIAJE VEH	69	6.95	36.31
9	9	600-42...	1: TIEMPO VIAJE VEH	77	6.57	36.31
10	10	600-42...	1: TIEMPO VIAJE VEH	58	5.69	36.31
11	11	600-42...	1: TIEMPO VIAJE VEH	50	5.79	36.31
12	12	600-42...	1: TIEMPO VIAJE VEH	52	6.40	36.31
13	13	600-42...	1: TIEMPO VIAJE VEH	42	6.42	36.31
14	14	600-42...	1: TIEMPO VIAJE VEH	67	5.41	36.31
15	15	600-42...	1: TIEMPO VIAJE VEH	59	5.89	36.31
16	Average	600-42...	1: TIEMPO VIAJE VEH	59	6.05	36.31
17	Standar...	600-42...	1: TIEMPO VIAJE VEH	10	0.52	0.00
18	Minim...	600-42...	1: TIEMPO VIAJE VEH	42	5.34	36.31
19	Maxim...	600-42...	1: TIEMPO VIAJE VEH	77	6.95	36.31

Links / Lanes Areas Conflict Areas Static Vehicle Routing De... Static Pedestrian Routing... Vehicle Travel Time Results Pedestrian Travel Time R... Vehicle Inputs / Vehicle v... Vehicle Travel Time Meas... Desired Speed Distributi...

## TIEMPOS DE VIAJE PEATONALES - PROPUESTA

Count	19 SimRun	TimeInt	PedestrianTravelTimeMeasurement	TravTm(All)	Peds(All)
1	1	600-42...	1	14.81	308
2	2	600-42...	1	14.68	300
3	3	600-42...	1	14.57	291
4	4	600-42...	1	14.51	283
5	5	600-42...	1	14.66	311
6	6	600-42...	1	14.87	289
7	7	600-42...	1	14.54	328
8	8	600-42...	1	14.74	301
9	9	600-42...	1	14.78	306
10	10	600-42...	1	14.39	306
11	11	600-42...	1	14.70	269
12	12	600-42...	1	14.67	279
13	13	600-42...	1	14.74	259
14	14	600-42...	1	14.75	270
15	15	600-42...	1	14.71	302
16	Average	600-42...	1	14.67	293
17	Standar...	600-42...	1	0.12	19
18	Minim...	600-42...	1	14.39	259
19	Maxim...	600-42...	1	14.87	328

Links / Lanes Areas Conflict Areas Static Vehicle Routing De... Static Pedestrian Routing... Vehicle Travel Time Results Pedestrian Travel Time R... Vehicle Inputs / Vehicle v... Vehicle Travel Time Meas... Desired Speed Distributi...