

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**ANÁLISIS Y REDISEÑO DE LA INTERSECCIÓN DE AV. LA MOLINA Y AV.  
VÍCTOR MALASQUEZ**

Tesis para optar el título de **Ingeniero Civil**, que presentar el bachiller:

**Alberto Isaac Roca De La Cruz**

**ASESOR: Fernando José Campos De La Cruz**

**Lima, diciembre de 2019**



A mis padres, por el apoyo incondicional a lo largo de  
mi vida

A mis hermanos Diego y Sebastián, por sus constantes  
alientos para alcanzar mis objetivos

A mis amigos que siempre estuvieron para ayudarme  
y aconsejarme

A mi asesor, por sus enseñanzas y consejos en la  
elaboración de este trabajo

## **RESUMEN**

El tráfico vehicular en las vías principales de Lima es un problema cotidiano dado que los vehículos y peatones no pueden desplazarse con tanta fluidez a través de ellas. En el presente proyecto se propone mejorar el flujo vehicular y peatonal en la intersección de Av. La Molina, perteneciente al distrito de La Molina, y la avenida Víctor Malasquez en el distrito de Pachacamac.

Se empleó como herramienta de análisis al software Vissim 8, el cual permite una mejor evaluación del comportamiento de una red de tráfico según el nivel de detalle que se desea obtener. De esta forma, se evaluó las condiciones actuales de vehículos y peatones por medio de simulaciones dinámicas.

Para representar la zona de estudio usando este software, se utilizó la siguiente metodología: En primer lugar, se obtuvo la recolección de los datos geométricos, datos de demanda y datos de control de tráfico por medio de grabaciones. En segundo lugar, se verificó la correcta interacción de los vehículos y transeúntes en el sistema evitando cualquier tipo de anomalía en sus desplazamientos. Finalmente, se calibró y validó el sistema. En función de los resultados del estado actual obtenido, se observó la deficiencia vehicular como peatonal en los parámetros de tiempos de viaje, tiempos de espera y velocidades, así como también las condiciones de desplazamientos a las que están expuestos los peatones. A partir de esto, se propuso un escenario de rediseño de la intersección que, de construirse, optimice estos parámetros. Finalmente se elaboran los planos de la propuesta.

En síntesis, Se obtuvo mejoras en los parámetros de eficiencia vehicular ya que se redujo los tiempos de viaje promedio en 3.79 % mientras que las longitudes de cola promedio se redujo en un 15 %. En el caso peatones se obtuvo una reducción de tiempo de cruce promedio de 6.29 %.

En la propuesta final se incluyen nuevas señales de control de tráfico y el rediseño de la infraestructura de la intersección usando las recomendaciones de la NACTO.

## INDICE

### TABLA DE CONTENIDO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	I
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	III
<b>LISTA DE ECUACIONES USADAS</b> .....	IV
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1 Objetivos</b> .....	1
<b>1.1.1 Objetivos generales</b> .....	1
<b>1.1.2 Objetivos específicos</b> .....	1
<b>1.2 Alcance y limitaciones</b> .....	2
<b>CAPITULO 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA</b> .....	3
<b>2.1 Justificación</b> .....	3
<b>2.2 Tipos de modelo de simulación existentes</b> .....	3
<b>2.3 Modelos de seguimiento vehicular</b> .....	6
<b>2.4 Parámetros de simulación vehicular</b> .....	11
<b>2.5 Modelos de seguimiento peatonal</b> .....	14
<b>2.6 Parámetros de simulación peatonal</b> .....	19
<b>CAPÍTULO 3. PROGRAMAS DE MICRO-SIMULACIÓN VEHICULAR VISSIM 8</b> .....	20
<b>3.1 Vissim 8</b> .....	20
<b>3.2 Antecedentes</b> .....	20
<b>3.3 Casos de aplicación del Vissim 8</b> .....	20
<b>3.4 Construcción del modelo</b> .....	22
<b>3.4.1 Infraestructura del modelo</b> .....	23
<b>3.4.2 Modelamiento del tráfico</b> .....	24
<b>3.4.3 Control del tráfico</b> .....	25
<b>CAPITULO 4. METODOLOGIA PARA REALIZAR EL PROYECTO EN ESTUDIO</b> .....	26
<b>4.1 Trabajo previo</b> .....	26
<b>4.2 Desarrollo del modelo actual</b> .....	28
<b>4.3 Calibración y validación del modelo actual</b> .....	29
<b>4.4 Aplicación del modelo</b> .....	31
<b>CAPITULO 5. TRABAJO PREVIO EN CAMPO</b> .....	33
<b>5.1 Alcances y limitaciones del proyecto</b> .....	33
<b>5.2 Recolección y procesamiento de los datos de campo</b> .....	33
<b>5.2.1 Datos geométricos del lugar</b> .....	34
<b>5.2.2 Datos de demanda en la intersección</b> .....	35
<b>5.2.3 Datos de control de tráfico</b> .....	46



<b>CAPITULO 6. DESARROLLO DEL MODELO ACTUAL .....</b>	<b>48</b>
<b>6.1    Desarrollo de la micro-simulación usando Vissim 8 .....</b>	<b>48</b>
<b>6.1.1    Plantilla de modelado y escalamiento .....</b>	<b>48</b>
<b>6.1.2    Definición de vías principales, secundarias y conectores.....</b>	<b>48</b>
<b>6.1.3    Rutas vehiculares .....</b>	<b>49</b>
<b>6.1.4    Entradas vehiculares.....</b>	<b>49</b>
<b>6.1.5    Reglas de prioridad .....</b>	<b>50</b>
<b>6.1.6    Señales de control.....</b>	<b>50</b>
<b>6.1.7    Áreas de reducción de velocidad .....</b>	<b>51</b>
<b>6.1.8    Definición de cajas peatonales, cruceros e islas de espera .....</b>	<b>51</b>
<b>6.1.9    Entradas peatonales .....</b>	<b>52</b>
<b>6.1.10    Rutas peatonales.....</b>	<b>52</b>
<b>6.2    Verificación del modelo .....</b>	<b>52</b>
<b>CAPITULO 7. CALIBRACION Y VALIDACION DEL MODELO ACTUAL.....</b>	<b>55</b>
<b>7.1    Calibración del modelo real.....</b>	<b>56</b>
<b>7.1.1    Calibración de vehículos .....</b>	<b>56</b>
<b>7.1.2    Calibración de peatones.....</b>	<b>57</b>
<b>7.2    Validación del modelo.....</b>	<b>58</b>
<b>7.2.1    Validación vehicular .....</b>	<b>58</b>
<b>7.2.2    Validación peatonal.....</b>	<b>59</b>
<b>CAPITULO 8. APLICACIÓN DEL MODELO .....</b>	<b>60</b>
<b>8.1    Data de los resultados actuales.....</b>	<b>60</b>
<b>8.2    Propuestas de mejora.....</b>	<b>62</b>
<b>8.3    Data del modelo con propuestas de mejora.....</b>	<b>69</b>
<b>8.4    Comparación y análisis .....</b>	<b>71</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>79</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>81</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>82</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Tránsito de una intersección usando Vissim 8 .....	3
Figura 2 Modelos de simulación por nivel de detalle.....	5
Figura 3 Tendencia se seguimiento vehicular .....	7
Figura 4 Modelo de Wiedemann .....	10
Figura 5 Comunicación entre vehículos para cambio de carril .....	10
Figura 6 Procesos de cambio de carril.....	11
Figura 7 Comportamiento no basado en carriles .....	11
Figura 8 Consideraciones para el numero semilla.....	12
Figura 9 Periodo de estabilización del sistema en diferentes corridas .....	13
Figura 10 Fuerza social en transito.....	15
Figura 11 Modelo dinámico .....	16
Figura 12 Factores de desplazamiento del modelo dinámico.....	16
Figura 13 Visión del peatón.....	17
Figura 14 Patrones de colisión.....	17
Figura 15 Configuración de 3 escenarios distintos de evacuación.....	18
Figura 16 Posibles orientaciones de peatones .....	18
Figura 17 Construcción del modelo en Vissim 8 .....	23
Figura 18 Conector entre vías de doble carril.....	24
Figura 19 Metodología para desarrollar el proyecto en estudio.....	26
Figura 20 Representación en AutoCAD de la intersección.....	33
Figura 21 Ancho de carriles según el tipo de vía .....	34
Figura 22 Separador de carriles .....	35
Figura 23 Resumen volumétrico de vehículos en la intersección .....	35
Figura 24 Curva de frecuencias acumuladas para autos-custer-combi.....	37
Figura 25 Aceleración deseada y desaceleración máxima para mototaxis.....	38
Figura 26 Tramos de calibración tomado de campo.....	38
Figura 27 Datos de validación en la intersección .....	39
Figura 28 Rutas peatonales en la intersección.....	41
Figura 29 Tramos de análisis de velocidades .....	42
Figura 30 Curva de frecuencias acumuladas de velocidad peatonal .....	43
Figura 31 Tramos de calibración peatonal .....	44
Figura 32 Rutas peatonales en la intersección (Validación).....	45
Figura 33 Semáforos presentes en la intersección.....	46
Figura 34 Paradero de combis .....	47
Figura 35 Dimensiones de escalamiento usadas.....	48
Figura 36 Composición vehicular de los carriles principales y secundarios .....	49
Figura 37 Rutas vehiculares en la intersección .....	49
Figura 38 Demanda vehicular según el tipo de vía .....	50
Figura 39 Señales de control de Av. La Molina y Víctor Malasquez respectivamente .	50
Figura 40 Zonas de reducción de velocidad de acuerdo al tipo de vehículo .....	51
Figura 41 Ubicación de salidas peatonales.....	51

Figura 42 Demanda de peatones de acuerdo a las líneas de deseo.....	52
Figura 43 Rutas peatonales de acuerdo a su distribución porcentual .....	52
Figura 44 Áreas de conflicto en la intersección .....	53
Figura 45 Simulación del modelo final en 3D.....	53
Figura 46 Anomalías en la intersección .....	54
Figura 47 Verificación por randomization test para tiempos de viaje vehicular (tramo 1) .....	57
Figura 48 Verificación por randomization test para tiempos de viaje peatonal (tramo 1) .....	58
Figura 49 Verificación por randomization test para tiempos de viaje vehicular (Validación).....	59
Figura 50 Verificación por randomization test para tiempos de viaje peatonal (validación).....	59
Figura 51 Comparación de longitudes de cola en cada tramo.....	60
Figura 52 Tiempos de viaje en cada tramo.....	61
Figura 53 Tiempos de viaje en cada tramo.....	62
Figura 54 Nuevos ciclos de semáforo propuestos (Vissim) .....	64
Figura 55 Isla de espera actual de la intersección .....	65
Figura 56 Estado actual de la acera peatonal.....	65
Figura 57 Radio de giro usando Vehicle tracking .....	66
Figura 58 Porcentaje de Buses y camiones por la ruta 6 (Resumen) .....	67
Figura 59 Carril Av. Víctor Malasquez de una sola dirección .....	68
Figura 60 Longitudes de cola en los tramo de análisis (Mejora).....	69
Figura 61 Tiempos de viaje (Mejora).....	70
Figura 62 Tiempos de viaje en cada tramo (Mejora).....	71
Figura 63 Comparación de longitudes de cola .....	72
Figura 64 Randomization test para la longitud de cola Av. Molina-Este.....	72
Figura 65 Randomization test para la longitud de cola Av. Víctor Malasquez-Norte ...	73
Figura 66 Randomization test para la longitud de cola Av. Molina-Oeste .....	73
Figura 67 Comparación de tiempos de viaje vehicular .....	74
Figura 68 Randomization test para el tiempos de viaje Av. La Molina-Este.....	75
Figura 69 Randomization test para el tiempos de viaje Av. La Molina-Este* .....	75
Figura 70 Randomization test para el tiempos de viaje Víctor Malasquez-Norte.....	76
Figura 71 Comparación de tiempo de viaje peatonal .....	76
Figura 72 Randomization test para el tiempos de viaje peatonal a través de Víctor Malasquez.....	77
Figura 73 Randomization test para el tiempos de viaje peatonal a través de Av. La Molina.....	78

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de cantidad de vehículos por carril en la intersección .....	36
Tabla 2 Tabla de frecuencia acumulada de las velocidades para autos custers y combis .....	36
Tabla 3 Verificación de la muestra para tiempos de viaje vehicular en segundos .....	39
Tabla 4 Resumen cantidad de vehículos por carril en la intersección (Validación).....	40
Tabla 5 Verificación de la muestra para tiempos de viaje vehicular en segundos (validación).....	40
Tabla 6 Aforo total de hombres en una hora .....	41
Tabla 7 Aforo total de mujeres en una hora .....	41
Tabla 8 Tabla de frecuencia acumuladas peatonal .....	42
Tabla 9 Verificación de la muestra para tiempos de viaje peatonal en segundos .....	43
Tabla 10 Verificación de la muestra para tiempos de viaje peatonal (calibración).....	44
Tabla 11 Resumen cantidad de hombres que usaron la intersección (validación) .....	45
Tabla 12 Resumen cantidad de mujeres que usaron la intersección (validación) .....	45
Tabla 13 Resumen tiempos de viaje peatonal en segundos (Validación).....	46
Tabla 14 Ciclos de semáforo en la intersección .....	46
Tabla 15 Representación de los semáforos en todo su ciclo .....	47
Tabla 16 Tabulaciones de comportamientos de manejo.....	55
Tabla 17 Tabulaciones de comportamientos de manejo.....	56
Tabla 18 Longitudes de cola promedio .....	60
Tabla 19 Tiempos de viaje vehicular.....	61
Tabla 20 Tiempos de viaje peatonal .....	62
Tabla 21 Ciclos de semáforo propuestos para la intersección.....	63
Tabla 22 Representación de los semáforos en su nuevo ciclo.....	63
Tabla 23 Longitudes de cola (Mejora) .....	69
Tabla 24 Tiempos de viaje vehicular (Mejora) .....	70
Tabla 25 Tiempos de viaje peatonal (Mejora).....	71

## LISTA DE ECUACIONES USADAS

Ecuación 1 Ecuación de Chandler .....	6
Ecuación 2 Ecuación de velocidad optima .....	7
Ecuación 3 Ecuación planteada por Gipps para flujo libre .....	8
Ecuación 4 Ecuación planteada por Wilson para tráfico vehicular .....	8
Ecuación 5 Número mínimo de corridas .....	12
Ecuación 6 Ecuación de fuerza social .....	15
Ecuación 7 Calibración de los parámetros globales .....	30



## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

El aumento considerable del tráfico en Lima, conforme pasan los años, ha causado disconformidad tanto a los conductores como a los peatones ya que les dificulta moverse a través de avenidas muy transitadas. Esta es la razón principal por la cual se implementó distintos modelos en software que puedan representar adecuadamente las posibles interacciones modales de los usuarios. Estos modelos computarizados, permiten realizar simulaciones a diferente tipo de escala dependiendo del nivel de complejidad que requieran.

Para el caso del presente tramo en estudio, este se encuentra ubicado en las intersecciones de Av. La Molina y Av. Víctor Malasquez, las cuales delimitan los distritos de La Molina y Pachacamac. La finalidad de este proyecto de Ingeniería es realizar una simulación a pequeña escala de la intersección y así entender cuáles son los problemas que presenta el flujo vehicular y peatonal en este tramo. A partir de ello, se darán propuestas de mejora ya sea cambiando sus parámetros de control de tráfico y/o rediseñando la intersección. Para lograr este objetivo, se utilizó el programa Vissim 8 el cual es una herramienta que nos permite hacer micro-simulaciones que se pueden adaptar al tránsito en nuestro país.

### **1.1 Objetivos**

#### **1.1.1 Objetivos generales**

Mejorar el flujo vehicular y peatonal en la intersección de Av. La Molina y Av. Víctor Malasquez por medio de un micro análisis y rediseño en la zona de estudio.

#### **1.1.2 Objetivos específicos**

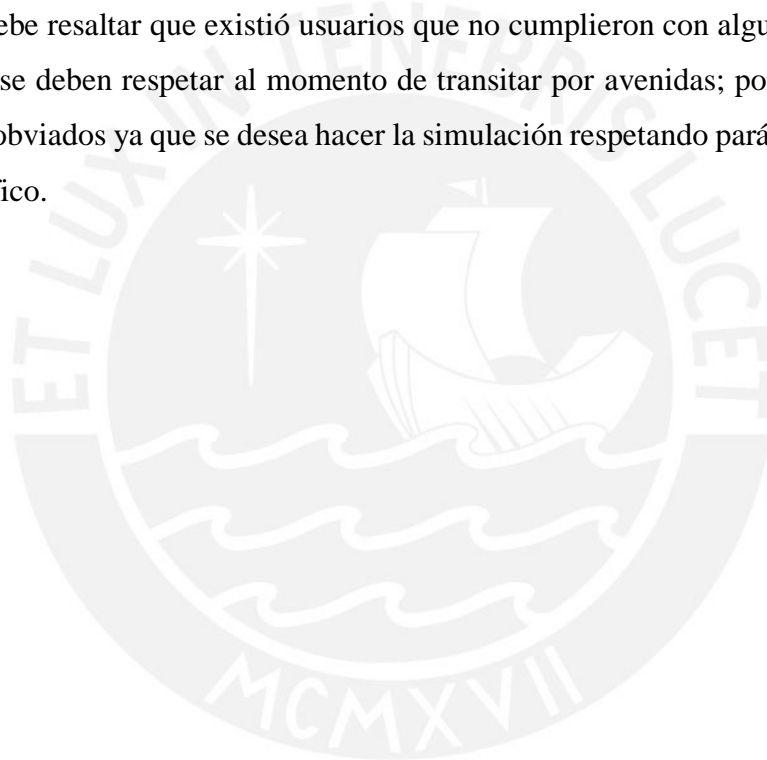
El objetivo específico del presente trabajo es analizar las posibles deficiencias, en cuanto a movilidad, de todos los usuarios que se trasladan a través de la intersección actual y; a partir de ello, proponer mejoras significativas que puedan brindarles un mejor desplazamiento por medio de recomendaciones de la NACTO.

## **1.2 Alcance y limitaciones**

El presente proyecto es una intersección que cuenta con 6 vías vehiculares (cuatro vías de doble carril en un solo sentido y las otras de un solo carril). Se ubica en las intersecciones de Av. La Molina y la Av. Víctor Malasquez el cual es la entrada al distrito de Pachacamac. Este lugar se caracteriza por ser una zona comercial con gran flujo vehicular.

La recolección de los datos fue hecha el viernes 06 y 13 de abril del 2018 en un intervalo de tiempo entre las 6:30 y 7:30 p.m. ya que este valor representa las horas pico de la zona. En esta época del año la cantidad de usuarios que usan la intersección es elevada ya que la mayoría de los centros educativos y centros laborales están en funcionamiento.

Por último, se debe resaltar que existió usuarios que no cumplieron con algunos movimientos normativos que se deben respetar al momento de transitar por avenidas; por ello, estos datos tendrán que ser obviados ya que se desea hacer la simulación respetando parámetros de gestión de tránsito y tráfico.



## CAPITULO 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

### 2.1 Justificación

Los modelos de simulación son útiles para diseñar mejoras en sistemas de autopistas urbanas ya que permite predecir resultados provenientes de los cambios que se desean implementar en el lugar de análisis. Esto es una gran ventaja ya que cualquier implementación nueva trae consigo impactos económicos y sociales en las localidades aledañas. Sin embargo, para que este modelo simulado sea eficiente, este debe mostrar todas las condiciones existentes de tráfico para obtener data confiable con la cual trabajar (Gomes, G., May, A., & Horowitz, R, 2004).



Figura 1 Tránsito de una intersección usando Vissim 8

Fuente: [www.ptvgroup.com](http://www.ptvgroup.com)

### 2.2 Tipos de modelo de simulación existentes

#### 2.2.1 Modelos microscópicos

Este tipo de modelo analiza el movimiento individual de cada vehículo en la vía de acuerdo a su propia percepción con los demás vehículos. Como cada uno de ellos tiene una manera distinta de movimiento, se necesita una amplia cantidad de datos de entrada para poder entender el comportamiento a través de una red de transporte. Una limitante de este modelo es que, al ser analizado cada componente, es complicado tener una visión global de todo el sistema (A. Al-Mudhaffar, 2006).



Los parámetros que son de interés en este tipo de modelo son la ubicación y la velocidad de cada vehículo individual en cada instante de tiempo. (McCrea, J. & Moutari, S, 2010).

Algunas plataformas de micro simulación conocidas son “INTRAS, NETSIM, VISSIM, CORSIM, THOREAU, FLEXSYT-II y AISUM” (Q. Yang, 1997).

### **2.2.2 Modelos macroscópicos**

Estos modelos están basados en la teoría de flujo de tráfico continuo, la cual describe la evolución en el tiempo y el espacio de las variables volumen  $q(x,t)$ , velocidad  $u(x,t)$  y densidad  $k(x,t)$  que se definen en cada instante de tiempo “ $t$ ” y en cada punto “ $x$ ” (Barceló, 2010).

Según Elefteriadou, este modelo está basado en la relación determinística de flujo, velocidad y densidad del tráfico. Estos modelos provienen de ecuaciones matemáticas específicas que han sido implementadas y mejoradas al largo de los años.

Entre algunas plataformas de macro-simulación conocidas tenemos a “transCAD, KRONOS, VISUM, TRANSYT-7F, EMME/2, METANET” (Q. Yang, 1997).

### **2.2.3 Modelos mesoscópicos**

Este tipo de modelo combina los modelos microscópicos, ya que puede analizar vehículos de manera individual, y los modelos macroscópicos que dependen de la dinámica del vehículo. Los modelos mesoscópicos tienen 2 características esenciales, en primer lugar, agrupa vehículos individuales dependiendo de sus dinámicas de flujo. En segundo lugar, no considera los vehículos de manera independiente sino como un paquete que se mueve a lo largo de las vías (Barceló, 2010).

En síntesis, este modelo utiliza herramientas e información de los 2 modelos antes mencionados ya que captura la interacción entre la elección de modo y la asignación de tráfico bajo diferentes estrategias de información (Mahmassani & Abdelghany, 2002).

Las plataformas utilizadas actualmente son “DYNASMART, DYNAMIT e INTEGRATION y METROPOLIS” (Q. Yang, 1997)

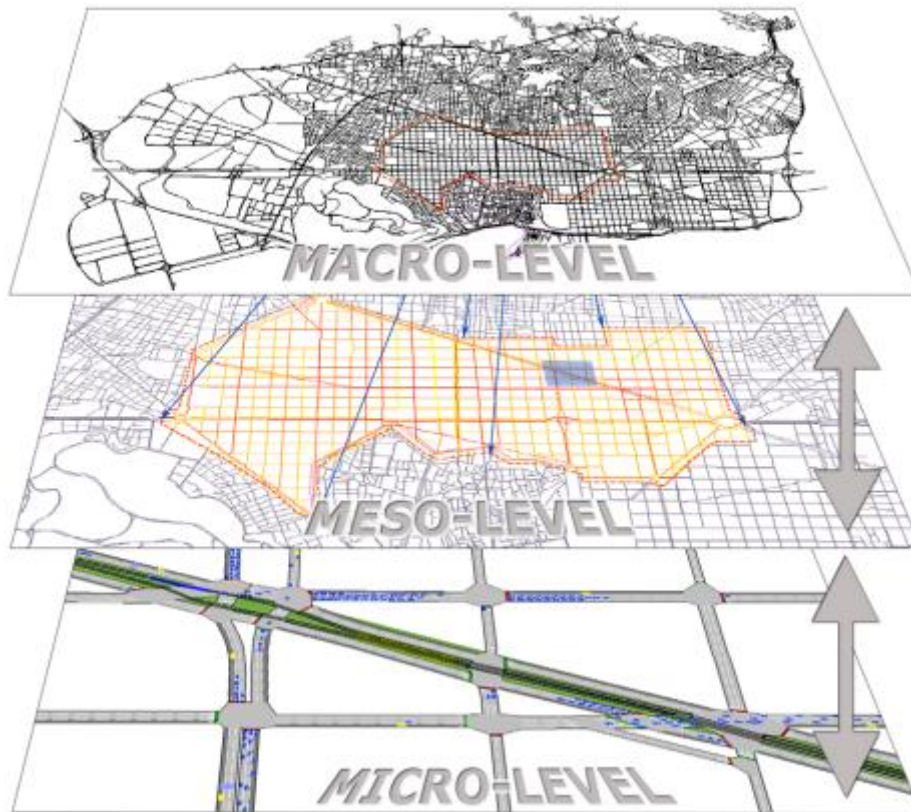


Figura 2 Modelos de simulación por nivel de detalle

Fuente: Barceló, Casas, García & Perarnau (2005)

#### 2.2.4 Modelos determinísticos y estocásticos

Los modelos determinísticos están basados en ecuaciones matemáticas que no varían respecto del tiempo; es decir, se ingresan datos de entrada para obtener como resultado datos de salida específicos (Starfield, 2005).

Los modelos estocásticos no especifican la posición del automóvil y sus velocidades, sino que se analiza la probabilidad de cada sitio en cada paso de tiempo (Schreckenberg, 1995).

La simulación de tráfico vehicular está regida bajo modelos estocásticos y determinísticos. En los modelos estocásticos se analiza como varía las características del conductor (niveles de agresividad, formas de manejo, etc.) de acuerdo a probabilidades. En los modelos determinísticos no se presenta esta variación ya que los resultados provienen de ecuaciones matemáticas (Avilés, 2017).

El tráfico vehicular es un sistema híbrido-estocástico ya que cada sección del tráfico se compone de variables continuas y discretas las cuales interactúan con variables de secciones vecinas (Boel, R. & Mihaylova, L, 2004).

### 2.2.4.1 Variables continuas y variables discretas

Cauas señala que “las variables continuas son aquellas que pueden tomar cualquier valor dentro de un intervalo dado mientras que las discretas no pueden tomar valores intermedios entre dos valores dados”.

Las variables continuas en el flujo vehicular son la velocidad promedio y el número de vehículos en la sección, mientras que las variables de estado modal describen los cambios abruptos en los regímenes de tráfico como el número de carriles en la vía, modos de tráfico, condiciones externas y eventos controlados (Boel, R. & Mihaylova, L, 2004).

### 2.3 Modelos de seguimiento vehicular

Son las formas de manejo de cada conductor que están regidas por estímulos del vehículo anterior, esto se expresa por una función de la distancia de avance o velocidades relativas entre dos móviles (Brackstone & McDonald, 1999).

Weng & Wu señalan que existe una relación entre el vehículo precedente y el siguiente ya que estos aceleran o desaceleran de acuerdo a estímulos en la distancia que los separa.

#### 2.3.1 Modelo de General Motor (GM)

Es un modelo de estímulo-respuesta en el cual indica que cada vehículo tiene una tendencia de moverse con la misma velocidad que el vehículo delante de él. Es decir, hay un estímulo entre dos vehículos consecutivos en las vías (Chandler, 1958). Este modelo se puede representar por la siguiente fórmula:

$$a_n(t + \tau) = k\Delta v_n(t), \quad n = 1, 2, \dots, N.$$

$$\Delta v_n(t) = v_{n+1}(t) - v_n(t)$$

Ecuación 1 Ecuación de Chandler

Dónde:

$a_n(t + \tau)$  : Representa la aceleración del n-ésimo vehículo en el tiempo  $(t + \tau)$

$\tau$  : Es el tiempo de reacción del conductor

$v_{n+1}(t)$  : Velocidad del vehículo principal

$v_n(t)$  : Velocidad del vehículo siguiente

$k$  :  $k > 1$ , coeficiente de sensibilidad (mide intensidad de respuesta)

$N$  : Número total considerados en la vía

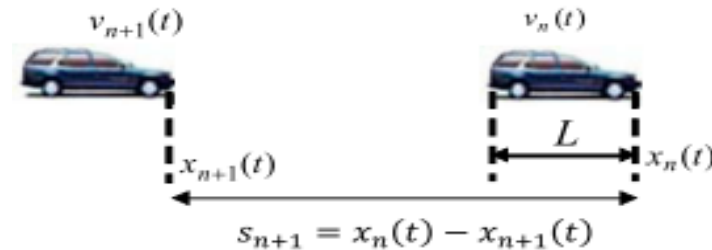


Figura 3 Tendencia se seguimiento vehicular

Fuente: <https://www.researchgate.net/figure/Sketch-of-a-car-following-model>

### 2.3.2 Modelo de velocidad Óptima

Existen 2 teorías sobre este seguimiento vehicular. La primera indica que cada conductor en la vía, está pendiente de mantener una distancia prudente del vehículo que le precede. Por ello, existe una relación entre la velocidad relativa entre dos vehículos sucesivos. La segunda indica que el conductor trata de mantener una velocidad prudente respecto al vehículo que le precede para así mantener una distancia que le seguridad de manejo (Brando, 1995). Esta última teoría es representada por la ecuación que mostraremos a continuación:

$$a_n(t) = k[V(\Delta x_n(t)) - v_n(t)] ,$$

$$V(\Delta x_n(t)) = 0.5v_{\max}[\tanh(\Delta x_n(t) - h_c) + \tanh(h_c)]$$

Ecuación 2 Ecuación de velocidad optima

Dónde:

$k$  :  $k > 0$  es el coeficiente de sensibilidad

$v_{\max}$  : Velocidad máxima del vehículo

$h_c$  : Distancia segura entre vehículos

$\text{Tanh}(x)$  : Función de tangente hiperbólica

La ecuación anterior es creciente y presenta un punto de inflexión cuando  $\Delta x_n(t) = h_c$

Por otra parte, también podemos concluir las siguientes relaciones:

$V(\Delta x_n(t)) \rightarrow 0$  y  $\Delta x_n(t) \rightarrow 0$  se evita la colisión;

Cuando  $V(\Delta x_n(t)) \rightarrow \infty$  y  $\Delta x_n(t) \rightarrow \infty$  los vehículos están libres y no tienen interacción

### 2.3.3 Modelo de Gipps

Este modelo señala que la velocidad del vehículo que está delante de otro se encuentra bajo la influencia de dos condiciones. En la primera, el vehículo no supera la velocidad de flujo libre o la velocidad deseada. En la segunda, el vehículo acelera hasta aproximarse a su velocidad deseada con una tasa de aceleración que al principio se incrementa con la velocidad. Luego decrece hasta cero conforme se aproxima a la velocidad deseada. Estas combinaciones dan como resultado a la siguiente ecuación que controla la aceleración y velocidad entre los vehículos (Rakha & Wang, 2009)

$$u_n(t + T) = u_n(t) + 3.6 \left[ 2.5 a_{\max} T \left( 1 - \frac{u_n(t)}{U_n} \right) \sqrt{0.025 + \frac{u_n(t)}{U_n}} \right]$$

Ecuación 3 Ecuación planteada por Gipps para flujo libre

Dónde:

$u_n(t)$  : Velocidad del vehículo

$a_{\max}$  : Máxima tasa de aceleración deseada del vehículo

$T$  : Tiempo de reacción del conductor

$U_n$  : Velocidad deseada del vehículo “n”

Por otro lado, Wilson (2001) señala que cuando existe congestión y los vehículos viajan muy cerca unos de otros. La velocidad del vehículo que se encuentra detrás se ve afectada por el tiempo de reacción del conductor, espacio entre vehículos, la velocidad entre el vehículo líder y los que los anteceden, así como también las desaceleraciones. Para tener un margen de seguridad en el cual el vehículo pueda detenerse cuando haya un retraso para iniciar su reacción, se considera la siguiente ecuación.

La ecuación considera un margen de seguridad igual  $T/2$

$$u_n(t + T) = 3.6 \left[ -bT + \sqrt{b^2 T^2 + b \left\{ 2 \{ s_n(t) - L_{n-1} \} - \frac{u_n(t)}{3.6} T + \frac{u_{n-1}(t)^2}{3.6^2 * b'} \right\}} \right]$$

Ecuación 4 Ecuación planteada por Wilson para tráfico vehicular

### 2.3.4 Modelo Psicofísico o action points (AP)

Este tipo de modelo se basa en una serie de consideraciones que mencionaremos a continuación. En primer lugar, los conductores perciben que se están acercando a otro vehículo cuando perciben la velocidad relativa a través de cambios visuales en el ángulo ( $\theta$ ) subtendido del vehículo que está al frente. El límite máximo de esta percepción es cuando  $\frac{d}{dt} \left( \frac{\Delta v}{\Delta x^2} \right)$  tiende a  $6 * 10^{-4}$ . Una vez que esta percepción es excedida, los conductores empiezan a desacelerar con el objetivo de que ya no exista velocidad relativa entre ambos vehículos. Es decir, basan sus acciones en este inicio de percepción y cualquier cambio que haya es percibido inmediatamente (Michaels, 1963).

En segundo lugar, hay casos en donde las diferencias de velocidades entre vehículos están por debajo del límite máximo (cuando los vehículos se encuentran en tráfico congestionado, por ejemplo). Por lo tanto  $\Delta x$  debe cambiar a una distancia que sea apenas perceptible que es generalmente 10% y su máximo será de 12% a medida que el conductor se aleja y aproxima al vehículo en frente (Michaels, 1963).

Al pasar este límite máximo el conductor empezara con una relación de aceleración y desaceleración específica hasta que vuelva a superar otro límite ya que el conductor no percibe cambios en las condiciones (Lee y Jones, 1967).

En último lugar, Se hizo una serie de experimentos basados en la percepción con la finalidad de comprobar los límites máximos que propuso Michael en 1963. Este experimento tuvo como finalidad que los pasajeros de una serie de vehículos juzgaran por ellos mismos si estos límites le daban el tiempo suficiente para observar al objetivo y tomar una decisión (Evans y Rothery, 1973). Estas investigaciones combinadas dieron paso al modelo de Widemann de 1974 que es usado en los softwares de flujo de tráfico multimodal microscópico.

El Modelo de Wideman cuenta con 4 modos o formas de conducción, al primero se le denomina libre manejo y se caracteriza por que se obvia la presencia de vehículos líderes, por ende, el vehículo seguidor busca alcanzar la velocidad deseada. El segundo modo es la manera de aproximación, en donde un vehículo al alcanzar a otro delante de él tiende a desacelerar. El tercero es la manera de seguimiento, en donde el conductor sigue al vehículo de enfrente sin acelerar o desacelerar de manera consiente y así mantener una distancia de seguridad constante. Finalmente es la manera de frenado, en donde un vehículo puede desacelerar tempestivamente si se llega a sobrepasar la distancia de seguridad deseada entre vehículos (Elefteriadou, 2014).

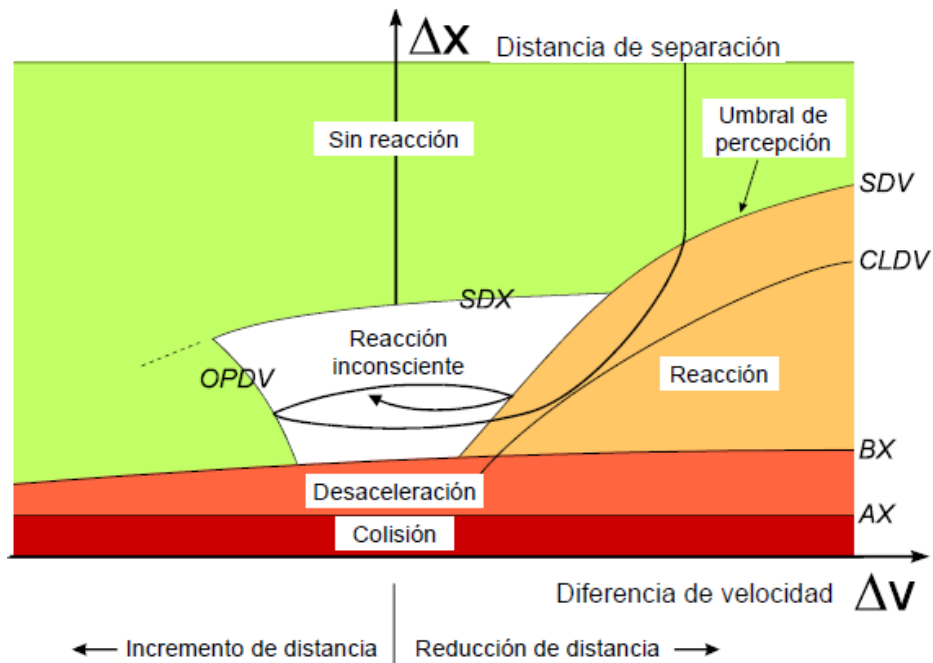


Figura 4 Modelo de Wiedemann

Fuente: PTV-AG, VISSIM 5.10 User Manual (2008)

### 2.3.5 Modelo de cambio de carril

Entre los modelos más representativos tenemos a los de cambio de carril libre, el cual depende de una petición no verbal y la de cambio de carril necesario que depende de la cooperación de los conductores.

#### 2.3.5.1 Cambio de carril libre

Esto ocurre cuando el conductor tiene la intención de rebasar a un vehículo que se encuentra delante de él en un mismo carril. Para lograr su objetivo, el conductor analiza las condiciones necesarias para cambiar de carril y sobrepasar la velocidad del otro vehículo. De este modo el conductor puede regresar al carril inicial, pero con la libertad de seguir con su velocidad deseada sin interrupciones (PTVgroup, 2016).

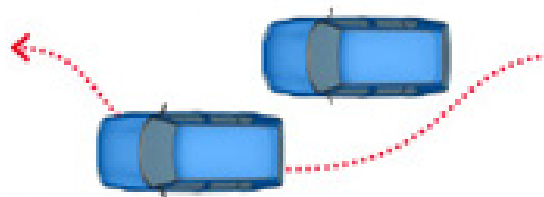


Figura 5 Comunicación entre vehículos para cambio de carril

Fuente: [www.PTVgroup.com](http://www.PTVgroup.com)

### 2.3.5.2 Cambio de carril necesario

Este caso se da cuando un vehículo necesita cambiar de carril para poder continuar con su trayecto deseado. Por ello, cuanto más se acerque al punto crítico, estará más dispuesto a tomar medidas agresivas comprometiendo su seguridad y la de los demás. En este caso se necesita de la participación de los otros vehículos con la finalidad de cooperar con el vehículo que deseada hacer un cambio de carril (PTVgroup, 2016).

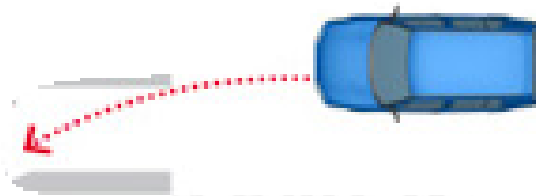


Figura 6 Procesos de cambio de carril

Fuente: [www.PTVgroup.com](http://www.PTVgroup.com)

### 2.3.5.3 Comportamiento no basado en carriles

Este comportamiento señala que algunos tipos de vehículos podrán compartir el carril siempre y cuando haya el espaciamiento necesario entre ellos. Es decir, hay posibilidad de que algún vehículo sobrepase a otro sin necesidad de hacer un cambio de carril si es que cuenta con las características geométricas necesarias (PTVgroup, 2016).

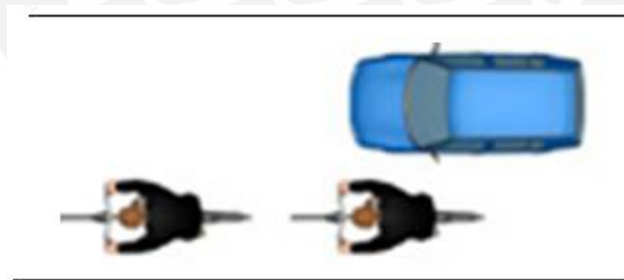


Figura 7 Comportamiento no basado en carriles

Fuente: [www.PTVgroup.com](http://www.PTVgroup.com)

## 2.4 Parámetros de simulación vehicular

### 2.4.1 Numero de semilla

Se define como el número de escenarios que puede tener el modelo de acuerdo al tipo comportamiento. Como este modelo es estocástico, para tener una mejor visión de las condiciones del tráfico, se debe realizar una gran secuencia de números aleatorios. Esto se debe a que velocidad de manejo, agresividad y desaceleraciones son propias de cada individuo.



Por ello, para obtener resultados estadísticos apropiados se debe contar con diferentes números semillas aleatorias (Rathi, A. K., & Santiago, A. J. 1990).

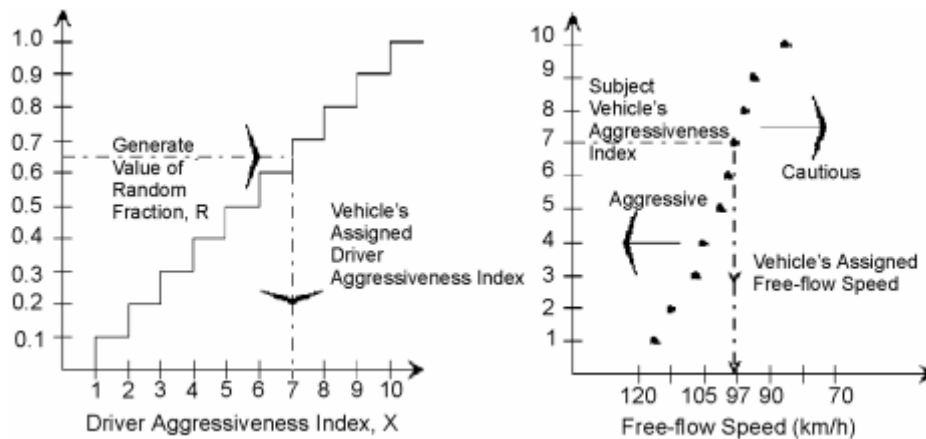


Figura 8 Consideraciones para el número semilla

Fuente: FHWA (2004)

## 2.4.2 Número de corridas

Según The Federal Highway Administration (FHWA) el número de corridas se define como las repeticiones múltiples que se hacen a un mismo modelo. Los resultados obtenidos irán variando de acuerdo al número semilla aleatorio que se haga en cada una de las corridas. Por ejemplo, si es que en la primera corrida empieza un conductor agresivo o tímido, el tipo de vehículo que ingresará, el tipo de ruta que tomará, etc.

Para conocer el número de corridas apropias a utilizar en el modelo se debe saber el número mínimo de repeticiones que se necesitan para estimar la desviación estándar. Por ello FHWA nos propone la siguiente ecuación para determinar el número mínimo de repeticiones como se muestra a continuación:

$$N_{\min} = \left( t_{\frac{\alpha}{2}} * \frac{s}{e} \right)^2$$

Ecuación 5 Número mínimo de corridas

Dónde:

$t_{\frac{\alpha}{2}}$  : Tabla t-student con N-1 grados libertad

s : Desviación estándar

e : Margen de error

N : Número de corridas mínimo

La FHWA también nos indica la siguiente fórmula para poder calcular directamente el intervalo de confianza.

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

Ecuación 6 Cálculo del intervalo de confianza

Dónde:

- $CI_{(1-\alpha)\%}$  : Intervalo de confianza para la media verdadera
- $\alpha$  : Probabilidad de que la media no se encuentre dentro del intervalo de confianza
- $t_{(1-\frac{\alpha}{2}), N - 1}$  : Estadística de t-student para probabilidad de un error de doble cola donde N representa el número de repeticiones
- s : Desviación estándar

### 2.4.3 Warm-up

Es también llamado parámetros de calentamiento y es el tiempo que se necesita para poder estabilizar el sistema a modelar. Es decir, es el tiempo al inicio en donde hay caminos vacíos y no se simula ninguna comunicación entre los móviles (Stevanovic & Batterman, 2009). Como se puede apreciar en la figura 4 el inicio de la simulación empieza en cero y va aumentando el flujo vehicular hasta llegar a un tiempo en donde se estabiliza completamente. A partir de ahí es donde podremos obtener datos apropiados de simulación (representado por líneas horizontales). Según FHWA el tiempo mínimo a considerar de warm-up es de 10 minutos.

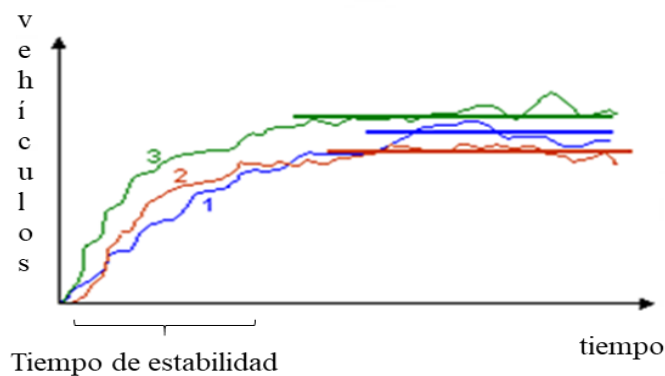


Figura 9 Periodo de estabilización del sistema en diferentes corridas

Fuente: Adaptado de [home.ubalt.edu/ntsbarsh/simulation/sim](http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/simulation/sim)

## **2.5 Modelos de seguimiento peatonal**

El flujo de peatones es aún más complejo de analizar que el flujo vehicular ya que estos cuentan con mucha más libertad para tomar acciones inmediatas. Esto ha sido un gran problema para los investigadores a lo largo de los años; sin embargo, se han creado modelos de seguimiento peatonal que logran representar el comportamiento peatonal (Blue, V., & Adler, J., 2000).

### **2.5.1 Modelo de fuerza social o campo social**

Según Lewin, los comportamientos que tiene el peatón a la hora de transitar están determinados por el entorno que este percibe. Este entorno depende del “campo social” en donde se encuentra.

Según Lakoba, Kaup, & Finkelstein (2005), llevaron esta idea a una representación matemática que señala los factores que determinaran el movimiento del peatón. El primer factor es la manera en que este desea llegar a su lugar de destino de la manera más cómoda como sea posible; es decir, evitando desvíos y tardando el menor tiempo posible, a este factor se le conoce como la “dirección deseada”. El segundo factor depende de la influencia que tiene un peatón respecto de otro ya que estos no se sienten cómodos con personas que no conocen.

Los peatones mantienen una determinada distancia dependiendo de qué tan aglomerados se encuentren unos de otros en determinada zona y la velocidad en que transitan, a esto se le conoce como “factores de repulsión”. El tercer factor indica que el peatón se siente atraído a otras personas (amigos, familia, etc.) u objetos (tiendas, exposiciones de arte, etc.) y de esta manera se forman grupos peatonales. A esto se le conoce como “factores de atracción” y cabe señalar que es decreciente en el tiempo ya que el interés también disminuye. Por último, se encuentra el factor que depende de variaciones aleatorias en el comportamiento; es decir, en donde hay alternativas de recorrido que dependen exclusivamente de la decisión que le parece más apropiada al peatón. Por ejemplo, la manera en pasar un obstáculo el cual puede hacerse desviándose a la derecha o a la izquierda. Ambas alternativas son válidas pero el recorrido es distinto. A este factor se le conoce como “fluctuaciones” (Johansson, A., Helbing, D., & Shukla, P. K., 2007).

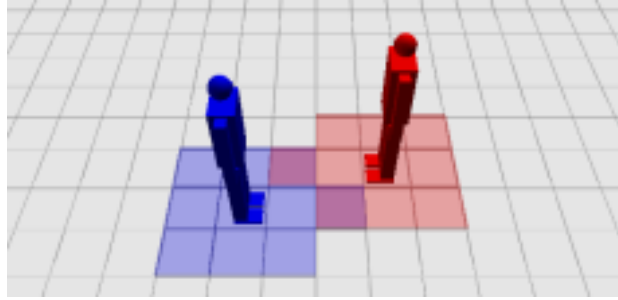


Figura 10 Fuerza social en tránsito

Fuente: Gonzales (2011)

$$\text{Modelo de fuerza social} = \text{Dirección deseada} + \text{factores de repulsión} + \text{factores de atracción} + \text{fluctuaciones}$$

Ecuación 6 Ecuación de fuerza social

## 2.5.2 Modelos de celulares automátatas

Es una herramienta computacional que se usa para representar sistemas complejos. “Se componen de un arreglo de celdas (generalmente rectangular) cuyos estados evolucionan acorde a un conjunto de reglas simples que consideran los estados de sus vecindades” (Rodríguez, D. H., & Figueroa, P. A., 2012). A continuación, mencionaremos algunos modelos de este tipo:

### 2.5.2.1 Modelos de parámetros dinámicos

Este modelo es representando en 2 dimensiones y considera que los posibles desplazamientos de un peatón son o hacia arriba o hacia abajo (Hao Yue, 2010). Cada peatón ocupa una celda. Los peatones pueden desplazarse una celda por cada paso que dan; por ello, mantienen su densidad dentro del sistema.

Según Moore, debe existir una vecindad de 1 alrededor del peatón que represente los posibles movimientos que este puede dar. Con esto asumimos que se construye una grilla de 3x3 en donde cada espacio ocupa 0.40 cm<sup>2</sup> de área aproximadamente, que es lo que ocupa un peatón. (Schadschneider, 2001).

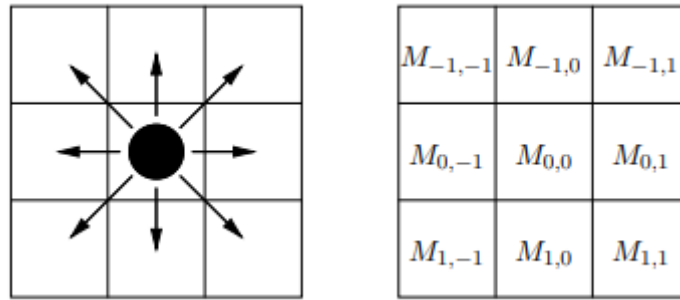


Figura 11 Modelo dinámico

Fuente: Schadschneider (2001).

Los posibles 9 desplazamientos que puede dar el peatón lo definen 4 parámetros importantes que mencionaremos a continuación:

- Parámetro de dirección: existe una ganancia de 1 si se aproxima a su destino y de -1 si se aleja de él. 0 si da un movimiento lateral que no aproxime ni se aleje y 0.7 o -0.7 cuando se aproxime o aleje a una celda diagonal. (figura a)
- Parámetros de vacíos: se considera 1 cuando el peatón desea desplazarse a una celda desocupada, -1 cuando la celda está ocupada y 0 cuando no se mueve.
- Parámetros de avance: El peatón observa celdas vacías delante de él (figura b) y existe una atracción por desplazarse hacia ese lugar (figura c).
- Parámetros de lado derecho: Según Hao Yue este parámetro se caracteriza por una tendencia de los peatones a caminar por el lado derecho.

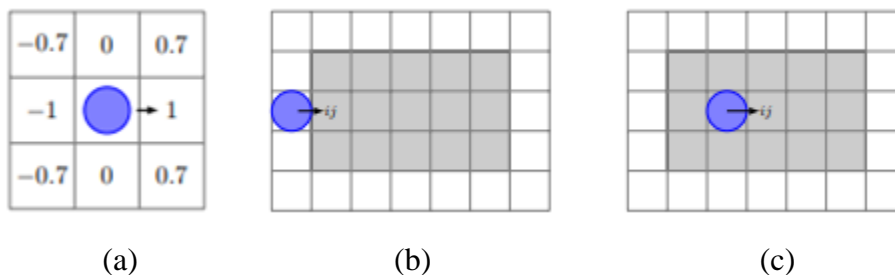


Figura 12 Factores de desplazamiento del modelo dinámico

Fuente: Gonzales (2011)

### 2.5.2.2 Modelo de patrones de colisión

Este modelo indica que el peatón puede moverse de 3 maneras distintas dependiendo de su rango de visión. Puede ser de frente, de manera diagonal por la izquierda o la derecha, pero siempre avanzando hacia adelante. Cabe resaltar que el peatón se mueve con la finalidad de evitar colisionar con otro (Narimatsu, 2004).

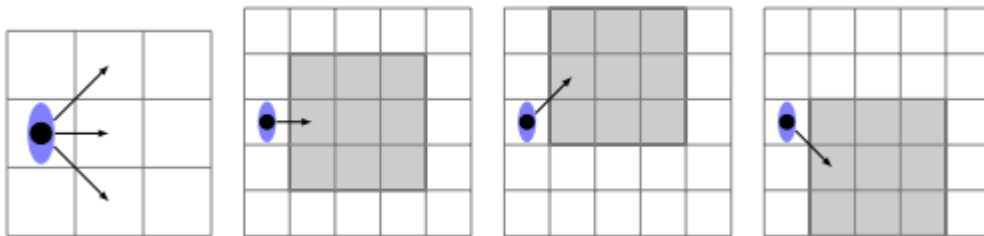


Figura 13 Visión del peatón

Fuente: Gonzales (2011)

Si 2 o más peatones que caminan en dirección opuesta colisionan, se guarda el patrón y con ello se haya una probabilidad de colisión. Esta probabilidad se informa a todos los peatones y con ello se busca la manera en que se tenga la menor cantidad de colisiones entre ellos.

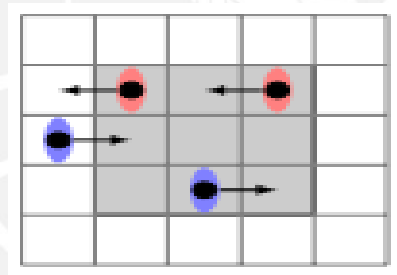


Figura 14 Patrones de colisión

Fuente: Gonzales (2011)

### 2.6.2.3 Modelo de campo de piso

Existe un efecto de repulsión entre peatones si las distancias que los separan es corta; caso contrario, si la distancia que los separa es amplia, existe un efecto de atracción de desplazarse hacia ese lugar. De esta forma los peatones que se dirigen en la misma dirección tienen una tendencia de seguimiento ya que se puede mantener una distancia prudente entre ellos (Burstedde, 2001).

Estos posibles movimientos se representan como una matriz y cuando 2 peatones quieren desplazarse a una misma celda, tendrá mayor jerarquía el peatón que tenga mayor probabilidad de transición. Esta probabilidad de transición es definida por algoritmos de movimiento (Gonzales, 2011).

Por otro lado, este tipo de modelo también es usado para simular situaciones de emergencia en donde las personas necesiten desplazarse a zonas de seguridad o salidas de evacuación. Por ende, se realiza simulaciones que ayuden a los peatones a encontrar una salida optima en el menor tiempo posible (Huang & Guo, 2008).

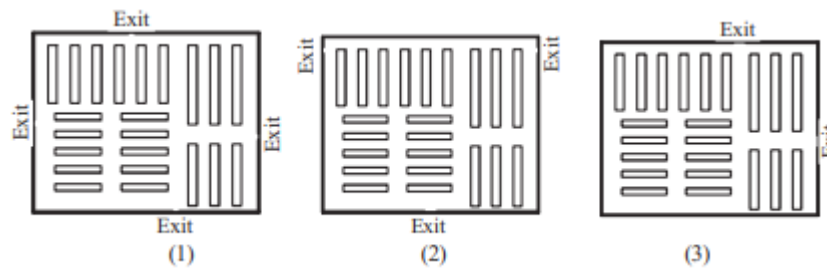


Figura 15 Configuración de 3 escenarios distintos de evacuación

Fuente: Huang (2008)

#### 2.6.2.4 Modelo de distancia social

En este modelo los peatones están representados por elipses en donde ocupan una sola celda sobre una grilla. Se considera que la elipse tiene 0.225 cm de en su tramo más largo y 0.135 cm en el más corto, esto representa el área aproximada que ocupa un peatón. Los peatones se mueven hacia otra celda con un radio de paso de 1; es decir, avanzan una celda por cada paso. Los ángulos a los que puede girar cada peatón pueden ser de 0,  $\pm 45$ ,  $\pm 90$  y  $\pm 135$  grados (Wąs, Gudowski & Matuszyk, 2006).

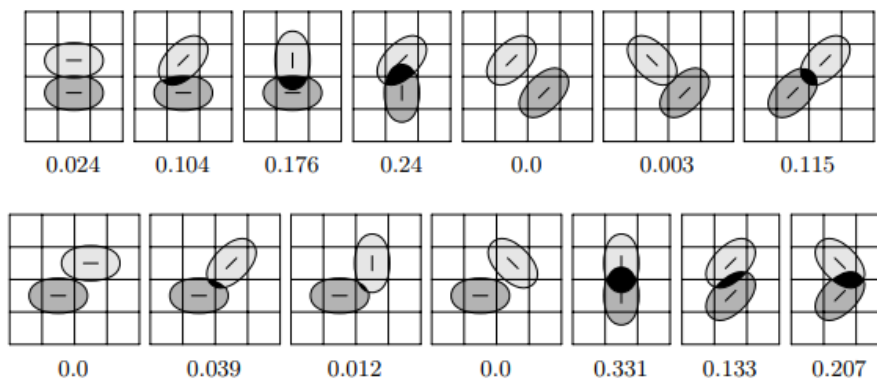


Figura 16 Posibles orientaciones de peatones

Fuente: Wąs, Gudowski & Matuszyk (2006)

## 2.6 Parámetros de simulación peatonal

- Tau ( $t$ ): A este parámetro se le conoce como el tiempo de relajación, de reacción o de inercia. Ajusta la diferencia entre la velocidad deseada y la dirección con la dirección y aceleración (Vissim 5.40, 2012).
- Lambda ( $\lambda$ ): Es la cantidad de anisotropía, en donde los sucesos que ocurran detrás de un peatón no influyen significativamente en él, pero si tienen influencia si los sucesos son observados delante de él (Ferreira, 2013).
- A\_soc\_isotrópico y B\_soc\_isotrópico: Regula la distancia entre las superficies corporales de peatones (Vissim 5.40, 2012).
- A\_soc\_mean y B\_soc\_mean: Estos parámetros determinan la fuerza social entre peatones (Ferreira, 2013).
- Noise: Este parámetro refleja la fuerza del término aleatorio en el modelo de fuerza social para tener en cuenta las variaciones no sistemáticas de comportamiento peatonal (Sahaleh, 2012).
- Queue\_order y queue\_straightness: Estos parámetros controlan la forma de las colas (Vissim 5.40, 2012).
- Side\_preference: Controla si los flujos peatonales opuestos prefieren evitar la colisión por la parte derecha o izquierda. Con un valor de -1 irán por el lado derecho, con un valor de 1 será por el izquierdo y para un valor de 0 evitarán la colisión de manera no controlada ya sea derecha o izquierda. (Ferreira, 2013).



## **CAPÍTULO 3. PROGRAMAS DE MICRO-SIMULACIÓN VEHICULAR VISSIM 8**

### **3.1 Vissim 8**

Es un software que permite simular microscópicamente a los usuarios en una vía pública y estudiar sus interacciones, así como también, el tráfico con mucha exactitud si se logra modelar sistemas correctamente representativos del sistema. Por este motivo este software es de los más usados mundialmente por su amplia flexibilidad a la hora de hacer modelados complejos sin la necesidad de usar muchos recursos (PTVgroup, 2016).

### **3.2 Antecedentes**

Su primera aparición como un programa de computación fue en el año 1992 con Windows Microsoft; sin embargo, el modelo teórico fue desarrollado mucho antes en la universidad Karlsruhe de Alemania en los años 80. La última versión oficial de este programa es el Vissim 8 del 2015 pero ya se encuentra la versión Vissim 10 Beta para el 2018 (PTV group, 2016).

### **3.3 Casos de aplicación del Vissim 8**

A continuación, se definirá 3 casos donde la herramienta Vissim 8 puede considerarse una herramienta útil para proyectos de simulación de tránsito.

#### **3.3.1 Sistemas multimodales**

PTV Vissim permite simular cualquier medio de transporte y sus interacciones, estos movimientos se basan en el comportamiento de seguimiento vehicular ya que usa el modelo de Wieddeman y los modelos de cambios de carril. Por otro lado, para simular el movimiento de los peatones, se usa el modelo de seguimiento por fuerza social. Por esta razón, se puede modelar una gran cantidad de escenarios muy realistas para así poder analizar todo el sistema (PTV Group, 2016)

Para el caso del transporte público, se puede ingresar una serie de vehículos típicos, paradas, horarios particulares y hasta tiempo de espera mientras los peatones suben al transporte. Con esto podemos determinar si las paradas de buses son las necesarias para cubrir la demanda y si los tiempos para que el peatón pueda transbordarlo es la apropiada sin alterar el flujo vehicular de la zona.

Para el caso de mercadería pesada, se puede usar herramientas que definan el peso y las dimensiones que tendrá cada vehículo. Esto influye en la manera de conducción ya que los vehículos más pesados tendrán diferentes acciones de frenado y aceleración que un vehículo convencional.

En el caso de los peatones, se puede analizar su comportamiento lo largo de su recorrido ya que el programa puede simular una amplia selección de rutas que puede elegir a diferencia de los vehículos que solo se mueven por carriles/rieles (PTV Group, 2016).

### **3.3.2 Trafico en autopistas**

Vissim nos arroja resultados muy realistas a nivel macroscópico ya que representa detalladamente fenómenos particulares del comportamiento vehicular. Es decir, gracias a su nivel de detalle microscópico para diferentes tipos de situaciones, nos da una mejor visión a mayor escala del comportamiento del tráfico en autopistas. Estos niveles de detalle pueden ser operativos o tácticos (PTV Group, 2016)

#### **3.3.2.1 Nivel operativo**

En este nivel se define el comportamiento de conducción de cada vehículo. El software nos permite ingresar el tipo de vehículo, sus velocidades, aceleración y frenado, comportamiento de cambio de carriles, el tipo de composición en la vía e incluso darle características propias al conductor. Todo lo anterior es importante a la hora de simular el comportamiento del tráfico ya que se asemeja a la realidad. Para definir este seguimiento vehicular PTV Vissim usa el modelo de Wieddeman.

#### **3.3.2.2 Nivel Táctico**

Se define como el comportamiento cooperativo y la selección del carril que toma el vehículo. Vissim puede simular las posibles alternativas del vehículo para cumplir una ruta determinada. Es decir, las previsiones que deberá tomar para moverse a otro carril con la finalidad de cumplir su trayectoria.

La alternativa elegida no solo depende de la geometría de la vía sino también del flujo continuo de vehículos ya que de esto depende el frenado o aceleración para moverse a través de carriles. Por ello se puede ingresar en el software las disposiciones de cooperación para así tener un escenario más realista.

### **3.3.3 Intersecciones**

Se puede modelar desde las intersecciones más simples hasta cruces más complejos con cualquier tipo de geometría y semaforización.

#### **3.3.3.1 Control semafórico**

PTV vissim puede simular intersecciones semaforizadas simples hasta intersecciones de control más complejas utilizadas para transporte público. Esto lo hace por medio del Visual VAP que es una herramienta con gran cantidad de comandos que permite tener una serie de funciones para una lógica del semáforo.

#### **3.3.3.2 Intersecciones no semaforizadas**

Existen intersecciones que no presentan semáforos como una alternativa para dar un orden al flujo vehicular; sin embargo, estas necesitan estar regidas por reglas de prioridad en donde el peatón o algún vehículo deberán tener mayor jerarquía para el cruce. Es por ello que Vissim permite definir estas reglas de prioridad al criterio del diseñador.

### **3.4 Construcción del modelo**

Este modelo de tráfico se simula de manera detallada de acuerdo a la demanda de vehículos. Para su construcción, es necesario definir tres bloques de datos de entrada y uno de salida que arrojará resultados para cada ejercicio de simulación como se muestra a continuación: (Fellendorf, M., & Vortisch, P., 2010).

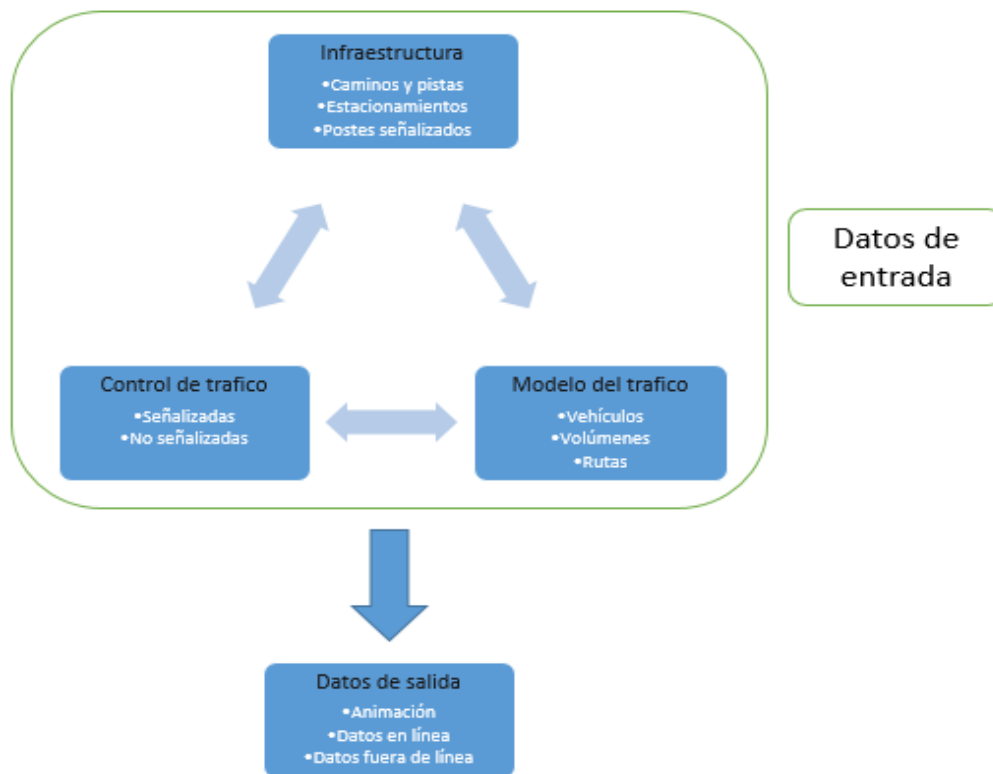


Figura 17 Construcción del modelo en Vissim 8

Fuente: Adaptado de Fellendorf, M., & Vortisch, P., 2010

### 3.4.1 Infraestructura del modelo

Para simular el comportamiento del tráfico se debe replicar la infraestructura de la red escalada. Esto se puede hacer de tres maneras, la primera es usando fotografías satelitales o por medio de dibujos en CAD. La segunda manera es importando sistemas de información geográfica (GIS) y planeamientos macroscópicos de transporte. La tercera es por medio de software de señales de optimización. La infraestructura vial está modelada por los siguientes elementos:

#### 3.4.1.1 Enlaces y conectores

Los conectores son utilizados en las intersecciones de dos o más carriles vehiculares y son necesarios si los enlaces se cruzan entre sí, si un enlace se divide en dos o más enlaces, si cambia las características geométricas del enlace o si dos enlaces o más se fusionan (Fellendorf, M., & Vortisch, P., 2010).

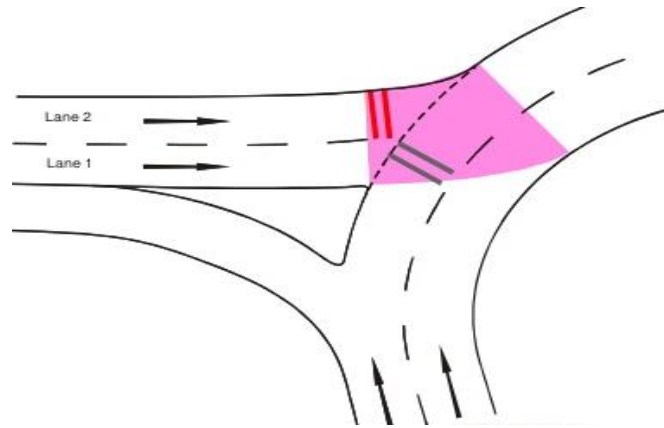


Figura 18 Conector entre vías de doble carril

Fuente: PTV group (2016)

En cada uno de los enlaces se define las propiedades obligatorias como el tipo de vehículo que usara esa ruta, coordenadas de su alineación, número de carriles y anchos de carril específicos.

Por otro lado, se le puede atribuir propiedades opcionales para tareas menos frecuentes como paso por peajes, comportamientos de manejo específicos o prohibición de cierto tipo de vehículos dependiendo de las normas de tránsito.

#### 3.4.1.2 Otros elementos de red

A diferencia de los enlaces y conectores que sirven para agregar infraestructura al modelo, también existen objetos puntuales que no tienen longitud física y deben ser ubicados particularmente en el carril. Entre las más comunes tenemos a las señales de semáforo, los paraderos de transporte público y las señales preventivas

### 3.4.2 Modelamiento del tráfico

A continuación, se indica la manera en que se definió el tipo de transporte en la intersección para así diferenciarlo y obtener los flujos totales.

#### 3.4.2.1 Para transporte publico

Consiste en definir los buses y tranvías con sus respectivas dimensiones. Los tiempos de espera de los peatones en los paraderos estarán definidos el tiempo en que estos se demoren en abordarlo.

### **3.4.2.2 Para transporte privado**

Estos vehículos tienen un flujo continuo y obedecen a las reglas de seguimiento vehicular. Si la distancia que los separa en un mismo carril se acorta, el vehículo anterior tiende a desacelerar para evitar colisionar. Por otro lado, si la distancia que los separa es mayor, el vehículo detrás tiende a acelerar para alcanzar al siguiente ya que la finalidad del transporte privado es llegar al destino de la manera más corta y accesible.

### **3.4.3 Control del tráfico**

Se utilizaron señalizaciones de semáforo, las cuales están regidas por tiempos de verde, rojo y ámbar. Estos tiempos son tales que ayuden a un correcto flujo vehicular y peatonal en avenidas. Por otro lado, tenemos a las señalizaciones sin semáforo, las cuales están definidas por reglas de prioridad, en donde el peatón tendrá la preferencia sobre cualquier vehículo en caso no haya semáforos presentes en la zona de análisis.



## CAPITULO 4. METODOLOGIA PARA REALIZAR EL PROYECTO EN ESTUDIO

A continuación, se muestra las etapas para desarrollar un estudio del tráfico a pequeña escala, la cual se puede dividir en 4 etapas importantes y 10 sub-etapas.

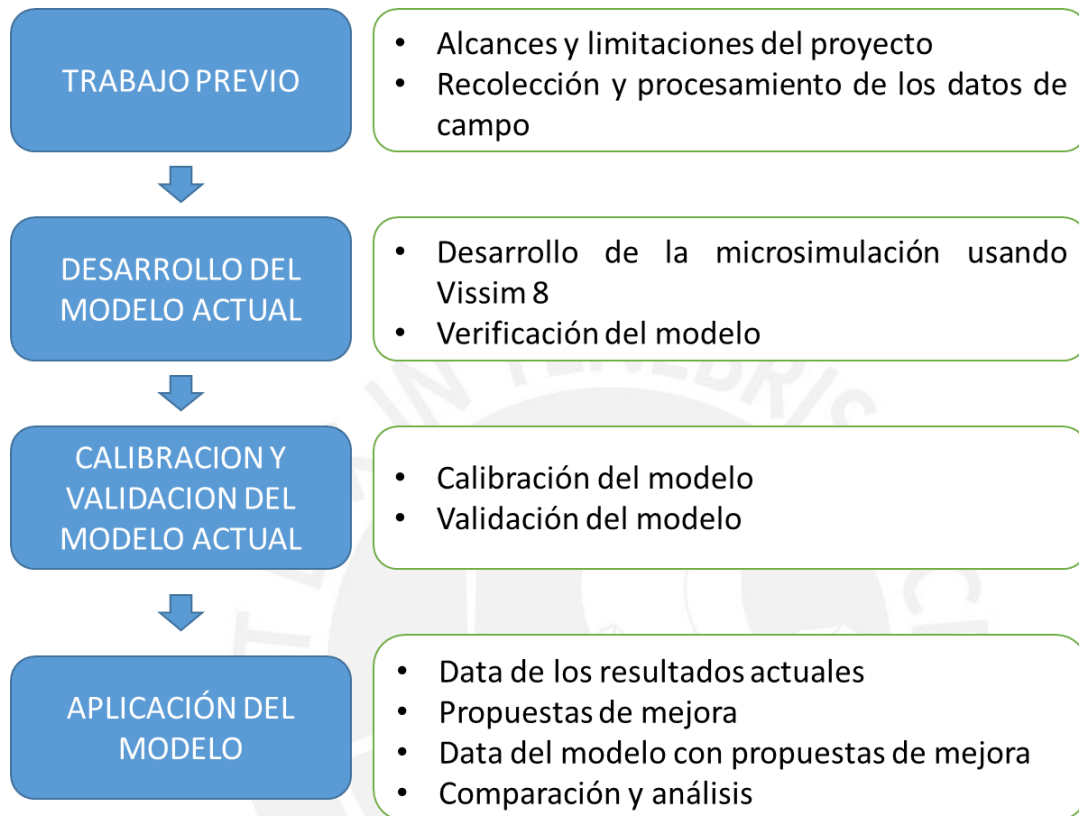


Figura 19 Metodología para desarrollar el proyecto en estudio

Fuente: Adaptado de FHWA (2004)

### 4.1 Trabajo previo

En esta etapa se definió los objetivos del proyecto, la recolección y procesamiento de los datos de campo de la zona en estudio.

#### **4.1.1 Alcances y limitaciones del proyecto**

Para determinar el alcance y las limitaciones de un proyecto de ingeniería de este tipo, es necesario conocer las características que el proyecto posee y así definir su nivel de complejidad. De esta forma, se puede estimar el tiempo y la cantidad de personas que formaran el equipo de trabajo ya que no es lo mismo realizar una simulación a pequeña escala de un tramo corto que el de toda una red de transporte con elevado flujo vehicular y peatonal. Como ejemplo de esto tenemos a la ruta del corredor azul que cuenta con un gran número de paradas e intersecciones en todo su trayecto. Entre mayor sea el número de intersecciones, el nivel de complejidad aumentara significativamente y con ello también la cantidad de recursos necesarios a emplear para el análisis.

#### **4.1.2 Recolección y procesamiento de datos**

La obtención de los datos de campo es muy importante para desarrollar los objetivos del proyecto; por ende, se debe definir de manera concisa el método de su recolección y la forma en que serán procesados. A continuación, se menciona los tipos de datos necesarios para desarrollar una micro-simulación apropiada.

##### **4.1.2.1 Datos geométricos del lugar**

Son las dimensiones geométricas de todos los elementos no móviles que componen la intersección. Entre los más comunes tenemos a los anchos de cruceo peatonal, ancho de carriles principales y secundarios, radios de giro, anchos de acera peatonal e islas de espera. Esta toma de datos debe hacerse con precaución y con equipos adecuados para medición.

Para este trabajo, se midió los elementos que eran más accesibles y seguros de tomar como las islas de espera y radios de giro ya que por estas zonas no se desplazan los vehículos. El resto de elementos que se encontraban en las avenidas principales y secundarias, como los anchos de crucesos peatonales, pendientes y anchos de carriles, fueron medidos a las 3 de la mañana del día 07 de abril aprovechando el escaso flujo vehicular.



#### **4.1.2.2 Datos de demanda en la intersección**

Se definen como las cantidades volumétricas de todos los tipos de vehículos y peatones que transitan por la intersección, así como también su distribución porcentual en la manera que estos eligen sus rutas de desplazamiento. Entre los datos más representativos tenemos a las velocidades, volúmenes totales y tiempos de viaje en tramos acotados.

Para obtener datos de demanda representativos, se realizó una grabación de la intersección desde la azotea de un gimnasio ubicada a 12 metros el día 06 de abril del 2018 entre las 6:00-7:00 p.m. en intervalos de 15 minutos con una cámara GoPro 4k. Luego de esto, se hizo otra grabación el día 14 de abril del 2018 a la misma hora y con el mismo intervalo de tiempo para usarla como datos de validación. De estas filmaciones se obtuvo la demanda, tiempos de viaje y velocidades tanto de vehículos como peatones.

#### **4.1.2.3 Datos de control de tráfico**

Son las señales encargadas de gestionar el tránsito en la intersección; es decir, se encargan de restringir el flujo libre tanto de vehículos como de peatones para así mantener el orden y la seguridad de los usuarios en la intersección.

Para el proyecto en mención, primero se ubicó las señales de semáforo tanto en las vías secundarias como en las principales y se calculó los ciclos de cada fase. Luego de ello, se ubicó las señales preventivas (zonas de reducción de velocidad por colegios), reglamentarias (pare, ceda el paso, no estacionar, etc.) e informativas (aeropuertos cerca, zona industrial, etc.) que afectan el flujo en la intersección.

### **4.2 Desarrollo del modelo actual**

En esta etapa se utiliza el software de micro-simulación Vissim 8 para hacer el modelamiento real de la intersección en base a los datos ya recolectados y procesados.

#### **4.2.1 Desarrollo de la micro-simulación usando Vissim 8**

En primer lugar, se exportó desde Google Earth la planimetría de la intersección y se escaló el ancho de un carril de 3 metros de la vía principal con la finalidad de acotar la imagen completa a utilizar. Una vez concluido esto, se procedió a definir las vías vehiculares principales y secundarias de la intersección con sus respectivos anchos de carriles. Para unir las vías vehiculares se usaron conectores que definen la unión de cada carril dependiendo del ancho de cada una. Luego de ello, se realizó la configuración vehicular, en esta etapa se definió los tipos

de vehículos y sus porcentajes para todo el sistema global. Para lograr esto, se calculó la suma total de cada tipo de vehículo que ingreso a las vías del modelo y, en función de ello, se obtuvo un porcentaje para uno. Una vez concluida esta parte, se procede a definir la composición vehicular, en este punto se debe ingresar los volúmenes de los vehículos que pasaron por cada vía, así como también las distribuciones porcentuales de todas las posibles rutas que tomo cada uno desde las vías de ingreso al sistema. Finalmente, se ingresó los ciclos de semáforo tanto de las vías principales como secundarias ya que el cruce de la intersección está determinado por reglas de semáforo. Además, se cuenta con cruces de giro libre, por ende, se debe ingresar reglas de prioridad de autos para que no colisionen entre sí.

Para el desarrollo de la micro-simulación peatonal primero se define las áreas de los cuales estos saldrán para empezar su recorrido, para ello se utiliza el comando “áreas”. Luego de ello, se ingresa la demanda peatonal en cada una de las áreas definidas por medio del comando “pedestrian composition”. Una vez concluido esto, se procede a hacer la definición del trayecto de todas las posibles rutas peatonales por medio de “pedestrian routes” en el cual se ingresa el porcentaje de peatones dependiendo del trayecto que eligieron.

Por último, se creó graficas de frecuencias acumuladas tanto para los vehículos como peatones ya que se desea representar las velocidades apropiadas para cada componente del sistema.

#### **4.2.2 Verificación del modelo**

Consistió en revisar el correcto ingreso de toda la data de campo al software de micro-simulación, así como también de corroborar los procedimientos de diseño. Entre las verificaciones del modelo tenemos al apropiado uso de conectores, reglas de prioridad bien establecidas, áreas de reducción de velocidad de acuerdo a los datos de campo, distribución porcentual bien definida y verificaciones en las áreas de conflicto. Es decir, se corroboró visualmente que no existan anomalías o comportamientos que no representen la intersección real.

#### **4.3 Calibración y validación del modelo actual**

Para realizar estos 2 procesos fue necesario recolectar correctamente los datos de campo en los dos días de grabación.

### 4.3.1 Calibración del modelo actual

Se define como un proceso iterativo en el cual se ajustan los parámetros del modelo para replicar la realidad con cierto grado de aceptación. La calibración se logra por medio de estadística inferencial en donde la muestra de un conjunto pequeño debe representar, con cierto grado de confiabilidad, el conjunto total de todos los individuos (F, Cabrera, 2015).

Para lograr una calibración apropiada primero se definió el tipo de muestra que se desea analizar. Por ejemplo, el tiempo de viaje que le toma a un vehículo cruzar un tramo definido, longitud de colas en un tramo de intersección, tiempo de viajes de peatones y/o vehículos, etc. En otras palabras, se escoge una muestra del modelo proveniente del número de corridas elegido y a partir de ello se hace una comparación con la muestra de campo correspondiente. El método de calibración usada fue por medio de una prueba de aleatorización en la cual la distribución de la estadística se prueba por hipótesis nula.

Para el proyecto en mención se eligió, como muestra, los tiempos de viaje vehicular en 25 metros de tres tramos en las vías principales de Av. La Molina, así como también el tiempo de viaje que le toma a los peatones transitar por los cruceros. Estos tramos de análisis se ubicaron en las entradas de las vías principales antes de llegar al semáforo de la intersección. Sin embargo, fue necesario ajustar los parámetros globales del flujo vehicular con la siguiente formula con la finalidad de resultados que se ajusten mejor al sistema real de la intersección.

$$d = ax + (bx_{add} + bx_{mult} * z) * \sqrt{v}$$

Ecuación 7 Calibración de los parámetros globales

Donde:

- ax: Distancia promedio entre vehículos detenidos
- bx<sub>add</sub>: Parte aditiva que se le da a distancia deseada
- bx<sub>mult</sub>: Parte multiplicativa que se le da a distancia deseada
- Z: Valor entre 0 y 1 obtenido de una distribución normal
- V: Velocidad (m/s)

Por otro lado, también se modificó los parámetros globales relacionados con el comportamiento peatonal al caminar ya que son dependientes de los modelos de fuerza social. Entre los parámetros más representativos tenemos a tau, lambda y Noise. El primero representa el tiempo de reacción de los peatones, si disminuimos “tau”, se incrementará la aceleración y de esta forma se empezará más rápido el recorrido. El parámetro “lambda” intenta tomar en cuenta que los peatones o eventos que ocurren detrás de un peatón en específico, no influyan tanto como los peatones o eventos que se encuentren delante de él. Finalmente, el parámetro “Noise” representa una adición al parámetro de fuerza social solo si un peatón está transitando a una velocidad menor que a la deseada (PTVGroup, 2016).

#### **4.3.2 Validación del modelo actual**

La validación es una manera de corroborar que los datos de campo obtenidos el día en que fueron tomados correspondan a una situación normal de actividad en la intersección. Para ello, es necesario volver a hacer una grabación de la intersección en diferente día. Es por ello, que se hicieron 2 grabaciones los días 6 y 13 de abril, la segunda validará los datos obtenidos del día 6.

Para la validación de resultados se ingresó la nueva demanda de vehículos y peatones que cruzaron la intersección. Luego de ello, se definió las muestras que se desea validar y, sin modificar los parámetros globales ya establecidos anteriormente, se procede a realizar una prueba aleatoria por medio de randomization test entre los resultados provenientes de esta nueva demanda y los datos de campo obtenidos de la validación. Si las medias están dentro de los intervalos de no rechazo podemos afirmar que se validaron los resultados correctamente.

#### **4.4 Aplicación del modelo**

En esta etapa ya se tiene por seguro que el modelo de software representa el estado real de la intersección en mención; por ende, se puede realizar los siguientes 4 pasos finales

##### **4.4.1 Data de los resultados actuales**

Son los resultados del estado actual modelo que se hallaron por medio de determinados números de corridas en Vissim 8. Entre estos resultados se obtuvo las longitudes de cola promedio y los tiempos de viaje vehicular y peatonal.

#### **4.4.2 Propuestas de mejora**

Esta es la etapa más importante y el objetivo principal de este tipo de proyecto ingenieril ya que se realizan las modificaciones tanto a la infraestructura de la intersección, así como también a señales de control de tráfico. Esto se hace con la finalidad de optimizar algún resultado respecto del modelo real. Por ejemplo, reducir el tiempo que le toma a un peatón cruzar la intersección, disminuir el tiempo de viaje vehicular y/o reducir las longitudes de cola en las avenidas.

#### **4.4.3 Data del modelo con propuestas de mejora**

Son los nuevos resultados provenientes del modelo que fue implementado con todas las propuestas de mejora. Esta nueva data fue obtenida de los mismos tramos de análisis del modelo del estado actual de la intersección ya que su finalidad es hacer una comparación de resultados y verificar si existieron mejoras significativas.

#### **4.4.4 Comparación y análisis**

En esta última etapa, se compara los resultados provenientes del estado actual de la intersección con el modelo rediseñado. Finalmente, se hace un análisis estadístico usando randomization test entre el modelo de la intersección actual en software con el modelo rediseñado. Dependiendo si disminuye o aumenta algún resultado proveniente de las corridas, se hará la verificación por prueba aleatoria de una cola sea izquierda o derecha.

## CAPITULO 5. TRABAJO PREVIO EN CAMPO

### 5.1 Alcances y limitaciones del proyecto

La presente intersección se encuentra ubicada en el cruce de Av. La Molina y Víctor Malasquez, la cual presenta gran flujo peatonal y vehicular en sus horas pico. La avenida principal (Av. La Molina) cuenta con 2 carriles que dirigen a los vehículos hacia el este de esta avenida y otros 2 carriles que la dirigen hacia el oeste. La avenida secundaria (Víctor Malasquez) cuenta con 2 carriles que van en direcciones opuestas, una se dirigen hacia el norte y la otra hacia el sur de esta vía. Es lugar de estudio cumple las características necesarias para utilizar un software de simulación a pequeña escala como el Vissim 8.



Figura 20 Representación en AutoCAD de la intersección

Fuente: elaboración propia

### 5.2 Recolección y procesamiento de los datos de campo

En la presente sub-etapa se presenta los tipos de datos que se obtuvieron de campo y la manera en que fueron procesados para poder ingresarlo al modelo de software.

### 5.2.1 Datos geométricos del lugar

Para obtener la data requerida, se hicieron mediciones manuales con ayuda cinta métrica, tizas, un cuaderno de notas y un ayudante. A continuación, se muestra los resultados obtenidos de estas mediciones:

- Ancho de carriles: Las cuales tenían un ancho de 3 metros aproximadamente

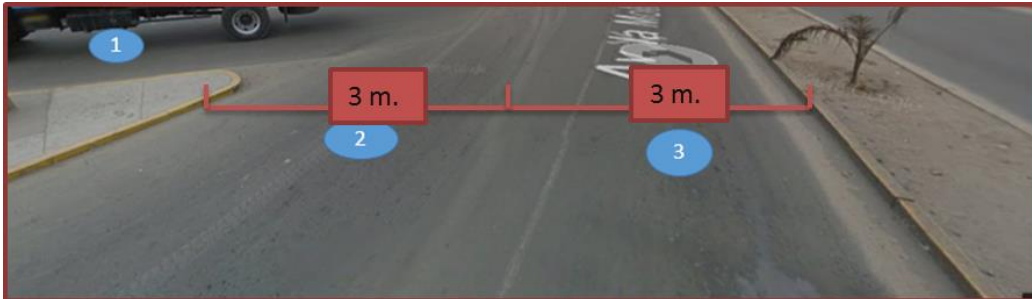


Figura 21 Ancho de carriles según el tipo de vía

Fuente: elaboración propia

- Ubicación de semáforos existentes: La presente intersección contaba con 3 semáforos para vehículos; sin embargo, ningún semáforo para peatones
- Acera peatonal: El ancho de estos elementos oscilaban entre 1.4 y 1.5 metros de ancho y se ubicaban en los límites de propiedad de las viviendas
- Islas peatonales: Existen 2 islas peatonales en la intersección, una de 150 m<sup>2</sup> de área que se encuentra antes del cruce de la intersección (dirección norte del flujo vehicular) y la otra de aproximadamente 80 m<sup>2</sup> después de esta.
- Zona de áreas verdes: No cuenta con ninguna área verde visible, solo algunos árboles marchitos, esto se debe a una posible mala gestión del regado por el municipio correspondiente.
- Separador de carriles: Este elemento tenía 2.4 metros de longitud y no contaba con área verde. Este elemento se encarga de separar los carriles de avenida la molina que se dirigen al este y oeste.

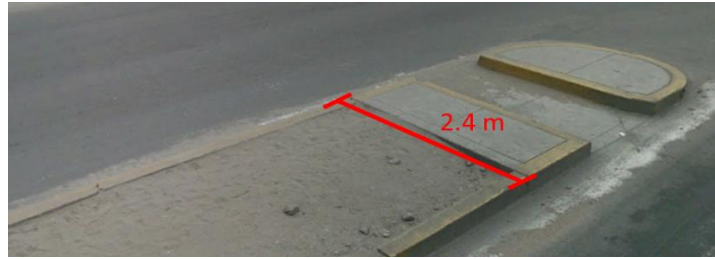


Figura 22 Separador de carriles

Fuente: elaboración propia

## 5.2.2 Datos de demanda en la intersección

Estos datos fueron agrupados tanto para el flujo vehicular como para el peatonal y procesados de la siguiente manera:

### 5.2.2.1 Para flujo vehicular

Estos datos se definieron en 3 grupos importantes: datos de modelación, datos de calibración y validación.

#### Datos de modelación

Se identificaron 5 grupos de vehículos presentes en la intersección, los cuales fueron clasificados en autos-combis-custers, buses, motos, mototaxis y camiones. La entrada de cada uno al modelo se hizo a través de las vías que dirigen a los vehículos a través de avenida La Molina con sentido hacia el este y oeste; y a través de la avenida Víctor Malasquez con dirección hacia el norte.

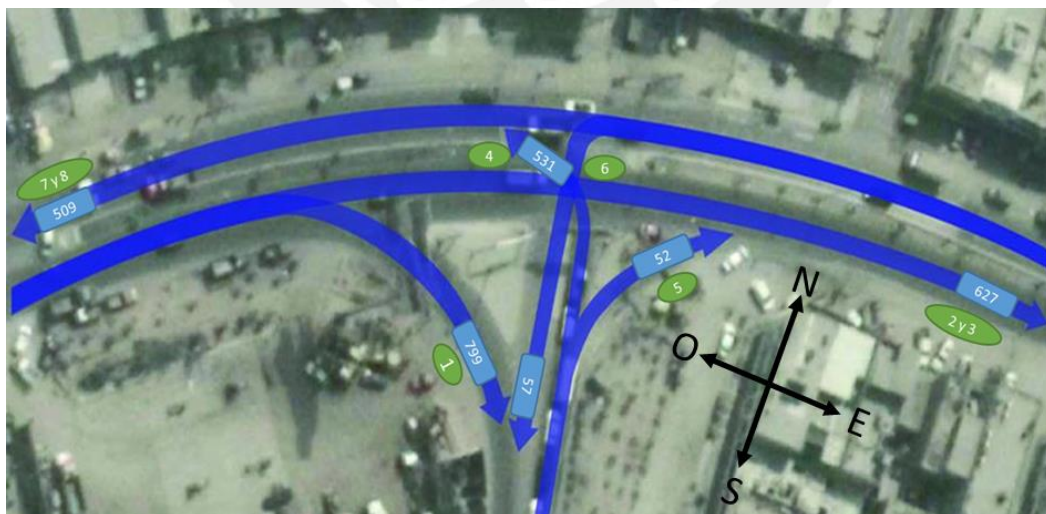


Figura 23 Resumen volumétrico de vehículos en la intersección

Fuente: elaboración propia



Como se puede apreciar en la figura anterior, los círculos de color verde representan las rutas de cada vehículo mientras que los cuadros de color celeste, al final de cada flecha, representan cantidad total de vehículos que tomaran esa ruta. El cuadro, a continuación, resume la cantidad total de vehículos que transitaron en intervalos de 15 minutos.

Tabla 1 Resumen de cantidad de vehículos por carril en la intersección

	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	Ruta 5	Ruta 6	Ruta 7	Ruta 8
6:30-6:45	182	54	105	157	11	11	69	66
6:45-7:00	195	67	98	117	11	20	70	59
7:00-7:15	224	62	87	127	13	13	66	62
7:15-7:30	198	65	89	130	17	13	59	58
Total	799	248	379	531	52	57	264	245

Fuente: elaboración propia

## Velocidades de vehículos

Para obtener esta data, primero se calculó los tiempos de viaje de 30 muestras para cada tipo de vehículo (autos-combis-custers, buses, motos, motocicletas) que se desplazaron a través de la intersección en un tramo de 25 metros ubicada en la avenida La Molina. Luego de esto, se halló las velocidades de cada una de las muestras tomadas dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo que les tomo a cada vehículo terminar el trayecto. Finalmente se obtuvo las gráficas de frecuencias acumuladas para autos-combis-custers como se muestra en la tabla. Las gráficas correspondientes al resto de vehículos presentes se encuentran en el ANEXO 2.

Tabla 2 Tabla de frecuencia acumulada de las velocidades para autos custers y combis

<b>Velocidad inicial (km/h)</b>	21.69	<b>Rango de intervalos</b>	18.67
<b>velocidad final (km/h)</b>	40.36	<b>Nº de intervalos</b>	7
<b>Nº muestra</b>	30	<b>Diferencia</b>	2.67

Velocidad inicial	Velocidad final (km/h)	fi (cantidades)	Fi ( $\Sigma$ fi)	hi (fi/Fi)	Hi ( $\Sigma$ hi)
21.69	24.36	6	6	0.200	0.20
24.36	27.03	2	8	0.067	0.27
27.03	29.70	9	17	0.300	0.57
29.70	32.37	1	18	0.033	0.60
32.37	35.04	7	25	0.233	0.83
35.04	37.71	3	28	0.100	0.93
37.71	40.36	2	30	0.067	1.00
		30		1.000	

Fuente: elaboración propia

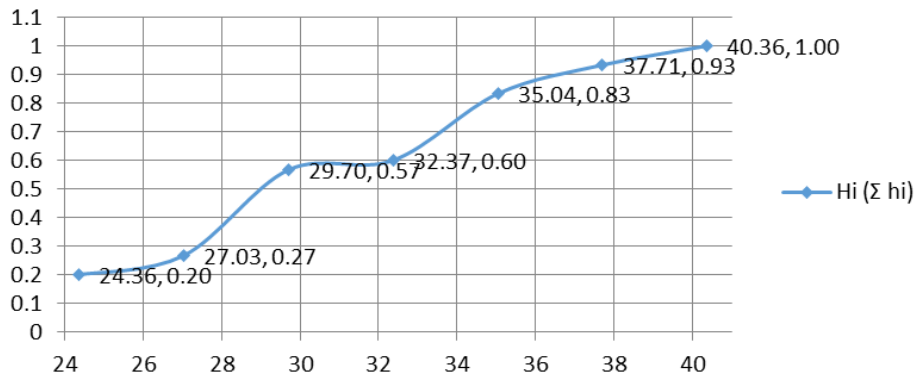


Figura 24 Curva de frecuencias acumuladas para autos-custer-combi

Fuente: elaboración propia

### Características del vehículo atípico (mototaxi)

Estos vehículos motorizados son eficientes cuando se desea recorrer distancias cortas, versátiles en su conducción y proveen de facilidad al momento de desplazarse por zonas congestionadas. Tienen un área aproximada de 3.5 m<sup>2</sup> y son capaces de transportar hasta un máximo 3 pasajeros. Entre sus principales características se denota que el eje delantero solo tiene una llanta mientras que el eje posterior si cuenta con 2 llantas. Las características físicas y técnicas de la moto ocasionan que estos deban acelerar más que un vehículo convencional para alcanzar cierta velocidad y por ello es necesario ingresar estas aceleraciones y desaceleraciones al modelo de análisis (Lazo Castro, C. O. & Araujo Barrientos, A., 2017).

Para realizar la introducción de este vehículo atípico al software Vissim 8, primero se buscó un modelo representativo de la página 3D-Warehouse SketchUp de formato skp; luego de ello, se creó un nuevo proyecto en el programa v3d en donde se agregó el modelo en 3D y se procedió a agrupar cada parte que compone la mototaxi. Una vez finalizado esta etapa, se prosiguió a definir la correcta orientación del vehículo tanto en los ejes X e Y con la finalidad de que no presente alguna anomalía física. Finalmente, se guardó este formato v3d y se importó al programa Vissim por medio de la opción “2D/3D Models”.

Una vez concluida esta parte, se ingresó las curvas de aceleración máxima, aceleración deseada y desaceleración máxima al modelo en 3D. Cabe resaltar que estas gráficas fueron obtenidas de un análisis entre las intersecciones de Av. Villa María y Jr. Progreso pertenecientes al distrito de Villa María del triunfo y se elegido utilizar estas graficas representativas del comportamiento de vehículos atípicos para la presente intersección. La grafica empleada de máxima aceleración se encuentra en el ANEXO 2.

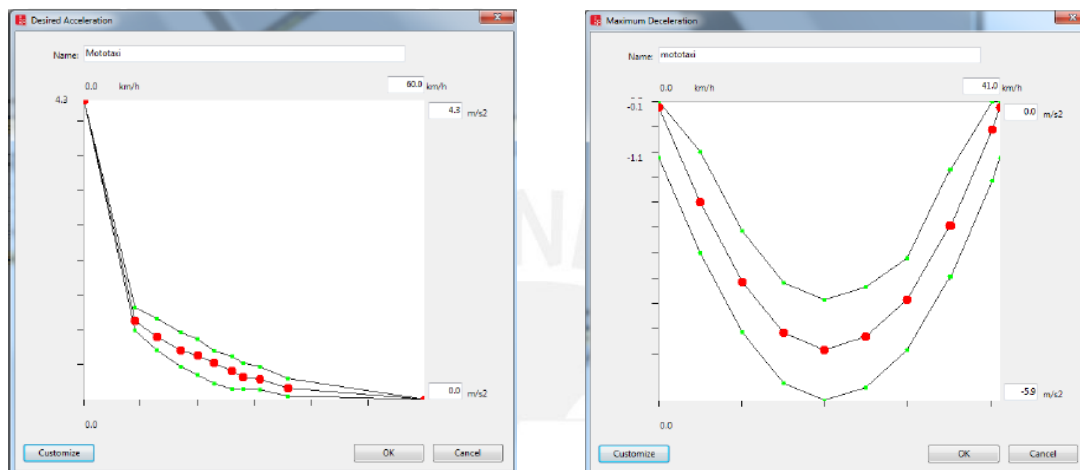


Figura 25 Aceleración deseada y desaceleración máxima para mototaxis

Fuente: Lazo Castro, C. O. & Araujo Barrientos, A. (2017)

### Datos de calibración

Se obtuvo el tiempo de viaje vehicular de 30 muestras en la intersección para cada uno de los 3 tramos de 25 metros con ayuda de un cronometro. La siguiente figura muestra cada uno de los 3 tramos delimitados en donde los tramos 1 y 2 se ubicaron en la dirección de la entrada al grifo mientras que el tramo 3 se ubicó a 14 metros después del giro libre.

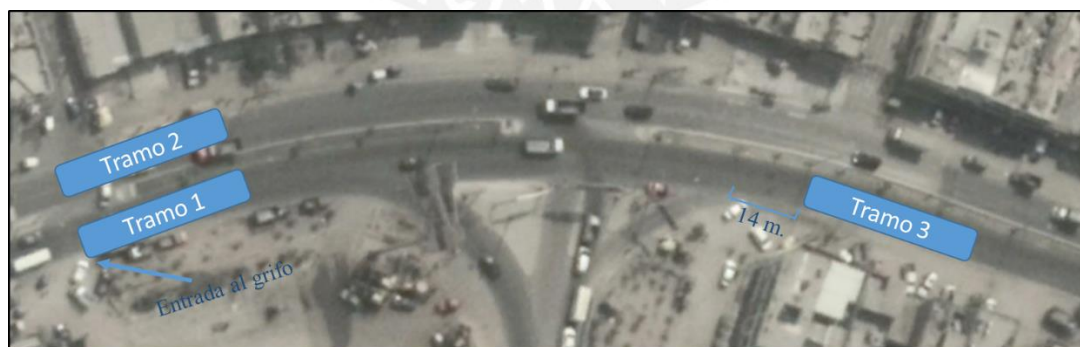


Figura 26 Tramos de calibración tomado de campo

Fuente: elaboración propia

Una manera de corroborar que la cantidad de muestras tomadas es la adecuada, para considerarla como representativa, es por medio del uso de desviaciones estándar, porcentajes de errores y uso de la tabla T-Student con 95% de confiabilidad para N-1 grados de libertad. A continuación, se muestra la tabla resumen correspondiente al número de muestra de los 4 tipos de vehículos antes señalados.

Tabla 3 Verificación de la muestra para tiempos de viaje vehicular en segundos

	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Promedio	3.452	3.212	12.393
Desviación	0.631	0.580	1.703
Error	0.345	0.321	1.239
T-student (95%)	2.045	2.045	2.045
Nº min	14	14	8
Nº tomado	30	30	30
¿Cumple?	Si	Si	Si

Fuente: elaboración propia

### Datos de Validación

Estos datos fueron tomados el día 13 de abril del 2018 en el mismo lapso de tiempo (6:30-7:30 p.m.) y, como se puede apreciar, existe una variación significativa en la cantidad de vehículos totales; Por ello, es necesario corroborarla por medio de pruebas aleatorias bajo la hipótesis nula.

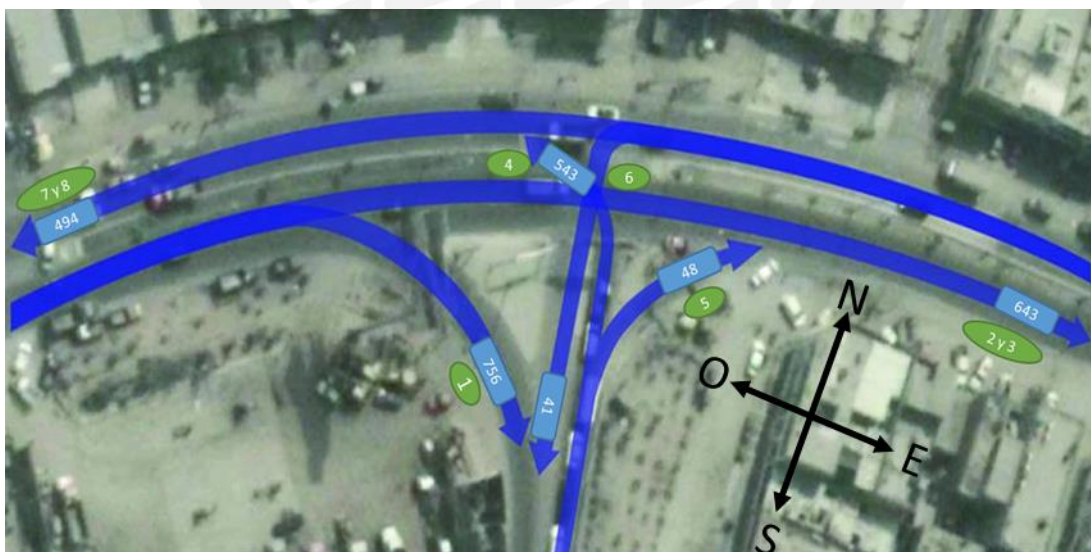


Figura 27 Datos de validación en la intersección

Fuente: elaboración propia

Al igual que los datos de modelación, los datos de validación se obtuvieron en intervalos de 15 minutos y utilizando el mismo método de filmación para así obtener nueva data de campo. A continuación, se presentan la tabla resumen de los datos de calibración del aforo vehicular obtenidos de campo.

Tabla 4 Resumen cantidad de vehículos por carril en la intersección (Validación)

	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	Ruta 5	Ruta 6	Ruta 7	Ruta 8
6:30-6:45	165	54	96	159	15	10	62	70
6:45-7:00	202	68	109	123	7	12	67	66
7:00-7:15	191	64	96	132	12	9	70	58
7:15-7:30	198	57	99	129	14	10	53	48
Total	756	243	400	543	48	41	252	242

Fuente: elaboración propia

Los nuevos tiempos de viaje obtenidos de campo fueron calculados en los mismos tramos usados para la calibración de resultados. A continuación, se muestra la tabla resumen para cada uno de los 3 tramos.

Tabla 5 Verificación de la muestra para tiempos de viaje vehicular en segundos (validación)

	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Promedio	3.306	3.394	12.391
Desviación	0.623	0.841	3.129
Error	0.331	0.339	1.239
T-student (95%)	2.045	2.045	2.045
Nº min	15	26	27
Nº tomado	30	30	30
¿Cumple?	SI	SI	SI

Fuente: elaboración propia

### 5.2.2.2 Para flujo peatonal

Al igual que el flujo vehicular, los datos de flujo peatonal fueron agrupados también en datos de modelación, calibración y validación como se muestran a continuación:

#### Datos de modelación

Para obtener la demanda de personas que usaron la intersección, se tuvo que definir las 4 entradas peatonales al sistema, así como también las 8 posibles rutas que fueron elegidos por cada uno de ellos a través de los cruceros. A continuación, se muestra las posibles rutas que fueron elegidas en la hora de análisis.



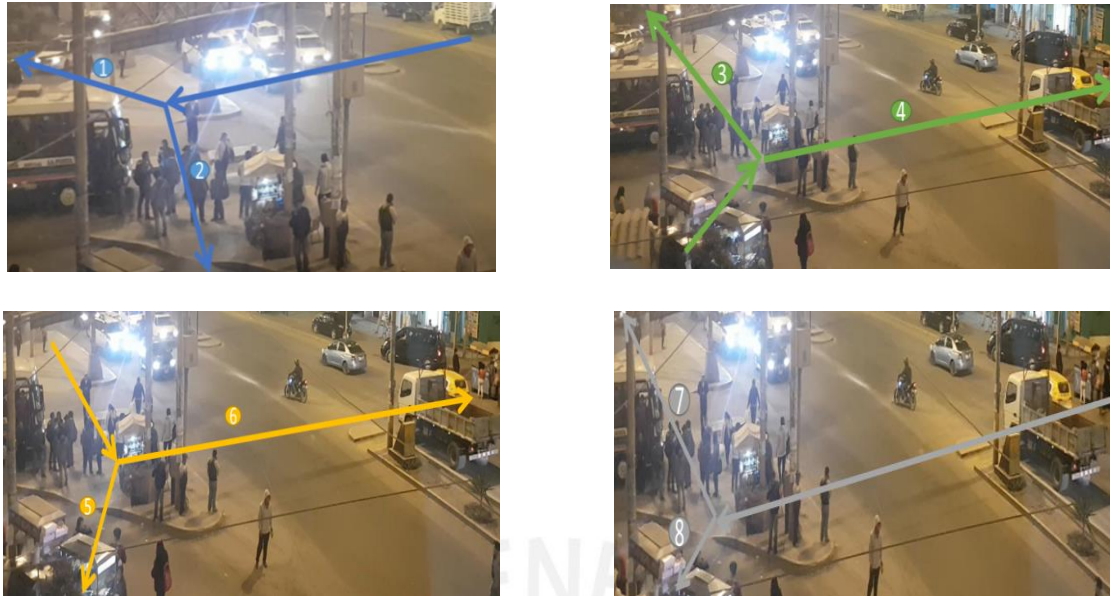


Figura 28 Rutas peatonales en la intersección

Fuente: elaboración propia

De todos los posibles trayectos usados por los peatones se obtuvo la siguiente tabla resumen con los volúmenes totales en intervalos de 15 minutos para hombres y mujeres.

Tabla 6 Aforo total de hombres en una hora

Hombres	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	Ruta 5	Ruta 6	Ruta 7	Ruta 8
6:30-6:45	28	6	40	4	5	1	7	6
6:45-7:00	38	17	24	0	4	5	5	5
7:00-7:15	30	5	32	2	0	4	5	8
7:15-7:30	28	8	28	7	2	2	2	8
total	124	36	124	13	11	12	19	27

Fuente: elaboración propia

Tabla 7 Aforo total de mujeres en una hora

Mujeres	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	Ruta 5	Ruta 6	Ruta 7	Ruta 8
6:30-6:45	17	8	23	2	3	0	4	2
6:45-7:00	18	18	19	3	1	1	3	0
7:00-7:15	14	16	24	0	3	1	2	5
7:15-7:30	14	8	17	0	6	0	2	4
total	63	50	83	5	13	2	11	11

Fuente: elaboración propia

### Velocidades peatonales

Los siguientes cruces peatonales de 7.2 metros de longitud cada uno, sirvieron para obtener las velocidades de los transeúntes para el modelo en software. Para ello, se calculó el tiempo de viaje de 30 peatones que pasaron por cada uno de ellos.

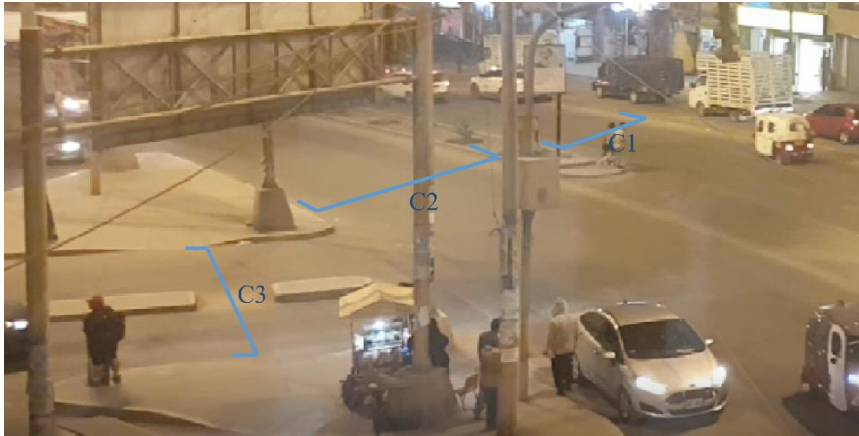


Figura 29 Tramos de análisis de velocidades

Fuente: elaboración propia

Del mismo modo en que se obtuvo las velocidades de vehículos, se halló las velocidades medias de cada peatón a partir del tiempo que les tomo a cada uno de ellos terminar su trayecto y, a partir de estos resultados, se construyó la siguiente grafica de frecuencias acumuladas.

Tabla 8 Tabla de frecuencia acumuladas peatonal

Velocidad inicial (km/h)	2.55	Rango de intervalos	2.25
velocidad final (km/h)	4.8	Nº de intervalos	7
Nº muestra	30	Diferencia	0.32

Velocidad inicial (km/h)	Velocidad final (km/h)	fi (cantidades)	Fi ( $\Sigma$ fi)	hi (fi/Fi)	Hi ( $\Sigma$ hi)
2.55	2.87	4	4	0.1333	0.13
2.87	3.19	2	6	0.0667	0.20
3.19	3.51	8	14	0.2667	0.47
3.51	3.83	11	25	0.3667	0.83
3.83	4.15	2	27	0.0667	0.90
4.15	4.47	2	29	0.0667	0.97
4.47	4.8	1	30	0.0333	1.000
		30		1.000	

Fuente: elaboración propia

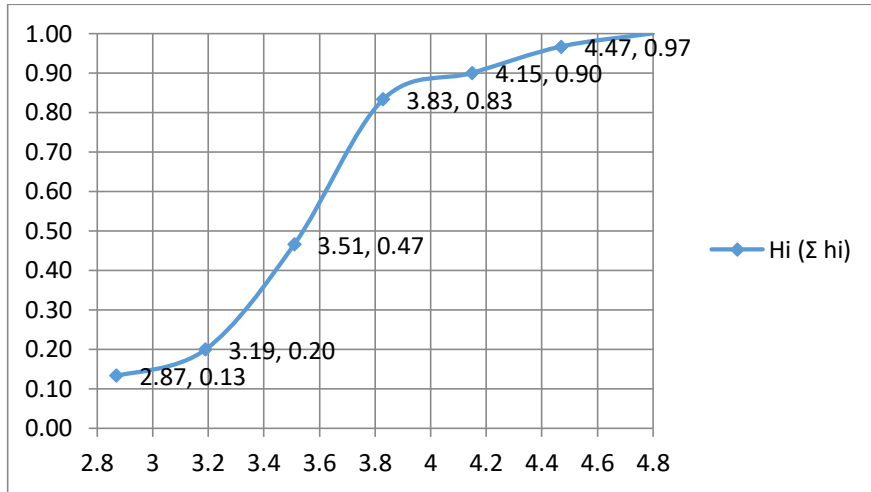


Figura 30 Curva de frecuencias acumuladas de velocidad peatonal

Fuente: elaboración propia

Tabla 9 Verificación de la muestra para tiempos de viaje peatonal en segundos

	Crucero 1	Crucero 2	Crucero 3
Promedio	7.90	15.14	13.26
Desviación	1.167	3.183	2.681
Error	0.790	1.514	1.326
T-student (95%)	2.045	2.045	2.045
Nº mín	10	19	18
Nº tomado	30	30	30
¿Cumple?	SI	SI	SI

Fuente: elaboración propia

### Datos de calibración

Para lograr una calibración adecuada, se calculó los tiempos de viaje de 3 muestras de 50 peatones cada una que cruzaron las siguientes rutas a través de los cruceros peatonales de la intersección. Cabe resaltar que los tiempos calculados fueron tomados desde que el peatón tiene la intención de empezar a desplazarse a través de los cruceros; es decir, también se consideró el tiempo de espera mientras cambia de fase el semáforo.



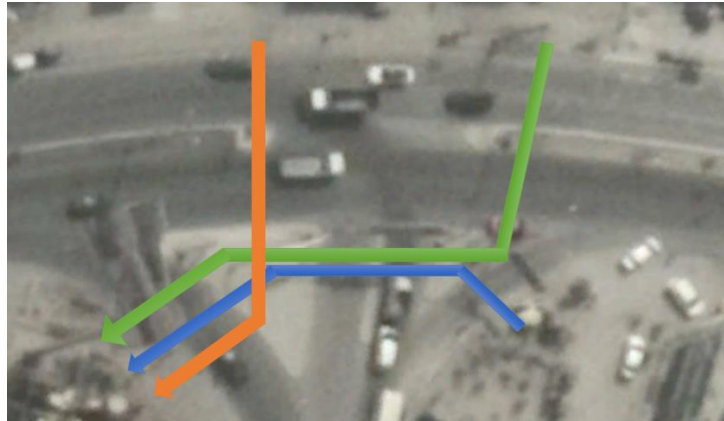


Figura 31 Tramos de calibración peatonal

Fuente: elaboración propia

- Flecha azul (tramo1): Indica el recorrido por toda la Av. Víctor Malasquez usando las 2 islas de espera
- Flecha verde (tramo2): Indica el recorrido por los 2 cruces peatonales a través de Av. La Molina y luego atravesando el cruce de la Av. Víctor Malasquez.
- Flecha naranja (tramo3): Indica el recorrido por los 2 cruces peatonales a través de Av. La Molina y la isla de espera ante de la intersección.

Tabla 10 Verificación de la muestra para tiempos de viaje peatonal (calibración)

	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Promedio	70.99	109.08	50.94
Desviación	24.010	35.128	14.373
Error	7.099	10.908	5.094
T-student (95%)	2.009	2.009	2.009
Nº mín	47	42	33
Nº tomado	50	50	50
¿Cumple?	SI	SI	SI

Fuente: elaboración propia

### Datos de validación

La finalidad de esta etapa del proyecto es calcular la nueva demanda peatonal en la intersección en los mismos tramos de análisis en donde fueron calculados los datos para la modelación, así como también los nuevos tiempos de viaje que le tomo a cada peatón desplazarse por lo cruces peatonales. Los cálculos de los tiempos de viaje se hicieron en los mismos 3 tramos delimitados en la calibración.

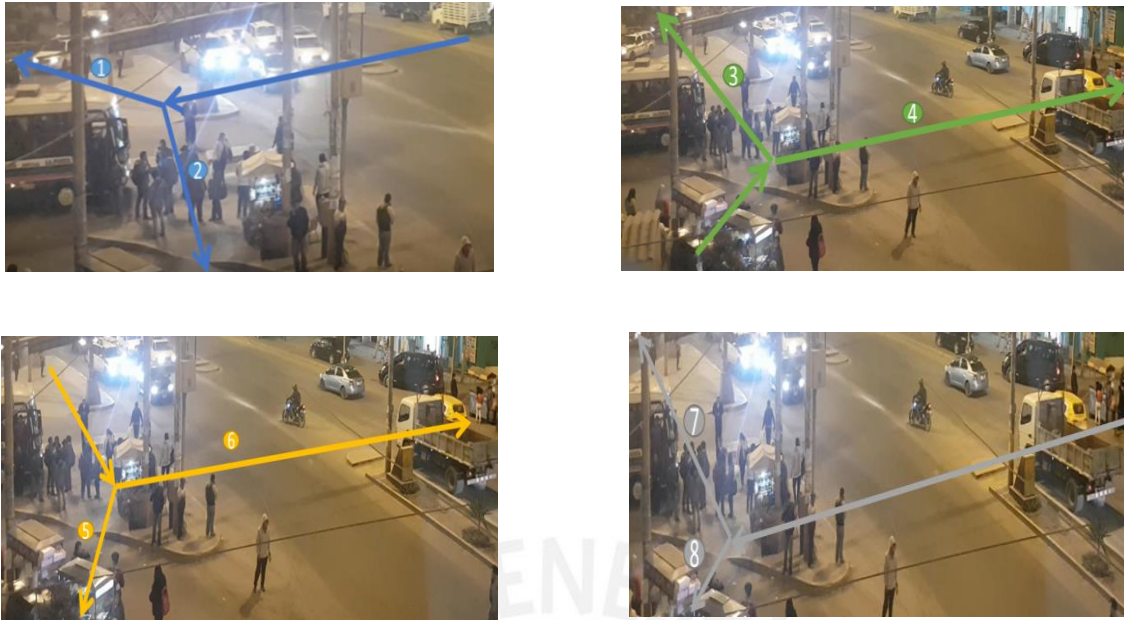


Figura 32 Rutas peatonales en la intersección (Validación)

Fuente: elaboración propia

Tabla 11 Resumen cantidad de hombres que usaron la intersección (validación)

Hombres	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	Ruta 5	Ruta 6	Ruta 7	Ruta 8
6:30-6:45	32	7	42	6	10	4	5	7
6:45-7:00	28	12	32	8	6	3	6	6
7:00-7:15	26	6	28	5	5	3	12	7
7:15-7:30	24	14	29	6	1	3	1	10
total	110	39	131	25	22	13	24	30

Fuente: elaboración propia

Tabla 12 Resumen cantidad de mujeres que usaron la intersección (validación)

Mujeres	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	Ruta 5	Ruta 6	Ruta 7	Ruta 8
6:30-6:45	18	5	29	3	4	1	5	3
6:45-7:00	20	12	22	0	2	2	2	2
7:00-7:15	8	12	17	2	2	2	2	5
7:15-7:30	12	14	12	1	4	1	3	3
total	58	43	80	6	12	6	12	13

Fuente: elaboración propia

La siguiente tabla muestra el resumen de los nuevos tiempos de viaje de los peatones que se desplazaron por la intersección a través de los 3 tramos delimitados en los datos de calibración. Para cada tramo se consideró una muestra de 50 peatones y el tiempo fue calculado desde que estos se aproximan al cruce con la intención de empezar su trayecto.

Tabla 13 Resumen tiempos de viaje peatonal en segundos (Validación)

	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Promedio	75.38	110.04	52.65
Desviación	20.464	25.002	14.243
Error	7.538	11.004	5.265
T-student (95%)	2.009	2.009	2.009
Nº mín	30	21	30
Nº tomado	50	50	50
¿Cumple?	SI	SI	SI

Fuente: elaboración propia

### 5.2.3 Datos de control de tráfico

#### 5.2.3.1 Ciclos de semáforo

Representan los tiempos de verde, rojo y ámbar encargados de gestionar el tráfico en la zona de estudio. La presente intersección cuenta con 3 semáforos ubicados en la intersección, dos de ellos se encuentran ubicados en la Av. La Molina y tercero se ubica en la Av. Víctor Malasquez justo antes del núcleo de la intersección.



Figura 33 Semáforos presentes en la intersección

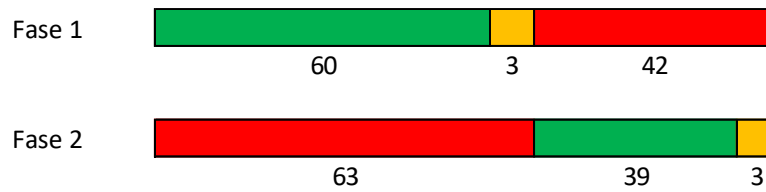
El tiempo de fase de cada semáforo señalado en la figura anterior, se puede apreciar en la siguiente el siguiente cuadro:

Tabla 14 Ciclos de semáforo en la intersección

Fase 1		Tiempo (seg)	Fase 2		Tiempo (seg)
Verde		60	Verde		42
Ambar		3	Ambar		3
Rojo		42	Rojo		60

Fuente: elaboración propia

Tabla 15 Representación de los semáforos en todo su ciclo



Fuente: elaboración propia

### 5.2.3.2 Postes de señalización

Estos elementos pueden influenciar notoriamente el flujo en la intersección; por ello, se hizo un análisis en la zona para identificarlos. Este análisis se hizo el mismo día de la primera toma de datos (06 de abril). No se apreciaron postes de señalización en toda la intersección; sin embargo, se contaba con un paradero improvisado para combis, el cual se encuentra al ras de la pista. Esto no solo presenta peligro para los peatones que se encuentran sentados, sino también a las personas que se encuentran esperando al lado.



Figura 34 Paradero de combis

Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO 6. DESARROLLO DEL MODELO ACTUAL

### 6.1 Desarrollo de la micro-simulación usando Vissim 8

El objetivo es obtener un modelo representativo de la intersección que nos proporcione data confiable, para lograrlo se definieron las siguientes etapas.

#### 6.1.1 Plantilla de modelado y escalamiento

Se extrajo la planimetría se la zona importando una imagen de fondo de la intersección desde google earth; sin embargo, también se pudo importar el plano de real desde AutoCAD, pero por motivos de comodidad se decidió importar una imagen más detallada. Una vez obtenida la imagen de fondo, se procede a escalarla en función de alguna longitud real medida en campo, en este caso se escaló la longitud de uno de los carriles vehiculares.

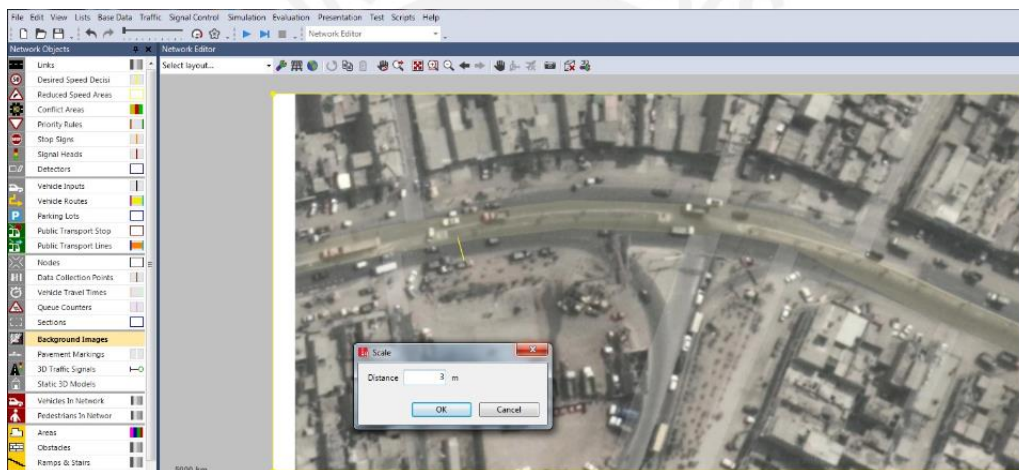


Figura 35 Dimensiones de escalamiento usadas

Fuente: elaboración propia

#### 6.1.2 Definición de vías principales, secundarias y conectores

En esta etapa del modelo real, se definió primero las avenidas principales y secundarias que corresponden a Avenida La Molina y Víctor Malasquez respectivamente. Luego de ello, se usó el comando “Links” para conectar estas avenidas de acuerdo al modelo real. Finalmente se ingresa la configuración porcentual vehicular en las vías principales y secundarias ya que la demanda total de vehículos depende de las entradas de estas dos. En la imagen siguiente se definió los tipos de vehículos predominantes en la intersección y su distribución porcentual.



Count	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	100: Car	1049: Auto	0.765
2	200: HGV	1051: Camion	0.051
3	300: Bus	1050: Bus	0.117
4	610: mototaxi	1047: Mototaxi	0.039
5	620: Motocicleta	1052: Motocicleta	0.027

Coun	No	Name
1	1	Principal1
2	2	Principal2
3	3	Secundaria1

Figura 36 Composición vehicular de los carriles principales y secundarios

Fuente: elaboración propia

### 6.1.3 Rutas vehiculares

En esta etapa del modelo, se utilizó el comando “vehicle routes” para definir las rutas que tomará cada vehículo al llegar a la intersección en función de sus distribuciones porcentuales de acuerdo a las vías que elegirán. Para la presente intersección, se definieron 6 rutas posibles de vehículos provenientes de las vías principales y secundarias.

Count	No	Name	Link	Pos	AllVehTypes	VehClasses
1	4		1: Principal 1 (avenida la molina	59.877	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	6		2: Principal2 (Avenida la molina	33.858	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	7		3: secundaria victor este	161.502	<input checked="" type="checkbox"/>	

Count	VehRoutDec	No	Name	DestLink	DestPos	RelFlow(0)
1	4	1		1: Principal 1 (avenida la molina norte	234.018	0.440
2	4	2		4: secundaria victor oeste	22.979	0.560
3	6	1		2: Principal2 (Avenida la molina sur)	141.848	0.899
4	6	2		4: secundaria victor oeste	3.636	0.101
5	7	2		2: Principal2 (Avenida la molina sur)	91.261	0.911
6	7	3		1: Principal 1 (avenida la molina norte	182.029	0.089

Figura 37 Rutas vehiculares en la intersección

Fuente: elaboración propia

### 6.1.4 Entradas vehiculares

En esa etapa se ingresó el volumen de vehículos dependiendo del tipo de vía, sea principal (Av. La Molina) o secundaria (Víctor Malasquez). Como se puede apreciar en la figura siguiente, la vía principal 1 corresponde a los vehículos que se desplazan por Av. La Molina con dirección este. Por otro lado, la vía principal 2 corresponde a los vehículos que desplazan por la avenida la molina con dirección al oeste y, por último, la vía secundaria corresponde a los vehículos que se dirigen por Víctor Malasquez con dirección norte.

Vehicle Inputs / Vehicle Volumes By Time Interval					
Coun	No	Name	Link	Volume(0)	VehComp(0)
1	1		1: Principal 1 (avenida la molina	1426.0	1: Principal1
2	2		2: Principal2 (Avenida la molina	566.0	2: Principal2
3	3		3: secundaria victor este	583.0	3: Secundaria1

Figura 38 Demanda vehicular según el tipo de vía

Fuente: elaboración propia

### 6.1.5 Reglas de prioridad

Esta herramienta sirve para dar jerarquía de desplazamiento, tanto a los vehículos como peatones, cuando exista conflicto entre ellos. Por ejemplo, cuando cambia el semáforo de rojo a verde, todavía podría haber peatones cruzando la intersección; por lo tanto, los vehículos deberían esperar a que estos lleguen hasta la acera peatonal para que puedan empezar su trayecto. Por esta razón, se debe indicar que los vehículos no empezaran su trayecto hasta que los peatones terminen de cruzar la vía por medio del comando “priority rules”.

### 6.1.6 Señales de control

Estas señales representan los ciclos de semáforo predominantes de la intersección los cuales fueron ubicados en el acápite “datos de control de tráfico”. La av. la molina cuenta con 2 semáforos, en el núcleo de la intersección, que controlan el flujo vehicular mientras que en la Av. Víctor Malasquez se cuenta con un solo semáforo. Por lo tanto, se necesita emplear dos grupos de señal representativos de cada semáforo y una sola señal de grupo para representar el tráfico del sistema.

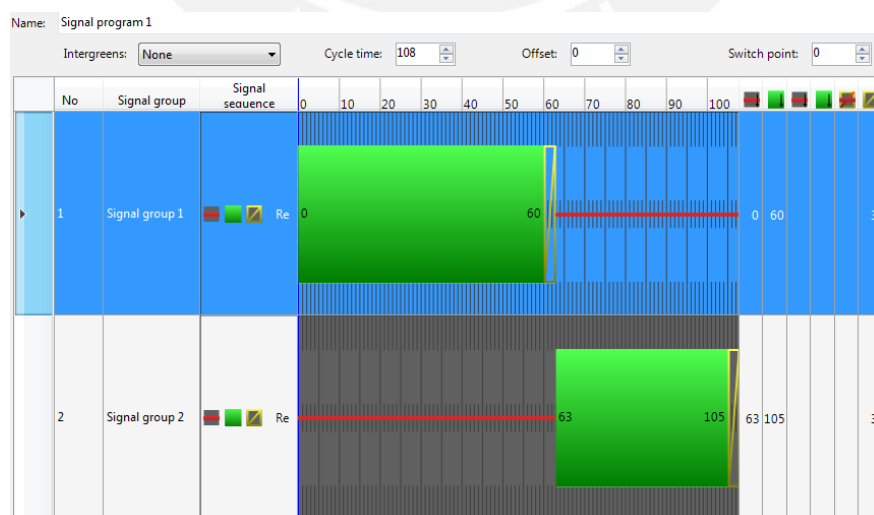


Figura 39 Señales de control de Av. La Molina y Víctor Malasquez respectivamente

Fuente: elaboración propia

### 6.1.7 Áreas de reducción de velocidad

Cuando un vehículo se aproxima a alguna zona en donde exista uno o más conectores con otras vías, deberá reducir su velocidad ya sea para tomar alguna vía que cambie su trayectoria o por precaución de colisión con algún otro vehículo. Por esta razón, fue necesario calcular las velocidades medias de reducción en estas zonas dependiendo del tipo de vehículo presente.

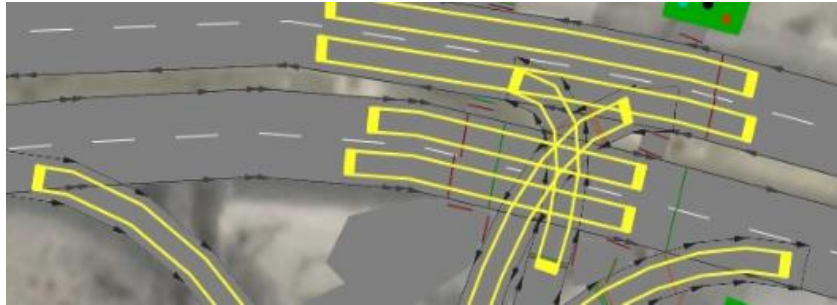


Figura 40 Zonas de reducción de velocidad de acuerdo al tipo de vehículo

Fuente: elaboración propia

### 6.1.8 Definición de cajas peatonales, cruceos e islas de espera

En el presente modelo se crearon 4 “cajas” peatonales de color verde que corresponden a las salidas de peatones que interactuaran con la intersección por medio de los cruceos peatonales. Por otro lado, las flechas de color amarillo representan los cruceos peatonales que conecta las distintas avenidas en la intersección. Por último, los descansos entre los trayectos de caja a caja se llaman islas de espera y son representados por áreas de color gris.

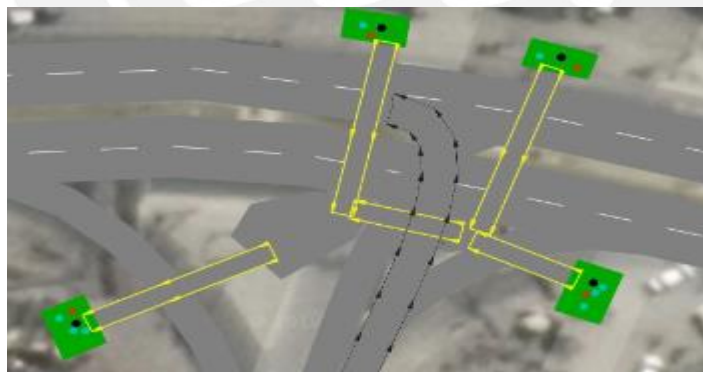


Figura 41 Ubicación de salidas peatonales

Fuente: elaboración propia



### 6.1.9 Entradas peatonales

En esta etapa se ingresó los volúmenes de peatones que utilizarán los cruces peatonales de acuerdo a sus posibles trayectorias. Para este caso se creó 4 “cajas peatonales” de color verde de las cuales empezaran a salir los transeúntes dependiendo de su demanda y se desplazaran de acuerdo a sus posibles trayectorias. La siguiente figura muestra las demandas peatonales para cada caja.

Count	No	Name	Area	Volume(0)	PedComp(0)
1	1	ruta1	6	273.0	1: Pedestrians
2	2	ruta2	5	225.0	1: Pedestrians
3	3	ruta3	3	38.0	1: Pedestrians
4	4	ruta4	4	68.0	1: Pedestrians

Figura 42 Demanda de peatones de acuerdo a las líneas de deseo

Fuente: elaboración propia

### 6.1.10 Rutas peatonales

Las líneas de color amarillo representan todas las posibles rutas que elegirán los peatones de una caja a otra y, como se puede apreciar, cada caja tiene 2 posibles rutas a través de la intersección.

Count: 8	No	RelFlow(0)
1	1	0.315
2	2	0.685
3	1	0.920
4	2	0.080
5	1	0.632
6	2	0.368
7	1	0.441
8	2	0.559

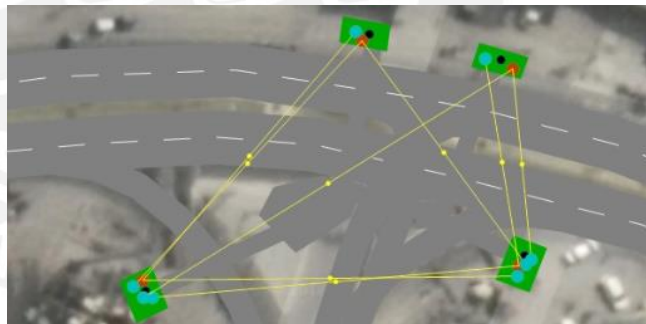


Figura 43 Rutas peatonales de acuerdo a su distribución porcentual

Fuente: elaboración propia

## 6.2 Verificación del modelo

Consistió en corroborar visualmente si el modelo de computadora logra representar a la intersección en la realidad; es decir, no exista anomalías provenientes de haber ingresado mal algún dato en el software. Las zonas de potencial anomalías en el modelo se encuentran en las áreas de conflicto y se representan por tener color amarillo.

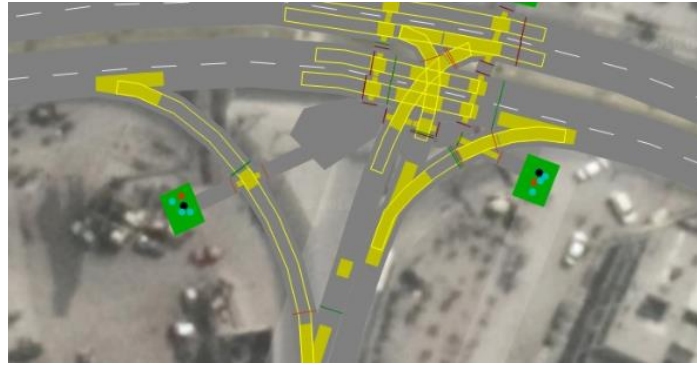


Figura 44 Áreas de conflicto en la intersección

Fuente: elaboración propia

Una vez que se identificó las áreas de conflicto, se puede anticipar donde encontrarán los posibles problemas de modelado en la intersección. Sin embargo, Vissim 8 permite presentar el modelo final por medio de animaciones en 2D y 3D, esto nos proporcionó una manera más sencilla de identificarlos y corregirlos.



Figura 45 Simulación del modelo final en 3D

Fuente: elaboración propia

Uno de los conflictos más comunes fue el traslape entre vehículos y peatones en los cruces peatonales. Sin embargo, este problema se solucionó delimitando correctamente las reglas de prioridad de vehículos en la cual estos solo podrán realizar su giro siempre y cuando los peatones hayan terminado su trayecto.

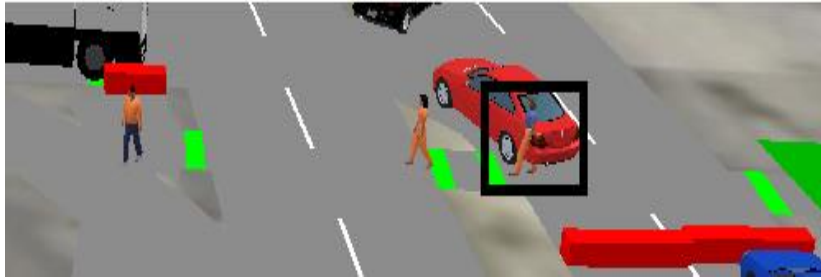


Figura 46 Anomalías en la intersección

Fuente: elaboración propia



## CAPITULO 7. CALIBRACION Y VALIDACION DEL MODELO ACTUAL

De acuerdo a los datos de calibración, se definió 3 tramos en las vías principales para obtener los tiempos de viaje vehiculares de campo; sin embargo, estos datos diferían notablemente de los tiempos calculados con el software. Esto ocurre porque el sistema ya tenía definido parámetros globales de comportamiento de manejo y comportamientos al caminar en el sistema. Por ello, fue necesario modificar estos parámetros con la finalidad de representar de mejor manera la interacción de los usuarios. A continuación, se muestra el resumen de los datos obtenidos de todas las iteraciones de los parámetros globales para el flujo vehicular en los tramos antes mencionados. Los datos de todas las corridas correspondientes a cada iteración mostrada en la siguiente tabla se encuentran en el ANEXO 7.

Tabla 16 Tabulaciones de comportamientos de manejo

Comportamientos de manejo			Tiempos de viaje mediana (seg.)		
ax	ax_aditt	bx_mult	tramo 1	tramo 2	tramo 3
1	2	3	3.26	3.25	11.18
1	3	4	3.27	3.25	14.88
1	4	5	3.25	3.25	16.1
1.2	2	3	3.26	3.26	12.47
1.2	3	4	3.25	3.25	14.93
1.2	4	5	3.25	3.25	16.08
1.5	2	3	3.26	3.25	13.49
1.5	3	4	3.25	3.25	14.92
1.5	4	5	3.24	3.25	16.14
1.8	2	3	3.25	3.25	13.79
1.8	3	4	3.25	3.25	14.89
1.8	4	5	3.24	3.25	15.7
2	2	3	3.25	3.25	13.79
2	3	4	3.25	3.25	14.89
2	4	5	3.24	3.25	15.84

Fuente: elaboración propia

De la tabla anterior el valor que más se asemejaba a los datos de campo fue la combinación de  $ax=1.2$ ,  $ax\_add=2$  y  $bx\_mult=3$ . Por ello, esta fue la elegida para calibrar y validar los datos de campo.

Por otro lado, también se modificó los parámetros globales más representativos de los comportamientos de peatones al momento de transitar por la intersección en los 3 cruces peatonales señalados en el inciso 5.2.2.2. En la siguiente tabla se muestra las iteraciones cuando se modificó los parámetros tau, lambda y noise respectivamente.

Tabla 17 Tabulaciones de comportamientos de manejo

Comportamientos al caminar			Tiempos de viaje mediana (seg.)		
Tau	Lamba	Noise	tramo 1	tramo 2	tramo 3
0.4	0.176	1.2	7.64	15.45	12.56
0.4	0.15	1	7.65	15.42	12.61
0.4	0.14	0.8	7.63	15.39	12.56
0.5	0.176	1.2	7.66	15.61	12.59
0.5	0.15	1	7.67	15.45	12.65
0.5	0.14	0.8	7.66	15.58	12.68
0.6	0.176	1.2	7.66	15.44	12.8
0.6	0.15	1	7.67	15.59	12.8
0.6	0.14	0.8	7.68	15.7	12.7
0.7	0.176	1.2	7.68	15.73	12.77
0.7	0.15	1	7.68	15.82	12.8
0.7	0.14	0.8	7.67	15.71	12.86
0.8	0.176	1.2	7.7	15.77	12.84
0.8	0.15	1	7.7	15.92	12.85
0.8	0.14	0.8	7.59	15.95	12.62

Fuente: elaboración propia

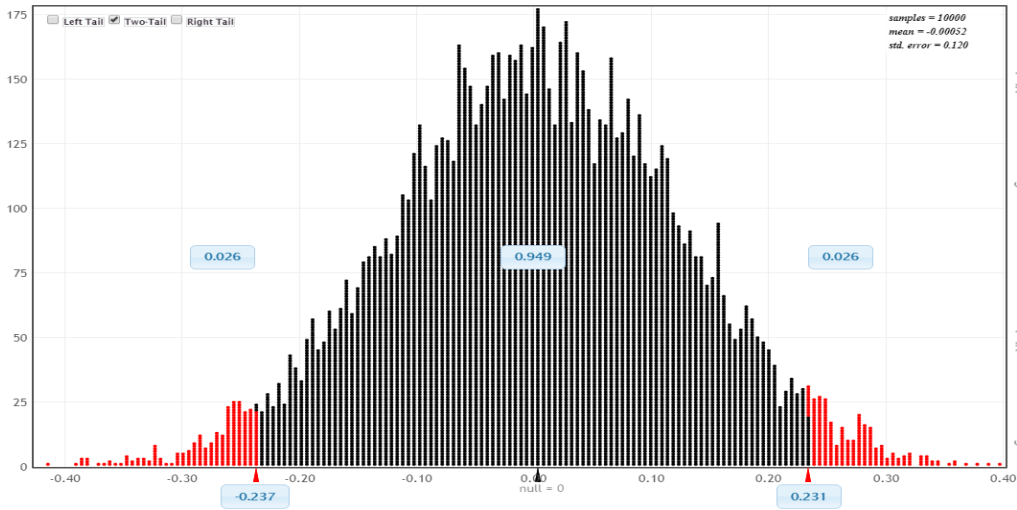
Como se puede apreciar los valores de la tabla anterior no tienen mucha variación en sus resultados; Sin embargo, se escogió la combinación  $\text{Tau} = 0.7$ ,  $\text{Lambda} = 0.14$  y  $\text{Noise} = 0.8$  ya que se asemejaban un poco más a los datos de campo. Los datos de cada iteración obtenidos se encuentran en el ANEXO 7.

## 7.1 Calibración del modelo real

En el presente inciso se muestran las calibraciones de los tiempos de viaje obtenidos de las 30 corridas en software y del número de muestras de campo, tanto de vehículos como de peatones. El objetivo principal es realizar la prueba de hipótesis de igualdad de medias con 95% de confiabilidad.

### 7.1.1 Calibración de vehículos

A continuación, se muestra la calibración del tramo 1, el cual se ubica en Av. La Molina definida en el inciso 5.2.2.1. Los resultados siguientes muestran que la diferencia de medias se encuentra en el rango de aceptación por randomization test para 10000 permutaciones usando la herramienta Statkey. Las calibraciones correspondientes a los tramos 2 y 3 se encuentran en el ANEXO 4.



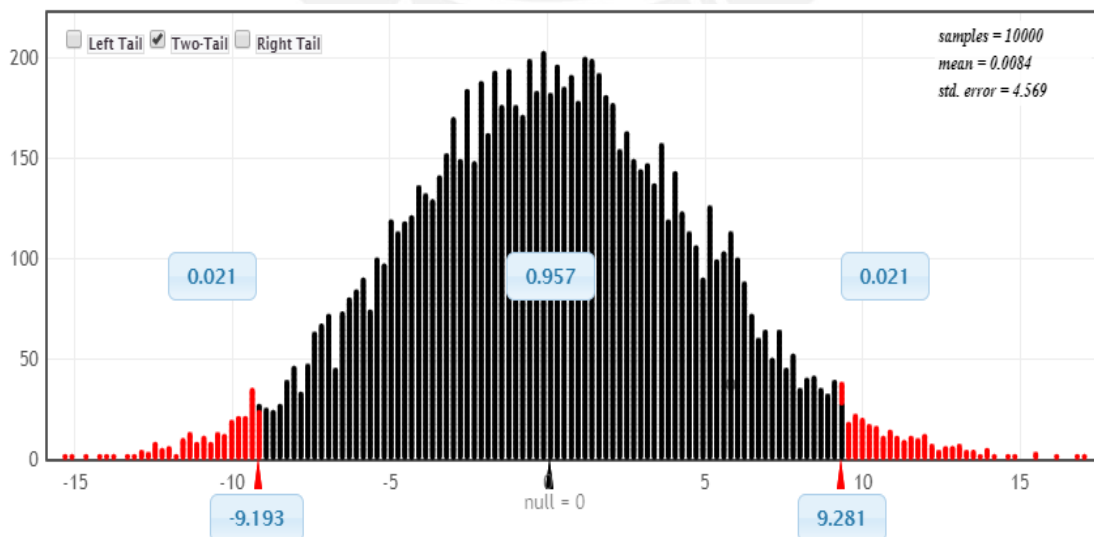
	Campo	Vissim
Media	3.452	3.260
Desviación	0.631	0.029
Error	0.345	0.326
Diferencia de medias	0.191	

Figura 47 Verificación por randomization test para tiempos de viaje vehicular (tramo 1)

Fuente: elaboración propia

### 7.1.2 Calibración de peatones

Como se puede apreciar, la diferencia de medias del tiempo de viaje peatonal del tramo 1 está calibrado ya que se encuentra dentro del rango de aceptación por randomization test. Los tramos de análisis se encuentran especificados en el inciso 5.2.2.2, del mismo modo la calibración de los tramos 2 y 3 se encuentran en el ANEXO 6.



	Campo	Vissim
Media	70.991	79.936
Desviación	24.010	1.906
Error	7.099	7.994
Diferencia Medias	-8.945	

Figura 48 Verificación por randomization test para tiempos de viaje peatonal (tramo 1)

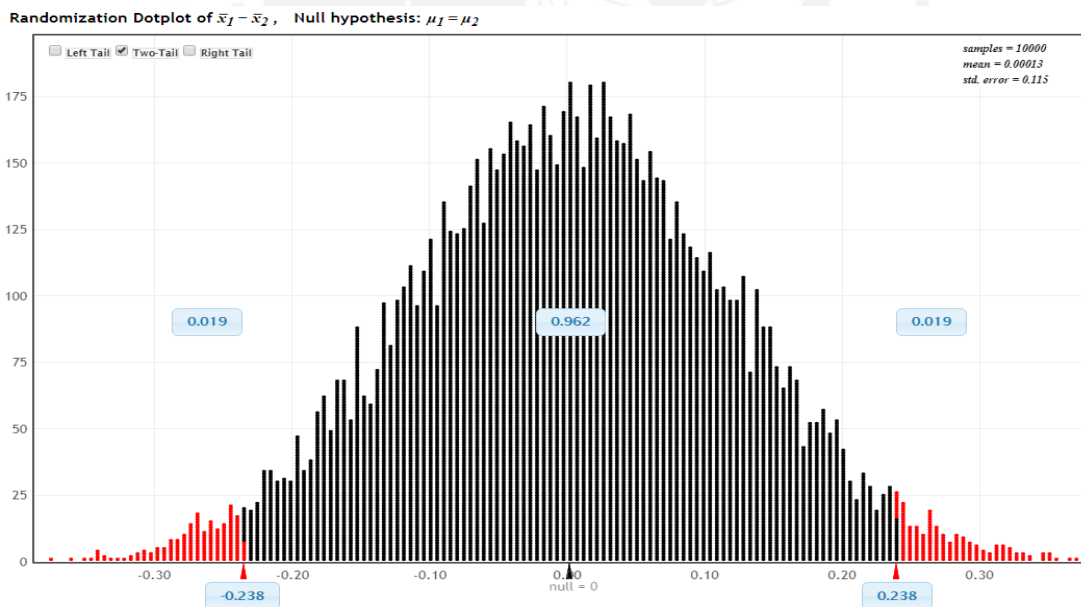
Fuente: elaboración propia

## 7.2 Validación del modelo

Al igual que la calibración, la validación consiste en hacer pruebas por hipótesis nula de igualdad de medias con 95 % de confiabilidad. La validación vehicular y peatonal se hicieron en los mismos tramos de análisis de la calibración.

### 7.2.1 Validación vehicular

Se verifica que la diferencia de medias del tramo 1 (0.043) se encuentra dentro del rango de aceptación (-0.238 y 0.238) por randomization test. Los resultados de la validación para los tramos 2 y 3 se encuentran en el ANEXO 10.





	Campo	Vissim
Media	3.306	3.263
Desviación	0.623	0.027
Error	0.331	0.326
Diferencia de medias	0.043	

Figura 49 Verificación por randomization test para tiempos de viaje vehicular (Validación)

Fuente: elaboración propia

### 7.2.2 Validación peatonal

La diferencia de medias para los tiempos de viaje peatonales que se desplazaron por el tramo 1 se encuentran dentro del rango de aceptación por hipótesis nula con 95% de confiabilidad. Las validaciones de los tramos 2 y 3 se encuentran en el ANEXO 12.

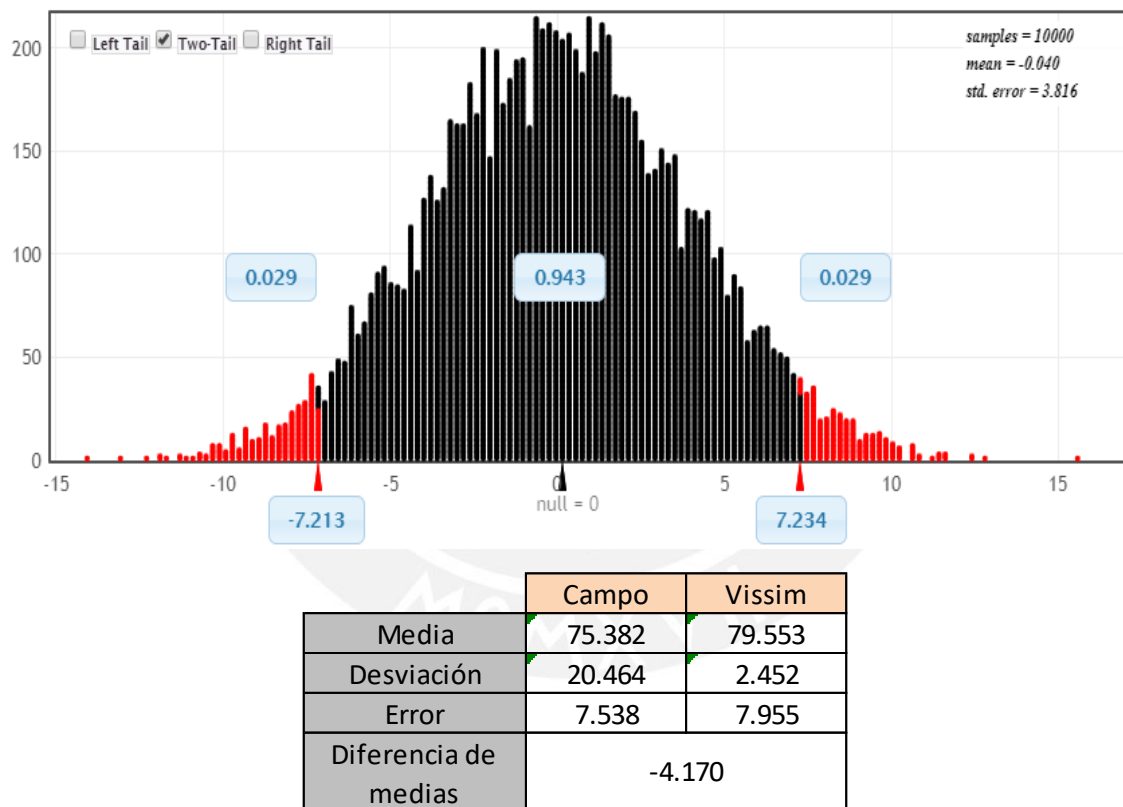


Figura 50 Verificación por randomization test para tiempos de viaje peatonal (validación)

Fuente: elaboración propia



## CAPITULO 8. APLICACIÓN DEL MODELO

Una vez concluido la validación y calibración satisfactoriamente, se logró obtener un modelo en software que represente la intersección real. En el presente capítulo se utilizará la data de este modelo como base para comparar los resultados provenientes del rediseño propuesto.

### 8.1 Data de los resultados actuales

A continuación, se presenta los datos de longitudes de cola, tiempos de viaje vehicular y peatonal de la representación en software de la intersección actual.

#### 8.1.1 Longitudes de cola

Los siguientes valores de longitudes de cola promedio, fueron medidos en 3 tramos de la intersección que corresponden inmediatamente antes del semáforo de la Av. Víctor Malasquez y los 2 semáforos de la vía principal Av. La Molina.

Tabla 18 Longitudes de cola promedio

	Long. Max Prom (m)	Long. Prom (m)
Av. La Molina-Este	75.05	47.07
Av. Víctor Malasquez	139.84	96.75
Av. La Molina-Oeste	57.78	3.15

Fuente: elaboración propia

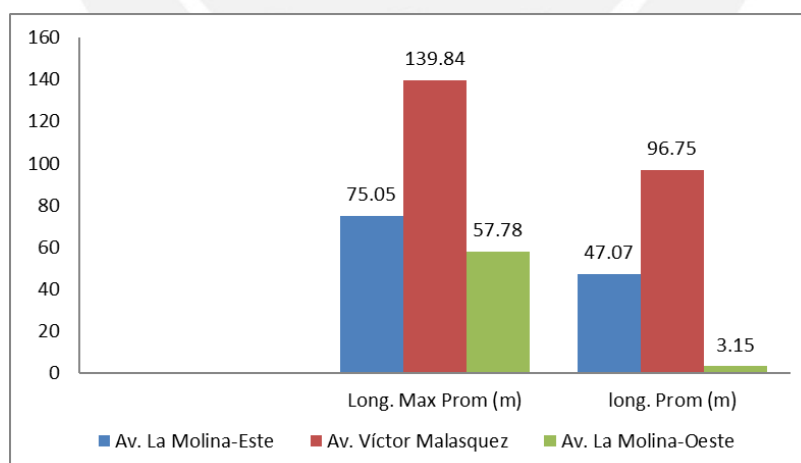


Figura 51 Comparación de longitudes de cola en cada tramo

Fuente: elaboración propia

Los dos tramos de Av. La Molina tienen longitudes de cola promedio de 35.09 y 1.71 metros respectivamente, mientras que Víctor Malasquez llega a tener 104.78 metros. Sin embargo, la longitud máxima promedio obtenida de todas las corridas en cada uno de los 3 tramos antes mencionados fue de 75.04 y 42.68 metros para los tramos de avenida la molina y 139.88 para Víctor Malasquez. Comparando estos datos se puede apreciar que en este último se genera la mayor cantidad de congestión vehicular. Por ende, se hizo énfasis en optimizar la longitud de cola de este tramo.

### 8.1.2 Tiempos de viaje vehicular

La siguiente tabla muestra el resumen de tiempos de viaje calculados en 4 tramos de 25 metros cada uno. Tres de ellos fueron tomados en los mismos tramos que se consideró en la calibración del inciso 5.2.2.1. Además de estos, se agregó uno correspondiente a un tramo de Víctor Malasquez a 15 metros desde el semáforo que delimita con Av. La Molina.

Tabla 19 Tiempos de viaje vehicular promedio en segundos

Av. La Molina-Este (T1)	3.28
Av. La Molina-Oeste (T2)	3.27
Av. La Molina-Este* (T3)	15.08
Victor Malasquez-Norte	22.28

Fuente: elaboración propia

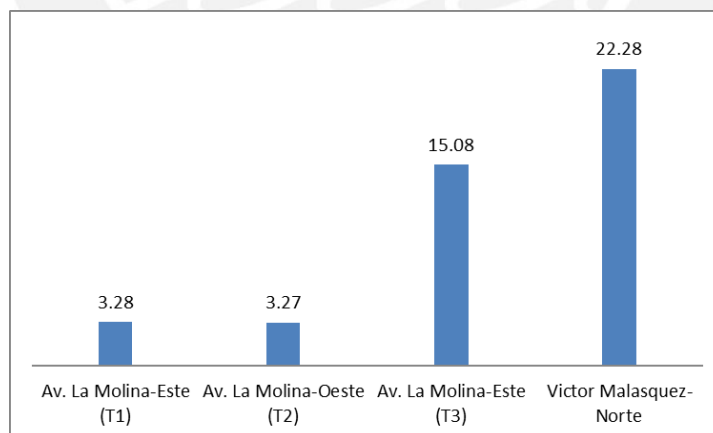


Figura 52 Tiempos de viaje en cada tramo

Fuente: elaboración propia

### 8.1.3 Tiempo de viaje peatonal

La presente tabla muestra los tiempos de viaje peatonal provenientes de los 3 tramos de colores delimitados en la calibración de la figura 5.15 del inciso 5.2.2.2. Como se puede apreciar, los peatones pueden demorar casi 2 minutos en poder cruzar la intersección a través del tramo 2.

Tabla 20 Tiempos de viaje peatonal promedio en segundos

Tramo 1	79.94
Tramo 2	120.89
Tramo 3	54.29

Fuente: elaboración propia

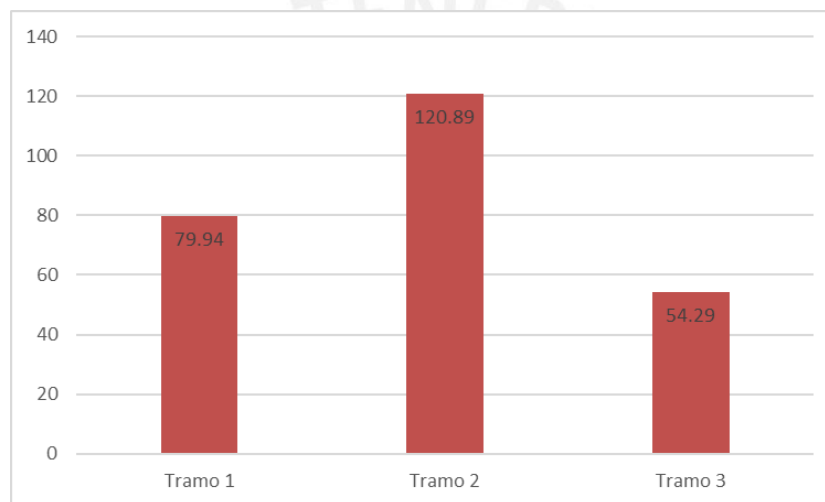


Figura 53 Tiempos de viaje en cada tramo

Fuente: elaboración propia







## 8.2 Propuestas de mejora

Se hizo el rediseño de la intersección usando recomendaciones de la NACTO con la finalidad de optimizar, si es posible, algún resultado proveniente de la intersección actual, pero sobretodo dando mejores condiciones de desplazamiento al peatón que usara la intersección.







### 8.2.1 Cambio de ciclos de semáforo

Se modificó el ciclo total del semáforo de 105 a 80 segundos, de este modo los peatones no tendrán que esperar tanto tiempo para empezar su desplazamiento a través de la intersección. A continuación, se muestra los nuevos ciclos de semáforo implementados, en los que definieron 4 fases.

Tabla 21 Ciclos de semáforo propuestos para la intersección

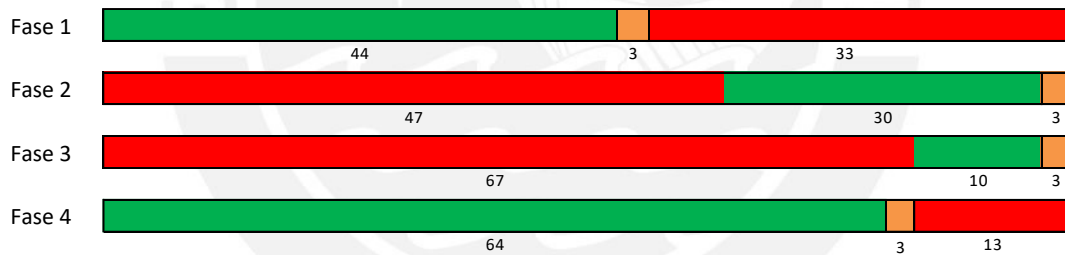
Fase 1		Tiempo (seg)	Fase 2		Tiempo (seg)
Verde		44	Verde		30
Ambar		3	Ambar		3
Rojo		33	Rojo		47

Fase 3		Tiempo (seg)	Fase 4		Tiempo (seg)
Verde		10	Verde		64
Ambar		3	Ambar		3
Rojo		67	Rojo		13

Fuente: elaboración propia

Tabla 22 Representación de los semáforos en su nuevo ciclo



Fuente: elaboración propia

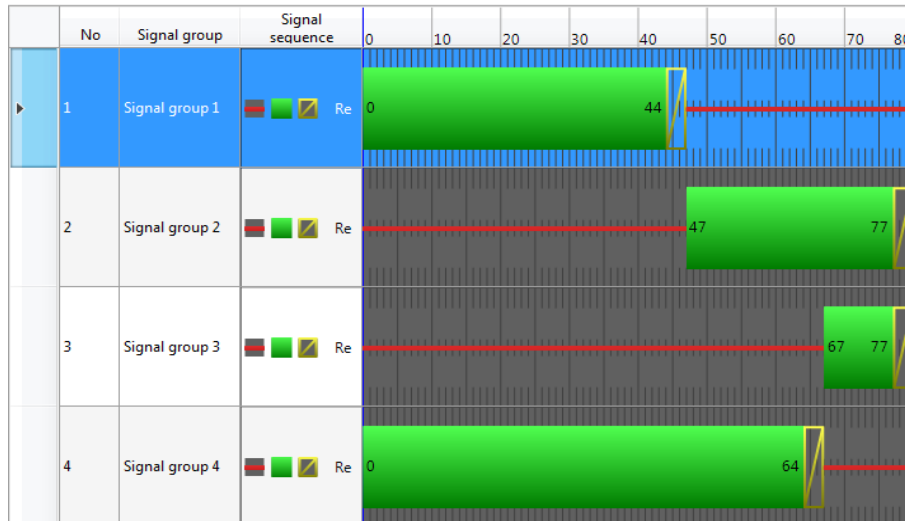


Figura 54 Nuevos ciclos de semáforo propuestos (Vissim)

Fuente: elaboración propia

### 8.2.2 Eliminación de una isla de espera y un carril de giro libre

Estos elementos se encuentran ubicados inmediatamente después de la intersección entre Víctor Malasquez y Av. La Molina. Se decidió eliminar esta isla de espera por dos motivos principales. En primer lugar, Esta fue construida con la finalidad de optimizar el flujo vehicular entre Víctor Malasquez y Av. La Molina hacia el este, de esta manera, no sería necesario que los vehículos tengan que llegar hasta la avenida principal. Sin embargo, el número de vehículos contados en 1 hora fueron menos de 60. Por lo tanto, al poseer poco flujo, no es prioritario considerar un giro libre. En segundo lugar, se recomienda evitar este tipo de islas de espera aislada ya que se crean giros inseguros y de alta velocidad. Es por ello que los peatones y ciclistas están expuesto ante este peligro aún más cuando se tiene ciclos de semáforo mayores a 120 segundos. En conclusión, estos diseños de isla no logran transmitir seguridad en una intersección de este tipo. (NACTO, 2016).

La NACTO recomienda controlar las velocidades gestionando el diseño y la distribución espacial de la intersección. Una manera de lograr esto es eliminando los carriles de viaje innecesarios. A continuación, se muestra la isla de espera mencionada y el carril de giro libre que conecta Víctor Malasquez con Av. La Molina.



Figura 55 Isla de espera actual de la intersección

Fuente: elaboración propia

### 8.2.3 Ampliación de acera peatonal

En primer lugar, se calculó la longitud que existe entre la vía vehicular y el límite de propiedad residencial. La longitud que los separaba fue de aproximadamente 7 metros por lo tanto se contaba con espacio suficiente para ampliar la acera peatonal y de esta manera aprovechar la zona comercial a su alrededor. La presente intersección cuenta con una gran cantidad de restaurantes, gimnasios, peluquerías y farmacias. Es por ello, que los peatones están en constante tránsito y sería de mayor provecho darles aun mayor facilidad para desplazarse. Por este motivo, se propone ampliar la acera peatonal y crear zonas de estacionamiento de vehículos en los límites de las vías vehiculares. La NACTO recomienda que se pueden crear estas zonas como espacio de carga o desembarque para comercios cercanos, así como también como parqueo vehicular residencial.



Figura 56 Estado actual de la acera peatonal

Fuente: elaboración propia

#### 8.2.4 Implementación de bolardos

Estos elementos se asemejan a postes de pequeña altura y gruesos; pueden ser de metal, piedra, acero o hierro. Poseen la función de proteger al peatón ya que restringen el paso de los vehículos y serán implementados en los bordes de las aceras peatonales, sobre todo en las curvas donde el radio de giro pueda presentar dificultad al conductor para doblar. Estos se ubicarán en el perímetro de la curva de giro libre que conecta avenida la molina con Víctor Malasquez, así como también en la curva que dirige a los vehículos desde el norte de Víctor Malasquez hacia el este de avenida la molina.

#### 8.2.5 Creación de una entrada auxiliar con un nuevo ciclo de semáforos

El principal motivo para implementarla fue para que los vehículos que viajan hacia el este de Av. La Molina puedan ingresar hacia la Av. Víctor Malasquez. Se usó el programa “vehicle tracking” implementado de Autodesk para verificar los radios de giro de la entrada auxiliar para vehículos particulares y camiones pequeños. Del mismo modo se implementó 3 semáforos nuevos. Uno controlara a los vehículos que van al Oeste de Av. La Molina, el otro controlará las esperas en la entrada auxiliar y el ultimo a los vehículos que se dirigen al este de Av. La Molina.

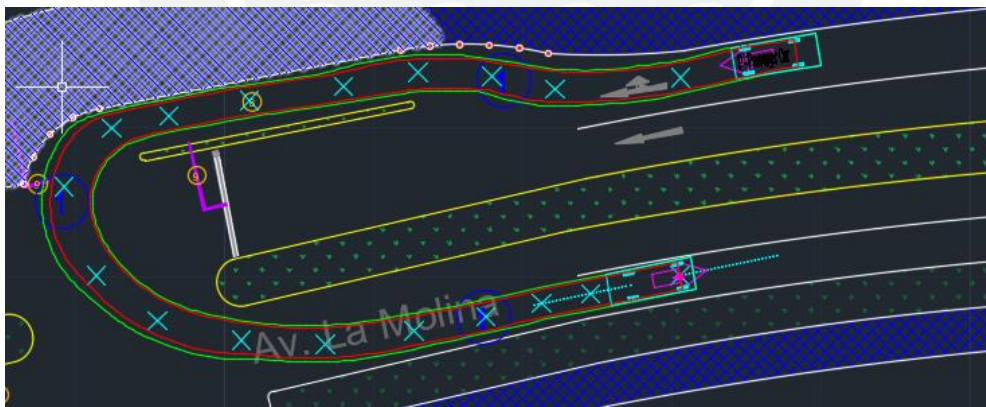


Figura 57 Radio de giro usando Vehicle tracking

Fuente: Elaboración propia

También se comprobó que los vehículos de mayor longitud como camiones y buses de más de 9 metros no podrían usar esta entrada auxiliar ya que necesitan mayor radio de giro. Por otro lado, se verificó que solo el 3% del flujo total de vehículos utilizaran esta entrada para ingresar a la avenida Víctor Malasquez (ruta 6), además de esto, los buses y camiones representan solo el 15% del flujo vehicular a través de esta ruta. Es decir, los buses y camiones de 9 metros a



mas que desean ingresar a la Av. Víctor Malasquez representan el 0.45% del flujo total vehicular para 1 hora de análisis. Por este motivo, se propone restringir el flujo el uso de vehículos pesados por esta vía auxiliar de ingreso.

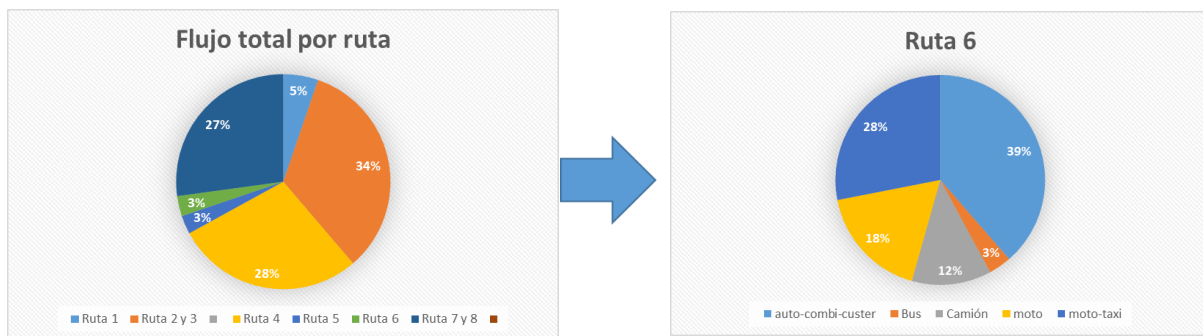


Figura 58 Porcentaje de Buses y camiones por la ruta 6 (Resumen)

Fuente: elaboración propia

### 8.2.6 Eliminación del giro hacia la izquierda de los vehículos provenientes de Av. La Molina con dirección oeste

Se consideró esta modificación ya que el flujo vehicular por esta vía fue de 57 vehículos por hora. Por lo tanto, al tener poco flujo vehicular se decidió usar la entrada auxiliar mencionada en la modificación anterior 8.2.5.

### 8.2.7 Cambio de carril de doble vía de direcciones contrarias a uno de doble vía en una sola dirección de la Av. Víctor Malasquez

La presente modificación fue hecha con la finalidad de disminuir las longitudes de cola en la Av. Víctor Malasquez con dirección al norte. En cierto tramo de la vía, los vehículos podrán usar un carril de aproximadamente 24 metros; por lo tanto, se disminuiría la longitud de cola ya que podrán doblar desde 2 carriles y no solamente por uno como está diseñado actualmente.



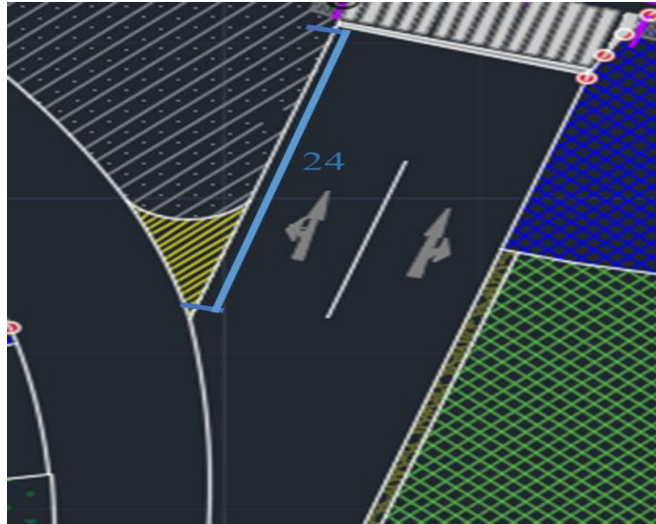


Figura 59 Carril Av. Víctor Malasquez de una sola dirección

Fuente: elaboración propia

### 8.2.8 Eliminación de un cruceo peatonal

Esta modificación fue elegida con la finalidad de aprovechar la isla de espera de 150 m<sup>2</sup> de área que se encuentra en Av. La Molina con dirección hacia el este e inmediatamente antes de la intersección.

### 8.2.9 Implementación de señales reguladoras

La presente intersección no cuenta con ninguna señal reguladora, por esta razón, se propone implementar una señal de “paradero” en la Av. La Molina a una distancia de 20 metros después de la intersección. Por otro lado, se propone agregar la señal de “ceder el paso” al peatón en el giro libre que conecta Av. La Molina con sentido este y Víctor Malasquez hacia el sur. En tercer lugar, se colocará una señal de “prohibido doblar hacia la izquierda” en la Av. La Molina con dirección al oeste a una distancia prudente antes de llegar a la intersección. Finalmente, se colocará una señal que indique que la entrada auxiliar solo puedes ser usada por vehículos livianos.

### 1.2.10 Implementación de rejas

Se propone implementar estos elementos en el perímetro del separador de carriles de Av. La Molina, esto con la finalidad de que los peatones usen los cruces peatonales de manera rápida y segura.

### 8.2.11 Implementación de semáforos peatonales

La presente intersección no cuenta con ningún semáforo peatonal visible, es por este motivo que los peatones empiezan su recorrido guiándose de los semáforos vehiculares y verificándose que no haya ningún vehículo aproximándose. Es por este motivo, que la presente intersección necesita de estas señales de control peatonal antes y después de los cruceos peatonales.

### 8.3 Data del modelo con propuestas de mejora

Esta data proviene de todas las modificaciones mencionadas en el acápite 8.4. Para cada caso fueron usados 30 corridas en total.

#### 8.3.1 Longitudes de cola

La tabla presente indica la variación, respecto al estado actual, de las longitudes de cola de las 3 vías correspondientes a los vehículos que se dirigen hacia Av. La Molina con dirección este, Av. La Molina con dirección oeste y Víctor Malasquez al norte.

Tabla 23 Longitudes de cola (Mejora)

	Long. Max Prom (m)	Long. Prom (m)
Av. La Molina-Este	107.85	47.65
Av. Víctor Malasquez	98.21	75.75
Av. La Molina-Oeste	38.6	1.45

Fuente: elaboración propia

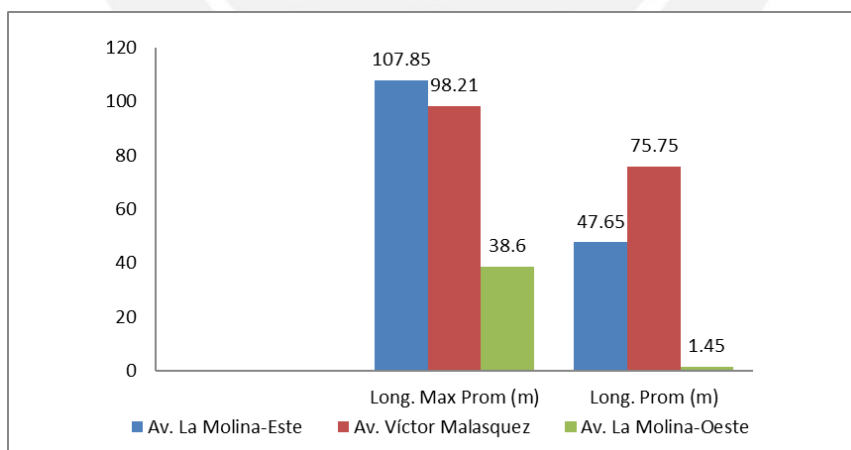


Figura 60 Longitudes de cola en los tramo de análisis (Mejora)

Fuente: elaboración propia

### 8.3.2 Tiempos de viaje vehicular

La siguiente tabla muestra la variación de los tiempos de viaje promedio de los 4 tramos de 25 metros cada uno indicados en el acápite 5.2.2.1.

Tabla 24 Tiempos de viaje vehicular en segundos (Mejora)

Av. La Molina-Este (T1)	3.3
Av. La Molina-Oeste (T2)	3.78
Av. La Molina-Este (T3)	11.9
Victor Malasquez-Norte	20.6

Fuente: elaboración propia

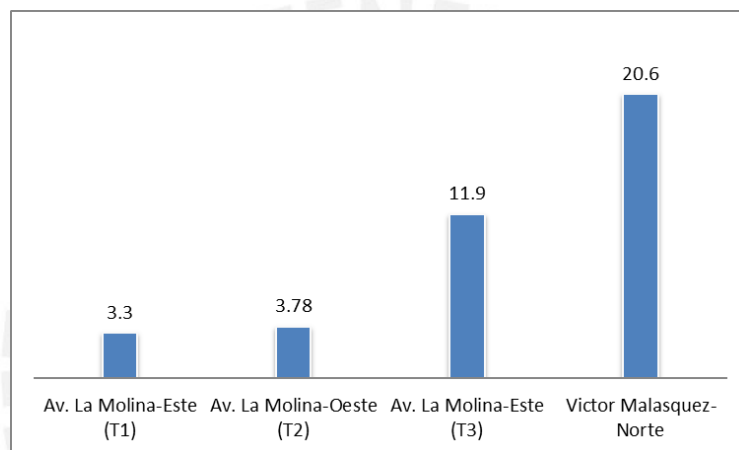


Figura 61 Tiempos de viaje (Mejora)

Fuente: elaboración propia

### 8.3.3 Tiempos de viaje peatonal

A diferencia de la data obtenidos en el estado actual, una modificación usada para el nuevo modelo fue la eliminación del cruce peatonal que se encuentra en Av. La Molina (tramo 2). Esta es la razón por la cual solo se obtuvo el tiempo de viaje de los peatones que se dirigen hacia el oeste de Av. La Molina (tramo 1) y los que se dirigen hacia el noroeste utilizando los 2 cruces peatonales (tramo 3). La siguiente tabla muestra los nuevos tiempos de viaje.

Tabla 25 Tiempos de viaje peatonal en segundos (Mejora)

Tramo 1	75.96
Tramo 2	crucero eliminado
Tramo 3	49.84

Fuente: elaboración propia

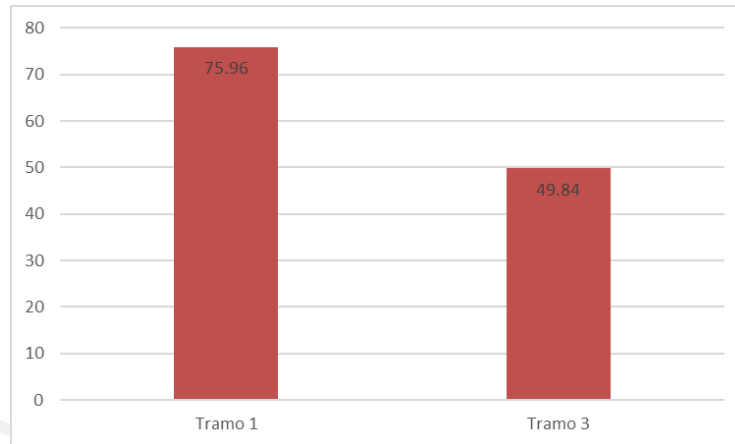


Figura 62 Tiempos de viaje en cada tramo (Mejora)

Fuente: elaboración propia

#### 8.4 Comparación y análisis

Consiste en verificar los datos de longitudes de cola, tiempos de viaje vehiculares y peatonales del estado actual de la intersección respecto del estado con las propuestas de mejora modelados en Vissim. Para su análisis estadístico se utilizó la herramienta StatKey en el cual se utilizaron 30 corridas.

##### 8.4.1 Longitudes de cola

La siguiente figura muestra la comparación de las longitudes de cola del modelo actual y el modelo con las mejoras propuestas.

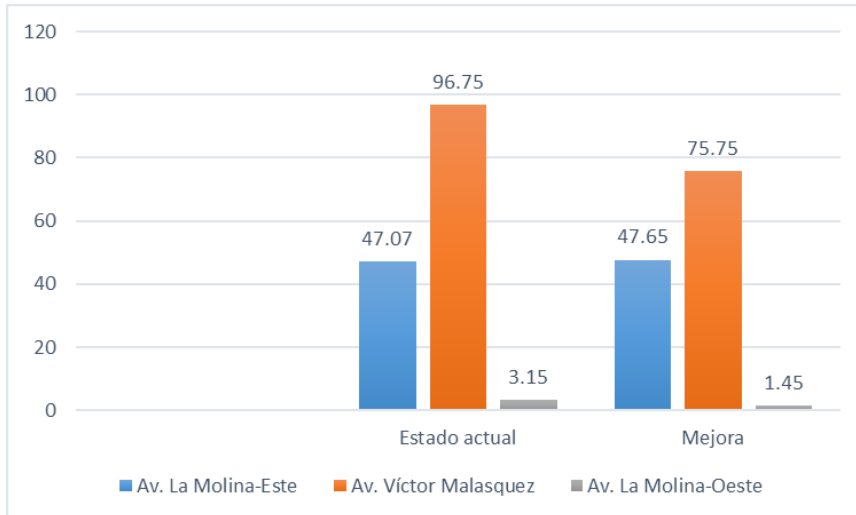


Figura 63 Comparación de longitudes de cola

Fuente: elaboración propia

La longitud de cola en Av. La Molina con dirección al este tuvo un aumento en 0.58 metros respecto del estado actual. La causa de esto fue la creación de la entrada auxiliar que origina mayor congestión vehicular. Sin embargo, no presenta una gran una variación significativa y por lo tanto no hay una mejora.

$$0.58 < 7.812$$

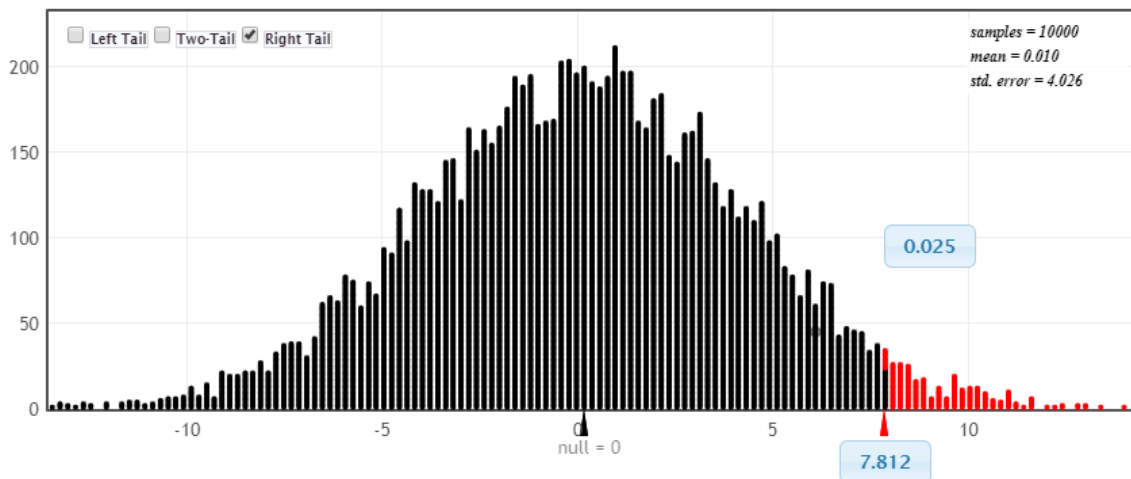


Figura 64 Randomization test para la longitud de cola Av. Molina-Este

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, se redujo notablemente la longitud de Av. Víctor Malasquez con dirección norte. Esta reducción fue 21 metros respecto del estado actual, por lo tanto, habrá una mejora significativa ya que se reducirá la congestión vehicular.

$$-21.00 < -7.670$$

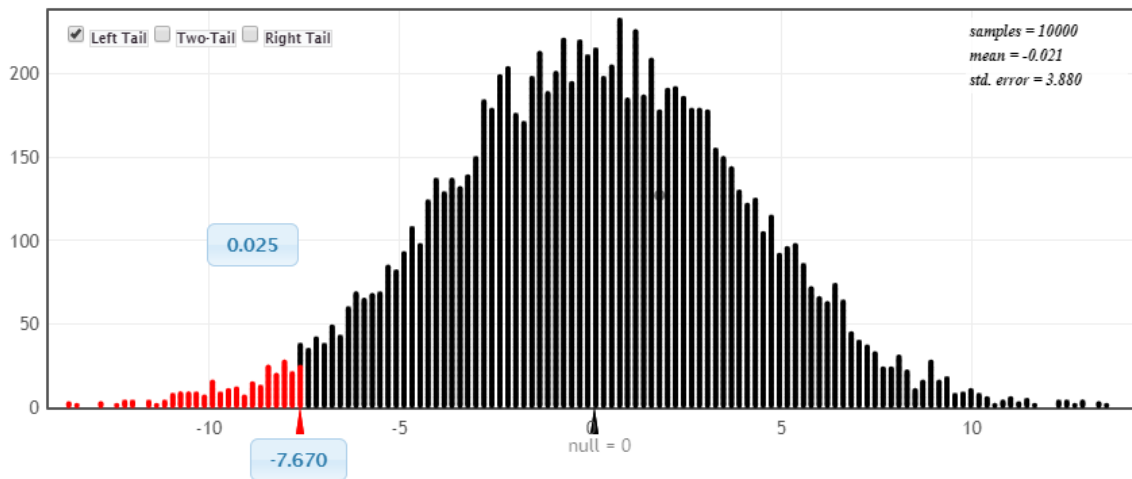


Figura 65 Randomization test para la longitud de cola Av. Víctor Malasquez-Norte

Fuente: elaboración propia

Por último, el tramo de Av. La Molina con dirección oeste tuvo una reducción de colas de 1.7 metros; por lo tanto, se puede presentar una mejora significativa. Esto debido a que los vehículos solo podrán seguir un trayecto recto como se mostró en el inciso 8.2.6.

$$-1.7 < -0.591$$

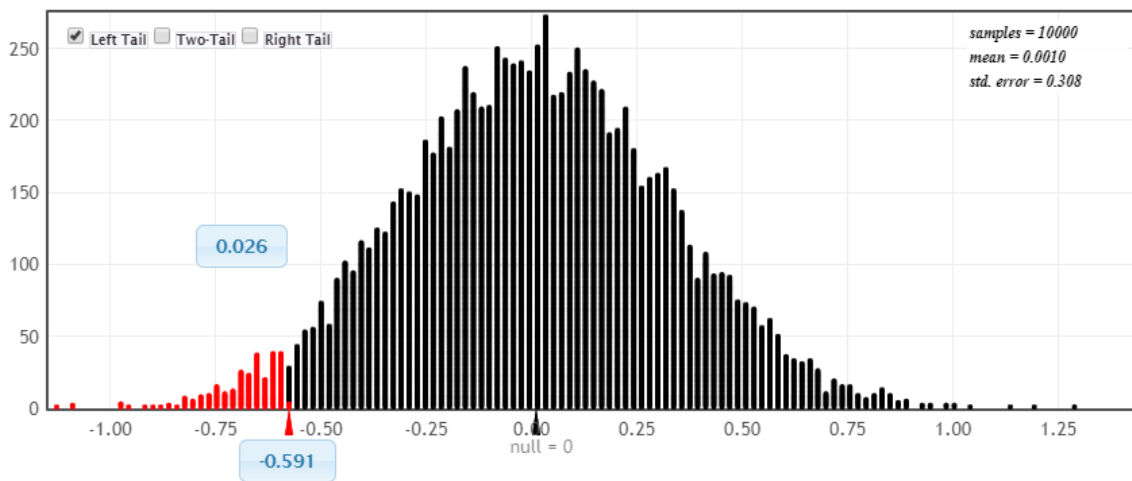


Figura 66 Randomization test para la longitud de cola Av. Molina-Oeste

Fuente: elaboración propia

### 8.4.2 Tiempos de viaje vehicular

A continuación, se muestra la comparación de los tiempos de viaje vehiculares de la intersección actual modelada en comparación del modelo con las propuestas de mejora.

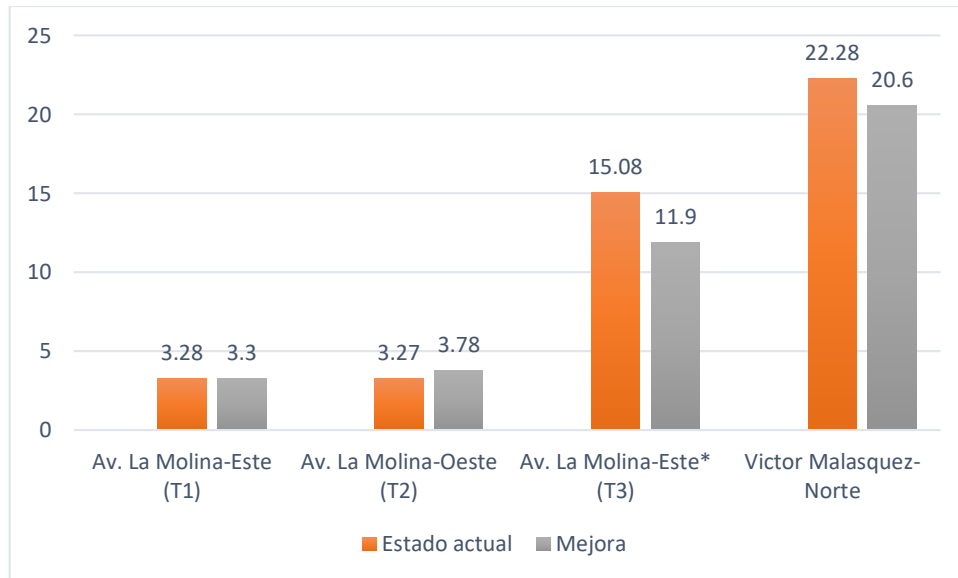


Figura 67 Comparación de tiempos de viaje vehicular

Fuente: elaboración propia

El primer tramo correspondiente a los a los tiempos de viaje de vehículos que se dirigen al este por la Av. La Molina no presenta una variación significativa respecto al estado actual con la mejora.

El segundo tramo que corresponde a los vehículos que transitan por Av. La Molina con dirección hacia el oeste presenta un aumento 0.51 segundos en los tiempos de viaje respecto del estado actual; sin embargo, este valor no es significativo. Por lo tanto, no indica una mejora apreciable.

$$0.156 < 0.51$$

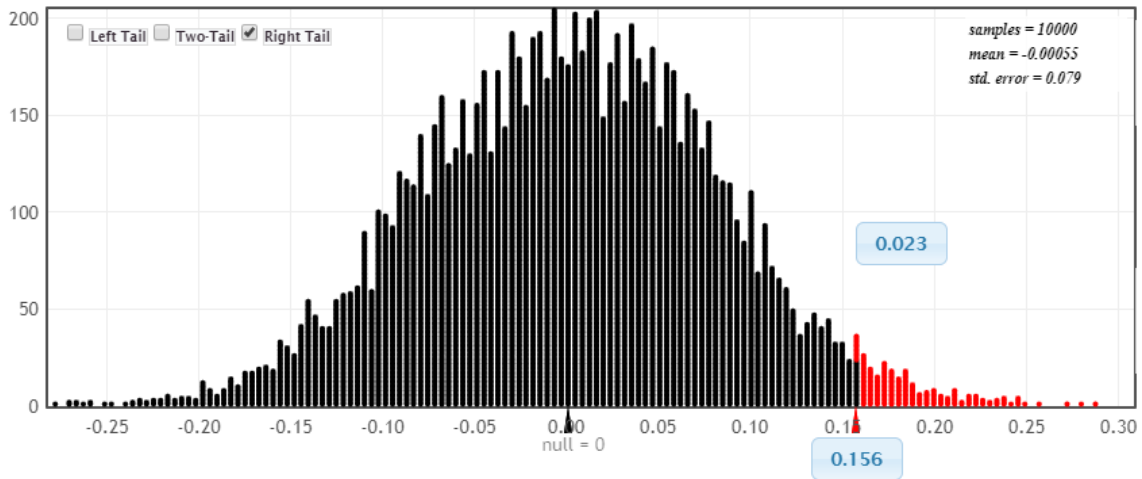


Figura 68 Randomization test para el tiempos de viaje Av. La Molina-Este

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, el tercer tramo correspondiente a los tiempos de viaje de vehículos que se desplazan por Av. La Molina con dirección al este después de haber cruzado la Av. Víctor Malasquez tuvo una disminución 3.18 segundos. Por lo tanto, presenta una mejora respecto del estado actual.

$$-3.18 < -1.054$$

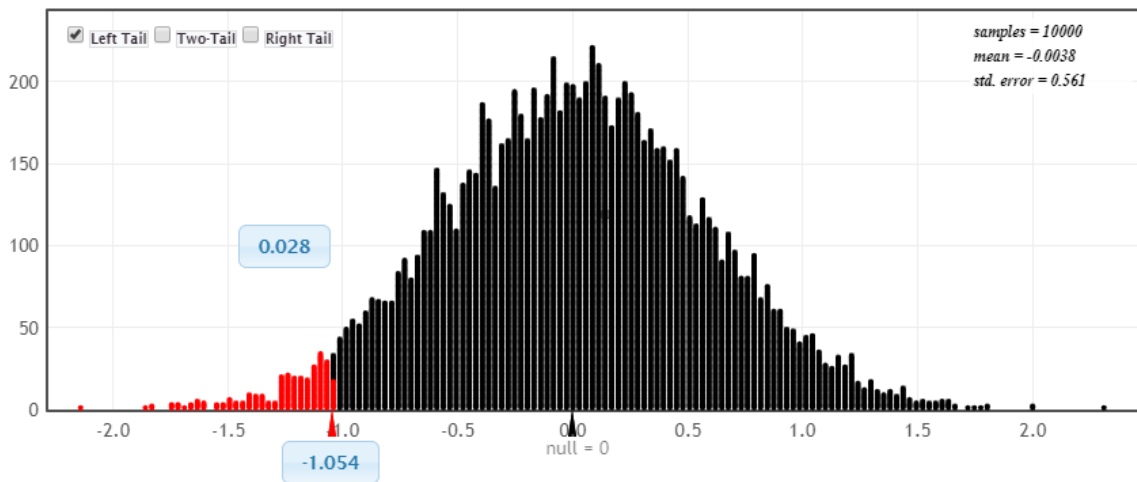


Figura 69 Randomization test para el tiempos de viaje Av. La Molina-Este\*

Fuente: elaboración propia



Los tiempos de viaje de vehículos que se desplazan por la Av. Víctor Malasquez con dirección al norte disminuyeron 1.68 segundos respecto del modelo rediseñado. Por este motivo, se considera una mejora significativa para los vehículos ya que pueden transitar por la intersección con mayor fluidez.

$$-1.68 < -0.626$$

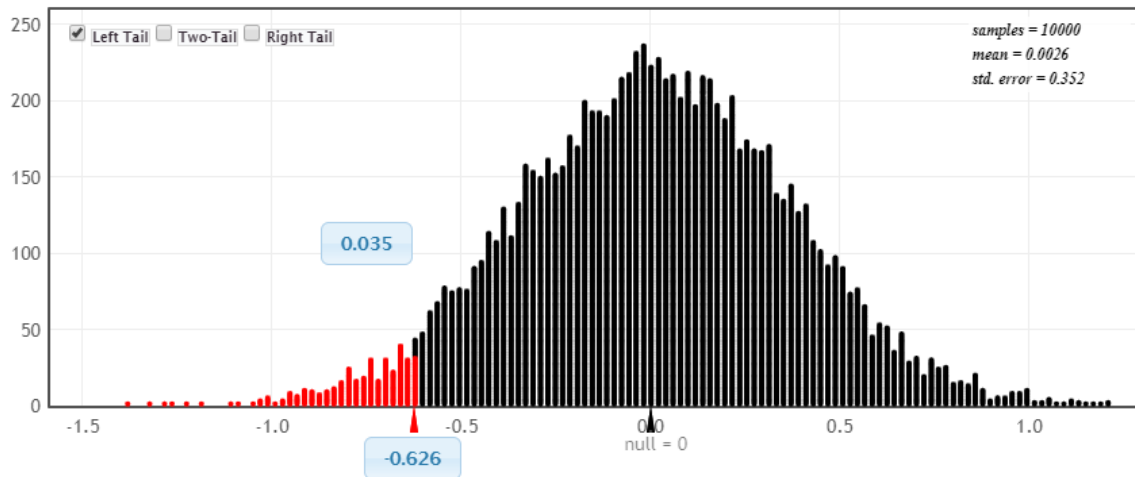


Figura 70 Randomization test para el tiempos de viaje Víctor Malasquez-Norte

Fuente: elaboración propia

### 8.4.3 Tiempos de viaje peatonal

A continuación, se muestra el tiempo promedio que le tomo a los peatones transitar a través de la intersección.

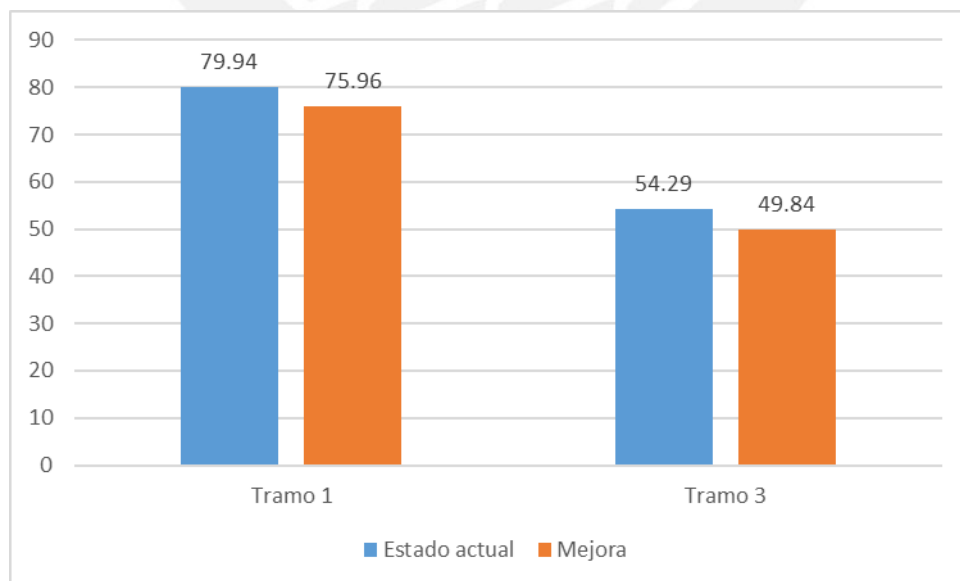


Figura 71 Comparación de tiempo de viaje peatonal

Fuente: elaboración propia

El primer tramo corresponde al cruce ubicado en la Av. Víctor Malasquez. Este presenta una mejora apreciable ya que el tiempo de viaje de peatones se redujo 3.96 segundos; por lo tanto, no tendrán que esperar tanto tiempo en las islas de espera y podrán seguir con su trayecto de manera más rápida.

$$-3.96 < -1.396$$

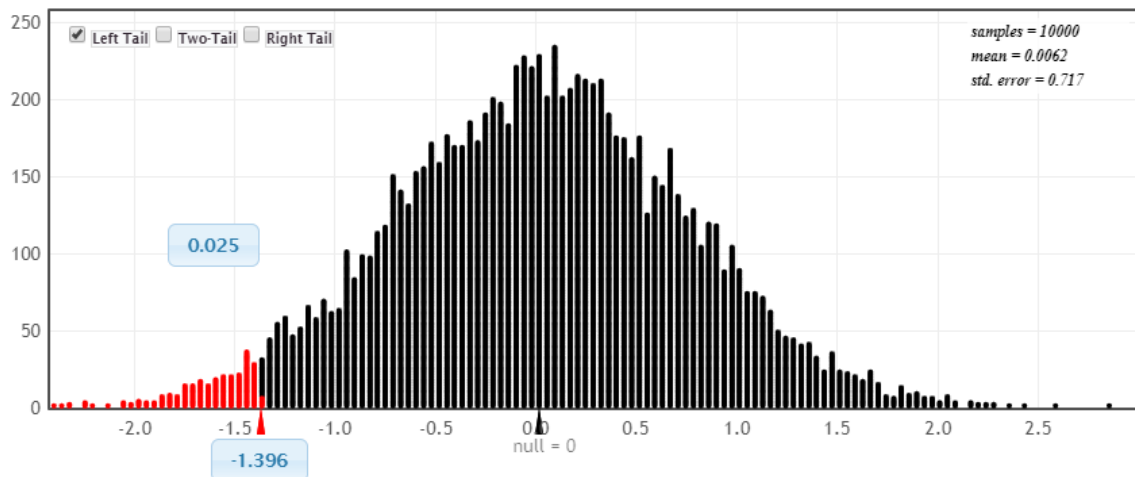


Figura 72 Randomization test para el tiempos de viaje peatonal a través de Víctor Malasquez

Fuente: elaboración propia

El tramo 3 es el recorrido a través de los 2 cruces peatonales que se encuentran en la Av. La Molina justo antes de llegar al cruce con Víctor Malasquez. De este análisis se concluye la optimización de los tiempos de viaje peatonal ya que disminuyo 4.45 segundos en comparación con el estado actual.

$$-4.45 < -1.754$$

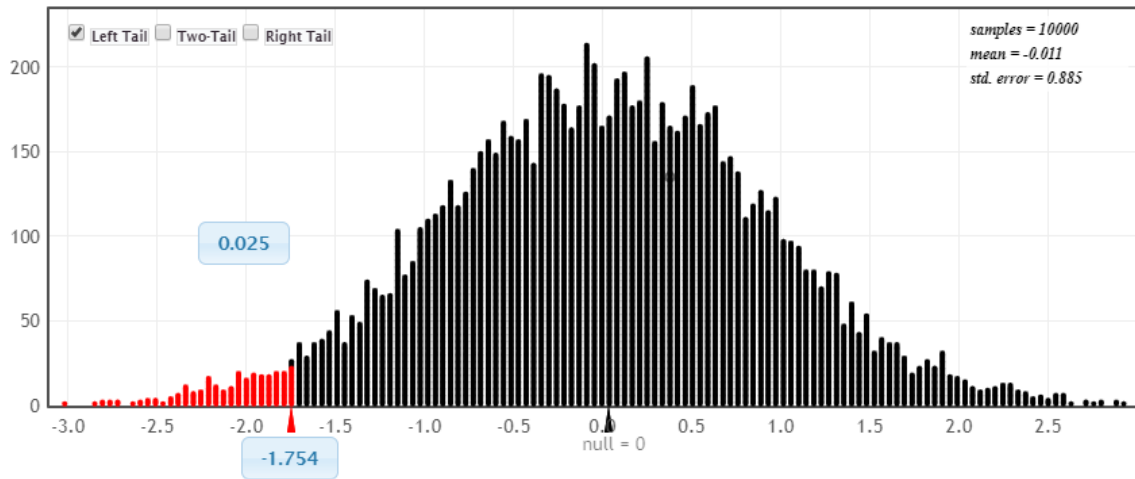


Figura 73 Randomization test para el tiempos de viaje peatonal a través de Av. La Molina

Fuente: elaboración propia



## CONCLUSIONES

Respecto al flujo vehicular, se verificó que las señales de control de tráfico y el diseño actual de las vías vehiculares ocasionaban la formación de largas colas que interferían con el flujo de todo el sistema. Para el caso de la avenida Víctor Malasquez, se formaban colas de hasta 96.75 metros que obstaculizaban el cambio de vía para vehículos que deseaban tomar el giro libre hacia Av. La Molina con dirección al este. Del mismo modo, el gran flujo vehicular que se desplazaba por Av. La Molina con dirección este e ingresaba a la Av. Víctor Malasquez hacia el sur, causaba longitudes de cola de 47.07 metros. Esto debido a que estas 2 vías se conectan por medio de un giro libre que obstaculizaba a los vehículos que deseaban seguir su trayecto a través del semáforo.

Respecto al flujo peatonal, estos no presentaban mayor problema a la hora de transitar por los cruceros ya que los ciclos de semáforo les proporcionaban el tiempo suficiente para terminar su trayecto. Sin embargo, les tomaba hasta 90 segundos el poder desplazarse a través de la intersección y; por ende, tenían que esperar mucho tiempo en las islas. Por esta razón, al reducir el ciclo de semáforo de 105 segundos a 80, los peatones se desplazarán con mayor rapidez a través de los cruceros, esto se verifica ya que se redujo hasta 4.45 segundos los tiempos de viaje que les tomaba atravesarlos.

Los tiempos de viaje vehicular aumentaron en algunos tramos de análisis, esto debido al cambio de señales de control y al cierre de ingreso a la avenida Víctor Malasquez desde la Av. La Molina. Sin embargo, se esperaba la existencia de algún resultado que no pueda considerarse como una mejora ya que se pueden reducir, aunque sea un poco, el tiempo de viaje peatonal y las longitudes de cola vehicular en el resto de las vías de análisis. En síntesis, se considera como casos ideales realizar un rediseño y modificar las señales de control de tráfico para obtener solo mejoras significativas ya que si bien se logran optimizar algunos parámetros, también se compromete la eficiencia de otros. Esto se puede apreciar en los tiempos de viaje del tramo 2 perteneciente a los vehículos que se desplazan por Av. La Molina con dirección al oeste en el cual el rediseño implicó un aumento de 0.51 segundos respecto al estado actual de la intersección. Por este motivo, no se pudo considerar como una mejora apreciable.

La modificación de los parámetros globales de comportamiento al manejar  $\alpha$ ,  $\beta_{Add}$  y  $\beta_{Mult}$  son de suma importancia para obtener resultados confiables ya que diferentes configuraciones de estos parámetros arrojan resultados variados que pueden alejarse significativamente de los

datos de campo recolectados. Por ello, fue necesario realizar iteraciones de varios valores que se puedan aproximar a estos datos para así obtener un modelo mejor calibrado y validado. Del mismo modo, se debe ajustar los parámetros al caminar ( $\tau$ ,  $\lambda$  y noise) pese a que en este tramo de estudio no hubo una variación significativa en todas las iteraciones realizadas. Sin embargo, en alguna otra zona de estudio en donde haya mayor flujo y densidad peatonal como parques o plazas públicas, estos parámetros pueden influir significativamente en los resultados obtenidos.

Por otro lado, fue necesario crear las curvas de frecuencia acumulada de velocidades para vehículos y peatones ya que estos influyen notablemente en el comportamiento de todo el sistema en estudio. Si bien se puede ingresar al software valores aproximado a sus velocidades medias, estos no representarían un estado real en la intersección y; por ende, se tendrían un mal análisis de resultados. Del mismo modo, fue necesario la inclusión de los vehículos atípicos denominados mototaxis ya que estos presentan bajas aceleraciones en comparación del resto de vehículos e influyen notablemente en el comportamiento de todo el sistema. Estos solo representaban el 5% de la composición vehicular, pero impedían el libre flujo del resto de vehículos, sobretodo de los autos particulares.

El objetivo principal del rediseño fue tratar de reducir la congestión vehicular que se forma en la intersección sin comprometer el tiempo de desplazamiento y facilidad al caminar de los peatones; es decir, se buscó un balance entre la optimización del flujo vehicular y agregar mejores condiciones de desplazamiento a los transeúntes. Por esta razón, se redujo el número de cruces peatonales ya que en la intersección actual se cuentan con 3 en total y en el rediseño propuesto se redujeron a 2. Con ello, los peatones podrán desplazarse por la intersección con mayor facilidad, en menor tiempo y aprovechando la isla de espera existente.

Cabe mencionar que la presente intersección cuenta con muchas áreas vacías de tierra a los lados de las vías vehiculares, estos espacios podrían ser usados por la municipalidad de La Molina para una futura ampliación de carriles. Sin embargo, las propuestas de mejora expuestas se basan en la situación actual de la intersección y cómo esta influye en el flujo de todo el sistema. Por ello, no se mencionó como una propuesta a la ampliación de carriles ya que, si bien se cuenta con espacio suficiente, se decidió rediseñar la zona de estudio con la intención de mejorar el desplazamiento peatonal, pero conservando las vías vehiculares existentes.

## RECOMENDACIONES

La recolección de todos los datos de demanda para el presente tramo de estudio se podría haber logrado con un equipo de trabajo que recolecte información al mismo tiempo. Sin embargo, como se necesita mucha información específica, el grupo de trabajo estaría conformado por más de 10 personas recolectando información consecutiva durante 1 hora y en dos días distintos. Esto se debe a que se necesitó las demandas vehiculares por carril, demandas peatonales, tiempos de viaje y todas las configuraciones que cada componente del sistema tomó al momento de desplazarse por la intersección. Esta es la razón principal por la que se optó por hacer una filmación desde un edificio alto, en el cual se pueda apreciar toda la zona de estudio. De esta manera, la recolección de información se basó en anotar los datos de demanda necesarios por repeticiones de video, el cual lo puede realizar una sola persona.

Por otro lado, se debe verificar que los radios de giro sean los necesarios para un correcto flujo de todos los tipos de vehículos que estarán presentes en el rediseño propuesto. Por este motivo, se recomienda usar algún programa que corrobore la correcta trayectoria del vehículo con mayor longitud que se pudo apreciar en los datos de campo. Para el presente proyecto se usó el programa implementado de Autodesk “Vehicle Tracking” en el cual se eligió un camión simple de 3 ejes de 12.1 metros de longitud de su librería y se verificó su correcto desplazamiento por las vías vehiculares de la intersección.

Se recomienda que todos los resultados obtenidos del software Vissim 8 deban ser cuidadosamente verificados ya que son muy sensibles a proporcionar datos de salida erróneas si es que no se tiene cierta experiencia en trabajos previos. Por ello se recomienda leer el manual del grupo PTV que especifica los comandos necesarios para utilizar el software de manera eficaz. Cabe resaltar que el software utilizado es solo una herramienta que nos muestra simulaciones dinámicas y resultados provenientes de corridas a partir de datos de campo recolectados. Por esta razón, es necesario realizar correctamente los pasos señalados en el “trabajo previo” para obtener un modelo representativo de la intersección.

## REFERENCIAS

- Mahmassani, H. S., & Abdelghany, K. F.,2002. Dynasmart-ip: Dynamic traffic assignment meso-simulator for intermodal networks. In *Advanced Modeling for Transit Operations and Service Planning*, pp. 200-229. Emerald Group Publishing Limited.
- Al-Mudhaffar, 2006. Impacts of traffic signal control strategies. Ph.D. dissertation, Royal Institute of Technology.
- Yang Q., 1997. A simulation laboratory for evaluation of dynamic traffic management systems. Ph.D. dissertation, Massachusetts Institute of Technology
- Schreckenberg, M., Schadschneider, A., Nagel, K., & Ito, N.,1995. Discrete stochastic models for traffic flow.
- Starfield, T.,2005. Discussion: [Deterministic or Stochastic]. The University of Vermont, Vermont
- Rodríguez, D. H., & Figueroa, P. A.,2012. modelo para micro-simulación de tráfico vehicular y peatonal utilizando cuda.
- Rathi, A. K., & Santiago, A. J.,1990. Urban network traffic simulations: TRAF-NETSIM program. *Journal of transportation engineering*, 116(6), pp. 734-743.
- Miloslavov, A., Park, H., Lee, J., Veeraraghavan, M., Park, B., & Smith, B. L.,2010. Details of the integrated VISSIM NCTUns vehicular wireless simulation platform. Technical report, University of Virginia.
- Chandler R. E., Herman R., Montroll E. W.,1958. Traffic dynamics: studies in car following. *Operations Research*, 6(2), pp. 165 – 184.
- Wilson, R.E.,2001. An analysis of Gipps' car-following model of highway traffic. *IMA Journal of Applied Mathematics*, pp. 509-537.
- Bando M., Hasebe K., 1995. A. Nakayama, et al. Dynamics model of traffic congestion and numerical simulation. *Physic Review*, pp. 1035 – 1042.
- Weng Y., Wu T., 2002. Car-following model for vehicular traffic. *Journal of Zhejiang University – Science*, pp. 412 – 417.

Lee, J., & Jones, J.H., 1967. Traffic dynamics: visual angle car following models. *Traffic Engineering and Control*, pp. 348-350.

Brackstone, M., & McDonald, M., 1999. Car-following: a historical review. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2(4), pp.181-196 .C F Choudhury. Modeling driving decisions with Latent plans. PhD thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, MIT, 2007.

Johansson, A., Helbing, D., & Shukla, P. K.,2007. Specification of the social force pedestrian model by evolutionary adjustment to video tracking data. *Advances in complex systems*, 10(supp02), pp. 271-288.

Blue, V. J., & Adler, J. L.,2001. Cellular automata microsimulation for modeling bi-directional pedestrian walkways. *Transportation Research Part B: Methodological*, 35(3), pp. 293-312.

Narimatsu, Shiraishi & Morishita, 2004. Acquisiting of local neighbor rules in the simulation of pedestrian flow by cellular automata. In Sloot P. M. A, Chopard B. y Hoekstra A. G., editors, *Lectures Notes in Computer Science: Proceeding of 6th International Conference on Cellular Automata in Research and Industry (ACRI)*, volume 3305, pp. 211–219. Berlín, 2004. Springer Verlag

Carsten Burstedde, Kai Klauck, Andreas Schadschneider y Johannes Zittartz, 2001. Simulation of pedestrian dynamics using a two-dimensional cellular automaton. *Physica A*. pp. 507–525.

Jaroslaw Was, Bartlomiej Gudowski y Pawel J. Matuszyk,2006. Social distances model of pedestrian dynamics. In Yacoubi Chopard B. y Bandini S., editors, *Lectures Notes in Computer Science: Proceeding of 6th International Conference on Cellular Automata in Research and Industry (ACRI)*, volume 4173, (pp 492–501). Berlín. Springer Verlag.

Cabrera, F. I., 2012. Micro Simulación de vehículos y peatones. *Civilizate*, (1), pp. 33-34.

Fellendorf, M., & Vortisch, P.,2010. Microscopic traffic flow simulator VISSIM. In *Fundamentals of traffic simulation*, pp. 63-93. Springer New York.

Gomes, G., May, A., & Horowitz, R., 2004. Congested freeway microsimulation model using VISSIM. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, pp. 71-81.

Lakoba, T. I., Kaup, D. J., & Finkelstein, N. M., 2005. Modifications of the Helbing-Molnar-Farkas-Vicsek social force model for pedestrian evolution. *Simulation*, 81(5), pp. 339-352.



- Barceló, J., 2010. Fundamentals of traffic simulation (Vol. 145). New York: Springer.
- Stevanovic, A., Stevanovic, J., Zhang, K., & Batterman, S., 2009. Optimizing traffic control to reduce fuel consumption and vehicular emissions: Integrated approach with VISSIM, CMEM, and VISGAOST. *Transportation Research Record: Journal of the transportation research board*, (2128), pp. 105-113.
- Federal Highway Administration (US) (Ed.) (2007). Highway Statistics, 2005. Federal Highway Administration.
- Lazo Castro, C. O. & Araujo Barrientos, A., 2017. Micro-simulación de vehículos atípicos: el caso de las moto-taxis en Villa María del Triunfo. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- González, J. D., 2011. Estudio de modelos para tráfico peatonal y su aplicación a pasillos en diferentes escenarios. Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Matemáticas, Mexico D.F.
- Guide, U. B. D., 2011. National Association of City Transportation Officials. New York, 8.
- Rakha, H., & Wang, W., 2009. Procedure for calibrating Gipps car-following model. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2124), pp. 113-124.
- PTV, A., 2011. VISSIM 5.40 user manual. Karlsruhe, Germany.
- Systems simulations: the shortest route to applications. Disponible 15 mayo de 2018, de <http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/simulation/sim>
- McCrea, J., & Moutari, S., 2010. A hybrid macroscopic-based model for traffic flow in road networks. *European Journal of Operational Research*, 207(2), 676-684.
- Elefteriadou, L., 2014. An introduction to traffic flow theory (Vol. 84). New York: Springer.
- Boel, R., & Mihaylova, L., 2004. Modelling freeway networks by hybrid stochastic models. In *IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 2004* (pp. 182-187). IEEE.
- Schadschneider, A., 2001. Cellular automaton approach to pedestrian dynamics-theory. arXiv preprint cond-mat/0112117.
- Huang, H. J., & Guo, R. Y., 2008. Static floor field and exit choice for pedestrian evacuation in rooms with internal obstacles and multiple exits. *Physical Review E*, 78(2), 021131.

Barceló, J., Casas, J., García, D., & Perarnau, J., 2005. Methodological notes on combining macro, meso and micro models for transportation analysis. In Workshop on Modeling and Simulation.

Wąs, J., Gudowski, B., & Matuszyk, P. J., 2006. Social distances model of pedestrian dynamics. In International Conference on Cellular Automata (pp. 492-501). Springer, Berlin, Heidelberg.

Kim, I., Galiza, R., & Ferreira, L., 2013. Modeling pedestrian queuing using micro-simulation. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 49, 232-240.

Sahaleh, S., Bierlaire, M., Farooq, B., Danalet, A., & Hänseler, F., 2012. Scenario analysis of pedestrian flow in public spaces. In 12th Swiss Transport Research Conference.

Cauas, D., 2015. Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. Bogotá: biblioteca electrónica de la universidad Nacional de Colombia.

PTV Group, 2018. Cambio de carril libre. [En línea]

Available at: <http://vision-traffic.ptvgroup.com/>

[Ultimo acceso: 08 de diciembre de 2018]

PTV Group, 2018. Cambio de carril necesario. [En línea]

Available at: <http://vision-traffic.ptvgroup.com/>

[Ultimo acceso: 12 de diciembre de 2018]

PTV Group, 2018. Comportamiento no basado en carriles. [En línea]

Available at: <http://vision-traffic.ptvgroup.com/>

[Ultimo acceso: 16 de diciembre de 2018]

PTV Group, 2018. Tránsito en una intersección. [En línea]

Available at: <http://vision-traffic.ptvgroup.com/es/productos/ptv-vissim/nueva-version-de-ptv-vissim>

[Ultimo acceso: 24 de abril de 2019]

Systems simulation, 2018. The shortest route to applications. [En línea]

Available at: <http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/simulation/sim.htm>

[Ultimo acceso: 08 de marzo de 2019]

Effect of vehicular Technology, 2018. Sketch of car following. [En línea]

Availableat:[https://www.researchgate.net/figure/Sketch-of-a-car-following-model\\_fig1\\_276161364](https://www.researchgate.net/figure/Sketch-of-a-car-following-model_fig1_276161364)

[Ultimo acceso: 15 de mayo de 2019]



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**ANÁLISIS Y REDISEÑO DE LA INTERSECCIÓN DE AV. LA MOLINA Y AV.  
VÍCTOR MALASQUEZ**

**ANEXOS**

Tesis para optar el título de **Ingeniero Civil**, que presentar el bachiller:

**Alberto Isaac Roca De La Cruz**

**ASESOR: Fernando José Campos De La Cruz**

**Lima, diciembre de 2019**

# INDICE

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS .....	i
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE FOTOS .....	iv
ANEXO 1: DATOS DE MODELACION .....	1
1.1    Demanda vehicular (día 06 de abril del 2018).....	1
1.2    Demanda peatonal (día 06 de abril del 2018).....	4
ANEXO 2: TIEMPOS DE VIAJE Y VELOCIDADES-DATOS DE CAMPO .....	5
2.1    Para el flujo vehicular .....	5
2.1.1    Frecuencias acumuladas de vehículos .....	7
1.2    Para el flujo peatonal.....	11
ANEXO 3 DATOS PARA LA CALIBRACION VEHICULAR .....	12
ANEXO 4: CALIBRACION VEHICULAR.....	14
4.1    Randomization test del tramo 2.....	14
4.2    Randomization test del tramo 3.....	14
ANEXO 5: DATOS PARA LA CALIBRACION PEATONAL.....	16
ANEXO 6: CALIBRACION PEATONAL .....	18
6.1    Randomization test del tramo 2.....	18
6.2    Randomization test del tramo 3.....	18
ANEXO 7: MODIFICACIÓN DE PARÁMETROS GLOBALES .....	20
7.1    Comportamientos al manejar.....	20
7.1.2    ax=1, ax_add=2 y bx_mult=3.....	20
7.1.2    ax=1, ax_add=3 y bx_mult=4.....	23
7.2    Comportamientos al caminar.....	26
7.2.1    Tau= 0.7, Lambda=0.14 y noise=0.8.....	26
7.2.2    Tau= 0.8, Lambda=0.14 y noise=0.8.....	29
ANEXO 8: DATOS DE DEMANDA-VALIDACION .....	32
8.1    Demanda vehicular (día 13 de abril del 2018).....	32
8.2    Demanda peatonal (día 13 de abril del 2018).....	35
ANEXO 9: DATOS PARA LA VALIDACION VEHICULAR .....	36
ANEXO 10: VALIDACION VEHICULAR.....	38
10.1    Randomization test del tramo 2.....	38

10.2	Randomization test del tramo 3.....	38
ANEXO 11 DATOS PARA LA VALIDACION PEATONAL .....		40
ANEXO 12 VALIDACION PEATONAL.....		42
12.1	Randomization test del tramo 2.....	42
12.2	Randomization test del tramo 3.....	42
ANEXO 13 RESULTADOS DEL ESTADO ACTUAL.....		44
13.1	Resultados del flujo vehicular .....	44
13.1.1	Longitudes de cola .....	44
13.1.1	Tiempos de viaje .....	47
13.2	Resultados del flujo peatonal .....	51
13.1.1	Tiempos de viaje .....	51
ANEXO 14 RESULTADOS DE LA INTERSECCION CON MEJORAS IMPLEMENTADAS .....		54
14.1	Resultados del flujo vehicular .....	54
14.1.1	Longitudes de cola .....	54
14.1.2	Tiempos de viaje .....	57
14.2	Resultados del flujo peatonal .....	61
14.2.1	Tiempos de viaje .....	61
ANEXO 15. LISTA DE CHEQUEO .....		63
ANEXO 16 ESTADO ACTUAL DE LA INTERSECCIÓN .....		69
ANEXO 17 PROPUESTA DE REDISEÑO .....		70

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Demanda vehicular carril 1 .....	1
Tabla 2 Demanda vehicular carril 2 .....	1
Tabla 3 Demanda vehicular carril 3 .....	1
Tabla 4 Demanda vehicular carril 4 .....	1
Tabla 5 Demanda vehicular carril 5 .....	2
Tabla 6 Demanda vehicular carril 6 .....	2
Tabla 7 Demanda vehicular carril 7 .....	2
Tabla 8 Demanda vehicular carril 8 .....	2
Tabla 10 Resumen total del conteo vehicular en una hora .....	3
Tabla 11 Demanda por cada Avenida .....	3
Tabla 12 Distribución porcentual por avenida .....	3
Tabla 13 Rutas vehiculares de acuerdo a su distribución porcentual.....	3
Tabla 14 Resumen conteo de hombres por ruta .....	4
Tabla 15 Resumen conteo de mujeres por ruta .....	4
Tabla 16 Distribución y demanda de rutas peatonales .....	4
Tabla 17 Tiempos de viaje vehicular en 25 metros .....	5
Tabla 18 Velocidades de para cada tipo de vehículo.....	6
Tabla 19 Frecuencias acumuladas para buses .....	7
Tabla 20 Frecuencias acumuladas para camiones .....	8
Tabla 21 Frecuencias acumuladas para motos .....	9
Tabla 22 Velocidades peatonales .....	11
Tabla 23 Tiempos de viaje vehicular por tramo-datos de campo .....	12
Tabla 24 Tiempos de viaje vehicular por tramo-Vissim.....	13
Tabla 25 Comparación de medias del tramo 2 .....	14
Tabla 26 Comparación de medias del tramo 3 .....	14
Tabla 27 Tiempos de viaje peatonal por tramo-datos de campo.....	16
Tabla 28 Verificación del número de muestra-peatones .....	17
Tabla 29 Tiempos de viaje peatonal por tramo-Vissim.....	17
Tabla 30 Comparación de medias del tramo 2 .....	18
Tabla 31 Comparación de medias del tramo 3 .....	18
Tabla 32 Tiempos de viaje modificando comportamientos de manejo-prueba1 .....	20
Tabla 33 Tiempos de viaje modificando comportamientos de manejo-prueba2.....	23
Tabla 34 Tiempos de viaje modificando comportamientos al caminaro-prueba1 .....	26
Tabla 35 Tiempos de viaje modificando comportamientos al caminaro-prueba2 .....	29
Tabla 36 Tabla 1.1 Demanda vehicular carril 1 .....	32
Tabla 37 Tabla 1.1 Demanda vehicular carril 2 .....	32
Tabla 38 Tabla 1.1 Demanda vehicular carril 3 .....	32
Tabla 39 Tabla 1.1 Demanda vehicular carril 4 .....	32
Tabla 40 Tabla 1.1 Demanda vehicular carril 5 .....	33
Tabla 41 Tabla 1.1 Demanda vehicular carril 6 .....	33
Tabla 42 Tabla 1.1 Demanda vehicular carril 7 .....	33
Tabla 43 Tabla 1.1 Demanda vehicular carril 8 .....	33

Tabla 45 Resumen cantidad total de vehículos por hora .....	34
Tabla 46 Demanda por cada Avenida .....	34
Tabla 47 Distribución porcentual por avenida .....	34
Tabla 48 Rutas vehiculares de acuerdo a su distribución porcentual.....	34
Tabla 49 Resumen conteo de hombres por ruta .....	35
Tabla 50 Resumen conteo de mujeres por ruta .....	35
Tabla 51 Distribución y demanda de rutas peatonales .....	35
Tabla 52 Tiempos de viaje vehicular por tramo-datos de campo .....	36
Tabla 53 Verificación de la muestra representativa .....	36
Tabla 54 Tiempos de viaje vehicular por tramo-Vissim.....	37
Tabla 55 Comparación de medias del tramo 2 .....	38
Tabla 56 Comparación de medias del tramo 3 .....	38
Tabla 57 Tiempos de viaje peatonal por tramo-datos de campo.....	40
Tabla 58 Verificación del número de muestra-peatones .....	41
Tabla 59 Tiempos de viaje peatonal por tramo-Vissim .....	41
Tabla 60 Comparación de medias del tramo 2 .....	42
Tabla 61 Comparación de medias del tramo 3 .....	42
Tabla 62 Longitudes de cola por tramo para 30 corridas-tramo 1 .....	44
Tabla 63 Longitudes de cola por tramo para 30 corridas-tramo 2 .....	45
Tabla 64 Longitudes de cola por tramo para 30 corridas-tramo 3 .....	46
Tabla 65 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 1 .....	47
Tabla 66 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 2 .....	48
Tabla 67 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 3 .....	49
Tabla 68 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 4 .....	50
Tabla 69 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 1 .....	51
Tabla 70 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 2 .....	52
Tabla 71 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 3 .....	53
Tabla 72 Longitudes de cola por tramo para 30 corridas-tramo 1 .....	54
Tabla 73 Longitudes de cola por tramo para 30 corridas-tramo 2 .....	55
Tabla 74 Longitudes de cola por tramo para 30 corridas-tramo 3 .....	56
Tabla 75 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 1 .....	57
Tabla 76 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 2 .....	58
Tabla 77 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 3 .....	59
Tabla 78 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 4 .....	60
Tabla 79 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 1 .....	61
Tabla 80 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 2 .....	62



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Grafico de frecuencias acumuladas (buses) .....	7
Figura 2 Grafico de frecuencias acumuladas (camiones) .....	8
Figura 3 Grafico de frecuencias acumuladas (motos) .....	9
Figura 4 Grafica aceleración máxima (mototaxis) .....	10
Figura 5 Grafico de randomization test del tramo 2 .....	14
Figura 6 Grafico de randomization test del tramo 3 .....	15
Figura 7 Grafico de randomization test del tramo 2 .....	18
Figura 8 Grafico de randomization test del tramo 3 .....	19
Figura 9 Grafico de randomization test del tramo 2 .....	38
Figura 10 Grafico de randomization test del tramo 3 .....	39
Figura 11 Grafico de randomization test del tramo 2 .....	42
Figura 12 Grafico de randomization test del tramo 3 .....	43



## LISTA DE FOTOS

Foto 1 Aspectos generales .....	65
Foto 2 Entorno de la vía .....	65
Foto 4 Consideraciones medioambientales .....	65
Foto 3 Área verde presente .....	65
Foto 5 Soporte de semáforos.....	66
Foto 6 Falta de señales reguladoras.....	66
Foto 7 Leve visibilidad de líneas de borde .....	66
Foto 8 Material y grava en las pistas.....	66
Foto 9 Estacionamientos en calzadas .....	67
Foto 10 Ruta de ciclistas improvisadas .....	67
Foto 11 Ruta inaccesibles para personas con discapacidad motriz.....	67
Foto 12 Áreas de carga y descarga para comercio.....	68



## ANEXO 1: DATOS DE MODELACION

### 1.1 Demanda vehicular (día 06 de abril del 2018)

Tabla 1 Demanda vehicular carril 1

carril 1	auto-combi-custer	Bus	Camión	moto	moto-taxi	
6:30-6:45	135	16	9	11	11	
6:45-7:00	149	20	10	12	4	
7:00-7:15	182	18	10	9	5	
7:15-7:30	162	17	7	9	3	
<b>total</b>	<b>628</b>	<b>71</b>	<b>36</b>	<b>41</b>	<b>23</b>	<b>799</b>

Tabla 2 Demanda vehicular carril 2

carril 2	auto-combi-custer	Bus	Camión	moto	moto-taxi	
6:30-6:45	31	4	2	5	12	
6:45-7:00	37	4	4	3	19	
7:00-7:15	33	5	3	3	18	
7:15-7:30	38	8	2	3	14	
<b>total</b>	<b>139</b>	<b>21</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>63</b>	<b>248</b>

Tabla 3 Demanda vehicular carril 3

carril 3	auto-combi-custer	Bus	Camión	moto	moto-taxi	
6:30-6:45	65	3	9	5	23	
6:45-7:00	72	3	5	6	12	
7:00-7:15	57	4	7	8	11	
7:15-7:30	55	5	11	3	15	
<b>total</b>	<b>249</b>	<b>15</b>	<b>32</b>	<b>22</b>	<b>61</b>	<b>379</b>

Tabla 4 Demanda vehicular carril 4

carril 4	auto-combi-custer	Bus	Camión	moto	moto-taxi	
6:30-6:45	119	24	5	4	5	
6:45-7:00	94	10	9	2	2	
7:00-7:15	98	18	6	2	3	
7:15-7:30	102	14	7	3	4	
<b>total</b>	<b>413</b>	<b>66</b>	<b>27</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>531</b>

Tabla 5 Demanda vehicular carril 5

carril 5	auto-combi-custer	Bus	Camión	moto	moto-taxi	
6:30-6:45	7	0	0	2	2	
6:45-7:00	5	0	1	2	3	
7:00-7:15	9	1	0	0	3	
7:15-7:30	12	1	2	1	1	
total	33	2	3	5	9	52

Tabla 6 Demanda vehicular carril 6

carril 6	auto-combi-custer	Bus	Camión	moto	moto-taxi	
6:30-6:45	5	0	1	2	3	
6:45-7:00	8	1	2	3	6	
7:00-7:15	3	0	2	4	4	
7:15-7:30	6	1	2	1	3	
total	22	2	7	10	16	57

Tabla 7 Demanda vehicular carril 7

carril 7	auto-combi-custer	Bus	Camión	moto	moto-taxi	
6:30-6:45	48	4	9	2	6	
6:45-7:00	48	2	7	3	10	
7:00-7:15	42	2	3	3	16	
7:15-7:30	47	3	2	3	4	
total	185	11	21	11	36	264

Tabla 8 Demanda vehicular carril 8

carril 8	auto-combi custer	Bus	Camión	moto	moto-taxi	
6:30-6:45	40	4	0	1	21	
6:45-7:00	31	5	4	2	17	
7:00-7:15	36	2	2	2	20	
7:15-7:30	36	4	0	4	14	
total	143	15	6	9	72	245

Tabla 9 Resumen total del conteo vehicular en una hora

	Aforo vehicular total por cada ruta							
	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	Ruta 5	Ruta 6	Ruta 7	Ruta 8
6:30-6:45	182	54	105	157	11	11	69	66
6:45-7:00	195	67	98	117	11	20	70	59
7:00-7:15	224	62	87	127	13	13	66	62
7:15-7:30	198	65	89	130	17	13	59	58
Total	799	248	379	531	52	57	264	245

Composición vehicular

Tabla 10 Demanda por cada Avenida

Aforo total	auto-combi custer	Bus	Camión	moto	moto-taxi	Total
Principal 1	1016	107	79	77	147	1426
Principal 2	350	28	34	30	124	566
Secundaria 1	446	68	30	16	23	583

Tabla 11 Distribución porcentual por avenida

Porcentajes	auto-combi custer	Bus	Camión	moto	moto-taxi
Principal 1	0.712	0.075	0.055	0.054	0.103
Principal 2	0.618	0.049	0.06	0.053	0.219
Secundaria 1	0.765	0.117	0.051	0.027	0.039

Tabla 12 Rutas vehiculares de acuerdo a su distribución porcentual

	Ruta vehicular			Porcentaje	
	1	2 y 3	total	1	2 y 3
Principal 1	799	627	1426	0.56	0.44
Principal 2	Ruta vehicular			Porcentaje	
	6	7 y 8	total	6	7 y 8
	57	509	566	0.101	0.899
Secundaria 1	Ruta vehicular			Porcentaje	
	4	5	total	4	5
	531	52	583	0.911	0.089

## 1.2 Demanda peatonal (día 06 de abril del 2018)

Tabla 13 Resumen conteo de hombres por ruta

Hombres	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	Ruta 5	Ruta 6	Ruta 7	Ruta 8
6:30-6:45	28	6	40	4	5	1	7	6
6:45-7:00	38	17	24	0	4	5	5	5
7:00-7:15	30	5	32	2	0	4	5	8
7:15-7:30	28	8	28	7	2	2	2	8
total	124	36	124	13	11	12	19	27

Tabla 14 Resumen conteo de mujeres por ruta

Mujeres	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	Ruta 5	Ruta 6	Ruta 7	Ruta 8
6:30-6:45	17	8	23	2	3	0	4	2
6:45-7:00	18	18	19	3	1	1	3	0
7:00-7:15	14	16	24	0	3	1	2	5
7:15-7:30	14	8	17	0	6	0	2	4
total	63	50	83	5	13	2	11	11

Tabla 15 Distribución y demanda de rutas peatonales

Aforo peatonal		Rutas peatonales (distribución porcentual)		
Area 1	273	Area 1	Ruta 1	0.685
Area 2	225	Area 1	Ruta 2	0.315
Area 3	38	Area 2	Ruta 3	0.92
Area 4	68	Area 2	Ruta 4	0.08
		Area 3	Ruta 5	0.632
		Area 3	Ruta 6	0.368
		Area 4	Ruta 7	0.441
		Area 4	Ruta 8	0.559

## ANEXO 2: TIEMPOS DE VIAJE Y VELOCIDADES-DATOS DE CAMPO

### 2.1 Para el flujo vehicular

Tabla 16 Tiempos de viaje vehicular en 25 metros

Distancia	25	metros
-----------	----	--------

TIEMPOS DE VIAJE (segundos)	Datos de tiempos de viaje de cada tipo de vehículo				
	Muestra	Autos	Bus	Camion	Motocicleta
	1	3.82	3.63	3.41	3.49
	2	3.2	3.12	4.31	2.39
	3	3.8	3.89	3.55	2.08
	4	3.55	3.94	3.24	3.3
	5	2.23	4.51	4.88	3.27
	6	2.27	4.12	4.23	3.24
	7	2.5	3.85	3.87	2.96
	8	3.93	3.84	4.52	3.66
	9	3.18	2.98	4.12	2.45
	10	3.12	3.18	3.89	2.78
	11	3.02	3.17	3.85	2.45
	12	3.28	3.19	4.12	2.98
	13	3.12	3.95	4.15	3.12
	14	3.14	3.67	3.85	3.14
	15	2.64	3.52	4.52	2.98
	16	3.12	3.68	3.85	2.84
	17	2.63	3.84	3.68	2.95
	18	4.15	3.47	4.15	2.12
	19	3.89	2.95	3.45	2.14
	20	2.58	2.57	3.89	2.08
	21	3.45	2.84	4.1	1.98
	22	3.1	2.68	3.05	2.85
	23	2.58	3.12	2.85	2.9
	24	2.64	3.15	3.09	2.74
	25	3.14	2.95	3.29	2.65
	26	4.12	3.78	4.12	2.18
	27	2.47	4.51	3.52	3.15
	28	2.58	3.75	3.51	3.45
29	2.62	3.95	2.98	2.85	
30	2.45	2.85	3.15	2.98	

Tabla 17 Velocidades de para cada tipo de vehículo

Velocidades (km/h)	Datos de velocidades de cada tipo de vehiculo en el sistema				
	Muestra	Autos	Bus	Camion	Motocicleta
	1	23.56	24.79	26.39	25.79
	2	28.13	28.85	20.88	37.66
	3	23.68	23.14	25.35	43.27
	4	25.35	22.84	27.78	27.27
	5	40.36	19.96	18.44	27.52
	6	39.65	21.84	21.28	27.78
	7	36.00	23.38	23.26	30.41
	8	22.90	23.44	19.91	24.59
	9	28.30	30.20	21.84	36.73
	10	28.85	28.30	23.14	32.37
	11	29.80	28.39	23.38	36.73
	12	27.44	28.21	21.84	30.20
	13	28.85	22.78	21.69	28.85
	14	28.66	24.52	23.38	28.66
	15	34.09	25.57	19.91	30.20
	16	28.85	24.46	23.38	31.69
	17	34.22	23.44	24.46	30.51
	18	21.69	25.94	21.69	42.45
	19	23.14	30.51	26.09	42.06
	20	34.88	35.02	23.14	43.27
	21	26.09	31.69	21.95	45.45
	22	29.03	33.58	29.51	31.58
	23	34.88	28.85	31.58	31.03
	24	34.09	28.57	29.13	32.85
	25	28.66	30.51	27.36	33.96
	26	21.84	23.81	21.84	41.28
	27	36.44	19.96	25.57	28.57
	28	34.88	24.00	25.64	26.09
29	34.35	22.78	30.20	31.58	
30	36.73	31.58	28.57	30.20	



### 2.1.1 Frecuencias acumuladas de vehículos

Tabla 18 Frecuencias acumuladas para buses

Velocidades Bus			
Velocidad inicial (km/h)	19.96	Rango de intervalos	15.06
velocidad final (km/h)	35.02	Nº de intervalos	7
Nº muestra	30	Diferencia	2.15

Velocidad inicial	Velocidad final (km/h)	fi (cantidades)	Fi ( $\Sigma$ fi)	hi (fi/Fi)	Hi ( $\Sigma$ hi)
19.96	22.11	3	3	0.100	0.10
22.11	24.26	9	12	0.300	0.40
24.26	26.41	5	17	0.167	0.57
26.41	28.57	3	20	0.100	0.67
28.57	30.72	6	26	0.200	0.87
30.72	32.87	2	28	0.067	0.93
32.87	35.02	2	30	0.067	1.00
		30		1.000	

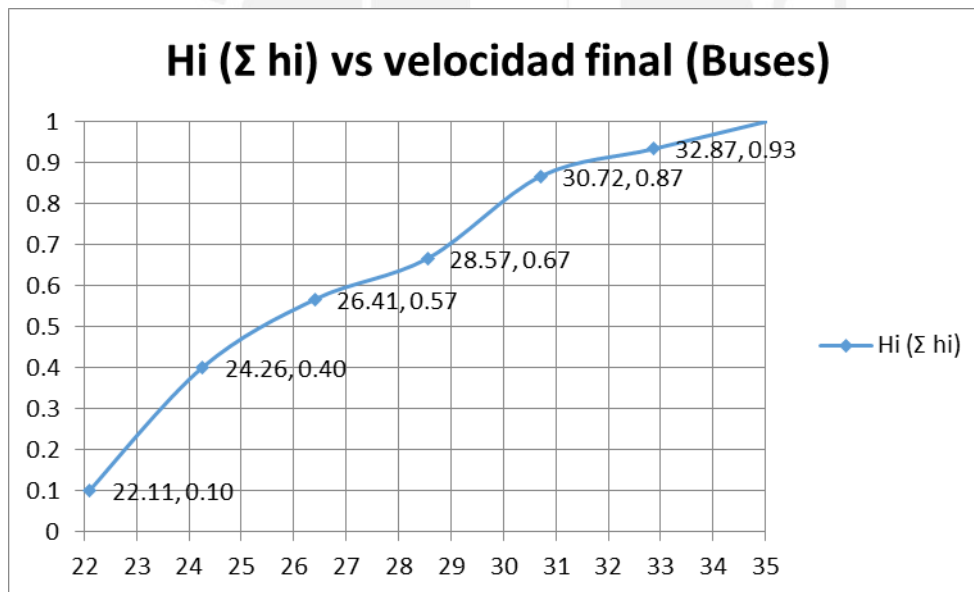


Figura 1 Grafico de frecuencias acumuladas (buses)

Tabla 19 Frecuencias acumuladas para camiones

Velocidades Camión			
Velocidad inicial (km/h)	18.44	Rango de intervalos	13.14
velocidad final (km/h)	31.58	Nº de intervalos	7
Nº muestra	30	Diferencia	1.88

Velocidad inicial	Velocidad final (km/h)	fi (cantidades)	Fi ( $\Sigma$ fi)	hi (fi/Fi)	Hi ( $\Sigma$ hi)
18.44	20.32	3	3	0.100	0.10
20.32	22.19	8	11	0.267	0.37
22.19	24.07	6	17	0.200	0.57
24.07	25.95	4	21	0.133	0.70
25.95	27.83	4	25	0.133	0.83
27.83	29.70	3	28	0.100	0.93
29.70	31.58	2	30	0.067	1.00
		30		1.000	

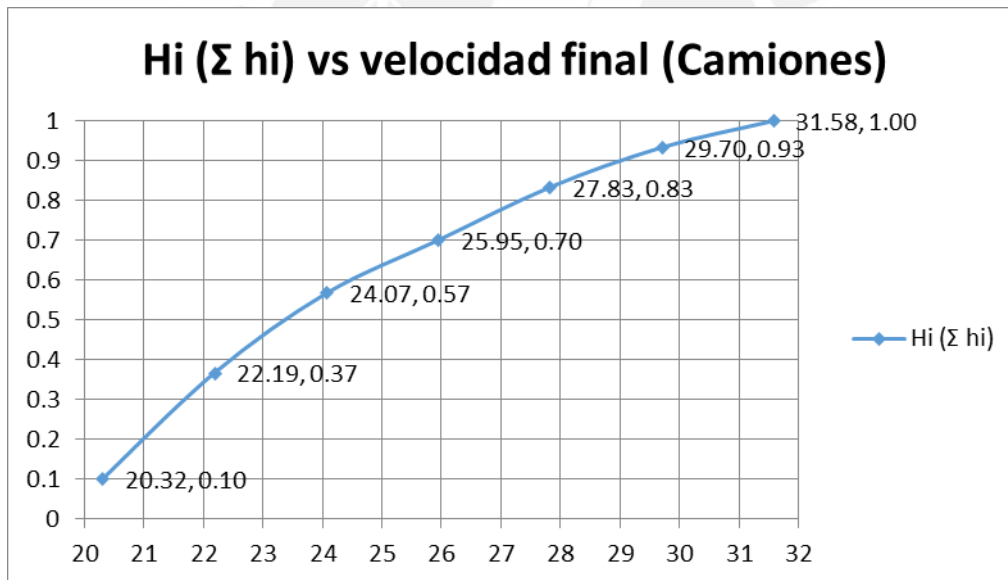


Figura 2 Grafico de frecuencias acumuladas (camiones)

Tabla 20 Frecuencias acumuladas para motos

Velocidades Motocicleta			
Velocidad inicial (km/h)	24.59	Rango de intervalos	20.86
velocidad final (km/h)	45.45	Nº de intervalos	7
Nº muestra	30	Diferencia	2.98

Velocidad inicial	Velocidad final (km/h)	fi (cantidades)	Fi ( $\Sigma$ fi)	hi (fi/Fi)	Hi ( $\Sigma$ hi)
24.59	27.57	5	5	0.167	0.17
27.57	30.55	9	14	0.300	0.47
30.55	33.53	6	20	0.200	0.67
33.53	36.51	1	21	0.033	0.70
36.51	39.49	3	24	0.100	0.80
39.49	42.47	3	27	0.100	0.90
42.47	45.45	3	30	0.100	1.00
		30		1.000	

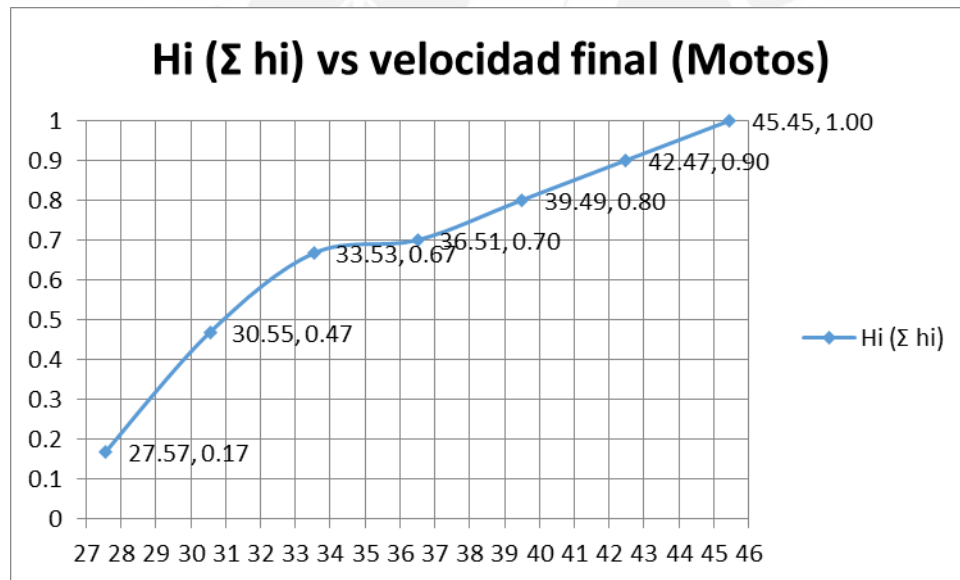


Figura 3 Grafico de frecuencias acumuladas (motos)

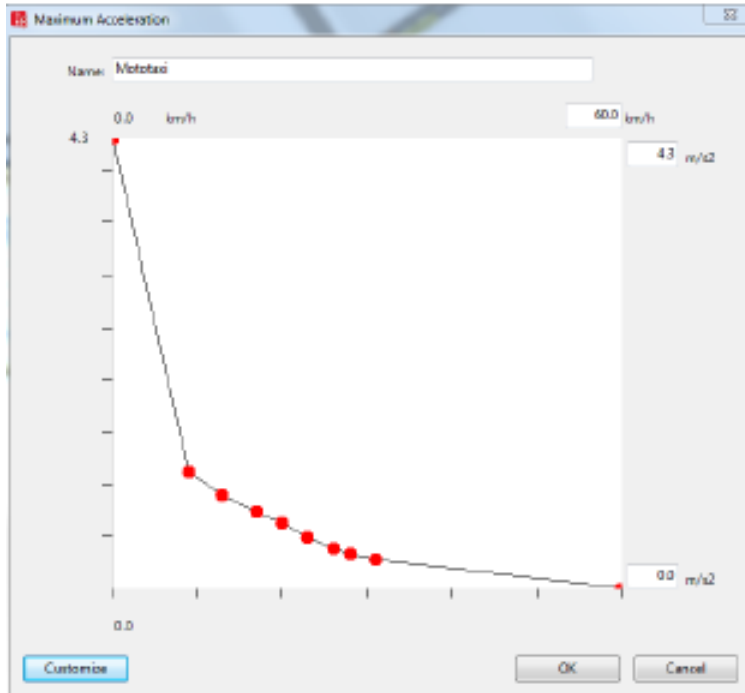


Figura 4 Grafica aceleración máxima (mototaxis)

Fuente: Lazo Castro, C. O. & Araujo Barrientos, A. (2017)

1.2 Para el flujo peatonal

Tabla 21 Velocidades peatonales

		Distancia	7.6	metros		
TIEMPOS DE VIAJE (segundos)	Datos de campo para el modelo				Datos velocidades peatonales (km/h)	
	muestra	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3		
	1	7.15	12.58	9.85	3.83	
	2	8.4	17.52	10.23	3.26	
	3	8.53	16.32	11.25	3.21	
	4	7.79	24.22	9.85	3.51	
	5	7.39	10.58	10.27	3.7	
	6	7.98	13.45	10.68	3.43	
	7	5.7	12.58	11.54	4.8	
	8	10.04	19.25	12.32	2.73	
	9	7.27	14.56	10.52	3.76	
	10	7.42	9.85	14.23	3.69	
	11	8.3	12.58	16.24	3.3	
	12	7.25	13.45	12.34	3.77	
	13	6.47	17.52	18.23	4.23	
	14	9.88	14.52	16.45	2.77	
	15	7.78	13.24	12.45	3.52	
	16	6.26	13.97	13.67	4.37	
	17	7.18	12.58	14.25	3.81	
	18	9.1	11.95	15.23	3.01	
	19	10.73	13.24	16.23	2.55	
	20	8.19	16.24	19.23	3.34	
	21	9.91	14.23	12.75	2.76	
	22	6.79	13.96	13.45	4.03	
	23	7.42	15.67	14.87	3.69	
	24	7.98	20.57	15.26	3.43	
	25	8.02	12.58	14.52	3.41	
	26	7.45	14.59	13.45	3.67	
	27	6.87	16.52	17.25	3.98	
	28	9.01	19.24	9.85	3.04	
	29	7.51	17.24	10.23	3.64	
30	7.18	19.42	11.24	3.81		

## ANEXO 3 DATOS PARA LA CALIBRACION VEHICULAR

Tabla 22 Tiempos de viaje vehicular por tramo-datos de campo

	Datos de campos para modelo			
	muestra	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
TIEMPOS DE VIAJE (segundos)	1	3.82	3.2	10.24
	2	3.63	3.12	12.45
	3	3.41	4.31	13.45
	4	3.49	2.39	12.41
	5	3.8	3.55	11.52
	6	3.89	3.94	9.85
	7	3.55	3.3	12.45
	8	2.08	2.5	16.32
	9	2.27	3.85	15.24
	10	4.12	3.87	12.52
	11	4.23	2.96	8.59
	12	3.24	3.18	12.45
	13	3.93	2.98	12.84
	14	3.84	4.12	11.26
	15	4.52	2.45	14.25
	16	3.66	2.47	14.14
	17	3.12	4.51	13.98
	18	3.18	3.52	11.57
	19	3.89	3.15	12.54
	20	2.78	2.62	9.85
	21	3.14	3.95	10.26
	22	3.12	2.98	11.78
	23	3.68	2.85	13.84
	24	3.85	3.14	14.59
	25	2.84	2.95	11.25
	26	4.15	3.29	11.87
	27	3.47	2.65	12.65
	28	4.15	2.58	13.52
	29	2.12	3.12	11.57
	30	2.58	2.85	12.54

Tabla 23 Tiempos de viaje vehicular por tramo-Vissim

TIEMPOS DE VIAJE (segundos)	Datos de Vissim obtenidos del modelo			
	muestra	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
	1	3.308263	3.219351	13.800
	2	3.244841	3.303532	10.860
	3	3.273752	3.248925	12.190
	4	3.290827	3.253573	10.700
	5	3.219856	3.226121	9.940
	6	3.26026	3.270189	13.980
	7	3.281083	3.227634	12.050
	8	3.19235	3.253935	14.500
	9	3.279485	3.273876	9.820
	10	3.258704	3.254783	10.740
	11	3.243094	3.246521	10.490
	12	3.248138	3.227365	12.100
	13	3.334816	3.241287	15.000
	14	3.278067	3.256063	14.820
	15	3.237122	3.271916	11.290
	16	3.287726	3.221985	12.720
	17	3.228748	3.213842	13.490
	18	3.277127	3.25077	14.410
	19	3.221332	3.261413	14.060
	20	3.252088	3.237822	14.110
	21	3.294506	3.303735	13.260
	22	3.275743	3.286258	15.090
	23	3.250687	3.27364	13.850
	24	3.241598	3.239672	8.500
	25	3.26212	3.251999	13.470
	26	3.239149	3.241883	12.340
	27	3.242629	3.254468	10.290
	28	3.271931	3.246318	10.120
	29	3.261438	3.232017	14.190
	30	3.254933	3.340202	11.890

## ANEXO 4: CALIBRACION VEHICULAR

### 4.1 Randomization test del tramo 2

Tabla 24 Comparación de medias del tramo 2

	Campo	Vissim
Media	3.212	3.254
Desviación	0.580	0.028
Error	0.321	0.325
Diferencia de medias	-0.043	

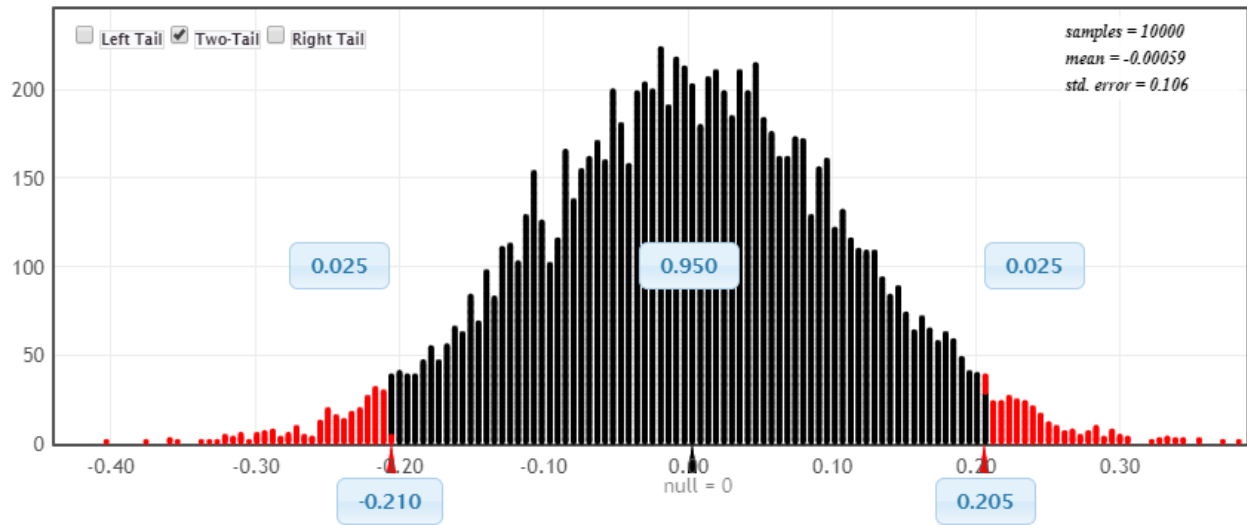


Figura 5 Gráfico de randomization test del tramo 2

### 4.2 Randomization test del tramo 3

Tabla 25 Comparación de medias del tramo 3

	Campo	Vissim
Media	12.393	12.469
Desviación	1.703	1.836
Error	1.239	1.247
Diferencia de medias	-0.076	



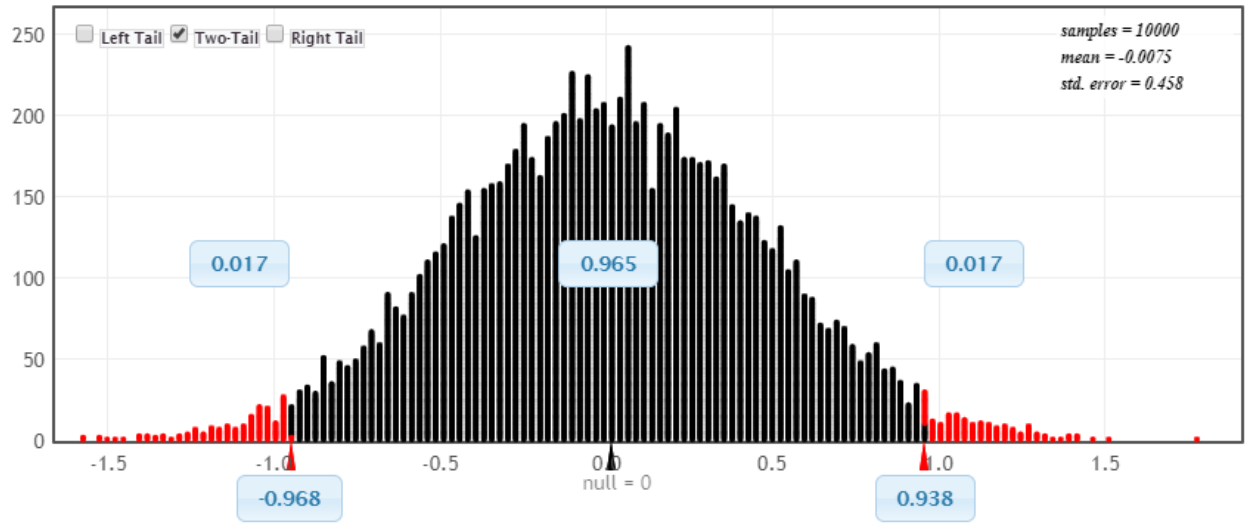


Figura 6 Grafico de randomization test del tramo 3



## ANEXO 5: DATOS PARA LA CALIBRACION PEATONAL

Tabla 26 Tiempos de viaje peatonal por tramo-datos de campo

	Datos de campo para el modelo			
	muestra	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
TIEMPOS DE VIAJE (segundos)	1	60.25	140.26	35.67
	2	55.27	89.52	52.89
	3	20.19	99.56	49.62
	4	18.57	96.23	75.29
	5	90.52	105.23	26.98
	6	84.25	85.62	54.21
	7	19.57	96.34	49.62
	8	69.24	98.45	48.8
	9	85.69	105.26	50.26
	10	68.24	145.26	55.56
	11	29.53	119.19	69.62
	12	100.62	85.26	49.52
	13	85.95	86.29	30.23
	14	42.15	58.62	57.95
	15	89.52	99.62	62.64
	16	76.25	105.26	58.63
	17	85.62	85.62	59.58
	18	52.26	76.29	75.21
	19	96.24	185.62	69.62
	20	74.56	75.21	41.23
	21	78.52	98.54	48.52
	22	96.25	78.56	63.25
	23	89.56	152.3	39.25
	24	27.58	84.52	29.52
	25	89.62	71.25	68.52
	26	25.36	132	19.52
	27	68.23	176.23	52.54
	28	80.21	95.85	27.58
	29	85.24	185.62	42.51
	30	75.26	124.35	46.28
	31	29.63	145.2	47.59
	32	89.62	165.23	68.25
	33	95.25	79.2	18.25
	34	74.21	95.62	62.51
	35	68.23	98.56	48.52
	36	35.62	121.38	47.47
	37	85.62	49.48	62.52
	38	72.32	38.56	72.52
	39	95.62	164.74	68.28
	40	89.62	75.26	59.62
	41	79.52	85.23	62.21
	42	63.23	65.87	33.35
	43	84.25	138.92	50.08
	44	89.56	98.56	47.09
	45	50.26	116.16	55.32
	46	82.34	125.89	27.2
	47	59.2	98.56	45.54
	48	89.26	148.62	39.99
	49	97.25	162.38	58.62
	50	98.64	142.68	61.27

Tabla 27 Verificación del número de muestra-peatones

	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Promedio	70.99	109.08	50.94
Desviación	24.010	35.128	14.373
Error	7.099	10.908	5.094
T-student (95%)	2.009	2.009	2.009
Nº mín	47	42	33
Nº tomado	50	50	50
¿Cumple?	SI	SI	SI

Tabla 28 Tiempos de viaje peatonal por tramo-Vissim

Datos del modelo Vissim				
	muestra	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
TIEMPOS DE VIAJE (segundos)	1	80.208427	127.009375	48.710526
	2	81.530481	108.344737	57.352174
	3	79.093878	125.734884	51.021429
	4	79.774706	129.482857	55.845455
	5	76.587692	102.084375	48.754545
	6	80.627586	119.551515	51.508696
	7	80.3	122.775676	53.716
	8	80.139732	117.560606	51.94
	9	77.235119	117.04878	54.658333
	10	81.738119	113.257778	55.023529
	11	85.143961	120.958537	56.78
	12	79.858667	118.243243	57.110526
	13	80.578173	117.931111	51.65
	14	79.935294	119.065909	50.08
	15	78.257297	128.4	55.272222
	16	79.859893	126.0925	52.87619
	17	78.112	117.935849	54.735
	18	79.572	131.097368	58.041667
	19	79.482022	120.654286	52.394737
	20	81.194581	120.869048	54.925
	21	76.741954	131.409677	53.144444
	22	79.045631	128.387097	57.9
	23	79.795082	117.891111	55.840909
	24	80.655319	126.95	53.642105
	25	83.080693	122.97	54.673684
	26	78.757669	117.696552	61.883333
	27	79.697006	121.812821	56.408696
	28	76.941379	109.290323	49.328571
	29	80.830233	122.891837	58.95
	30	83.3125	123.438095	54.413636

## ANEXO 6: CALIBRACION PEATONAL

### 6.1 Randomization test del tramo 2

Tabla 29 Comparación de medias del tramo 2

	Campo	Vissim
Media	109.081	120.895
Desviacion	35.128	6.756
Error	10.908	12.089
Diferencia Medias	-11.814	

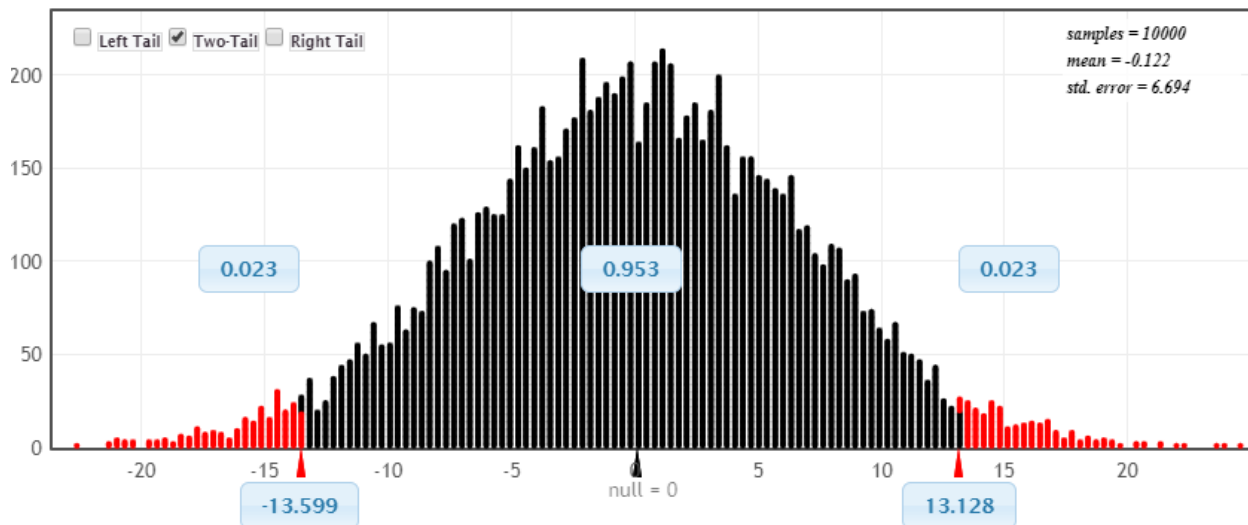


Figura 7 Grafico de randomization test del tramo 2

### 6.2 Randomization test del tramo 3

Tabla 30 Comparación de medias del tramo 3

	Campo	Vissim
Media	50.936	54.286
Desviacion	14.373	3.132
Error	5.094	5.429
Diferencia Medias	-3.350	

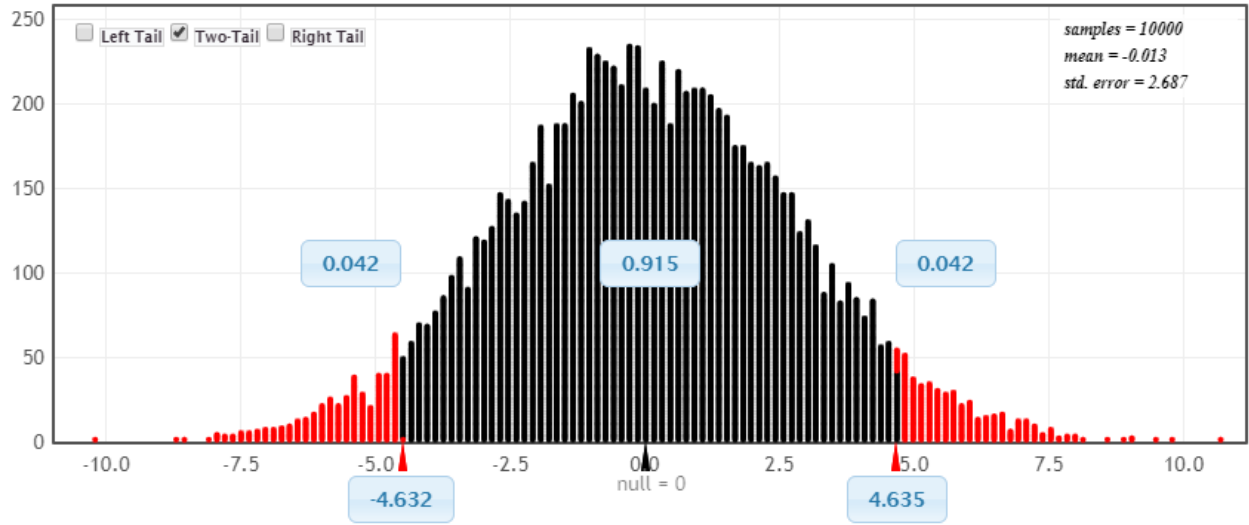
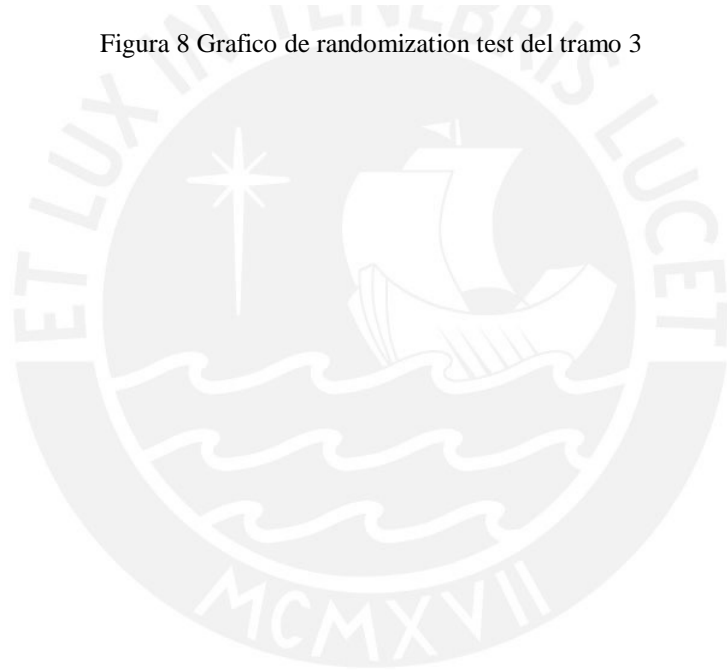


Figura 8 Grafico de randomization test del tramo 3



## ANEXO 7: MODIFICACIÓN DE PARÁMETROS GLOBALES

### 7.1 Comportamientos al manejar

#### 7.1.2 $ax=1$ , $ax\_add=2$ y $bx\_mult=3$

Tabla 31 Tiempos de viaje modificando comportamientos de manejo-pruebal

Nº corridas	Intervalo	Tramo	cantidad de vehículos	tiempos de viaje
1	600-4200	1	678	3.26
2	600-4200	1	665	3.24
3	600-4200	1	683	3.27
4	600-4200	1	667	3.28
5	600-4200	1	700	3.26
6	600-4200	1	706	3.27
7	600-4200	1	676	3.27
8	600-4200	1	701	3.26
9	600-4200	1	648	3.25
10	600-4200	1	652	3.26
11	600-4200	1	663	3.27
12	600-4200	1	651	3.27
13	600-4200	1	717	3.28
14	600-4200	1	709	3.31
15	600-4200	1	699	3.25
16	600-4200	1	654	3.28
17	600-4200	1	640	3.25
18	600-4200	1	731	3.26
19	600-4200	1	672	3.22
20	600-4200	1	663	3.26
21	600-4200	1	729	3.3
22	600-4200	1	613	3.29
23	600-4200	1	664	3.23
24	600-4200	1	684	3.26
25	600-4200	1	668	3.24
26	600-4200	1	690	3.26
27	600-4200	1	610	3.23
28	600-4200	1	679	3.3
29	600-4200	1	668	3.29
30	600-4200	1	665	3.3
AVG	600-4200	1	675	3.27
STDDEV	600-4200	1	29	0.02

MIN	600-4200	1	610	3.22
MAX	600-4200	1	731	3.31
1	600-4200	2	802	3.22
2	600-4200	2	886	3.3
3	600-4200	2	884	3.25
4	600-4200	2	864	3.25
5	600-4200	2	900	3.28
6	600-4200	2	863	3.27
7	600-4200	2	831	3.22
8	600-4200	2	874	3.25
9	600-4200	2	855	3.26
10	600-4200	2	832	3.22
11	600-4200	2	855	3.27
12	600-4200	2	820	3.22
13	600-4200	2	880	3.23
14	600-4200	2	865	3.26
15	600-4200	2	883	3.26
16	600-4200	2	884	3.21
17	600-4200	2	615	3.26
18	600-4200	2	835	3.25
19	600-4200	2	681	3.28
20	600-4200	2	846	3.25
21	600-4200	2	857	3.3
22	600-4200	2	688	3.28
23	600-4200	2	349	3.29
24	600-4200	2	858	3.26
25	600-4200	2	858	3.25
26	600-4200	2	850	3.25
27	600-4200	2	875	3.24
28	600-4200	2	861	3.25
29	600-4200	2	864	3.24
30	600-4200	2	837	3.25
AVG	600-4200	2	822	3.25
STDDEV	600-4200	2	110	0.02
MIN	600-4200	2	349	3.21
MAX	600-4200	2	900	3.3
1	600-4200	3	1388	10.59
2	600-4200	3	1383	11.18
3	600-4200	3	1398	13.8
4	600-4200	3	1375	10.61
5	600-4200	3	1413	11.12

6	600-4200	3	1429	14.52
7	600-4200	3	1374	9.5
8	600-4200	3	1499	12.04
9	600-4200	3	1398	11.93
10	600-4200	3	1383	13.13
11	600-4200	3	1364	12.74
12	600-4200	3	1383	9.3
13	600-4200	3	1430	12.6
14	600-4200	3	1425	9.95
15	600-4200	3	1442	9.47
16	600-4200	3	1387	7.7
17	600-4200	3	1392	8.27
18	600-4200	3	1450	12.61
19	600-4200	3	1423	10.89
20	600-4200	3	1417	11.24
21	600-4200	3	1447	14.27
22	600-4200	3	1394	13.5
23	600-4200	3	1475	10.82
24	600-4200	3	1396	7.38
25	600-4200	3	1418	13.36
26	600-4200	3	1429	10.79
27	600-4200	3	1326	9.55
28	600-4200	3	1386	8.71
29	600-4200	3	1399	14.53
30	600-4200	3	1390	9.51
AVG	600-4200	3	1407	11.19
STDDEV	600-4200	3	35	2.02
MIN	600-4200	3	1326	7.38
MAX	600-4200	3	1499	14.53



7.1.2 ax=1, ax\_add=3 y bx\_mult=4

Tabla 32 Tiempos de viaje modificando comportamientos de manejo-prueba2

Nº corridas	Intervalo	Tramo	Cantidad de vehículos	tiempos de viaje
1	600-4200	1	668	3.26
2	600-4200	1	637	3.27
3	600-4200	1	623	3.24
4	600-4200	1	621	3.27
5	600-4200	1	659	3.22
6	600-4200	1	659	3.31
7	600-4200	1	652	3.26
8	600-4200	1	642	3.23
9	600-4200	1	613	3.27
10	600-4200	1	597	3.24
11	600-4200	1	659	3.25
12	600-4200	1	622	3.27
13	600-4200	1	684	3.32
14	600-4200	1	659	3.26
15	600-4200	1	638	3.26
16	600-4200	1	616	3.3
17	600-4200	1	627	3.26
18	600-4200	1	703	3.25
19	600-4200	1	650	3.2
20	600-4200	1	615	3.23
21	600-4200	1	665	3.28
22	600-4200	1	566	3.28
23	600-4200	1	644	3.23
24	600-4200	1	626	3.26
25	600-4200	1	613	3.24
26	600-4200	1	641	3.27
27	600-4200	1	605	3.22
28	600-4200	1	655	3.26
29	600-4200	1	649	3.28
30	600-4200	1	643	3.28
AVG	600-4200	1	638	3.26
STDDEV	600-4200	1	27	0.03
MIN	600-4200	1	566	3.2
MAX	600-4200	1	703	3.32
1	600-4200	2	819	3.2
2	600-4200	2	888	3.29

3	600-4200	2	873	3.23
4	600-4200	2	846	3.28
5	600-4200	2	870	3.3
6	600-4200	2	859	3.28
7	600-4200	2	803	3.21
8	600-4200	2	887	3.26
9	600-4200	2	869	3.27
10	600-4200	2	691	3.23
11	600-4200	2	812	3.26
12	600-4200	2	846	3.23
13	600-4200	2	855	3.24
14	600-4200	2	844	3.27
15	600-4200	2	787	3.24
16	600-4200	2	629	3.25
17	600-4200	2	861	3.2
18	600-4200	2	843	3.26
19	600-4200	2	839	3.29
20	600-4200	2	754	3.26
21	600-4200	2	846	3.32
22	600-4200	2	743	3.31
23	600-4200	2	844	3.27
24	600-4200	2	848	3.23
25	600-4200	2	858	3.23
26	600-4200	2	816	3.25
27	600-4200	2	871	3.24
28	600-4200	2	869	3.24
29	600-4200	2	835	3.24
30	600-4200	2	824	3.25
AVG	600-4200	2	828	3.25
STDDEV	600-4200	2	58	0.03
MIN	600-4200	2	629	3.2
MAX	600-4200	2	888	3.32
1	600-4200	3	1367	14.62
2	600-4200	3	1301	12.37
3	600-4200	3	1276	16.01
4	600-4200	3	1260	15.69
5	600-4200	3	1340	14.75
6	600-4200	3	1322	15.2
7	600-4200	3	1320	15.55
8	600-4200	3	1358	14.88
9	600-4200	3	1305	15.58

10	600-4200	3	1294	15.9
11	600-4200	3	1355	14.2
12	600-4200	3	1298	15.23
13	600-4200	3	1356	14.69
14	600-4200	3	1321	15.02
15	600-4200	3	1346	14.97
16	600-4200	3	1355	13.45
17	600-4200	3	1283	16.19
18	600-4200	3	1362	14.03
19	600-4200	3	1369	15.02
20	600-4200	3	1315	14.89
21	600-4200	3	1301	15.29
22	600-4200	3	1262	16.34
23	600-4200	3	1346	14.7
24	600-4200	3	1293	13.2
25	600-4200	3	1281	16.11
26	600-4200	3	1318	15.32
27	600-4200	3	1315	14.94
28	600-4200	3	1310	12.75
29	600-4200	3	1363	14.41
30	600-4200	3	1329	15.15
AVG	600-4200	3	1321	14.88
STDDEV	600-4200	3	32	0.97
MIN	600-4200	3	1260	12.37
MAX	600-4200	3	1369	16.34

## 7.2 Comportamientos al caminar

### 7.2.1 $\tau=0.7$ , $\lambda=0.14$ y $\text{noise}=0.8$

Tabla 33 Tiempos de viaje modificando comportamientos al caminar-prueba1

Nº corridas	Intervalo	Tramo	tiempo de viaje	cant. Peatones
1	600-4200	3	12.81	40
2	600-4200	3	11.25	36
3	600-4200	3	18.01	41
4	600-4200	3	16.28	48
5	600-4200	3	9.19	46
6	600-4200	3	13.31	35
7	600-4200	3	10.22	31
8	600-4200	3	9.48	40
9	600-4200	3	11.75	31
10	600-4200	3	11.92	44
11	600-4200	3	10.88	42
12	600-4200	3	15.02	43
13	600-4200	3	11.71	29
14	600-4200	3	16.53	36
15	600-4200	3	13.86	47
16	600-4200	3	7.64	30
17	600-4200	3	14.25	46
18	600-4200	3	10.01	55
19	600-4200	3	9.47	40
20	600-4200	3	14.82	36
21	600-4200	3	12.6	41
22	600-4200	3	10.63	44
23	600-4200	3	11.91	30
24	600-4200	3	12.15	46
25	600-4200	3	11.87	47
26	600-4200	3	16.08	47
27	600-4200	3	11.48	33
28	600-4200	3	15.5	35
29	600-4200	3	12.67	39
30	600-4200	3	13.64	49
AVG	600-4200	3	12.56	40
STDDEV	600-4200	3	2.47	7
MIN	600-4200	3	7.64	29
MAX	600-4200	3	18.01	55

1	600-4200	4	7.24	19
2	600-4200	4	7.88	23
3	600-4200	4	7.99	13
4	600-4200	4	7.92	21
5	600-4200	4	7.36	22
6	600-4200	4	7.44	23
7	600-4200	4	7.63	24
8	600-4200	4	7.39	15
9	600-4200	4	7.55	24
10	600-4200	4	7.53	18
11	600-4200	4	7.73	30
12	600-4200	4	7.97	19
13	600-4200	4	7.47	14
14	600-4200	4	7.76	15
15	600-4200	4	7.83	18
16	600-4200	4	7.74	21
17	600-4200	4	7.63	20
18	600-4200	4	7.56	12
19	600-4200	4	7.63	19
20	600-4200	4	7.31	20
21	600-4200	4	7.66	18
22	600-4200	4	7.81	9
23	600-4200	4	7.66	22
24	600-4200	4	7.26	19
25	600-4200	4	7.85	19
26	600-4200	4	7.9	12
27	600-4200	4	7.5	23
28	600-4200	4	7.53	14
29	600-4200	4	7.7	22
30	600-4200	4	7.92	22
AVG	600-4200	4	7.65	19
STDDEV	600-4200	4	0.22	4
MIN	600-4200	4	7.24	9
MAX	600-4200	4	7.99	30
1	600-4200	5	16.93	64
2	600-4200	5	14.54	72
3	600-4200	5	15.91	79
4	600-4200	5	18.73	68
5	600-4200	5	14.96	63
6	600-4200	5	12.63	65
7	600-4200	5	18.29	74

8	600-4200	5	11.93	59
9	600-4200	5	14.8	75
10	600-4200	5	16.55	81
11	600-4200	5	14.35	76
12	600-4200	5	17.98	57
13	600-4200	5	17.35	68
14	600-4200	5	15.75	76
15	600-4200	5	14.19	59
16	600-4200	5	12.72	80
17	600-4200	5	14.42	89
18	600-4200	5	12.86	61
19	600-4200	5	15.38	70
20	600-4200	5	16.02	72
21	600-4200	5	16.77	66
22	600-4200	5	14.94	58
23	600-4200	5	15.72	81
24	600-4200	5	16.01	84
25	600-4200	5	13.82	81
26	600-4200	5	15.97	66
27	600-4200	5	15.65	67
28	600-4200	5	17.38	65
29	600-4200	5	15.94	89
30	600-4200	5	14.11	77
AVG	600-4200	5	15.42	71
STDDEV	600-4200	5	1.7	9
MIN	600-4200	5	11.93	57
MAX	600-4200	5	18.73	89

7.2.2  $\tau=0.8$ ,  $\lambda=0.14$  y  $\text{noise}=0.8$

Tabla 34 Tiempos de viaje modificando comportamientos al caminaro-prueba2

Nº corridas	Intervalo	Tramo	tiempo de viaje	cant. Peatones
1	600-4200	3	12.87	40
2	600-4200	3	11.27	36
3	600-4200	3	18.05	41
4	600-4200	3	16.29	48
5	600-4200	3	9.14	46
6	600-4200	3	13.22	35
7	600-4200	3	10.19	31
8	600-4200	3	9.41	40
9	600-4200	3	11.76	31
10	600-4200	3	11.92	44
11	600-4200	3	10.95	42
12	600-4200	3	15.1	43
13	600-4200	3	11.73	29
14	600-4200	3	16.51	36
15	600-4200	3	13.79	47
16	600-4200	3	7.65	30
17	600-4200	3	14.28	46
18	600-4200	3	9.98	55
19	600-4200	3	9.48	40
20	600-4200	3	14.78	36
21	600-4200	3	12.57	41
22	600-4200	3	12.26	44
23	600-4200	3	11.78	30
24	600-4200	3	12.13	46
25	600-4200	3	11.85	47
26	600-4200	3	16.15	47
27	600-4200	3	11.49	33
28	600-4200	3	15.42	35
29	600-4200	3	12.69	39
30	600-4200	3	13.61	49
AVG	600-4200	3	12.61	40
STDDEV	600-4200	3	2.45	7
MIN	600-4200	3	7.65	29
MAX	600-4200	3	18.05	55
1	600-4200	4	7.23	19
2	600-4200	4	7.88	23
3	600-4200	4	7.92	14

4	600-4200	4	7.81	21
5	600-4200	4	7.32	22
6	600-4200	4	7.46	23
7	600-4200	4	7.48	24
8	600-4200	4	7.38	15
9	600-4200	4	7.62	24
10	600-4200	4	7.65	17
11	600-4200	4	7.71	30
12	600-4200	4	7.95	19
13	600-4200	4	7.44	14
14	600-4200	4	7.82	14
15	600-4200	4	7.87	18
16	600-4200	4	7.69	21
17	600-4200	4	7.58	20
18	600-4200	4	7.55	12
19	600-4200	4	7.48	18
20	600-4200	4	7.31	20
21	600-4200	4	7.71	18
22	600-4200	4	7.72	10
23	600-4200	4	7.63	21
24	600-4200	4	7.32	19
25	600-4200	4	7.89	19
26	600-4200	4	7.98	12
27	600-4200	4	7.56	23
28	600-4200	4	7.55	14
29	600-4200	4	7.65	22
30	600-4200	4	7.8	22
AVG	600-4200	4	7.63	19
STDDEV	600-4200	4	0.21	4
MIN	600-4200	4	7.23	10
MAX	600-4200	4	7.98	30
1	600-4200	5	16.92	64
2	600-4200	5	14.48	72
3	600-4200	5	16.89	79
4	600-4200	5	19.51	68
5	600-4200	5	14.9	63
6	600-4200	5	12.71	65
7	600-4200	5	18.3	74
8	600-4200	5	11.9	59
9	600-4200	5	14.85	75
10	600-4200	5	16.47	81



11	600-4200	5	13.49	76
12	600-4200	5	17.97	57
13	600-4200	5	17.31	68
14	600-4200	5	15.82	76
15	600-4200	5	14.26	59
16	600-4200	5	12.76	80
17	600-4200	5	14.45	89
18	600-4200	5	12.79	61
19	600-4200	5	15.33	70
20	600-4200	5	16.04	72
21	600-4200	5	15.56	66
22	600-4200	5	14.88	58
23	600-4200	5	14.88	81
24	600-4200	5	15.93	84
25	600-4200	5	13.92	81
26	600-4200	5	16	66
27	600-4200	5	15.64	67
28	600-4200	5	17.39	65
29	600-4200	5	15.8	89
30	600-4200	5	13.94	77
AVG	600-4200	5	15.37	71
STDDEV	600-4200	5	1.78	9
MIN	600-4200	5	11.9	57
MAX	600-4200	5	19.51	89

## ANEXO 8: DATOS DE DEMANDA-VALIDACION

### 8.1 Demanda vehicular (día 13 de abril del 2018)

Tabla 35 Tabla 1.1 Demanda vehicular carril 1

carril 1	auto-combi custer	Bus	Camión	moto	moto-taxi	
6:30-6:45	127	12	7	10	9	
6:45-7:00	164	15	8	10	5	
7:00-7:15	152	17	3	14	5	
7:15-7:30	159	22	9	5	3	
<b>total</b>	<b>602</b>	<b>66</b>	<b>27</b>	<b>39</b>	<b>22</b>	<b>756</b>

Tabla 36 Tabla 1.1 Demanda vehicular carril 2

carril 2	auto-combi custer	Bus	Camión	moto	moto-taxi	
6:30-6:45	28	8	2	6	10	
6:45-7:00	31	5	5	6	21	
7:00-7:15	38	5	2	4	15	
7:15-7:30	29	10	3	2	13	
<b>total</b>	<b>126</b>	<b>28</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>59</b>	<b>243</b>

Tabla 37 Tabla 1.1 Demanda vehicular carril 3

carril 3	auto-combi custer	Bus	Camión	moto	moto-taxi	
6:30-6:45	59	4	8	6	19	
6:45-7:00	72	5	6	8	18	
7:00-7:15	60	2	4	8	22	
7:15-7:30	59	6	11	5	18	
<b>total</b>	<b>250</b>	<b>17</b>	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>77</b>	<b>400</b>

Tabla 38 Tabla 1.1 Demanda vehicular carril 4

carril 4	auto-combi custer	Bus	Camión	moto	moto-taxi	
6:30-6:45	124	19	7	5	4	
6:45-7:00	98	15	8	1	1	
7:00-7:15	102	14	8	6	2	
7:15-7:30	91	17	12	3	6	
<b>total</b>	<b>415</b>	<b>65</b>	<b>35</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>543</b>

Tabla 39 Tabla 1.1 Demanda vehicular carril 5

carril 5	auto-combi custer	Bus	Camión	moto	moto-taxi	
6:30-6:45	8	0	2	3	2	
6:45-7:00	2	1	1	1	2	
7:00-7:15	10	1	0	0	1	
7:15-7:30	5	1	1	4	3	
<b>total</b>	<b>25</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>48</b>

Tabla 40 Tabla 1.1 Demanda vehicular carril 6

carril 6	auto-combi custer	Bus	Camión	moto	moto-taxi	
6:30-6:45	4	0	2	0	4	
6:45-7:00	4	2	2	2	2	
7:00-7:15	2	0	3	1	3	
7:15-7:30	4	1	0	1	4	
<b>total</b>	<b>14</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>13</b>	<b>41</b>

Tabla 41 Tabla 1.1 Demanda vehicular carril 7

carril 7	auto-combi custer	Bus	Camión	moto	moto-taxi	
6:30-6:45	45	3	8	1	5	
6:45-7:00	47	3	5	2	10	
7:00-7:15	44	4	6	2	14	
7:15-7:30	39	1	3	5	5	
<b>total</b>	<b>175</b>	<b>11</b>	<b>22</b>	<b>10</b>	<b>34</b>	<b>252</b>

Tabla 42 Tabla 1.1 Demanda vehicular carril 8

carril 8	auto-combi custer	Bus	Camión	moto	moto-taxi	
6:30-6:45	45	3	0	2	20	
6:45-7:00	38	6	3	1	18	
7:00-7:15	32	3	2	2	19	
7:15-7:30	29	3	1	3	12	
<b>total</b>	<b>144</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>69</b>	<b>242</b>

Tabla 43 Resumen cantidad total de vehículos por hora

	Aforo vehicular total por cada ruta							
	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	Ruta 5	Ruta 6	Ruta 7	Ruta 8
6:30-6:45	165	54	96	159	15	10	62	70
6:45-7:00	202	68	109	123	7	12	67	66
7:00-7:15	191	64	96	132	12	9	70	58
7:15-7:30	198	57	99	129	14	10	53	48
Total	756	243	400	543	48	41	252	242

Composición vehicular

Tabla 44 Demanda por cada Avenida

Aforo total	auto-combi custer	Bus	Camión	moto	moto-taxi	Total
Principal 1	978	111	68	84	158	1399
Principal 2	333	29	35	22	116	535
Secundaria 1	440	68	39	23	21	591

Tabla 45 Distribución porcentual por avenida

Porcentajes	auto-combi custer	Bus	Camión	moto	moto-taxi
Principal 1	0.699	0.079	0.049	0.06	0.113
Principal 2	0.622	0.054	0.065	0.041	0.217
Secundaria 1	0.745	0.115	0.066	0.039	0.036

Tabla 46 Rutas vehiculares de acuerdo a su distribución porcentual

	Ruta vehicular			Porcentaje	
	1	2 y 3	total	1	2
Principal 1	756	643	1399	0.54	0.46
Principal 2	Ruta vehicular			Porcentaje	
	6	7 y 8	total	6	7 y 8
	41	494	535	0.077	0.923
Secundaria 1	Ruta vehicular			Porcentaje	
	4	5	total	4	5
	543	48	591	0.919	0.081

## 8.2 Demanda peatonal (día 13 de abril del 2018)

Tabla 47 Resumen conteo de hombres por ruta

Hombres	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	Ruta 5	Ruta 6	Ruta 7	Ruta 8
6:30-6:45	32	7	42	6	10	4	5	7
6:45-7:00	28	12	32	8	6	3	6	6
7:00-7:15	26	6	28	5	5	3	12	7
7:15-7:30	24	14	29	6	1	3	1	10
total	110	39	131	25	22	13	24	30

Tabla 48 Resumen conteo de mujeres por ruta

Mujeres	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Ruta 4	Ruta 5	Ruta 6	Ruta 7	Ruta 8
6:30-6:45	18	5	29	3	4	1	5	3
6:45-7:00	20	12	22	0	2	2	2	2
7:00-7:15	8	12	17	2	2	2	2	5
7:15-7:30	12	14	12	1	4	1	3	3
total	58	43	80	6	12	6	12	13

Tabla 49 Distribución y demanda de rutas peatonales

Aforo peatonal		Rutas peatonales (distribución porcentual)	
Area 1	250	Area 1	Ruta 1 0.672
Area 2	242	Area 1	Ruta 2 0.328
Area 3	53	Area 2	Ruta 3 0.872
Area 4	79	Area 2	Ruta 4 0.128
		Area 3	Ruta 5 0.642
		Area 3	Ruta 6 0.358
		Area 4	Ruta 7 0.456
		Area 4	Ruta 8 0.544

## ANEXO 9: DATOS PARA LA VALIDACION VEHICULAR

Tabla 50 Tiempos de viaje vehicular por tramo-datos de campo

	Datos de campos para validación			
	muestra	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
TIEMPOS DE VIAJE (segundos)	1	3.65	4.85	10.12
	2	4.15	4.24	9.52
	3	2.85	3.84	16.25
	4	3.64	4.15	9.85
	5	4.26	3.67	12.54
	6	3.8	3.95	11.62
	7	2.59	4.51	8.52
	8	3.46	2.95	14.25
	9	3.14	2.64	8.52
	10	4.57	2.48	7.85
	11	3.86	1.98	12.54
	12	3.64	2.21	15.62
	13	3.79	3.18	16.25
	14	4.12	4.89	9.52
	15	2.98	2.84	8.54
	16	2.65	4.1	9.62
	17	3.16	2.85	13.2
	18	2.16	2.27	15.62
	19	2.5	4.12	16.54
	20	2.68	2.51	17.52
	21	2.79	4.85	8.52
	22	3.45	3.02	12.65
	23	3.12	2.63	13.25
	24	4.15	3.12	9.58
	25	2.56	3.94	10.52
	26	2.75	3.52	13.52
	27	3.12	3.32	14.62
	28	2.68	2.58	17.52
	29	3.15	3.75	16.95
	30	3.75	2.85	10.58

Tabla 51 Verificación de la muestra representativa

	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Promedio	3.306	3.394	12.391
Desviación	0.623	0.841	3.129
Error	0.331	0.339	1.239
T-student (95%)	2.045	2.045	2.045
Nº min	15	26	27
Nº tomado	30	30	30
¿Cumple?	SI	SI	SI

Tabla 52 Tiempos de viaje vehicular por tramo-Vissim

TIEMPOS DE VIAJE (segundos)	Datos de Vissim obtenidos de la validación			
	muestra	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
	1	3.278095	3.267482	8.950844
	2	3.258245	3.299884	11.210432
	3	3.298065	3.219895	13.856469
	4	3.235045	3.27421	10.724841
	5	3.227557	3.271385	11.28491
	6	3.262392	3.267582	14.36434
	7	3.275907	3.21552	9.382788
	8	3.215761	3.294275	14.247725
	9	3.291121	3.260434	11.213098
	10	3.244287	3.225801	13.429197
	11	3.243503	3.241439	7.718668
	12	3.26274	3.225391	7.577927
	13	3.324989	3.259625	13.341232
	14	3.287303	3.368619	8.731937
	15	3.264081	3.24407	8.480077
	16	3.303622	3.226809	12.083359
	17	3.246689	3.327236	9.374326
	18	3.256358	3.255765	14.451764
	19	3.202302	3.253627	11.14546
	20	3.289938	3.259384	13.949319
	21	3.246652	3.275469	16.38542
	22	3.25855	3.27986	12.586382
	23	3.266574	3.257676	10.577677
	24	3.248681	3.23208	10.273327
	25	3.274207	3.236512	12.073109
	26	3.281374	3.256907	9.53248
	27	3.243146	3.259546	9.439953
	28	3.234478	3.229736	9.473568
	29	3.296879	3.250279	13.889625
	30	3.25824	3.283858	6.123136

## ANEXO 10: VALIDACION VEHICULAR

### 10.1 Randomization test del tramo 2

Tabla 53 Comparación de medias del tramo 2

	Campo	Vissim
Media	3.394	3.261
Desviación	0.841	0.033
Error	0.339	0.326
Diferencia de medias	0.133	

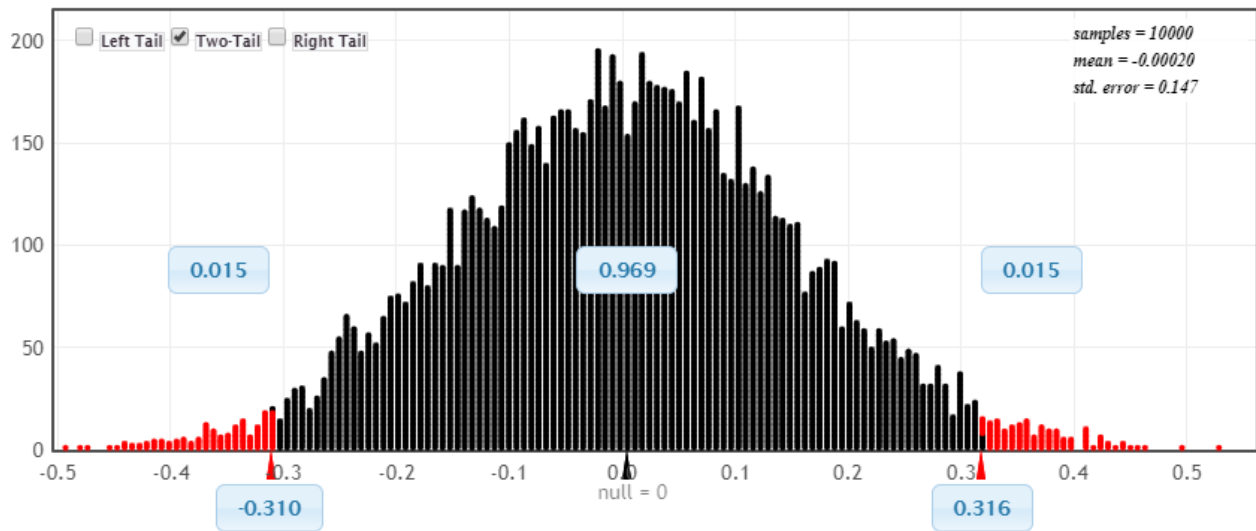


Figura 9 Grafico de randomization test del tramo 2

### 10.2 Randomization test del tramo 3

Tabla 54 Comparación de medias del tramo 3

	Campo	Vissim
Media	12.391	11.196
Desviación	3.129	2.479
Error	1.239	1.120
Diferencia de medias	1.195	



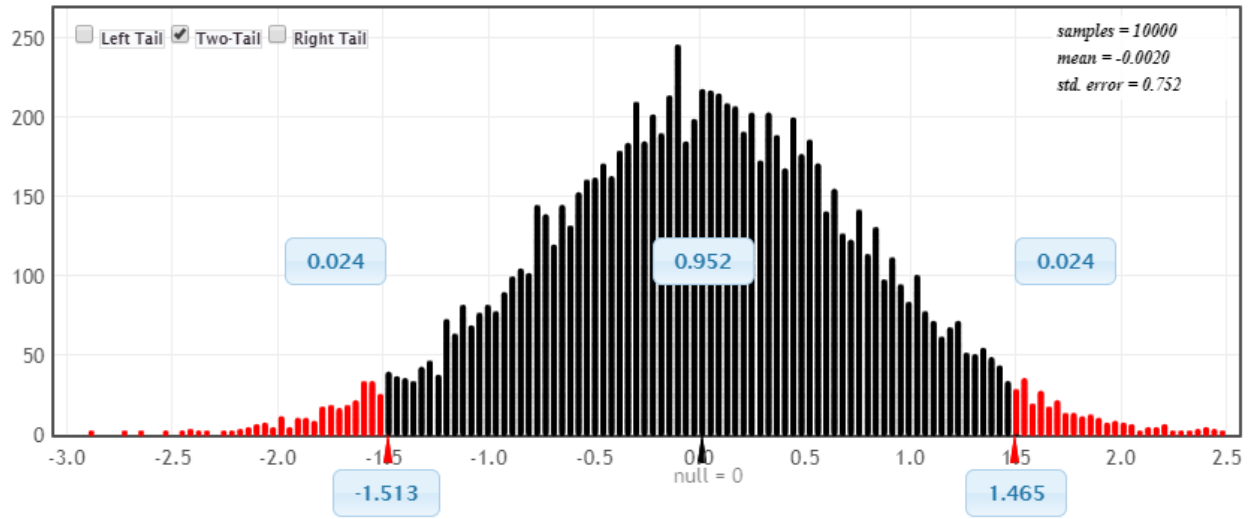


Figura 10 Grafico de randomization test del tramo 3



## ANEXO 11 DATOS PARA LA VALIDACION PEATONAL

Tabla 55 Tiempos de viaje peatonal por tramo-datos de campo

Datos de campo para el modelo			
muestra	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
1	57.62	145.26	48.56
2	68.23	98.56	56.59
3	85.62	103.09	68.62
4	96.57	89.54	84.52
5	85.32	111.25	26.68
6	95.62	139.58	56.95
7	45.52	93.2	85.26
8	26.52	106.59	46.25
9	65.32	156.23	67.52
10	52.36	98.52	34.52
11	85.63	85.26	49.52
12	75.75	98.54	54.52
13	63.49	125.24	48.52
14	85.52	98.54	39.52
15	95.45	78.52	46.82
16	29.63	135.62	84.62
17	87.58	89.56	39.56
18	62.32	87.59	48.26
19	88.25	96.26	39.26
20	65.27	124.25	56.26
21	49.52	162.32	67.82
22	85.26	85.46	45.26
23	74.21	105.36	38.92
24	68.59	142.25	62.32
25	62.32	69.56	56.24
26	45.68	84.65	29.29
27	79.62	95.89	63.02
28	85.62	118.56	64.21
29	69.52	135.62	37.37
30	57.62	142.65	54.28
31	89.56	109.62	36.29
32	94.32	98.59	64.64
33	79.58	108.62	48
34	46.29	135.36	69.52
35	28.69	85.69	42.32
36	59.62	85.35	69.26
37	89.67	78.52	45.21
38	79.26	112.52	29.62
39	98.26	136.2	36.25
40	59.68	159.62	54.28
41	89.56	89.56	55.52
42	87.96	78.59	46.62
43	112.28	109.99	36.26
44	95.84	98.62	47.47
45	87.62	169.62	62.59
46	82.34	96.26	58.56
47	99.52	89.56	46.26
48	89.26	126.26	68.25
49	105.62	130.52	45.26
50	98.64	99.57	69.26

TIEMPOS DE VIAJE (segundos)

Tabla 56 Verificación del número de muestra-peatones

	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Promedio	75.38	110.04	52.65
Desviación	20.464	25.002	14.243
Error	7.538	11.004	5.265
T-student (95%)	2.009	2.009	2.009
Nº mín	30	21	30
Nº tomado	50	50	50
¿Cumple?	SI	SI	SI

Tabla 57 Tiempos de viaje peatonal por tramo-Vissim

		Datos del modelo Vissim			
		muestra	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
TIEMPOS DE VIAJE (segundos)	1	80.590741	113.241026	55.688235	
	2	78.881212	107.009524	52.582051	
	3	79.667978	114.146809	58.4125	
	4	82.531373	122.402326	52.82	
	5	78.828	124.278125	54.675676	
	6	76.583152	114.5	49.767647	
	7	77.192638	124.925581	56.734286	
	8	79.9615	114.36875	57.892593	
	9	83.160526	123.316327	56.6025	
	10	80.252809	120.055319	54.265217	
	11	82.096648	122.633333	58.066667	
	12	82.170647	116.08	56.687879	
	13	85.943889	123.043137	56.096552	
	14	78.621154	124.986275	52.213333	
	15	80.728655	110.580952	54.922581	
	16	81.379641	122.0075	54.451613	
	17	77.62125	115.139286	54.314706	
	18	80.894595	132.154054	58.561111	
	19	78.18805	119.64	52.276667	
	20	78.718681	119.4425	52.277419	
	21	76.577333	118.216216	53.064516	
	22	80.7375	117.214286	59.614286	
	23	78.509202	120.157447	51.111111	
	24	82.308434	123.896154	52.703125	
	25	78.474719	127.764583	55.521429	
	26	79.510596	119.173333	54.851724	
	27	78.004459	117.957778	52.55	
	28	73.683333	107.565789	51.358621	
	29	76.635897	121.052083	53.352941	
	30	78.130682	115.335417	53.84	

## ANEXO 12 VALIDACION PEATONAL

### 12.1 Randomization test del tramo 2

Tabla 58 Comparación de medias del tramo 2

	Campo	Vissim
Media	110.043	119.076
Desviación	25.002	5.675
Error	11.004	11.908
Diferencia de medias	-9.033	

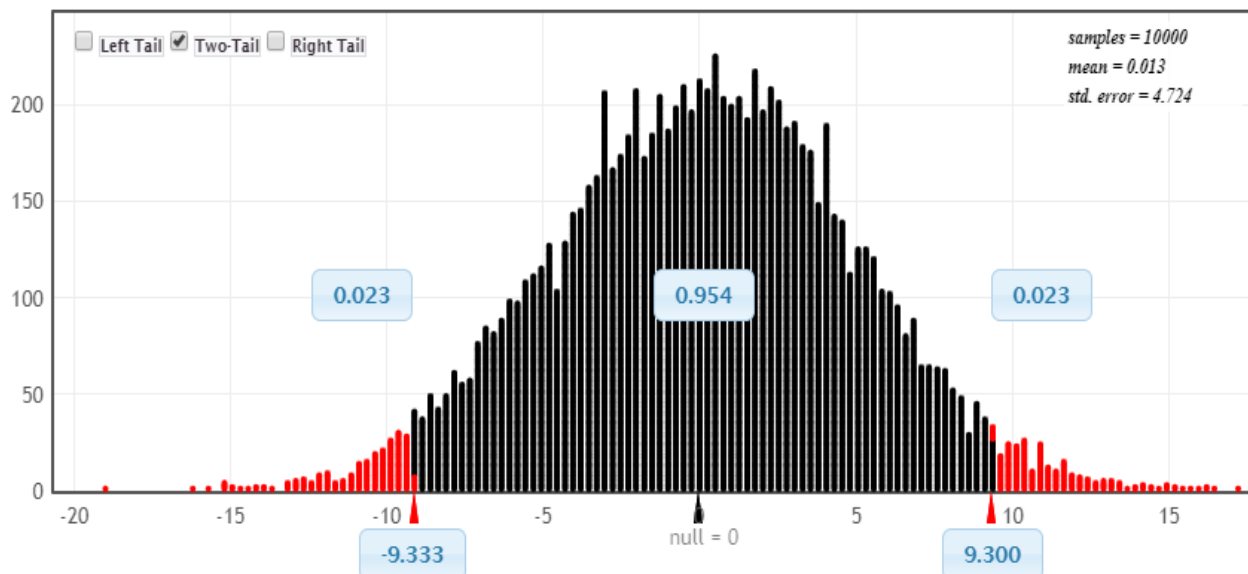


Figura 11 Grafico de randomization test del tramo 2

### 12.2 Randomization test del tramo 3

Tabla 59 Comparación de medias del tramo 3

	Campo	Vissim
Media	52.650	54.576
Desviación	14.243	2.476
Error	5.265	5.458
Diferencia de medias	-1.926	

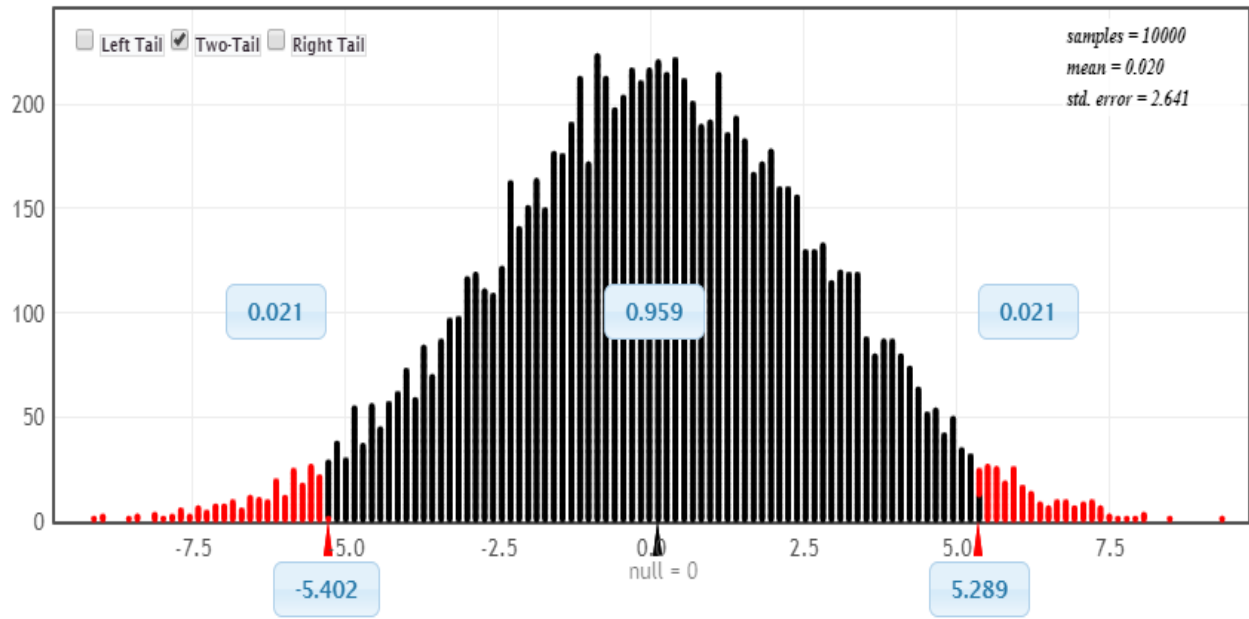
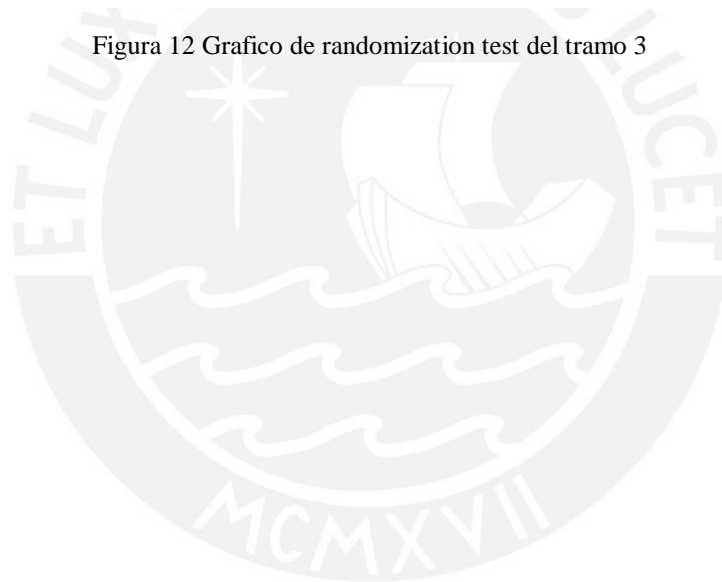


Figura 12 Grafico de randomization test del tramo 3



## ANEXO 13 RESULTADOS DEL ESTADO ACTUAL

### 13.1 Resultados del flujo vehicular

#### 13.1.1 Longitudes de cola

Tabla 60 Longitudes de cola por tramo para 30 corridas-tramo 1

Nº corridas	Intervalo	Tramo	Long. Cola (m)	Long. Max (m)	Cant. Veh.
1	600-4200	1	48.51	75.05	1953
2	600-4200	1	32.9	75.05	1317
3	600-4200	1	49.45	75.06	1961
4	600-4200	1	46.14	75.06	1855
5	600-4200	1	49.88	75.05	1872
6	600-4200	1	49.79	75.06	1808
7	600-4200	1	48.69	75.02	1822
8	600-4200	1	50.26	75.05	1903
9	600-4200	1	51.31	75.04	2077
10	600-4200	1	50.22	75.06	2055
11	600-4200	1	43.55	75.06	1754
12	600-4200	1	46.52	75.06	1796
13	600-4200	1	49.41	75.04	1852
14	600-4200	1	49.4	75.06	1981
15	600-4200	1	43.37	75.06	1767
16	600-4200	1	51.03	75.04	1914
17	600-4200	1	45.64	75.06	1769
18	600-4200	1	48.67	75.06	1935
19	600-4200	1	46.57	75.04	1821
20	600-4200	1	47.66	75.05	1807
21	600-4200	1	49.29	75.04	1891
22	600-4200	1	51.57	75.05	2019
23	600-4200	1	47.11	75.06	1818
24	600-4200	1	33.36	75.05	1305
25	600-4200	1	51.73	75.06	1919
26	600-4200	1	47.52	75.05	1891
27	600-4200	1	44.63	75.01	1831
28	600-4200	1	38.98	75.05	1432
29	600-4200	1	49.88	75.07	1922
30	600-4200	1	49.09	75.06	1899
AVG	600-4200	1	47.07	75.05	1832
STDDEV	600-4200	1	4.71	0.01	183
MIN	600-4200	1	32.9	75.01	1305
MAX	600-4200	1	51.73	75.07	2077

Tabla 61 Longitudes de cola por tramo para 30 corridas-tramo 2

1	600-4200	2	97.56	139.89	740
2	600-4200	2	99.86	139.88	750
3	600-4200	2	78.32	139.88	743
4	600-4200	2	100.87	139.83	776
5	600-4200	2	92.36	139.89	733
6	600-4200	2	95.15	139.86	766
7	600-4200	2	80.01	139.87	707
8	600-4200	2	100.98	139.91	804
9	600-4200	2	99.58	139.88	798
10	600-4200	2	99.23	139.87	803
11	600-4200	2	97.89	139.88	791
12	600-4200	2	99.15	139.9	794
13	600-4200	2	66.57	139.89	630
14	600-4200	2	100.15	139.88	781
15	600-4200	2	102.65	139.85	773
16	600-4200	2	97.77	139.89	786
17	600-4200	2	96.8	139.9	805
18	600-4200	2	103.29	139.9	786
19	600-4200	2	99.68	138.54	755
20	600-4200	2	100.02	139.91	822
21	600-4200	2	95.22	139.88	816
22	600-4200	2	97.67	139.9	724
23	600-4200	2	99.62	139.88	794
24	600-4200	2	100.8	139.9	728
25	600-4200	2	101.67	139.88	804
26	600-4200	2	100.63	139.89	788
27	600-4200	2	101.52	139.88	844
28	600-4200	2	96.88	139.89	756
29	600-4200	2	99.71	139.87	735
30	600-4200	2	100.98	139.88	750
AVG	600-4200	2	96.75	139.84	769
STDDEV	600-4200	2	7.98	0.25	42
MIN	600-4200	2	66.57	138.54	630
MAX	600-4200	2	103.29	139.91	844

Tabla 62 Longitudes de cola por tramo para 30 corridas-tramo 3

Nº corridas	Intervalo	Tramo	Long. Cola (m)	Long. Max (m)	Cant. Veh.
1	600-4200	3	3.27	64.11	137
2	600-4200	3	2.55	39.77	118
3	600-4200	3	3.22	68.26	144
4	600-4200	3	2.81	33.67	125
5	600-4200	3	4.53	62.35	199
6	600-4200	3	1.9	43.7	93
7	600-4200	3	5.36	70.9	149
8	600-4200	3	3.97	70.9	160
9	600-4200	3	2.92	69.57	137
10	600-4200	3	1.8	32.38	88
11	600-4200	3	1.47	31.96	78
12	600-4200	3	2.71	63.55	142
13	600-4200	3	1.84	35.07	96
14	600-4200	3	2.5	64.08	113
15	600-4200	3	3.73	64.12	162
16	600-4200	3	2.42	63.46	139
17	600-4200	3	3.23	42.82	154
18	600-4200	3	4.97	64.09	170
19	600-4200	3	3.52	65.79	143
20	600-4200	3	3.88	69.53	152
21	600-4200	3	2.94	50.7	102
22	600-4200	3	1.58	61.75	87
23	600-4200	3	3.7	69.56	143
24	600-4200	3	2.58	61.94	108
25	600-4200	3	3.93	68.16	153
26	600-4200	3	4.98	70.63	142
27	600-4200	3	2.77	64.12	146
28	600-4200	3	2.99	63.95	126
29	600-4200	3	4.67	65.44	155
30	600-4200	3	1.85	36.98	88
AVG	600-4200	3	3.15	57.78	132
STDDEV	600-4200	3	1.06	13.47	29
MIN	600-4200	3	1.47	31.96	78
MAX	600-4200	3	5.36	70.9	199



### 13.1.1 Tiempos de viaje

Tabla 63 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 1

Nº corridas	Intervalo	Tramo	demanda	Tiempo de viaje seg.)
1	600-4200	1	680	3.32
2	600-4200	1	653	3.25
3	600-4200	1	671	3.31
4	600-4200	1	661	3.26
5	600-4200	1	648	3.23
6	600-4200	1	673	3.28
7	600-4200	1	673	3.28
8	600-4200	1	632	3.29
9	600-4200	1	651	3.31
10	600-4200	1	640	3.26
11	600-4200	1	679	3.28
12	600-4200	1	639	3.24
13	600-4200	1	683	3.32
14	600-4200	1	683	3.3
15	600-4200	1	685	3.27
16	600-4200	1	623	3.27
17	600-4200	1	653	3.26
18	600-4200	1	717	3.28
19	600-4200	1	664	3.24
20	600-4200	1	631	3.29
21	600-4200	1	696	3.3
22	600-4200	1	625	3.28
23	600-4200	1	658	3.25
24	600-4200	1	659	3.25
25	600-4200	1	636	3.27
26	600-4200	1	672	3.23
27	600-4200	1	623	3.26
28	600-4200	1	682	3.26
29	600-4200	1	654	3.31
30	600-4200	1	647	3.33
AVG	600-4200	1	660	3.28
STDDEV	600-4200	1	23	0.03
MIN	600-4200	1	623	3.23
MAX	600-4200	1	717	3.33

Tabla 64 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 2

Nº corridas	Intervalo	Tramo	demanda	Tiempo de viaje seg.)
1	600-4200	2	935	3.23
2	600-4200	2	992	3.31
3	600-4200	2	1001	3.26
4	600-4200	2	958	3.32
5	600-4200	2	985	3.28
6	600-4200	2	958	3.27
7	600-4200	2	931	3.23
8	600-4200	2	978	3.29
9	600-4200	2	991	3.28
10	600-4200	2	937	3.26
11	600-4200	2	925	3.27
12	600-4200	2	952	3.25
13	600-4200	2	972	3.26
14	600-4200	2	951	3.29
15	600-4200	2	999	3.25
16	600-4200	2	1009	3.26
17	600-4200	2	982	3.25
18	600-4200	2	932	3.28
19	600-4200	2	941	3.29
20	600-4200	2	963	3.26
21	600-4200	2	943	3.31
22	600-4200	2	984	3.29
23	600-4200	2	978	3.29
24	600-4200	2	955	3.26
25	600-4200	2	966	3.28
26	600-4200	2	949	3.31
27	600-4200	2	983	3.25
28	600-4200	2	975	3.29
29	600-4200	2	951	3.26
30	600-4200	2	941	3.27
AVG	600-4200	2	964	3.27
STDDEV	600-4200	2	23	0.02
MIN	600-4200	2	925	3.23
MAX	600-4200	2	1009	3.32

Tabla 65 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 3

Nº corridas	Intervalo	Tramo	demanda	Tiempo de viaje seg.)
1	600-4200	3	1370	14.83
2	600-4200	3	1313	13.16
3	600-4200	3	1366	14.86
4	600-4200	3	1339	14.74
5	600-4200	3	1290	15.72
6	600-4200	3	1341	15.2
7	600-4200	3	1320	15.37
8	600-4200	3	1318	15.92
9	600-4200	3	1358	15.22
10	600-4200	3	1356	15.2
11	600-4200	3	1360	14.91
12	600-4200	3	1308	15.06
13	600-4200	3	1322	15.62
14	600-4200	3	1324	15.59
15	600-4200	3	1388	13.93
16	600-4200	3	1287	15.82
17	600-4200	3	1285	15.93
18	600-4200	3	1375	14.84
19	600-4200	3	1353	15.45
20	600-4200	3	1307	15.19
21	600-4200	3	1359	14.95
22	600-4200	3	1307	15.63
23	600-4200	3	1322	15.41
24	600-4200	3	1325	12.43
25	600-4200	3	1297	16.06
26	600-4200	3	1354	15.38
27	600-4200	3	1294	14.73
28	600-4200	3	1323	13.46
29	600-4200	3	1320	15.98
30	600-4200	3	1320	15.7
AVG	600-4200	3	1330	15.08
STDDEV	600-4200	3	28	0.85
MIN	600-4200	3	1285	12.43
MAX	600-4200	3	1388	16.06

Tabla 66 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 4

Nº corridas	Intervalo	Tramo	demanda	Tiempo de viaje seg.)
1	600-4200	4	501	22.43
2	600-4200	4	506	22.5
3	600-4200	4	534	20.09
4	600-4200	4	494	23
5	600-4200	4	481	22.06
6	600-4200	4	508	22.68
7	600-4200	4	521	19.88
8	600-4200	4	488	21.94
9	600-4200	4	529	21.88
10	600-4200	4	476	22.92
11	600-4200	4	489	22.59
12	600-4200	4	478	22.88
13	600-4200	4	532	18.82
14	600-4200	4	506	22.75
15	600-4200	4	489	23.89
16	600-4200	4	536	21.95
17	600-4200	4	509	22.3
18	600-4200	4	478	24.25
19	600-4200	4	491	22.65
20	600-4200	4	500	23.59
21	600-4200	4	500	23.09
22	600-4200	4	528	20.91
23	600-4200	4	517	22
24	600-4200	4	502	21.92
25	600-4200	4	500	22.88
26	600-4200	4	504	23.21
27	600-4200	4	517	22.19
28	600-4200	4	519	22.52
29	600-4200	4	502	21.96
30	600-4200	4	486	22.58
AVG	600-4200	4	504	22.28
STDDEV	600-4200	4	17	1.13
MIN	600-4200	4	476	18.82
MAX	600-4200	4	536	24.25

## 13.2 Resultados del flujo peatonal

### 13.1.1 Tiempos de viaje

Tabla 67 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 1

Nº corridas	Intervalo	Tramo	Tiempo de viaje seg.)	Demanda
1	600-4200	1	80.21	178
2	600-4200	1	81.53	187
3	600-4200	1	79.09	196
4	600-4200	1	79.77	170
5	600-4200	1	76.59	195
6	600-4200	1	80.63	203
7	600-4200	1	80.3	181
8	600-4200	1	80.14	224
9	600-4200	1	77.24	168
10	600-4200	1	81.74	202
11	600-4200	1	85.14	207
12	600-4200	1	79.86	225
13	600-4200	1	80.58	197
14	600-4200	1	79.94	170
15	600-4200	1	78.26	185
16	600-4200	1	79.86	187
17	600-4200	1	78.11	175
18	600-4200	1	79.57	200
19	600-4200	1	79.48	178
20	600-4200	1	81.19	203
21	600-4200	1	76.74	174
22	600-4200	1	79.05	206
23	600-4200	1	79.8	183
24	600-4200	1	80.66	188
25	600-4200	1	83.08	202
26	600-4200	1	78.76	163
27	600-4200	1	79.7	167
28	600-4200	1	76.94	174
29	600-4200	1	80.83	172
30	600-4200	1	83.31	184
AVG	600-4200	1	79.94	188
STDDEV	600-4200	1	1.91	16
MIN	600-4200	1	76.59	163
MAX	600-4200	1	85.14	225

Tabla 68 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 2

Nº corridas	Intervalo	Tramo	Tiempo de viaje seg.)	Demanda
1	600-4200	2	127.01	32
2	600-4200	2	108.34	38
3	600-4200	2	125.73	43
4	600-4200	2	129.48	35
5	600-4200	2	102.08	32
6	600-4200	2	119.55	33
7	600-4200	2	122.78	37
8	600-4200	2	117.56	33
9	600-4200	2	117.05	41
10	600-4200	2	113.26	45
11	600-4200	2	120.96	41
12	600-4200	2	118.24	37
13	600-4200	2	117.93	45
14	600-4200	2	119.07	44
15	600-4200	2	128.4	32
16	600-4200	2	126.09	40
17	600-4200	2	117.94	53
18	600-4200	2	131.1	38
19	600-4200	2	120.65	35
20	600-4200	2	120.87	42
21	600-4200	2	131.41	31
22	600-4200	2	128.39	31
23	600-4200	2	117.89	45
24	600-4200	2	126.95	50
25	600-4200	2	122.97	50
26	600-4200	2	117.7	29
27	600-4200	2	121.81	39
28	600-4200	2	109.29	31
29	600-4200	2	122.89	49
30	600-4200	2	123.44	42
AVG	600-4200	2	120.89	39
STDDEV	600-4200	2	6.76	7
MIN	600-4200	2	102.08	29
MAX	600-4200	2	131.41	53

Tabla 69 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 3

Nº corridas	Intervalo	Tramo	Tiempo de viaje seg.)	Demanda
1	600-4200	3	48.71	19
2	600-4200	3	57.35	23
3	600-4200	3	51.02	14
4	600-4200	3	55.85	22
5	600-4200	3	48.75	22
6	600-4200	3	51.51	23
7	600-4200	3	53.72	25
8	600-4200	3	51.94	15
9	600-4200	3	54.66	24
10	600-4200	3	55.02	17
11	600-4200	3	56.78	30
12	600-4200	3	57.11	19
13	600-4200	3	51.65	14
14	600-4200	3	50.08	15
15	600-4200	3	55.27	18
16	600-4200	3	52.88	21
17	600-4200	3	54.74	20
18	600-4200	3	58.04	12
19	600-4200	3	52.39	19
20	600-4200	3	54.92	20
21	600-4200	3	53.14	18
22	600-4200	3	57.9	10
23	600-4200	3	55.84	22
24	600-4200	3	53.64	19
25	600-4200	3	54.67	19
26	600-4200	3	61.88	12
27	600-4200	3	56.41	23
28	600-4200	3	49.33	14
29	600-4200	3	58.95	22
30	600-4200	3	54.41	22
AVG	600-4200	3	54.29	19
STDDEV	600-4200	3	3.13	4
MIN	600-4200	3	48.71	10
MAX	600-4200	3	61.88	30

## ANEXO 14 RESULTADOS DE LA INTERSECCION CON MEJORAS IMPLEMENTADAS

### 14.1 Resultados del flujo vehicular

#### 14.1.1 Longitudes de cola

Tabla 70 Longitudes de cola por tramo para 30 corridas-tramo 1

Nº corridas	Intervalo	Tramo	Long. Cola (m)	Long. Max (m)	Cant. Veh.
1	600-4200	1	9.78	109.28	571
2	600-4200	1	48.1	109.36	1876
3	600-4200	1	17.35	108.04	788
4	600-4200	1	51.82	109.34	1866
5	600-4200	1	73.34	109.36	2580
6	600-4200	1	82.87	109.35	2755
7	600-4200	1	5.52	65.87	360
8	600-4200	1	55.51	109.35	2061
9	600-4200	1	31.39	109.36	1254
10	600-4200	1	64.93	109.33	2503
11	600-4200	1	19.84	109.26	871
12	600-4200	1	47.38	109.36	1722
13	600-4200	1	71.17	109.36	2573
14	600-4200	1	36.85	109.34	1446
15	600-4200	1	56.16	109.35	2241
16	600-4200	1	46.85	109.35	1728
17	600-4200	1	23.16	109.35	1023
18	600-4200	1	73.31	109.36	2571
19	600-4200	1	38.63	109.33	1575
20	600-4200	1	43.25	109.36	1877
21	600-4200	1	65.51	109.34	2542
22	600-4200	1	70.58	109.36	2693
23	600-4200	1	58.4	109.35	2165
24	600-4200	1	34.84	109.36	1346
25	600-4200	1	83.55	109.36	3037
26	600-4200	1	33.81	109.35	1397
27	600-4200	1	42.49	109.35	1514
28	600-4200	1	31.75	109.35	1150
29	600-4200	1	71.68	109.34	2731
30	600-4200	1	39.71	109.37	1527
AVG	600-4200	1	47.65	107.85	1811
STDDEV	600-4200	1	21.23	7.93	716
MIN	600-4200	1	5.52	65.87	360
MAX	600-4200	1	83.55	109.37	3037



Tabla 71 Longitudes de cola por tramo para 30 corridas-tramo 2

Nº corridas	Intervalo	Tramo	Long. Cola (m)	Long. Max (m)	Cant. Veh.
1	600-4200	2	75.68	373.35	1710
2	600-4200	2	49.52	373.3	1926
3	600-4200	2	84.52	373.33	1932
4	600-4200	2	62.52	373.32	1795
5	600-4200	2	84.52	373.34	1606
6	600-4200	2	63.5	373.29	1444
7	600-4200	2	96.62	373.35	1404
8	600-4200	2	105.62	371.94	1357
9	600-4200	2	84.52	373.32	2222
10	600-4200	2	69.62	373.34	1888
11	600-4200	2	47.25	373.34	2049
12	600-4200	2	96.25	373.35	1776
13	600-4200	2	78.62	373.3	1287
14	600-4200	2	85.62	373.33	2022
15	600-4200	2	85.52	373.31	2028
16	600-4200	2	79.62	373.3	1434
17	600-4200	2	69.62	371.97	1385
18	600-4200	2	76.52	371.98	2221
19	600-4200	2	78.88	373.27	1809
20	600-4200	2	79.62	373.33	1903
21	600-4200	2	81.25	373.33	1838
22	600-4200	2	81.24	373.35	1838
23	600-4200	2	68.52	373.33	2115
24	600-4200	2	84	367.85	1767
25	600-4200	2	62.35	372.02	1910
26	600-4200	2	72.21	373.34	1929
27	600-4200	2	74.15	372.02	1902
28	600-4200	2	70.02	373.32	1961
29	600-4200	2	62.32	373.32	2187
30	600-4200	2	62.14	373.29	1941
AVG	600-4200	2	75.75	98.21	1820
STDDEV	600-4200	2	46.62	1.08	262
MIN	600-4200	2	182.82	367.85	1287
MAX	600-4200	2	335.68	373.35	2222

Tabla 72 Longitudes de cola por tramo para 30 corridas-tramo 3

Nº corridas	Intervalo	Tramo	Long. Cola (m)	Long. Max (m)	Cant. Veh.
1	600-4200	3	1.76	30.72	93
2	600-4200	3	1.48	44.12	84
3	600-4200	3	1.71	32.92	99
4	600-4200	3	1.49	32.85	73
5	600-4200	3	2.15	43.26	114
6	600-4200	3	1.62	39.46	87
7	600-4200	3	1.09	37.87	57
8	600-4200	3	1.89	47.64	93
9	600-4200	3	1.97	53.3	109
10	600-4200	3	0.78	28.64	53
11	600-4200	3	0.73	30.4	45
12	600-4200	3	2.6	68.89	95
13	600-4200	3	0.85	27.55	62
14	600-4200	3	1.04	30.38	71
15	600-4200	3	1.5	43.03	83
16	600-4200	3	1.38	34.25	90
17	600-4200	3	2.19	40.45	122
18	600-4200	3	1.43	40.55	70
19	600-4200	3	1.66	43.57	88
20	600-4200	3	1.71	41.08	94
21	600-4200	3	1.15	27.66	61
22	600-4200	3	0.98	32.34	60
23	600-4200	3	1.3	44.15	70
24	600-4200	3	1.1	38.53	64
25	600-4200	3	1.18	35.47	67
26	600-4200	3	1.14	42.69	73
27	600-4200	3	1.32	40.5	75
28	600-4200	3	1.78	41.16	79
29	600-4200	3	1.5	27.82	95
30	600-4200	3	1.04	36.61	61
AVG	600-4200	3	1.45	38.6	80
STDDEV	600-4200	3	0.44	8.66	19
MIN	600-4200	3	0.73	27.55	45
MAX	600-4200	3	2.6	68.89	122

## 14.1.2 Tiempos de viaje

Tabla 73 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 1

Nº corridas	Intervalo	Tramo	demanda	Tiempo de viaje seg.)
1	600-4200	1	656	3.32
2	600-4200	1	604	3.28
3	600-4200	1	642	3.31
4	600-4200	1	601	3.31
5	600-4200	1	619	3.29
6	600-4200	1	631	3.28
7	600-4200	1	632	3.32
8	600-4200	1	619	3.26
9	600-4200	1	612	3.31
10	600-4200	1	603	3.3
11	600-4200	1	650	3.3
12	600-4200	1	615	3.27
13	600-4200	1	679	3.33
14	600-4200	1	642	3.29
15	600-4200	1	637	3.29
16	600-4200	1	631	3.33
17	600-4200	1	615	3.26
18	600-4200	1	654	3.29
19	600-4200	1	643	3.24
20	600-4200	1	620	3.28
21	600-4200	1	686	3.33
22	600-4200	1	607	3.33
23	600-4200	1	640	3.3
24	600-4200	1	617	3.29
25	600-4200	1	584	3.27
26	600-4200	1	615	3.3
27	600-4200	1	582	3.27
28	600-4200	1	630	3.31
29	600-4200	1	616	3.32
30	600-4200	1	623	3.35
AVG	600-4200	1	627	3.3
STDDEV	600-4200	1	24	0.03
MIN	600-4200	1	582	3.24
MAX	600-4200	1	686	3.35

Tabla 74 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 2

Nº corridas	Intervalo	Tramo	demanda	Tiempo de viaje seg.)
1	600-4200	2	948	3.56
2	600-4200	2	993	4.03
3	600-4200	2	987	3.79
4	600-4200	2	975	4.08
5	600-4200	2	1013	3.86
6	600-4200	2	992	3.66
7	600-4200	2	967	3.52
8	600-4200	2	993	4.19
9	600-4200	2	979	3.81
10	600-4200	2	971	3.5
11	600-4200	2	945	3.54
12	600-4200	2	983	3.6
13	600-4200	2	964	3.99
14	600-4200	2	987	3.71
15	600-4200	2	1043	3.73
16	600-4200	2	988	4.02
17	600-4200	2	1036	3.52
18	600-4200	2	985	4.07
19	600-4200	2	974	3.61
20	600-4200	2	1018	3.84
21	600-4200	2	983	3.58
22	600-4200	2	990	4.27
23	600-4200	2	980	3.56
24	600-4200	2	992	3.71
25	600-4200	2	975	3.9
26	600-4200	2	976	4.18
27	600-4200	2	1005	3.55
28	600-4200	2	988	3.67
29	600-4200	2	959	3.76
30	600-4200	2	962	3.62
AVG	600-4200	2	985	3.78
STDDEV	600-4200	2	22	0.23
MIN	600-4200	2	945	3.5
MAX	600-4200	2	1043	4.27

Tabla 75 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 3

Nº corridas	Intervalo	Tramo	demanda	Tiempo de viaje seg.)
1	600-4200	3	1471	9.64
2	600-4200	3	1390	11.94
3	600-4200	3	1466	10.47
4	600-4200	3	1390	12.16
5	600-4200	3	1414	13.86
6	600-4200	3	1422	14.25
7	600-4200	3	1419	7.94
8	600-4200	3	1441	12.79
9	600-4200	3	1438	9.07
10	600-4200	3	1427	13.31
11	600-4200	3	1424	10.79
12	600-4200	3	1414	12.11
13	600-4200	3	1483	13.42
14	600-4200	3	1423	12.24
15	600-4200	3	1465	12.57
16	600-4200	3	1448	11.3
17	600-4200	3	1445	9.87
18	600-4200	3	1435	13.9
19	600-4200	3	1468	11.58
20	600-4200	3	1465	11.49
21	600-4200	3	1490	12.94
22	600-4200	3	1443	13.62
23	600-4200	3	1455	12.29
24	600-4200	3	1418	9.96
25	600-4200	3	1420	14.25
26	600-4200	3	1410	12.86
27	600-4200	3	1367	10.93
28	600-4200	3	1389	8.58
29	600-4200	3	1420	13.73
30	600-4200	3	1422	13.23
AVG	600-4200	3	1433	11.9
STDDEV	600-4200	3	29	1.74
MIN	600-4200	3	1367	7.94
MAX	600-4200	3	1490	14.25

Tabla 76 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 4

Nº corridas	Intervalo	Tramo	demanda	Tiempo de viaje seg.)
1	600-4200	4	496	20.24
2	600-4200	4	501	21.67
3	600-4200	4	493	21.8
4	600-4200	4	496	21.09
5	600-4200	4	506	18.55
6	600-4200	4	522	20.54
7	600-4200	4	518	18.78
8	600-4200	4	504	18.16
9	600-4200	4	491	22.08
10	600-4200	4	488	20.66
11	600-4200	4	509	20.34
12	600-4200	4	499	19.6
13	600-4200	4	511	20.66
14	600-4200	4	501	20.87
15	600-4200	4	520	20.84
16	600-4200	4	520	20.86
17	600-4200	4	536	19.63
18	600-4200	4	505	20.81
19	600-4200	4	510	20
20	600-4200	4	529	20.15
21	600-4200	4	523	20.54
22	600-4200	4	525	20.06
23	600-4200	4	503	21.65
24	600-4200	4	527	19.95
25	600-4200	4	497	21.33
26	600-4200	4	511	21.01
27	600-4200	4	512	21.61
28	600-4200	4	509	22.19
29	600-4200	4	498	20.8
30	600-4200	4	488	21.59
AVG	600-4200	4	508	20.6
STDDEV	600-4200	4	13	0.99
MIN	600-4200	4	488	18.16
MAX	600-4200	4	536	22.19

## 14.2 Resultados del flujo peatonal

### 14.2.1 Tiempos de viaje

Tabla 77 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 1

Nº corridas	Intervalo	Tramo	Tiempo de viaje seg.)	Demanda
1	600-4200	1	75.19	178
2	600-4200	1	73.36	187
3	600-4200	1	74.34	196
4	600-4200	1	75.06	170
5	600-4200	1	77.71	197
6	600-4200	1	74.68	203
7	600-4200	1	73.97	181
8	600-4200	1	78.01	224
9	600-4200	1	75.27	168
10	600-4200	1	76.53	201
11	600-4200	1	76.7	207
12	600-4200	1	76.34	224
13	600-4200	1	74.98	196
14	600-4200	1	77.9	170
15	600-4200	1	74.98	185
16	600-4200	1	75.73	187
17	600-4200	1	74.92	177
18	600-4200	1	76.43	199
19	600-4200	1	79.39	182
20	600-4200	1	74.75	200
21	600-4200	1	77.45	174
22	600-4200	1	76.73	207
23	600-4200	1	78.18	183
24	600-4200	1	76.23	188
25	600-4200	1	75.35	200
26	600-4200	1	76.14	164
27	600-4200	1	74.81	167
28	600-4200	1	70.18	174
29	600-4200	1	77.22	172
30	600-4200	1	80.33	184
AVG	600-4200	1	75.96	188
STDDEV	600-4200	1	1.94	16
MIN	600-4200	1	70.18	164
MAX	600-4200	1	80.33	224

Tabla 78 Tiempos de viaje por tramo para 30 corridas-tramo 2

Nº corridas	Intervalo	Tramo	Tiempo de viaje seg.)	Demanda
1	600-4200	2	49.52	64
2	600-4200	2	52.62	69
3	600-4200	2	51.62	81
4	600-4200	2	48.56	62
5	600-4200	2	49.62	89
6	600-4200	2	50.03	69
7	600-4200	2	51.2	73
8	600-4200	2	46.52	93
9	600-4200	2	48.25	70
10	600-4200	2	49.26	68
11	600-4200	2	48.26	79
12	600-4200	2	49.62	72
13	600-4200	2	48.52	51
14	600-4200	2	49.62	71
15	600-4200	2	51.2	72
16	600-4200	2	49.62	60
17	600-4200	2	52.36	72
18	600-4200	2	46.46	64
19	600-4200	2	48.52	53
20	600-4200	2	49.52	57
21	600-4200	2	52.32	70
22	600-4200	2	49.52	64
23	600-4200	2	48.52	52
24	600-4200	2	46.52	70
25	600-4200	2	49.52	75
26	600-4200	2	52.35	70
27	600-4200	2	52.6	52
28	600-4200	2	49.62	61
29	600-4200	2	51	74
30	600-4200	2	52.31	76
AVG	600-4200	2	49.84	68
STDDEV	600-4200	2	3.56	10
MIN	600-4200	2	46.52	51
MAX	600-4200	2	90.09	93



## ANEXO 15. LISTA DE CHEQUEO

Lista de chequeo general	
Unidades	Comentarios
Aspectos generales	La presente intersección cuenta con deficiencias de diseño y falta de implementación de señales de control de tráfico. Ver foto 1.
Entorno de la Vía	Existen muchos vehículos estacionados en zonas de flujo peatonal ya que lo se cuenta con veredas bien definidas. Ver foto 2.
Trabajos temporales de la Vía	Ninguno
Reductores de velocidad	Ninguno
Áreas de escuela y de recreación	Existe un colegio ubicado a 35 metros de la zona en estudio.  Existe un parque con muy poca área verde a 25 metros de la intersección. Ver foto 3.
Consideraciones medioambientales	Existen zonas de comercio ambulatorio que causan acumulación de basura en esquinas donde transitan los peatones. Ver foto 4.
Cruceros ferroviarios	Ninguno
Señalización vertical y demarcación	No cuenta con señales preventivas ni reguladoras. Ver foto 5.

Iluminación	Cubre las expectativas básicas.
Soporte de la señalización vertical	Hecha de cilindros de concreto, aparentemente no adecuado por su mal diseño. Ver foto 6.
Línea central, línea de bordes y línea de pistas	No se denota estas líneas. Ver foto 7.
Defectos en el pavimento	El pavimento presenta grietas y agujeros en algunas zonas de la intersección.
Piedras/material suelto	Existe hormigón y arena fina en las vías vehiculares. Ver foto 8.
Estacionamientos en la calzada	No cuenta con estacionamientos visibles, pero se han improvisado algunos estacionamientos. Ver foto 9.
Playas de estacionamiento	Ninguna visible
Peatones	Se tienen considerable flujo peatonal en las horas punta.
Ciclistas	Ninguno, no existen rutas que pueda ser accesible el uso de bicicletas. Ver foto 10
Discapacitados y personas mayores	Notoria falta de accesibilidad para personas mayores y sobre todo para personas con alguna discapacidad física
Áreas de carga y descarga	Ninguna, se utiliza los espacios de vacíos a los lados de las vías vehiculares. Ver foto 11.

## IMÁGENES DE LA LISTA DE CHEQUEO



Foto 2 Entorno de la vía



Foto 4 Ár

Foto 3 Consideraciones medioambientales





Foto 6 Falta de señales reguladoras



Foto 5 Soporte de semáforos



Foto 7 LFoto 8 Material y grava en las pistas







Foto 9 Estacionamientos en calzadas



Foto 10 Ruta de ciclistas improvisadas



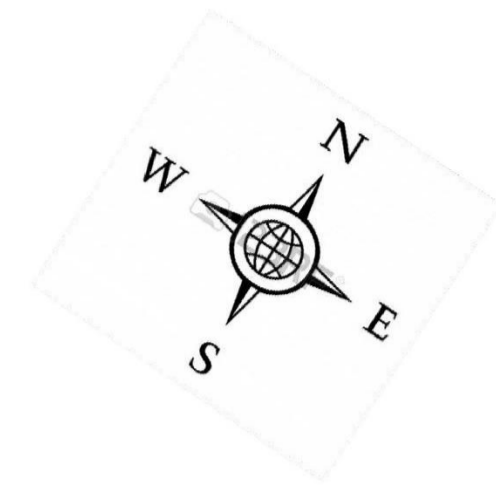
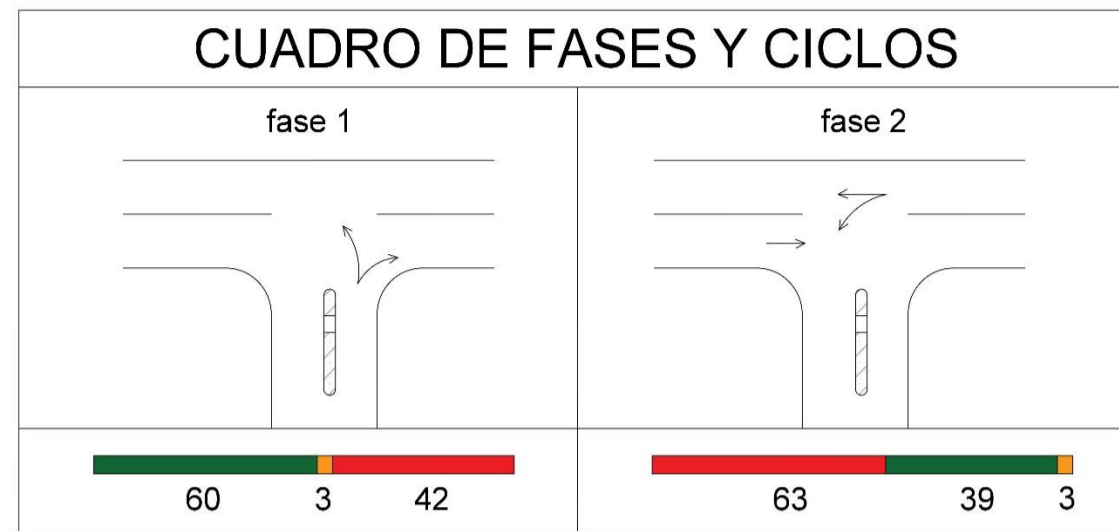
Foto 11 Ruta inaccesibles para personas con discapacidad motriz



Foto 12 Áreas de carga y descarga para comercio

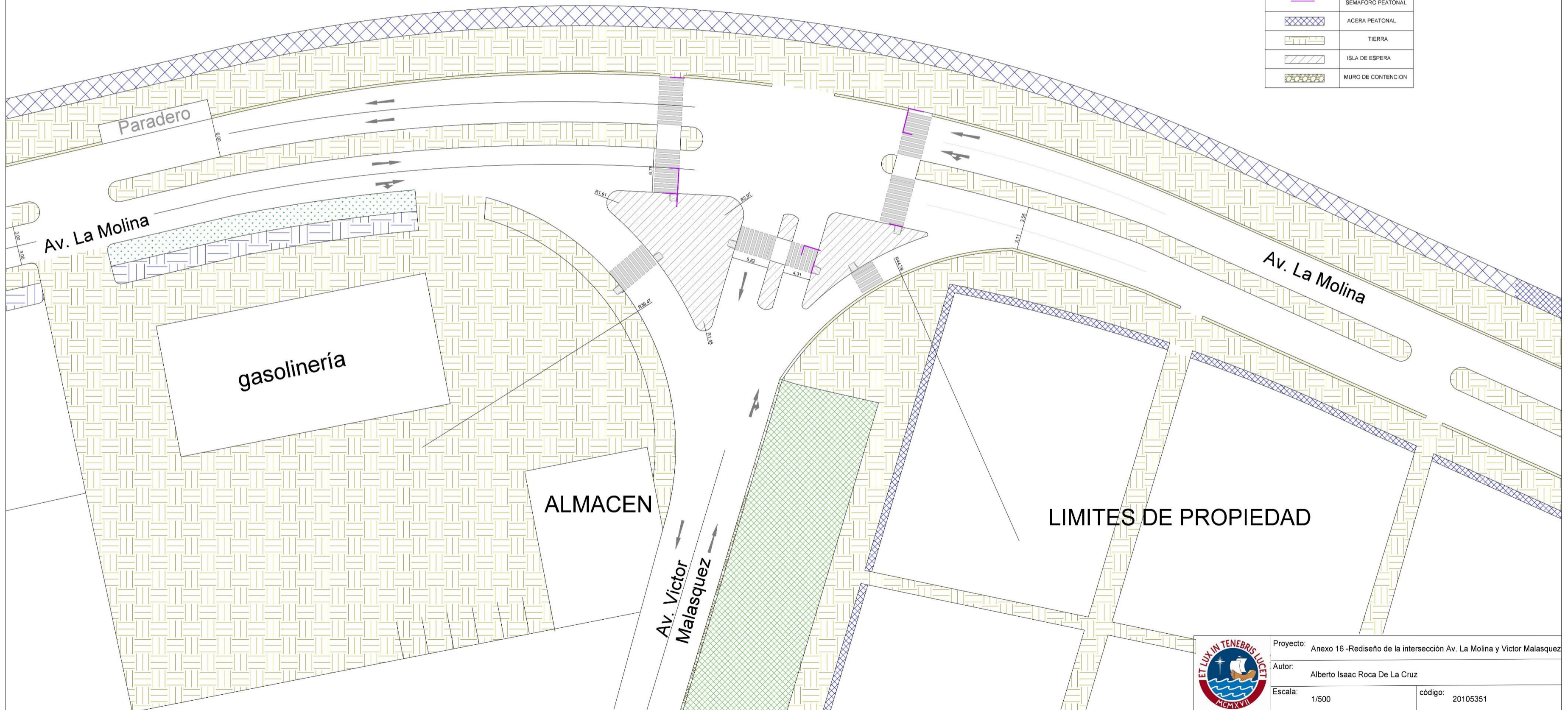






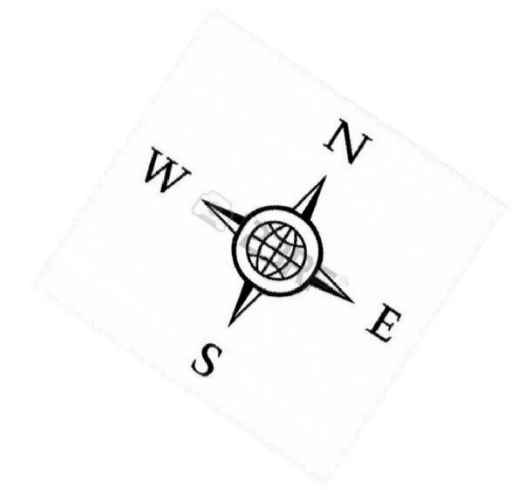
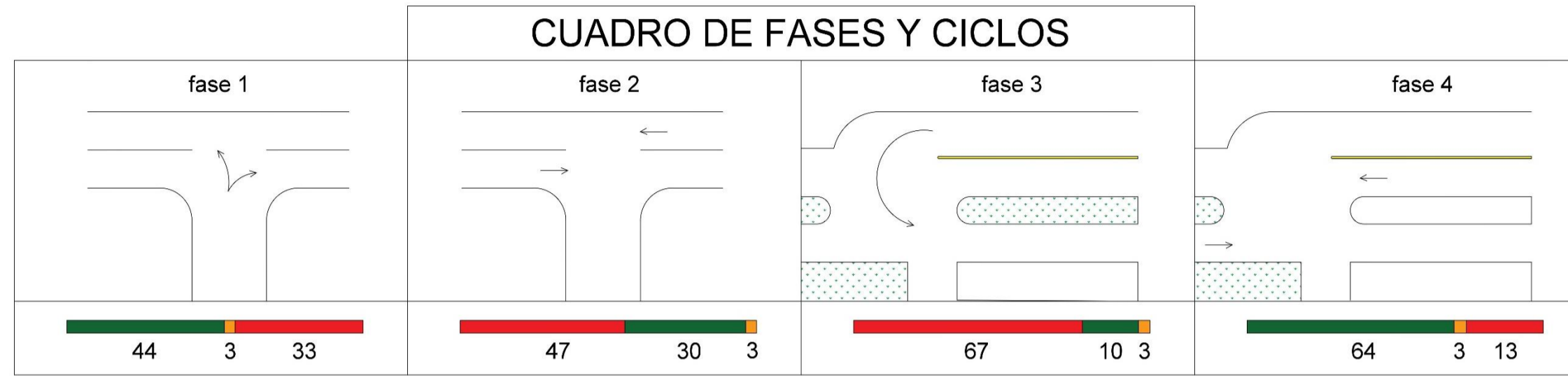
### LIMITES DE PROPIEDAD

LEYENDA	
	PARQUE
	AREA VERDE
	SEMAFORO VEHICULAR
	SEMAFORO PEATONAL
	ACERA PEATONAL
	TIERRA
	ISLA DE ESPERA
	MURO DE CONTENCIÓN

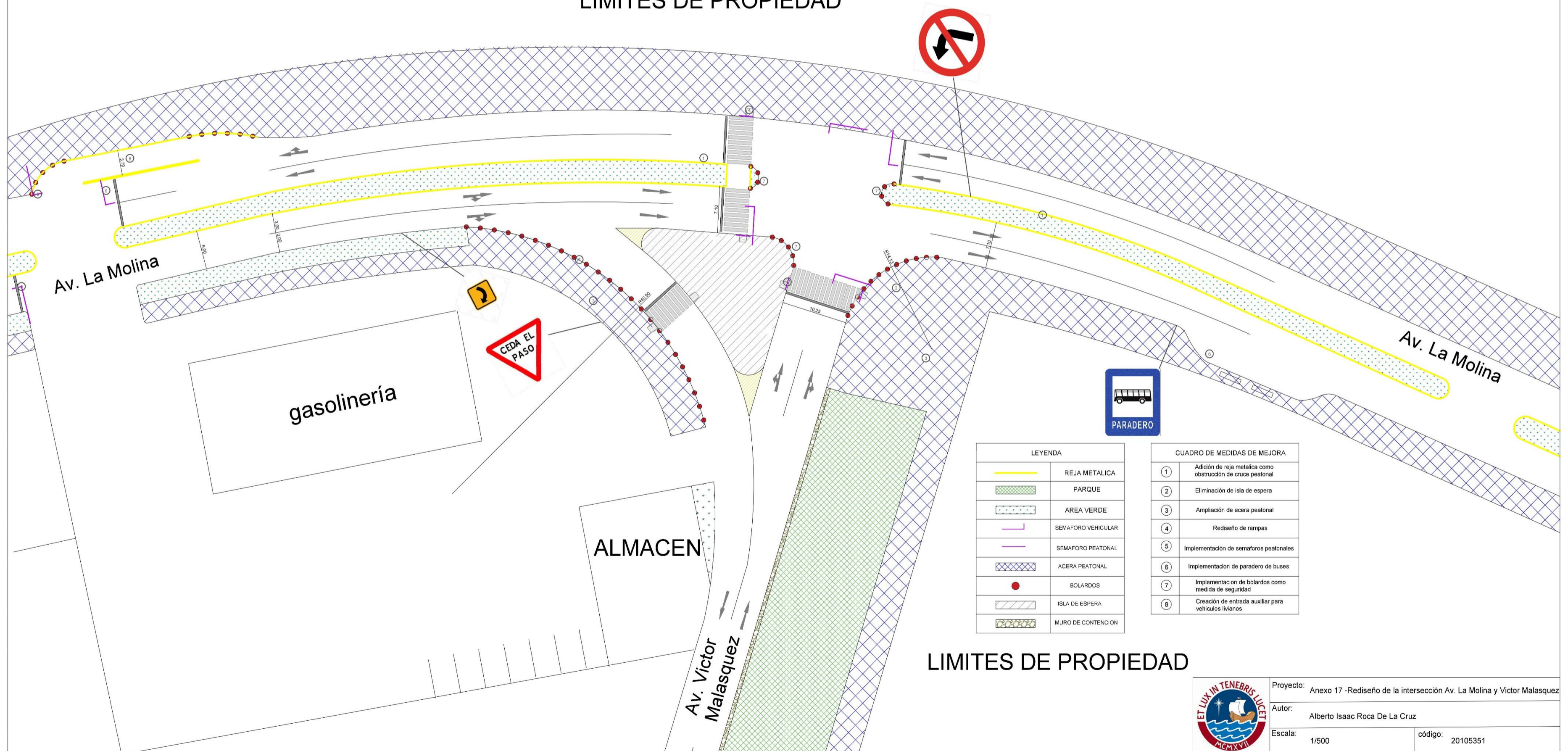


Proyecto: Anexo 16 -Rediseño de la intersección Av. La Molina y Victor Malasquez	
Autor: Alberto Isaac Roca De La Cruz	
Escala: 1/500	código: 20105351





### LIMITES DE PROPIEDAD



LEYENDA	
	REJA METALICA
	PARQUE
	AREA VERDE
	SEMAFORO VEHICULAR
	SEMAFORO PEATONAL
	ACERA PEATONAL
	BOLARDOS
	ISLA DE ESPERA
	MURO DE CONTENCIÓN

CUADRO DE MEDIDAS DE MEJORA	
①	Adición de reja metálica como obstrucción de cruce peatonal
②	Eliminación de isla de espera
③	Ampliación de acera peatonal
④	Rediseño de rampas
⑤	Implementación de semáforos peatonales
⑥	Implementación de paradero de buses
⑦	Implementación de bolardos como medida de seguridad
⑧	Creación de entrada auxiliar para vehículos livianos

### LIMITES DE PROPIEDAD



Proyecto: Anexo 17 -Rediseño de la intersección Av. La Molina y Victor Malasquez	
Autor: Alberto Isaac Roca De La Cruz	
Escala: 1/500	código: 20105351