

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA INTERSECCIÓN ENTRE  
LA AV. UNIVERSITARIA Y VENEZUELA Y PROPUESTAS DE  
MEJORAS BAJO EL ENFOQUE DE LA MOVILIDAD SOSTENIBLE**

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

**AUTORAS:**

Adriana Carolina Bustillos Vega

Carmen Amelia Saldaña del Rio

**ASESOR:**

Ing. Juan Carlos Dextre Quijandría

Lima, febrero, 2022

## Resumen

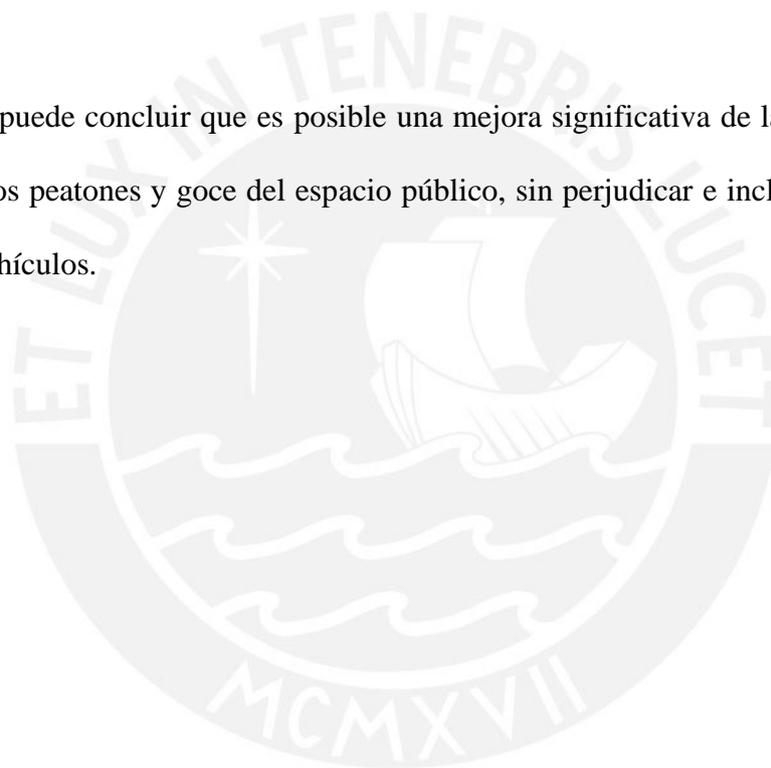
La sostenida construcción y asignación de infraestructura al automóvil privado visto como solución a los problemas de transporte ha ocasionado que dentro de las ciudades se generen pasos a desnivel y autopistas urbanas, generando segregación y fragmentación. Actualmente las políticas planteadas en Lima se enfocan en el aumento de infraestructura vial siendo este un enfoque desfasado respecto de las nuevas tendencias hacia las personas, transporte público y micro movilidad.

Se observa que, en la intersección de la Av. Universitaria y Av. Venezuela, cercana a la Universidad de San Marcos, se cuenta con un intercambio vial a desnivel inconcluso que origina que a nivel de acera la calidad de la experiencia de los usuarios de a pie sea pobre e incluso riesgosa para su integridad física. Esto se debe a las zonas oscuras generadas por el bypass, el abandono del puente peatonal, por lo poco práctico de su uso, y la prioridad que se da a la circulación de los vehículos motorizados.

El objetivo del estudio es analizar y mejorar el funcionamiento vehicular y peatonal, con énfasis en la recuperación del espacio público, de la intersección mencionada. El proyecto se dividió en 4 etapas. En la primera etapa se realizaron inspecciones visuales para determinar de forma cualitativa los conflictos de la intersección. Además, se realizó la recolección de datos de los flujos vehiculares, peatonales, ciclo semafórico y geometría de la vía, los días de conteos fueron sábado y domingo. En la segunda etapa, se realizó el modelamiento de la situación actual de la intersección con el software Vissim, y se realizaron los procesos de calibración del modelo. En la tercera etapa, se planteó la propuesta de mejora y se verificó con ayuda del software su conveniencia e idoneidad. Por último, en la cuarta etapa se proyectó la recuperación del espacio público de la zona.

Entre las principales propuestas se puede mencionar la eliminación de carriles en la Av. Universitaria (sentido sur) y en los giros de la Av. Venezuela y Av. Universitaria. Además, se redujo el ciclo semafórico de la intersección con lo que se consiguió que se agilice la circulación y se reduzca la longitud de colas en la Av. Venezuela en un 15%. También se mejoró las condiciones del cruce de peatones de la Av. Universitaria con la eliminación de uno de los accesos al puente peatonal, actualmente en desuso. Asimismo, se propuso la recuperación del puente como lugar de estancia, iluminación debajo del by-pass y ensanche de veredas.

Por lo tanto, se puede concluir que es posible una mejora significativa de las condiciones de circulación de los peatones y goce del espacio público, sin perjudicar e incluso mejorando el tráfico de los vehículos.



*A mi mamá, papá y hermana por el apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida*

*A mis abuelas y abuelos por todo su amor, cariño y siempre creer en mí*

*Adriana Carolina Bustillos Vega*

*A mis padres por su constante e inagotable empuje.*

*A Doti y su buena compañía*

*Carmen Amelia Saldaña del Río*

*Queremos agradecer a nuestros profesores Juan Carlos Dextre e Israel Cabrera, por*

*enseñarnos un lado más humano de la ingeniería*

## Tabla de contenido

Capítulo 1 Introducción	1
1.1. Objetivo general	1
1.2. Objetivos específicos	1
Capítulo 2 Marco Teórico	2
2.1. Del tráfico a la movilidad sostenible	2
2.2. Espacio público	3
2.3. Accesibilidad	9
2.4. Modelos de simulación de tráfico	10
Capítulo 3 Análisis de la situación actual	12
3.1. Diagnóstico cualitativo	12
3.2. Diagnostico cuantitativo	24
Capítulo 4 Procesamiento de datos en VISSIM	27
4.1. Desarrollo del modelo	27
4.2. Parámetros de modelación	33
4.3. Calibración	33
Capítulo 5 Propuesta de mejora	39
5.1. Modelo VISSIM	39
5.2. Análisis de resultados del Vissim	40
5.3. Recuperación del espacio público	42
Capítulo 6 Conclusiones	47
Bibliografía	49

## Índice de imágenes

Imagen 1 Dimensiones de una persona en sillas de ruedas	10
Imagen 2 Croquis de la intersección analizada	12
Imagen 3 Esquema de los cruces peatonales	15
Imagen 4 Cruce peatonal A-A, paralelo al puente peatonal, en la Av. Universitaria	16
Imagen 5 Cruce peatonal B-B de la Av. Venezuela	17
Imagen 6 Cruce peatonal B-B de la Av. Venezuela	17
Imagen 7 Cruce peatonal C-C de la Av. Amézaga	18
Imagen 8 Ingreso de la UNMSM	18
Imagen 9 Cruce peatonal D-D de la Av. Venezuela	19
Imagen 10 Cruce de un giro segregado	19
Imagen 11 Paraderos informales al lado del puente peatonal	20
Imagen 12 Líneas de deseo bajo el puente	20
Imagen 13 Ruta analizada	22
Imagen 14 Falta de continuidad de la rampa y vereda en el cruce de Av. Venezuela	22
Imagen 15 Ciclovía sin salida por sardineles	23
Imagen 16 Ingreso al puente peatonal desde la Av. Venezuela (sentido este)	23
Imagen 17 Esquema de la intersección (código de colores)	26
Imagen 18 Modelamiento de arcos y conectores	27
Imagen 19 Modelamiento de vehículo tipo "combi"	28
Imagen 20 Modelamiento de motocicleta	28
Imagen 21 Selección de modelo de automóviles	28
Imagen 22 Definición de rutas estáticas	29
Imagen 23 Asignación de demanda por ruta	29
Imagen 24 Definición de áreas de reducción de velocidad	30

Imagen 25 Definición de áreas de conflicto y reglas de prioridad	30
Imagen 26 Uso de cajón de estacionamiento como paradero de transporte público	31
Imagen 27 Definición de ciclos semafóricos	31
Imagen 28 Definición de áreas peatonales	32
Imagen 29 Definición de comportamiento peatonal en la intersección	32
Imagen 30 Parámetros de simulación	33
Imagen 31 Parámetros de Wiedemann	34
Imagen 32 Variación de promedio y desviación estándar de acuerdo a variación en additive part	35
Imagen 33 Variación de promedio y desviación estándar de acuerdo a variación en standstill distance	36
Imagen 34 Randomization test	37
Imagen 35 Parámetros de Wiedemann calibrados	37
Imagen 36 Randomization Test de diferencia de medias	38
Imagen 37 Programación semafórica propuesta	39
Imagen 38 A la izquierda la situación actual de la Av. Universitaria en sentido Sur con 5 carriles. A la derecha la propuesta de reducción a 3 carriles	40
Imagen 39 Nuevos giros libres desde Av. Venezuela a Av. Universitaria	40
Imagen 40 Comparativa del ciclo semafórico	42
Imagen 41 Cruce peatonal actual en la Av. Venezuela	43
Imagen 42 Imagen referencial de la propuesta para los cruces peatonales	43
Imagen 43 Estado actual de la vía adyacente a la UNMSM	43
Imagen 44 Imagen referencial de la propuesta para la vereda	44
Imagen 45 High Line Elevated Park en Nueva York, EEUU	45
Imagen 46 Seoulllo 7017 en Seúl, Corea del Sur	45

Imagen 47 Propuesta para el puente peatonal	45
Imagen 48 La Morera Mercado en CDMX, México	46
Imagen 49 La Morera Mercado en CDMX, México	46
Imagen 50 Propuesta debajo del by-pass	46



## Índice de tablas

Tabla 1 Doce Criterios de Calidad	7
Tabla 2 Longitudes de cola recogidas en campo	25
Tabla 3 Velocidades instantáneas obtenidas en campo	26
Tabla 4 Comparación de colas en Av. Venezuela EO	41
Tabla 5 Comparación de colas en el resto de ingresos de la intersección	41



## **Capítulo 1 Introducción**

La sostenida construcción y asignación de infraestructura al automóvil privado visto como solución a los problemas de transporte ha ocasionado que dentro de las ciudades se generen pasos a desnivel y autopistas urbanas, generando segregación y fragmentación. Actualmente las políticas planteadas en Lima se enfocan en el aumento de infraestructura vial siendo este un enfoque desfasado respecto de las nuevas tendencias hacia las personas, transporte público y micro movilidad.

### **1.1. Objetivo general**

El objetivo general de este proyecto es analizar las condiciones de circulación vehicular y peatonal en la intersección de la Av. Universitaria y Av. Venezuela en la ciudad de Lima y plantear una propuesta de mejora bajo el enfoque de la movilidad sostenible.

### **1.2. Objetivos específicos**

- Analizar la intersección indicada en el alcance para los distintos grupos de usuarios, identificando las fortalezas y oportunidades de mejora.
- Proponer mejoras de infraestructura y gestión con énfasis en la movilidad urbana, procurando la recuperación del espacio público.
- Verificar la conveniencia de la propuesta y como afecta a la circulación de vehículos a través de la modelación de la intersección con el software Vissim 6.0 y sus indicadores.

## **Capítulo 2 Marco Teórico**

### **2.1. Del tráfico a la movilidad sostenible**

Las ciudades, pese a haber sido concebidas históricamente como compactas y formadas por un conjunto limitado de calles alineadas generalmente en forma de damero, atravesaron procesos de expansión territorial que tuvieron como objeto de diseño al automóvil, cuyo uso como modo de transporte ha venido creciendo de manera sostenida desde su aparición. La relación entre las formas físicas de las ciudades y los modos de transporte predominantes, que por mucho tiempo se había considerado de causalidad, es en realidad recíproca y circular, por lo que se influyen permanentemente una a otra (Miralles-Guasch, 2002). Teniendo en cuenta esta interdependencia queda claro que, si el enfoque sigue siendo el de dar facilidades para la circulación de los automóviles, entonces las ciudades seguirán transformándose y enfocándose solo en ampliar la infraestructura necesaria para ello.

Sin embargo, la creación de mayor infraestructura solo ha generado la constante expansión del espacio urbano, no correspondiendo de manera sostenida ni sostenible con las mejores condiciones de circulación de los automóviles ni sus externalidades (Herce, 2009). Por ello se hace necesario el cambio de enfoque, de paradigma, respecto al objeto de diseño o de estudio en el planteamiento físico de las ciudades. Es así que se transita del énfasis en el tráfico y circulación de vehículos motorizados, al transporte público y la mayor cantidad de personas trasladándose en una vía, a luego la movilidad y el desplazamiento de las personas en cualquier modo de transporte, y finalmente a la movilidad sostenible y el impacto que tienen los desplazamientos sean ambientales, sociales y/o económicos.

Bajo esta misma línea, la construcción de infraestructura urbana, dedicada a dar fluidez al transporte privado sobre otros modos, actualmente no es acorde al enfoque de movilidad sostenible que es necesario adoptar. Sumándose el hecho de que esta infraestructura se diseña

procurando mantener una velocidad alta de circulación es que se empieza a observar autopistas urbanas o intercambios viales que no armonizan con los usos circundantes. Este tipo de facilidades para el transporte privado relega al resto de usuarios de las vías además de asignarles espacios residuales y crear efectos barrera y fragmentación urbana.

## **2.2. Espacio público**

El espacio público, en una de sus acepciones, es definido como el lugar no privado, de libre acceso de cualquier ciudad o territorio en el que las personas son libres de ocupar. Si bien se manejan otras diferentes acepciones como lugar de experiencias, imaginario urbano o incluso redes sociales digitales, es el espacio físico el que se abordará en este punto. Vega Centeno (2006) lo define como un espacio donde existe absoluta libertad de circulación y que ofrece principalmente en sí la libertad de acción y el derecho a permanecer inactivo. El espacio público por excelencia, pero no siempre reconocido como tal, es la calle, habitada y ocupada naturalmente pero también de forma inducida por los habitantes del espacio urbano o rural.

Así pues, se puede diferenciar a las calles en primera instancia de acuerdo al uso que se le dé: de pasar o de estar (Gehl y Gemzoe, 2002); siendo la primera una correspondiente con el alto tránsito de usuarios que por ella circulan y la segunda una que invita a la estancia y a la permanencia sea por atractivos privados o públicos. Ahora bien, la clasificación de calle de pasar corresponde adicionalmente a una que no representa origen o destino de viajes, que por diversos motivos no es atractiva para su disfrute, más aún para quienes la circulan a pie o en modos de transporte no motorizado. Esta clasificación de calles tiene correspondencia con los usos que los mismos autores atribuyen al espacio público: lugar de encuentro, mercado y espacio de tránsito.

Bajo ese mismo enfoque, Gehl (2011) también diferencia tres tipos de actividades generales que se dan en la calle: las necesarias, las opcionales y las sociales. Las actividades necesarias

son las ineludibles u obligatorias, y que se darán sin mayor influencia del estado de la calle. Las actividades opcionales son aquellas que se dan por elección y si es que el ambiente y el tiempo lo permiten o son favorables. Y las actividades sociales son las que dependen de la presencia de gente alrededor; la interacción con este público puede ser de distintos grados de complejidad: desde una forma pasiva que involucra solo ver u oír alrededor hasta participar de actividades comunitarias como juegos o debates. Este último tipo puede ser visto también como una actividad resultante de las dos anteriores ya que la socialización deriva justamente de la realización de estas: de pasar al lado de otros peatones, saludar al vecino camino a la estación o disfrutar de un espectáculo al aire libre.

Adicionalmente, Herce (2009) señala que “la riqueza del espacio público proviene de la diversidad de actividades que se dan en él y de la capacidad de adaptación a la mutación en el tiempo de esas actividades”. De forma recíproca, se espera que mientras más ventajas y menos desventajas se encuentren en la calle, más amplio será el rango de actividades urbanas que en ella se desarrollen. Así, itinerarios atractivos o lugares para ver a lo largo del camino incentivarán que los peatones los usen no solo para atravesarlos sino también para pasear, demorándose en su recorrido, promoviendo actividades sociales y recreativas (Gehl y Gemzoe, 2002). Entonces, se puede decir que las mejoras del marco físico que sostiene estas actividades sociales alentarán el aumento en su cantidad, duración y alcance; y que a su vez la capacidad que proporciona el espacio para que la gente la atraviese, pasee o permanezca de manera sencilla y con confianza es una característica fundamental de las ciudades buenas y placenteras (Gehl, 2011).

Respecto a las características que hacen del espacio público un lugar placentero, el mismo Gehl (2011) las resume en principio en tres categorías: la protección física de los usuarios, las opciones e instalaciones que se ofrecen para usar y aprovechar el espacio, y las comodidades y

opciones de entretenimiento. Sobre la protección física, por un lado, se pone énfasis en los accidentes de tráfico vehicular y en general la seguridad vial. Este requerimiento no se basa únicamente en la seguridad sustantiva, sino que debe contemplar también la subjetiva, la sensación de seguridad (Dextre y Avellaneda, 2013), que permitirá por ejemplo que los niños puedan desplazarse sin tener que ir de la mano de sus cuidadores. Este requerimiento incluye también la toma de medidas de pacificación del tráfico, o de los principios del Woonerf, que contribuye a la reducción de la contaminación ambiental y del ruido, propiciando un ambiente más saludable en el que se pueda conversar en la calle sin tener que alzar la voz (Appleyard, 1980; Gehl, 2011).

Por otro lado, el requerimiento de protección hace referencia también a los niveles de criminalidad e inseguridad ciudadana y cómo puede influir el estar rodeado de otros transeúntes en la calle o solo ser visto desde el interior de los espacios privados en la sensación de protección mutua (Gehl, 2011). De esta forma se genera un círculo virtuoso pues la sensación de seguridad invita a realizar actividades en la calle, lo que genera que más usuarios se unan a estas o nuevas actividades, incluso si es solo para presenciarlas, y que haya algún entretenimiento que mirar desde las ventanas y terrazas circundantes, dejando de ser el exterior “tierra de nadie”.

Por otra parte, la protección física también incluye el resguardo de fenómenos o condiciones climatológicas no deseadas, siempre tomando en cuenta las características de cada ciudad en particular (Gehl, 2011). Estas particularidades refieren a que, por ejemplo, mientras en el hemisferio sur se busca la protección del sol intenso, en el hemisferio norte se prefiere un mobiliario que permita disfrutarlo al máximo, dada su escasa presencia a lo largo del año.

En cuanto a las facilidades que se pueden proporcionar a los peatones, Dextre y Avellaneda (2013) hacen referencia a las “5C” como medida de calidad de los espacios peatonales:

- Rutas bien *conectadas* que formen redes que aseguren la accesibilidad.
- *Vías confortables* con superficies adecuadas y suficientes para usuarios con movilidad reducida y que consideren la percepción de seguridad
- Redes *convenientes* que prioricen al peatón especialmente en los crucesos.
- Infraestructura bien *cuidada* que incluye su limpieza, conservación y mantenimiento.
- Espacios *claros*, bien señalizados e iluminados, que aseguren buena visibilidad.

Gehl (2011) complementa esta propuesta enfatizando el hecho de que en un itinerario peatonal se debe evitar cada vez que se puedan los cambios de nivel y se deben hacer los cruces lo más directos y cortos posibles, pero que si es necesario estos cambios de nivel deberán darse por medio de rampas. También menciona que, en la instalación del mobiliario, útil y necesario para las actividades opcionales, se debe tener en cuenta que este integre a los usuarios al resto de sucesos alrededor. Es decir, la orientación de las bancas debe dirigirse hacia el centro de las actividades, por donde pasa la gente o hay juegos de niños; los apoyos para estar de pie deben estar en lugares que ofrezcan sombra si es necesario y a distancia suficiente para mantener una conversación con otros transeúntes sin que se invada el espacio personal de cada uno.

Y en cuanto a las opciones de entretenimiento, se espera que las ciudades y la infraestructura que la conforma mantengan una escala humana, a nivel de la persona. Esto quiere decir que por ejemplo los edificios de fachadas o formas atractivas puedan ser apreciados desde el nivel de vereda y no solo en fotos o desde miradores, o que el ancho de las calles sea tal que permita ver lo que se exhibe al otro lado de ella de modo que siempre haya un atractivo para permanecer en la zona (Gehl, 2011). Es con este tipo de atractivos visuales que la calle se puede volver un destino e invitar a pasear por ella.

Entonces, se concluye que las características del diseño urbano pueden influir en la calidad de las actividades sociales que se desarrollan en el espacio público, esto teniendo en cuenta que

las actividades comunitarias de baja complejidad, como ser un espectador, pueden dar cabida a otros de más alta complejidad cada vez, como entablar una conversación con otro espectador o encontrarse con algún conocido en la ruta. Es decir, la presencia de atractivos en la calle puede generar contactos sociales de mayor intensidad y actividades que inicialmente eran solo necesarias se tornan en opcionales, por ejemplo, ir a comprar a la tienda se vuelve un paseo por el barrio.

Por ello, una forma resumida y estandarizada de evaluar la calidad de la calle fue diseñada por el Gehl Institute: Los Doce Criterios de Calidad; que es una herramienta de investigación del espacio público basada en el estudio y análisis de las tres categorías antes mencionadas: seguridad, confort y disfrute.

Tabla 1 Doce Criterios de Calidad

	Protection	Comfort	Enjoyment
Protection	<p><b>Protection against traffic and accidents.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Do groups across age and ability experience traffic safety in the public space? Can one safely bike and walk without fear of being hit by a driver?</li> </ul>	<p><b>Options for mobility.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Is this space accessible? Are there physical elements that might limit or enhance personal mobility in the forms of walking, using of a wheelchair, or pushing a stroller? Is it evident how to move through the space without having to take an illogical detour?</li> </ul>	<p><b>Options for seeing.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Are seating options placed so there are interesting things to look at?</li> </ul>
Comfort	<p><b>Protection against harm by others.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Is the public space perceived to be safe both day and night? Are there people and activities at all hours of the day because the area has, for example, both residents and offices? Does the lighting provide safety at night as well as a good atmosphere?</li> </ul>	<p><b>Options to stand and linger.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Does the place have features you can stay and lean on, like a façade that invites one to spend time next to it, a bus stop, a bench, a tree, or a small ledge or niche?</li> </ul>	<p><b>Options for talking and listening/hearing.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Is it possible to have a conversation here? Is it evident that you have the option to sit together and have a conversation?</li> </ul>
Enjoyment	<p><b>Protection against unpleasant sensory experience.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Are there noises, dust, smells, or other pollution? Does the public space function well when it's windy? Is there shelter from strong sun, rain, or minor flooding?</li> </ul>	<p><b>Options for sitting.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Are there good primary seating options such as benches or chairs? Or is there only secondary seating such as a stair, seat wall, or the edge of a fountain? Are there adequate non-commercial seating options so that sitting does not require spending money?</li> </ul>	<p><b>Options for play, exercise, and activities.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Are there options to be active at multiple times of the day and year?</li> </ul>
	<p><b>Scale.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Is the public space and the building that surrounds it at a human scale? If people are at the edges of the space, can we still relate to them as people or are they lost in their surroundings?</li> </ul>	<p><b>Opportunities to enjoy the positive aspects of climate.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Are local climatic aspects such as wind and sun taken into account? Are there varied conditions for spending time in public spaces at different times of year? With this in mind, where are the seating options placed? Are they located entirely in the shadows or the sun? And how are they oriented/placed in relation to wind? Are they protected?</li> </ul>	<p><b>Experience of aesthetic qualities and positive sensory experiences.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Is the public space beautiful? Is it evident that there is good design both in terms of how things are shaped, as well as their durability?</li> </ul>

Fuente: Extraído de Twelve Qualitative Criteria. Gehl Institute

Finalmente, de acuerdo a los usos efectivos que se le da al espacio público, Gehl y Gemzoe (2002) clasifican a las ciudades de la siguiente forma:

- Ciudad tradicional: aquella en la que se encuentran coexistiendo de forma equilibrada los usos de lugar de encuentro, mercado y de tránsito
- Ciudad invadida: aquella con espacios degradados generalmente por la invasión de los modos de transporte predominantes, en los que se toma el espacio antes democráticamente distribuido entre los diversos modos. La degradación del ambiente hace que la gente que frecuenta estas zonas lo haga por obligación (por ejemplo, debido a la ubicación de un destino) y no con fines de paseo o disfrute.
- Ciudad abandonada: mayormente ocurre en ciudades no históricas en las que el automóvil pudo ocupar la mayor cantidad de espacio sin resistencia del resto de usuarios.
- Ciudad reconquistada: aquella en la que se recuperan o crean atractivos que le devuelven su característica de “lugar de estancia” y que además se proporcionan las condiciones físicas para que dicha estancia sea placentera.

Esta última concepción de ciudad reconquistada va de la mano con la democratización del espacio público. La asignación de la mayor cantidad de área de calle dedicada a los autos privados se torna inequitativa para la cantidad de personas que transporta a diferencia, por ejemplo, del transporte público (Dextre y Avellaneda, 2014). Esta mala distribución del espacio se vuelve injusta hacia modos de transporte masivos, pero también a los modos de a pie y en bicicleta, porque aún su atención es escasa y la infraestructura y gestión son deficientes. Es así que un diseño de las calles con consideraciones de movilidad sostenible requiere que se reivindique una distribución en pro de estos modos.

### **2.3. Accesibilidad**

La Corporación Ciudad Accesible & Boudeguer Squella Arq (2010) define la accesibilidad como el conjunto de características que debe disponer un entorno urbano, edificación, producto, servicio o medio de comunicación para ser utilizado en condiciones de comodidad, seguridad, igualdad y autonomía por todas las personas, incluso por aquellas con capacidades motrices o sensoriales diferentes. (p. 12)

La movilidad, percepción y comprensión del entorno urbano pueden resultar más difíciles para aquellas personas con algún tipo de discapacidad. Los peatones se suelen encontrar con múltiples obstáculos en sus recorridos por la ciudad y en muchos casos estos pueden poner en riesgo su seguridad, y estas situaciones se pueden agravar aún más si el peatón presenta algún tipo de discapacidad. Por ejemplo, la ocupación de veredas o rampas peatonales por vehículos mal estacionados, la inadecuada ubicación del mobiliario urbano ubicado que reduce el ancho efectivo de las aceras, falta de mantenimiento de las superficies, etc., estos obstáculos pueden generar itinerarios muchas veces intransitables para los peatones.

La accesibilidad en los espacios públicos permite a todas las personas utilizar y aprovechar los servicios de la ciudad en igualdad, teniendo en especial consideración a las personas con discapacidad. Solo de esta manera se estaría asegurando el cumplimiento del derecho a la ciudad.

Es por ello que se deben considerar a estos grupos como sujetos de diseño para conseguir su inclusión en estos ambientes. Las aceras deberían permitir que dos personas en sillas de ruedas se adelanten entre sí, entonces se necesitan franjas de circulación mayores a 2 m, estas bandas no deben estar obstruidas y el pavimento debe ser firme. Además, se debe proporcionar pavimento táctil en las rampas de las aceras y otra transición entre área peatonal, vehicular o zonas compartidas, este pavimento debe tener una textura y color distintivo para alertar a las

personas que están por entrar a una zona de conflicto. También las señales que se usen en las calles deben ser legibles y fácil de entender para todas las personas.

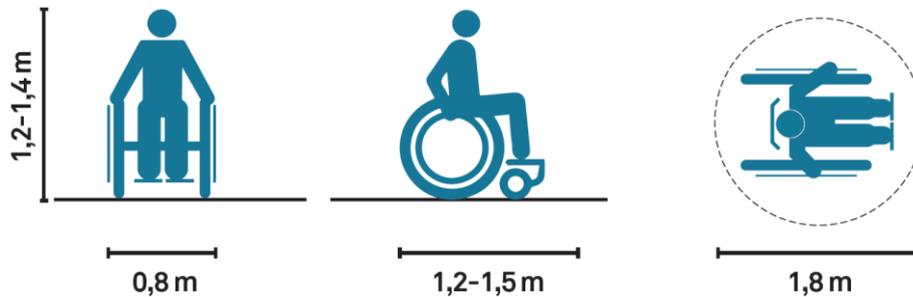


Imagen 1 Dimensiones de una persona en sillas de ruedas  
Fuente: Extraído de NACTO (2012)

#### 2.4. Modelos de simulación de tráfico

La simulación surge de la necesidad de modelar situaciones reales o hipotéticas de tal forma que se pueda estudiar su funcionamiento y predecir su comportamiento. Además, el problema de la congestión vehicular en las ciudades ha producido que se desarrollen nuevos modelos para analizar el tráfico vehicular, en varios niveles de detalles y escala.

Los modelos macroscópicos o estratégicos se caracterizan por abarcar zonas muy extensas y modelan el equilibrio de los viajes entre modos disponibles. Este enfoque, no desarrolla modelos de vehículos individuales sino de un flujo de vehículos, se le puede comparar a modelos de dinámica de fluidos, ya que analiza fluidos sin interrupciones ni interacciones.

También tenemos los modelos mesoscópicos que buscan agrupar vehículos de características similares para generalizar cualidades. Esta simulación se podría considerar como un nivel intermedio entre lo macroscópico y microscópico.

Finalmente contamos con los modelos microscópicos, que simula los movimientos y reacciones de vehículos individuales, ciclistas y peatones utilizando modelos de comportamiento (TfL, 2021). Estos modelos analizan áreas más pequeñas debido a la gran cantidad de datos que se debe recolectar.

En el presente trabajo se utilizó el software VISSIM para el modelamiento del flujo vehicular y VISWALK para el flujo peatonal.



## Capítulo 3 Análisis de la situación actual

### 3.1. Diagnóstico cualitativo

El cruce de la Av. Universitaria con Av. Venezuela conecta a 4 distritos de la capital: Cercado de Lima, San Miguel, Pueblo Libre y Breña. Además, la Av. Universitaria es el corredor que conecta a los distritos de Lima Oeste con los de Lima Norte, y la Av. Venezuela conecta directamente al centro de Lima con el Callao. Cerca de este cruce se encuentran, además de zonas comerciales de variados rubros, dos de las universidades más grandes e importantes de la ciudad, todo esto genera una gran atracción de viajes diarios a la zona que resulta en el alto nivel de tránsito en la misma.



Imagen 2 Croquis de la intersección analizada  
Fuente propia

La importancia y el tipo de atractivos de las avenidas en la red de la ciudad hace que se encuentren usuarios de diversas características físicas, predominando en la observación la presencia de jóvenes adultos universitarios de entre 20 y 30 años, tanto hombres como mujeres. Así mismo, se puede encontrar en el área comerciantes ambulantes, sobre todo en las veredas

cercanas a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), y debajo del by-pass, buscando protección del sol.

En el año 2007 se inició la construcción de un intercambio vial a desnivel (by-pass) el cual por conflictos con los terrenos de la UNMSM quedó inconcluso (Diario El Comercio, 2019). Esto generó que permanezca infraestructura en la zona, como columnas de concreto, inutilizadas que entorpecen la circulación de las personas o como el puente peatonal. La existencia de este puente ha dejado además áreas residuales e inadecuadas para los servicios que deberían brindar como paraderos, veredas y cruces peatonales. Adicionalmente, los carriles para autos que quedaron a los lados del by-pass se volvieron insuficientes, específicamente en la Av. Venezuela en dirección Este a Oeste, debido a que el movimiento hacia la izquierda se había proyectado a ser cubierto por el intercambio que no llegó a ser construido.

La Av. Universitaria va en dirección Norte-Sur hasta la Av. Venezuela, con 3 carriles en sentido al Norte y 5 hacia el Sur, y mediana con jardines y una ciclovía bidireccional en ella. Por esta avenida circulan vehículos de transporte público (buses y microbuses), privado (automóviles y motocicletas) y en menor medida de carga ligera (camionetas rurales) y pesada (camiones). En sentido al Norte los vehículos por lo general toman el giro segregado o siguen de frente, son casi inexistentes los que deciden girar en U cuando su radio de giro lo permite. Su continuación es la Av. Amézaga y es de un solo sentido hacia el Norte con 3 carriles en los que circula transporte público, privado y algunos de carga. La importancia de esta última es el ingreso principal a la UNMSM.

La Av. Venezuela va en dirección Este- Oeste y contiene un by-pass elevado con 3 carriles en cada sentido en los que se puede encontrar de forma predominante transporte privado, luego público y de carga. A nivel de vereda, a cada lado del by-pass, cuenta con 2 carriles en sentido al Este y 2 carriles hacia el Oeste, estos últimos llegan solo hasta la Universitaria. Respecto a

los vehículos que van de frente al Este, la demanda es escasa ya que la forma más eficiente de cruzar es a través del by-pass; entonces los que se ven son los que necesitan recoger pasajeros en el cruce o tienen origen o destino en los alrededores. Adicionalmente se observa demanda del giro segregado a la Av. Universitaria. Respecto a los que van al Oeste, aunque predominan los privados, se observa gran cantidad de público que en su mayoría tomará el giro a la izquierda hacia la Universitaria. Los otros vehículos giran a la derecha hacia Amézaga y algunos pocos giran en U para volver a la Av. Venezuela hacia el Este.

Desde Venezuela sale un giro segregado de 2 carriles hacia Universitaria (Sur) y desde Universitaria sale un giro segregado también de 2 carriles a Venezuela (Este). En ambos casos circula transporte privado, público y en menor medida de carga. Todos estos ingresos y salidas mencionados se encuentran semaforizados.

Sobre la Universitaria se ubican 2 paraderos efectivos de transporte público en sentido al Norte, uno inmediatamente antes del cruce y otro frente a la puerta de la Universidad San Marcos, en la Av. Amézaga. El paradero hacia el Sur no afecta el funcionamiento de la intersección, por lo que no se incluyó en el análisis. En la Venezuela hacia el Oeste hay un paradero antes de la intersección, después del cual la sección se estrecha y reduce de 3 a 2 carriles. Hacia el Este hay 2 paraderos: uno inmediatamente antes de la intersección y uno inmediatamente después.

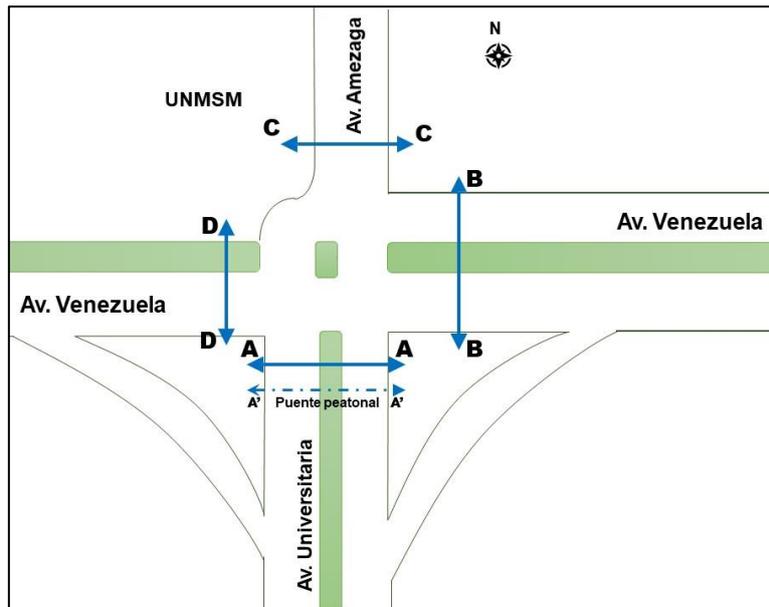


Imagen 3 Esquema de los cruces peatonales  
Fuente propia

En cuanto a la infraestructura para los peatones, hay un puente peatonal para cruzar los 8 carriles de la Universitaria y este cruce también cuenta con uno a nivel de la vereda (cruce A-A), que es en realidad el preferido por los usuarios e incluso cuenta con una fase semafórica peatonal dedicada. Sin embargo, la ubicación y dimensiones de los pilares del puente no permiten que el cruce a nivel de vereda sea cómodo ni accesible pues de un lado se llega a la ciclovía protegida por un sardinel y del otro a un jardín también protegido por un sardinel y que además funge de paradero. Además, estos mismos pilares se encuentran rodeados de jardines y las veredas conectan únicamente los accesos al puente con los cruces peatonales de los giros segregados. Sobre la vereda Oeste se han colocado rejas que limitan el ancho efectivo del cruce (ver Imagen 4).



Imagen 4 Cruce peatonal A-A, paralelo al puente peatonal, en la Av. Universitaria  
Fuente propia

Por otro lado, el cruce peatonal de la Av. Venezuela Este (cruce B-B) está a nivel de vereda, es semaforizado y va por debajo del by-pass, donde la superficie construida solo conecta ambos cruces y está rodeada por terrenos baldíos. Además, toda la zona bajo el by-pass está cercada por rejas que limitan su acceso. En el extremo opuesto al puente peatonal se encuentran un par de columnas inutilizadas que limitan la visibilidad a los usuarios (ver Imagen 5). Las rampas a lo largo de este cruce se limitan a cumplir las dimensiones mínimas reglamentarias (Norma A.120 Accesibilidad para personas con discapacidad y de las personas adultas mayores, 2019) (ver Imagen 6).



Imagen 5 Cruce peatonal B-B de la Av. Venezuela  
Fuente propia



Imagen 6 Cruce peatonal B-B de la Av. Venezuela  
Fuente: Google Maps

El cruce de la Av. Amézaga, (cruce C-C) está a nivel de vereda y es semaforizado, de un extremo no hay rampa y a lo ancho del cruce, sobre la vereda, se encuentran postes de alumbrado público que reducen el ancho efectivo (ver Imagen 7). Del otro lado no se llega a una vereda propiamente dicha, sino a un sardinel de unos 30 cm de ancho que contiene a un terreno baldío por el cual se llega a la puerta de la UNMSM y conecta con el cruce de la Av. Venezuela Oeste (cruce D-D) (ver Imagen 9). Esta última conexión no tiene superficie

construida, es decir sigue sobre terreno baldío y es protegido por un guardavía hasta que alcanza primero un tramo de la ciclovia que viene de Universitaria y después una senda peatonal, ambos nuevamente bajo el by-pass. Estas sendas también se encuentran cercadas por rejas y rodeadas por terreno baldío. Para terminar de cruzar la Venezuela el cruce se encuentra semaforizado, pero solo la ciclovia tiene continuidad, ya que la vereda se corta por la presencia de uno de los pilares del puente peatonal (ver Imagen 9).



Imagen 7 Cruce peatonal C-C de la Av. Amézaga  
Fuente: Google Maps



Imagen 8 Ingreso de la UNMSM  
Fuente: Google Maps



Estructura del puente peatonal que limita el flujo peatonal

Imagen 9 Cruce peatonal D-D de la Av. Venezuela  
Fuente: Google Maps

Finalmente, los cruces de los giros segregados se encuentran ambos semaforizados y con rampas que cumplen con las medidas mínimas (ver Imagen 10). Además, para ambos cruces el usuario debe esperar un largo tiempo de rojo antes de cruzar los 2 carriles pese a la poca demanda vehicular de los accesos.



Rampas de dimensiones mínimas

Imagen 10 Cruce de un giro segregado  
Fuente: Google maps

Entre las dificultades que pueden encontrar los peatones se reconoce en primer lugar la falta de veredas o sendas que sean acordes a las líneas de deseo y usos que se le da al espacio como

paraderos o zonas de espera. Así, se exponen a caminar por la calzada o esperar en ella ante la acumulación de personas en los paraderos, bajo riesgo de ser atropellados (ver Imagen 11). Esta situación se refleja además en las marcas en el pasto alrededor de los pilares del puente peatonal, por la que han caminado los peatones para acortar distancias de viaje hasta las siguientes veredas (ver Imagen 12). Esta situación se da pese a que las alturas del puente obstaculizan el paso, reflejando la importancia que los peatones dan a recorrer las distancias más cortas incluso pese a su propio confort.



Imagen 11 Paraderos informales al lado del puente peatonal  
Fuente: Google Maps



Imagen 12 Líneas de deseo bajo el puente  
Fuente: Google Maps

Situación similar se observa en la vereda de la recta de la UNMSM, que es terreno natural sin tratamiento, y dificulta la circulación de los peatones, sobre todo a los usuarios con movilidad reducida. Además, como se indicó previamente, esta senda de tierra llega a la ciclovía, y no hay una conexión con la vereda. Y, continuando este recorrido, cruzando la Av. Venezuela, al no haber vereda los peatones utilizan el tramo de ciclovía, este termina en sardinel, obstaculizando aún más el recorrido de este grupo. Por otro lado, al buscar reducir las distancias que recorren, los peatones cruzan los giros segregados en puntos diferentes al señalado poniendo en riesgo su integridad física, ya que los vehículos que circulan lo hacen a alta velocidad.

Ahora, en segundo lugar, y haciendo énfasis en el grupo de movilidad reducida, la ausencia de rampas, sus dimensiones inadecuadas o mala distribución no permite que se satisfaga de manera segura su movilidad. Por ejemplo, si un usuario se quiere dirigir hacia el paradero hacia el norte en la Av. Universitaria desde la UNMSM, utilizando el cruce D-D y A-A (ver Imagen 13), al cruzar la Av. Venezuela, al no tener continuidad la vereda (ver Imagen 14), podrían utilizar el tramo de la ciclovía pero estarían llegando a un punto muerto pues los sardineles no permiten el paso de manera fluida y además las rejas reducen el ancho efectivo de los cruces (ver Imagen 15). Otra opción sería utilizar el puente peatonal, pero tendrían que caminar por la calzada, poniendo en riesgo su integridad física, para llegar a la vereda que da acceso al puente peatonal (ver Imagen 16).

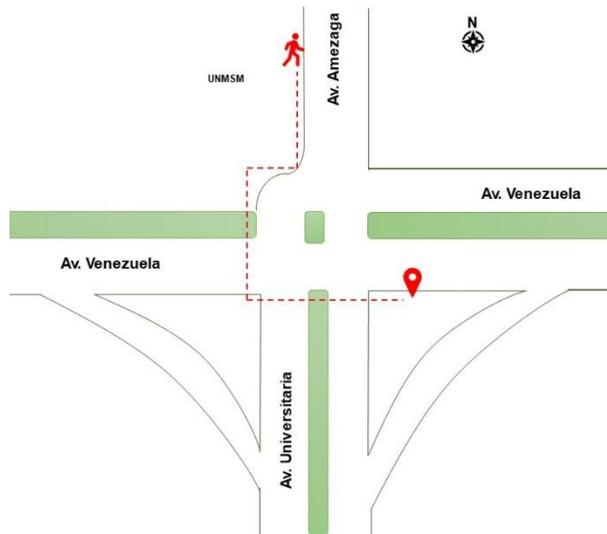


Imagen 13 Ruta analizada  
Fuente propia



Imagen 14 Falta de continuidad de la rampa y vereda en el cruce de Av. Venezuela  
Fuente: Google Maps



Imagen 15 Ciclovía sin salida por sardineles  
Fuente propia



Imagen 16 Ingreso al puente peatonal desde la Av. Venezuela (sentido este)  
Fuente: Google Maps

En tercer lugar, durante las observaciones nocturnas se resaltó la escasa iluminación de la zona, en detrimento de la percepción de seguridad de quienes están. Esta sensación de inseguridad puede incrementarse por la colocación de rejas alrededor de la mayoría de islas, que les quita la posibilidad a los peatones de refugiarse en ellas en caso de riesgo. Se acrecienta también esta sensación negativa por la poca presencia de personas, ya que el espacio no invita a la permanencia de quienes transitan, es decir no hay control social. Esta situación se ve en el

punto peatonal, pero sobre todo en las áreas deshabitadas y enrejadas debajo del by-pass, generando repulsión en los transeúntes.

Utilizando la herramienta Twelve Quality Criteria, (ver Anexo 1) se evaluó la calidad del espacio público. Esta evaluación se llevó a cabo el día sábado de la recolección de datos y el sistema de calificación fue el mismo que el recomendado por el Gehl Institute: asignar 3 puntos por criterio si es que se cumple, 2 puntos si se cumple a medias y 1 punto si no se cumple. Se concluyó que en el área estudiada destacan solo tres características: de protección contra el tráfico y accidentes (protección), de dar opción para conversar y escuchar (confort), y de escala (disfrute); en todos estos casos el puntaje fue de 2, que corresponde a cumplimiento a medias. Para el caso de protección se asigna el puntaje pues los cruces peatonales son semaforizados y señalizados horizontalmente; además existen guardavías, rejas e incluso un puente peatonal, que contribuyen a la percepción de que la seguridad vial ha sido vagamente considerada en el diseño. En cuanto al confort, la cantidad de ruido permite que se desarrollen conversaciones, aunque no haya mobiliario que las facilite. Para el caso del disfrute, se considera la escala medianamente apropiada pues las construcciones alrededor no son muy grandes, salvo el mismo by-pass, pero la construcción del puente resulta exagerada para la distancia que cubre. El resto de características califican con 1 punto pues no cumplen prácticamente con los requisitos planteados. Destacan en este punto la sensación de inseguridad ciudadana por las zonas oscuras circundantes y la poca accesibilidad para personas con movilidad reducida.

### **3.2. Diagnostico cuantitativo**

La información fue recogida en una campaña en el lugar de estudio el día sábado 18/01/2020 entre las 11:30am y las 12:30pm. En el Anexo 2 se indica el Flujograma vehicular direccional y la composición vehicular. De la información registrada, se obtuvo las siguientes longitudes de cola por ingreso a la intersección, por unidades de vehículos y por metros.

Tabla 2 Longitudes de cola recogidas en campo

ACCESO	CARRILES			CARRILES		
	1	2	3	1	2	3
	Cantidades (und)			Cantidades (m)		
Av. Venezuela direc. Oeste	5	2	-----	20	8	-----
	5	5	-----	20	20	-----
	5	2		20	8	
	4	2		16	8	
	5	3	-----	20	12	-----
Av. Venezuela direc. Sur	2	1	-----	8	4	-----
	3	0	-----	12	0	-----
	2	1	-----	8	4	-----
	3	1	-----	12	4	-----
	2	1	-----	8	4	-----
Av. Venezuela direc. Este	18	15	4	72	60	16
	17	15	7	68	60	28
	17	13	7	68	52	28
	18	15	7	72	60	28
	17	15	8	68	60	32
Av. Universitaria direc. Norte	23	23	22	92	92	88
	20	21	16	80	84	64
	19	21	15	76	84	60
	20	20	17	80	80	68
	22	20	16	88	80	64

Fuente: Elaboración propia

Se tomó 5 muestras para cada ingreso y se consideró que el largo de los vehículos más la distancia entre ellos sería en promedio de 5m. Este criterio se aplicó en paralelo con el desarrollo del modelo y el proceso de calibración, considerando los fines académicos del presente trabajo. Se tiene en cuenta que dada la distribución de tipos de vehículos en la intersección estudiada la longitud de 5m es insuficiente para reflejar la realidad, teniendo en consideración que una proporción de los vehículos observados eran buses y microbuses de largo mayor incluso a los 5m.

Adicionalmente se registró las velocidades instantáneas de los vehículos en 5 diferentes ingresos y se tomó 30 muestras en cada una (Ver Anexo 4). En la tabla 2 se indica los valores promedio y desviación estándar para cada una. Dada la variabilidad en los resultados de las velocidades y que el presente estudio se enfoca en la mejora de condiciones de la intersección para todos los usuarios y no solo para los conductores de automóvil, se empleará como parámetro de calibración la longitud de cola y no las velocidades.

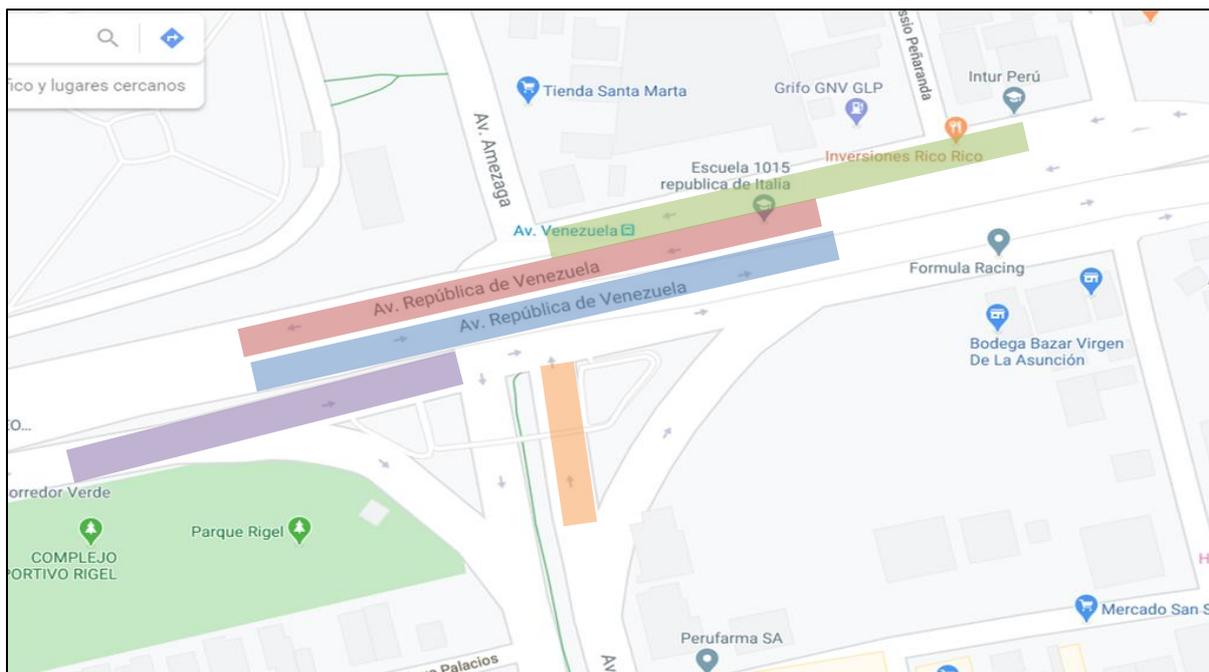


Imagen 17 Esquema de la intersección (código de colores)

Fuente: Adaptado de Google Maps

Tabla 3 Velocidades instantáneas obtenidas en campo

Ingreso	V promedio (km/h)	V desv. Est. (km/h)
Av. Venezuela O-E/ By-pass	55.33	8.70
Av. Venezuela O-E	45.37	10.03
Av. Venezuela E-O/ By-pass	53.43	6.53
Av. Venezuela E-O	31.97	7.36
Av. Universitaria S-N	54.77	6.25

Fuente: Elaboración propia

## Capítulo 4 Procesamiento de datos en VISSIM

### 4.1. Desarrollo del modelo

El modelamiento se inicia seleccionando la imagen de fondo sobre la cual se trazarán las vías y se escala teniendo como referencia el ancho de uno de los carriles. El siguiente paso consiste en el trazo de los arcos y conectores sobre los que circularán los vehículos y los peatones, también se trazó los cruces peatonales. Los conectores se trazan de acuerdo con los movimientos observados en campo.

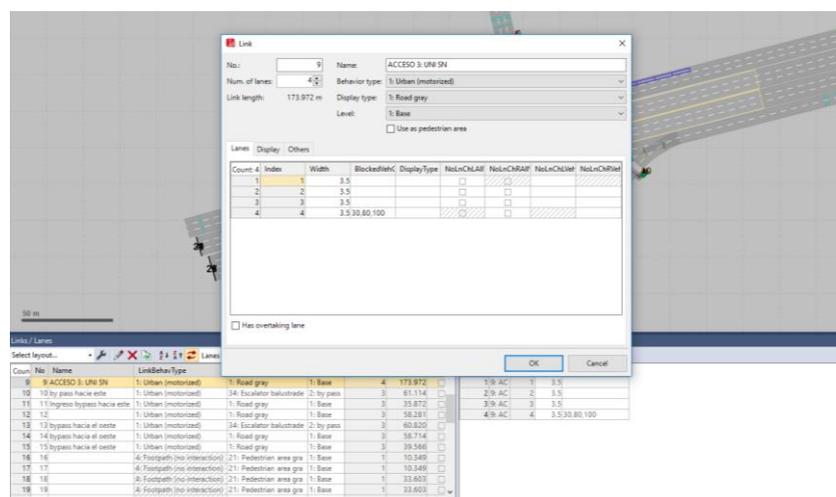


Imagen 18 Modelamiento de arcos y conectores  
Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, se definió los tipos de vehículos que se incluirían en el modelo y sus características. Primero se definió los vehículos “motocicletas” y “combis” en la base de datos del archivo, considerando sus dimensiones y distribución de velocidades y aceleraciones. Para el caso de las combis en vez de introducir un modelo 3D dedicado, se seleccionó un vehículo de similares características de la biblioteca que ofrece el software. También se modificó las longitudes de los buses para hacerlos más cercanos a los observados en campo; y para el caso de automóviles, para llegar a resultados similares a los de campo, se seleccionó los modelos de mayor longitud cargados en el software.

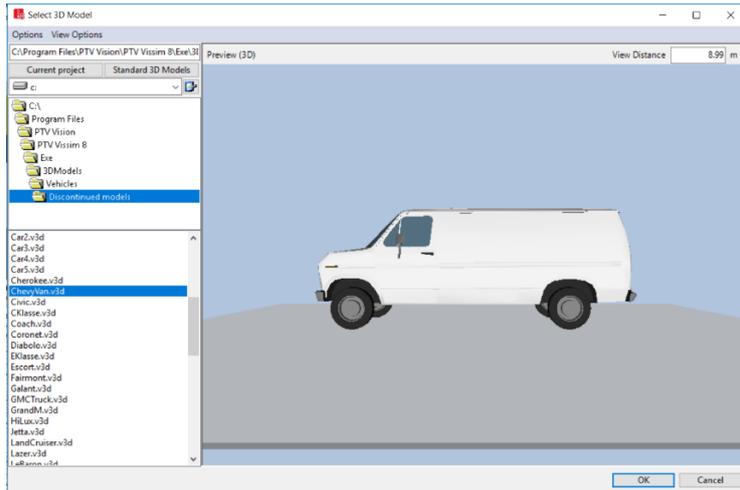


Imagen 19 Modelamiento de vehículo tipo "combi"  
Fuente: Elaboración propia

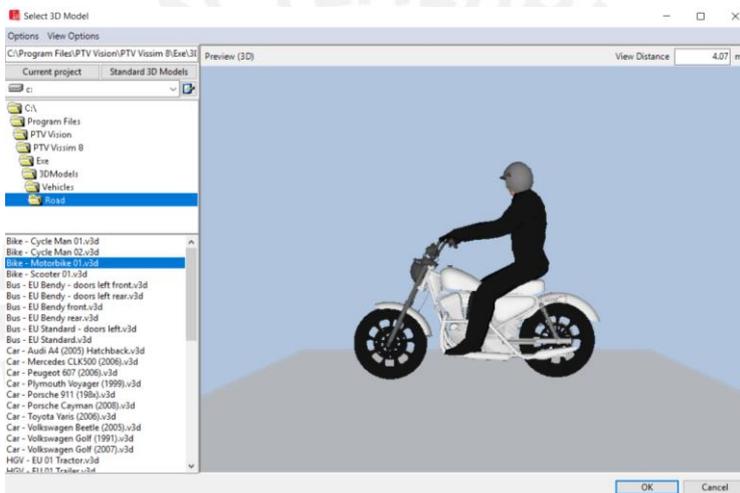


Imagen 20 Modelamiento de motocicleta  
Fuente: Elaboración propia

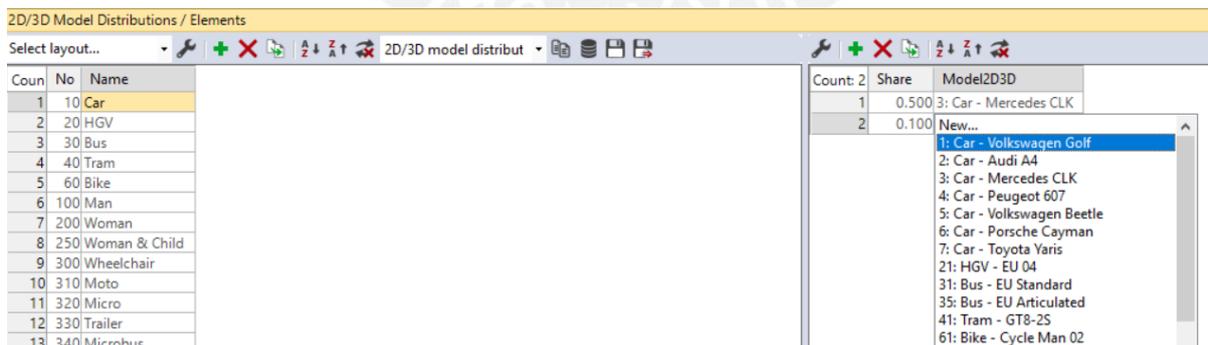


Imagen 21 Selección de modelo de automóviles  
Fuente: Elaboración propia

Luego, se trazó las rutas estáticas para cada tipo de movimiento vehicular, además se definió así para cada tipo de vehículo. De igual forma, se definió la asignación de volumen vehicular

por tipo de vehículo en cada ingreso a la intersección, de acuerdo con los datos recopilados en campo. La decisión de asignar la demanda y las rutas según el tipo de vehículo surge para reducir la cantidad de conflictos que se podrían generar.

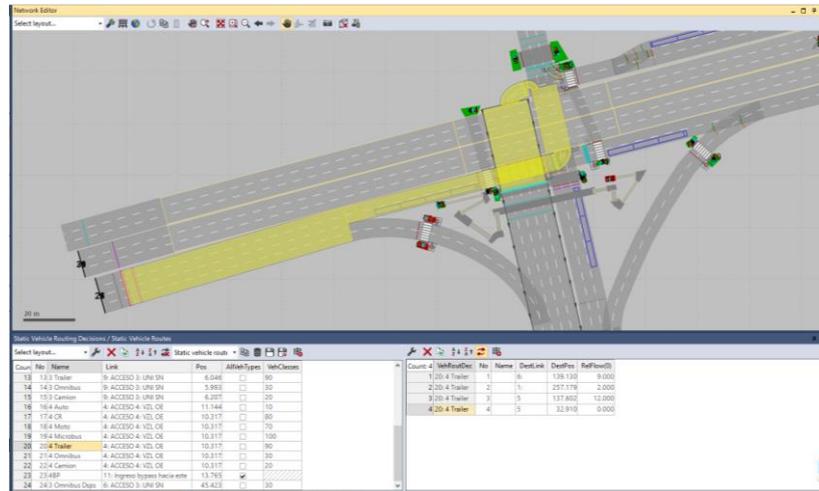


Imagen 22 Definición de rutas estáticas  
Fuente: Elaboración propia

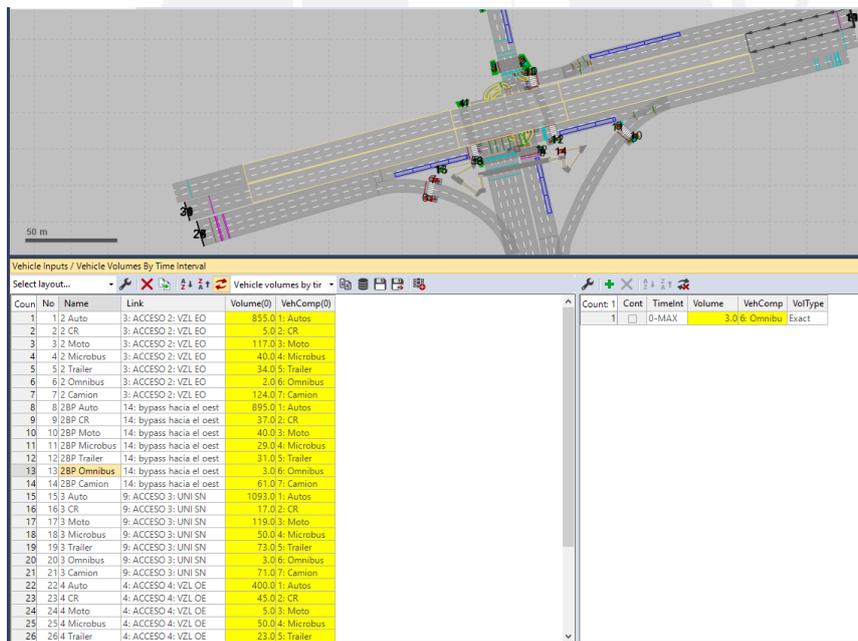


Imagen 23 Asignación de demanda por ruta  
Fuente: Elaboración propia

Si siguiendo con el modelamiento, se definió áreas de reducción de velocidades sobre todo en los giros, ya que es lo que se observaba en campo principalmente para vehículos de gran longitud

como buses y camiones. También, se resaltaron las áreas de conflicto y se definieron prioridades tanto en los cambios de sección de las vías como en los giros a la izquierda.

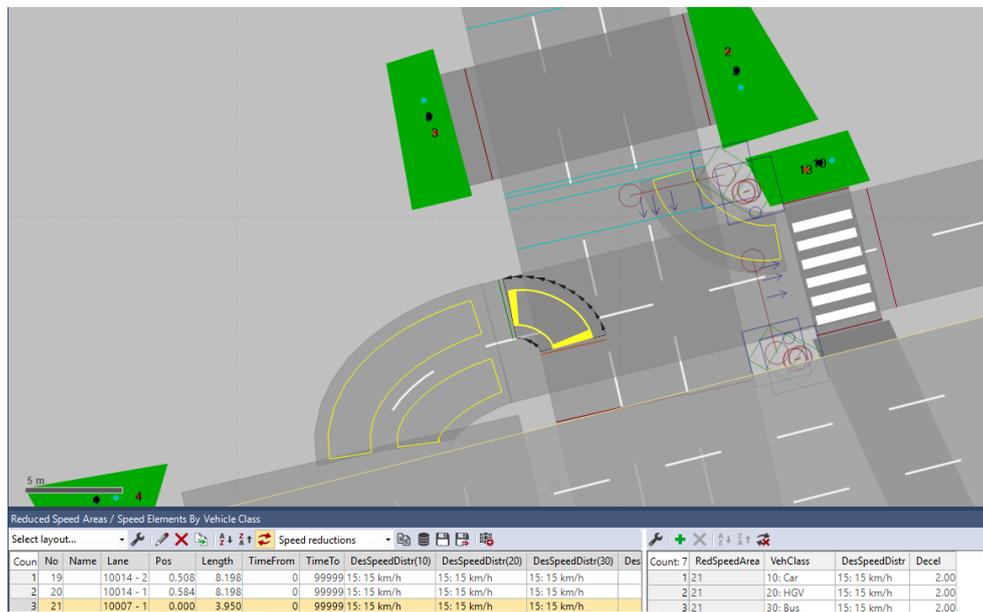


Imagen 24 Definición de áreas de reducción de velocidad  
Fuente: Elaboración propia

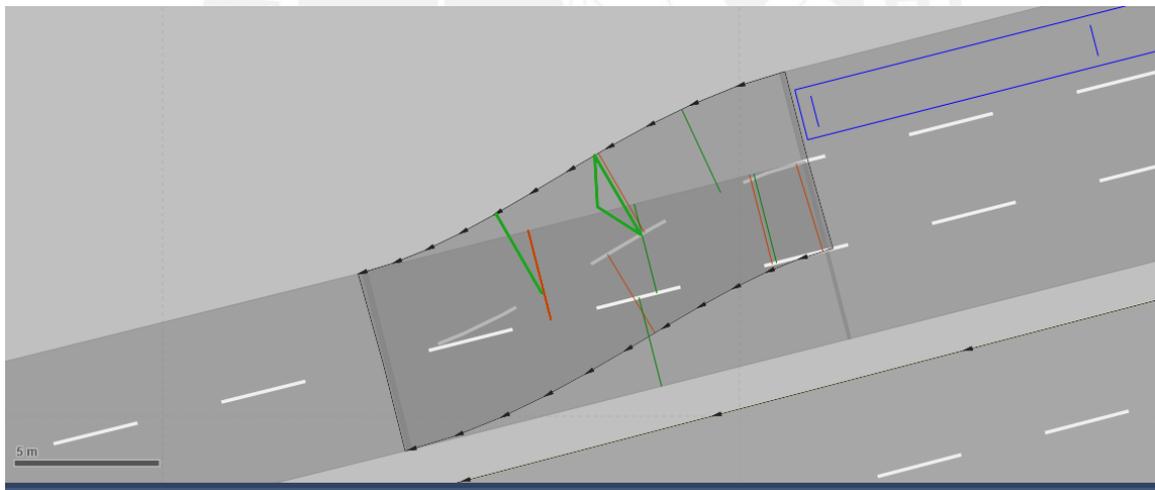


Imagen 25 Definición de áreas de conflicto y reglas de prioridad  
Fuente: Elaboración propia

Para los paraderos de transporte público, por las llegadas irregulares que caracterizan al servicio, se empleó la herramienta de parqueo (parking lots) en vez de las funciones de transporte público propias del programa. De este modo también se evita que dos vehículos que llegan al mismo tiempo intenten ocupar el mismo lugar, lo cual replica el comportamiento de que si un bus ya está en determinado paradero los que vienen detrás y sean de la misma línea



peatón a lo largo de las veredas. En las fases semafóricas se incluyeron también a los cruceos peatonales y para la interacción con los vehículos se definieron las reglas de prioridad.

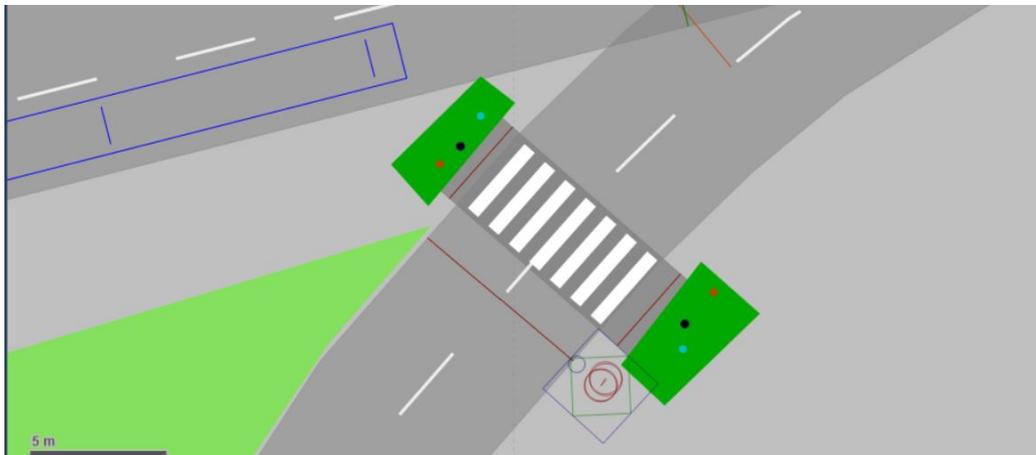


Imagen 28 Definición de áreas peatonales  
Fuente: Elaboración propia

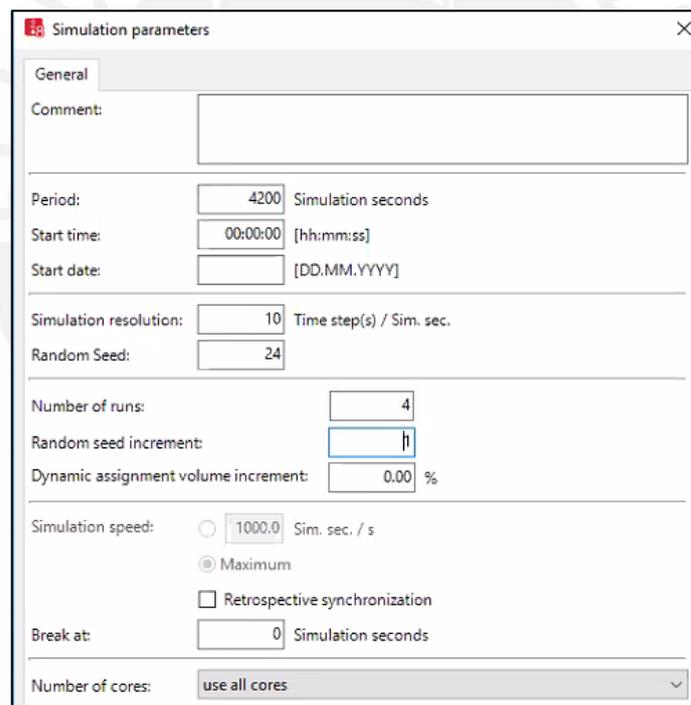


Imagen 29 Definición de comportamiento peatonal en la intersección  
Fuente: Elaboración propia

Luego de modelada la intersección se corrió el modelo para detectar errores y corregirlos. Entre las medidas de corrección tomadas están las modificaciones de reglas de prioridad y ubicación y longitud de sus líneas de parada y áreas de preocupación, distancias mínimas de cambio de carril, bloqueos de carril para ciertos tipos de vehículos, entre otros.

## 4.2. Parámetros de modelación

Después se definieron los parámetros con los que se correría el modelo y de recolección de datos. En este caso, dados los datos disponibles de campo, se seleccionó las longitudes de cola como parámetro a ser evaluado. Para ello se colocó sobre la línea de parada semafórica los contadores de cola, específicamente en los siguientes puntos: sobre la avenida Venezuela en sentido hacia Oeste, en la avenida Universitaria hacia el norte y en el giro desde la avenida Venezuela hacia Universitaria en sentido Sur. Para los datos de simulación se definió el tiempo de simulación en 4,200 segundos (considerando el tiempo de warm-up de 600 segundos) y recolección de datos de longitud de colas y otros parámetros de eficiencia. También se definió el número de corridas inicial en 4, que luego se reevaluaría.



Simulation parameters	
General	
Comment:	
Period:	4200 Simulation seconds
Start time:	00:00:00 [hh:mm:ss]
Start date:	[DD.MM.YYYY]
Simulation resolution:	10 Time step(s) / Sim. sec.
Random Seed:	24
Number of runs:	4
Random seed increment:	1
Dynamic assignment volume increment:	0.00 %
Simulation speed:	<input type="radio"/> 1000.0 Sim. sec. / s <input checked="" type="radio"/> Maximum <input type="checkbox"/> Retrospective synchronization
Break at:	0 Simulation seconds
Number of cores:	use all cores

Imagen 30 Parámetros de simulación  
Fuente: Extraído del modelo de Vissim

## 4.3. Calibración

Una vez terminado el modelamiento de la intersección y resueltos los conflictos, se procede a determinar de manera iterativa el número mínimo de corridas requeridas a partir de la prueba t-Student, el nivel de confianza que en este caso es del 95%, y la desviación estándar. En el

presente estudio, después de probar con un número aleatorio de corridas inicial, se buscó el promedio de longitud de cola que más se acerque al recogido en campo y se decidió emplear este para el proceso de calibración, el cual fue el de la Av. Venezuela que gira hacia la Av. Universitaria en sentido al sur. Para este parámetro escogido además se buscó que la desviación estándar sea baja, de modo que la cantidad de corridas no resulte muy alta, ya que tienen una relación directamente proporcional.

Durante este proceso se observó que la cantidad de corridas requeridas era muy alta (mayor a 30), por lo que se fue variando los parámetros de Wiedemann, que condicionan el comportamiento de conducción de los vehículos del modelo. Es en este punto que inicia el proceso de iteración pues son tres los parámetros que pueden variar: *standstill distance*, *additive part* y *multiplicative part*.

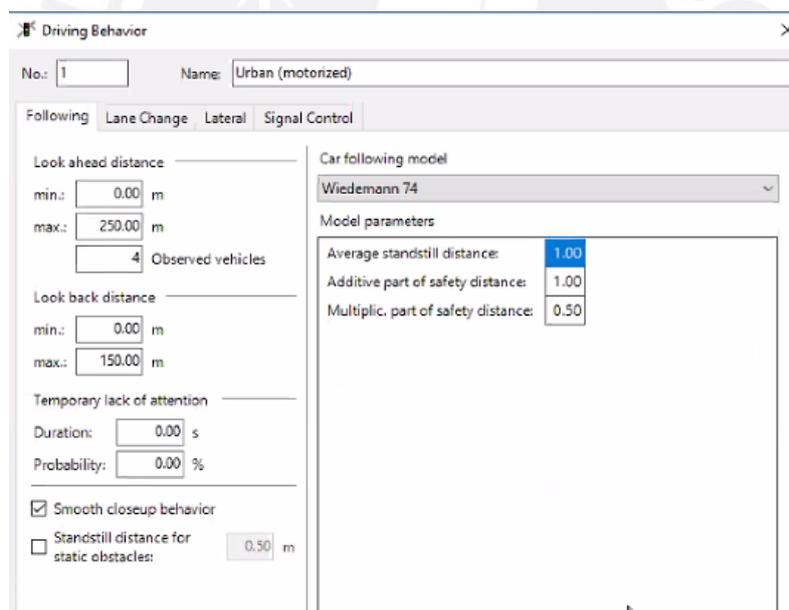


Imagen 31 Parámetros de Wiedemann  
Fuente: Extraído del modelo de Vissim

En el Anexo 5, se presenta una tabla con las iteraciones realizadas, con los parámetros de Wiedemann empleados y los resultados de promedio y desviación estándar obtenidos. De la tabla de resultados se extrae los valores promedio y desviación estándar para iniciar la evaluación del número mínimo de corridas: a menor desviación estándar menor será el número

de corridas requerido, como se indica en la fórmula líneas abajo. A partir de esta relación se fue discerniendo cómo había que variar los parámetros de Wiedemann para determinar la cantidad de corridas necesarias. A modo de ejemplo se muestra en el siguiente gráfico la influencia del parámetro additive part en el valor del promedio y de la desviación estándar cuando el multiplicative part y el standstill distance se mantienen constantes.

$$n_{\text{mín}} \geq (s * \tau)^2$$

Donde:

$n_{\text{mín}}$ : número mínimo de corridas

s: desviación estándar

$\tau$ : factor de distribución T-Student, que depende del grado de libertad y del nivel de confiabilidad.

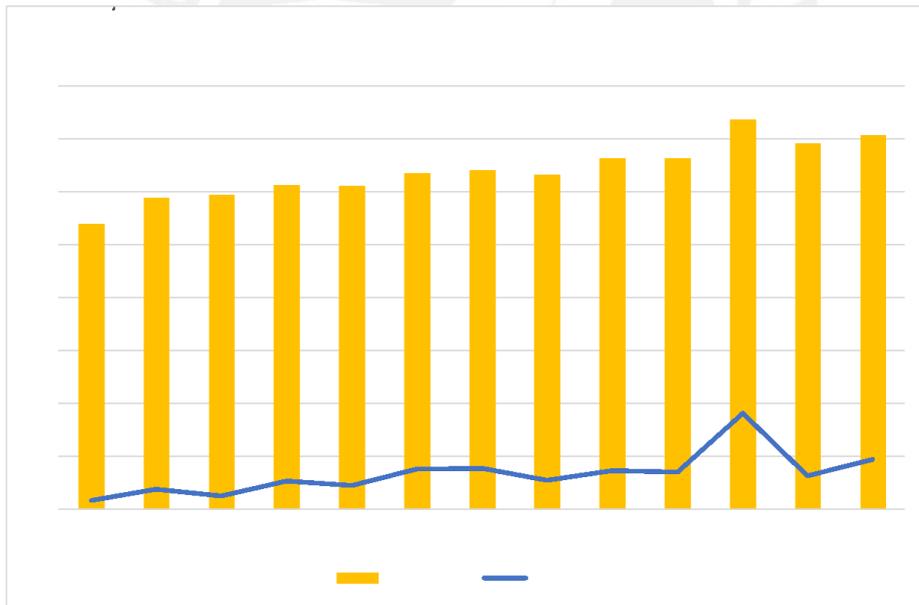


Imagen 32 Variación de promedio y desviación estándar de acuerdo a variación en additive part  
Fuente: Elaboración propia

También se muestra la influencia del *standstill distance* cuando los *multiplicative part* y *additive part* son constantes.

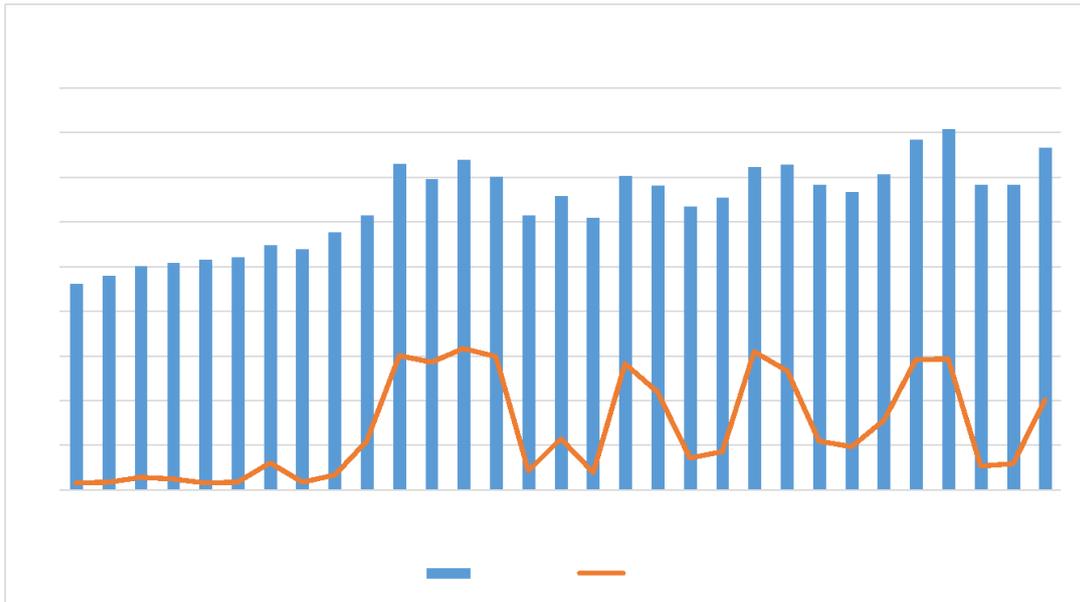


Imagen 33 Variación de promedio y desviación estándar de acuerdo a variación en standstill distance  
Fuente: Elaboración propia

De ambos gráficos se extrae la sensibilidad de los parámetros para el caso de estudio. En ninguno de los dos se llega a determinar una correlación directa y evidente con la desviación estándar.

Una vez determinada la cantidad de corridas mínimas, se procede a calibrarlo para verificar que represente la realidad. Esta verificación consiste en determinar la diferencia de medias de longitud de colas medidas en campo y resultantes de las corridas del modelo, a través del *randomization test* para diez mil muestras o combinaciones y con confiabilidad al 95%. Entre los primeros resultados del proceso de calibración, y a modo de muestra, se observa lo siguiente:

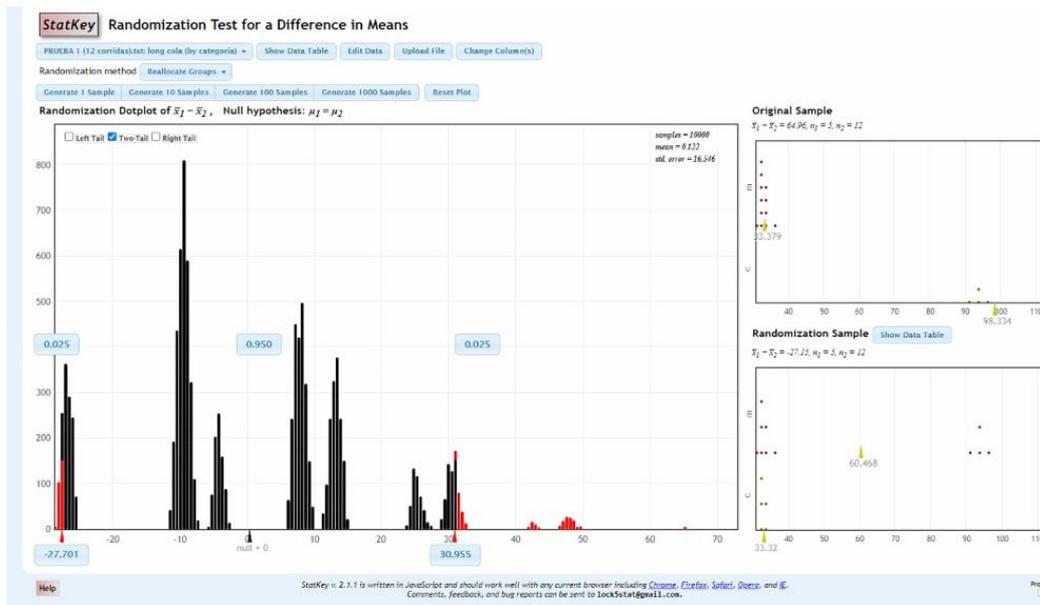


Imagen 34 Randomization test  
Fuente: Extraído de StatKey

Para 12 corridas los resultados son irregulares y no toman forma de distribución normal, por lo que hace falta variar los parámetros de Wiedemann y probar con mayor cantidad de corridas. A continuación, se muestra los parámetros definidos para la calibración y el randomization test para la cantidad determinada de corridas que fue de 57.

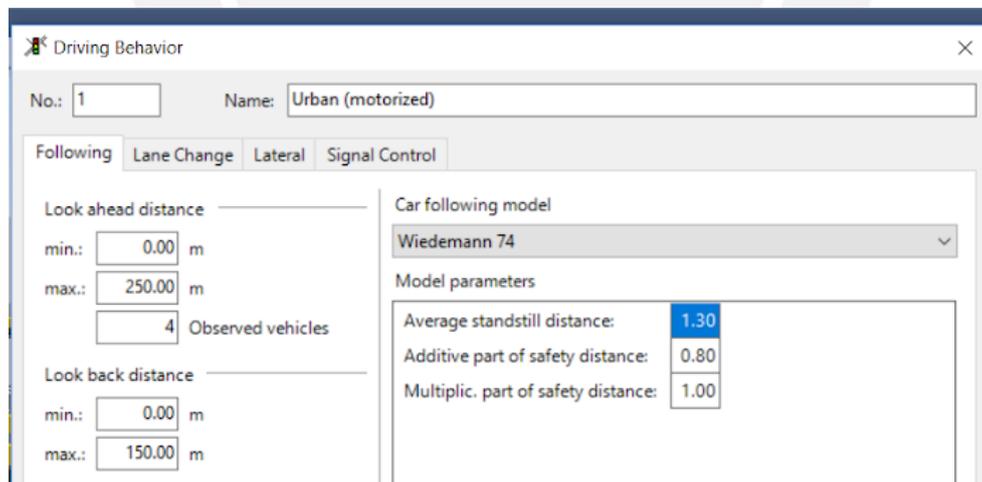


Imagen 35 Parámetros de Wiedemann calibrados  
Fuente: Extraído del modelo de Vissim

En la ilustración del randomization test se aprecia una distribución similar a la normal, que es suficiente para los objetivos de este proyecto. La media de longitud de colas obtenida en campo es 51.47 m y la del modelo es 50.85m, la diferencia entre ambas es 0.62m, que de acuerdo al

gráfico cae dentro del intervalo de confianza del 95%. Con esta verificación se confirma que para los parámetros de Wiedemann definidos se logra la calibración del modelo.

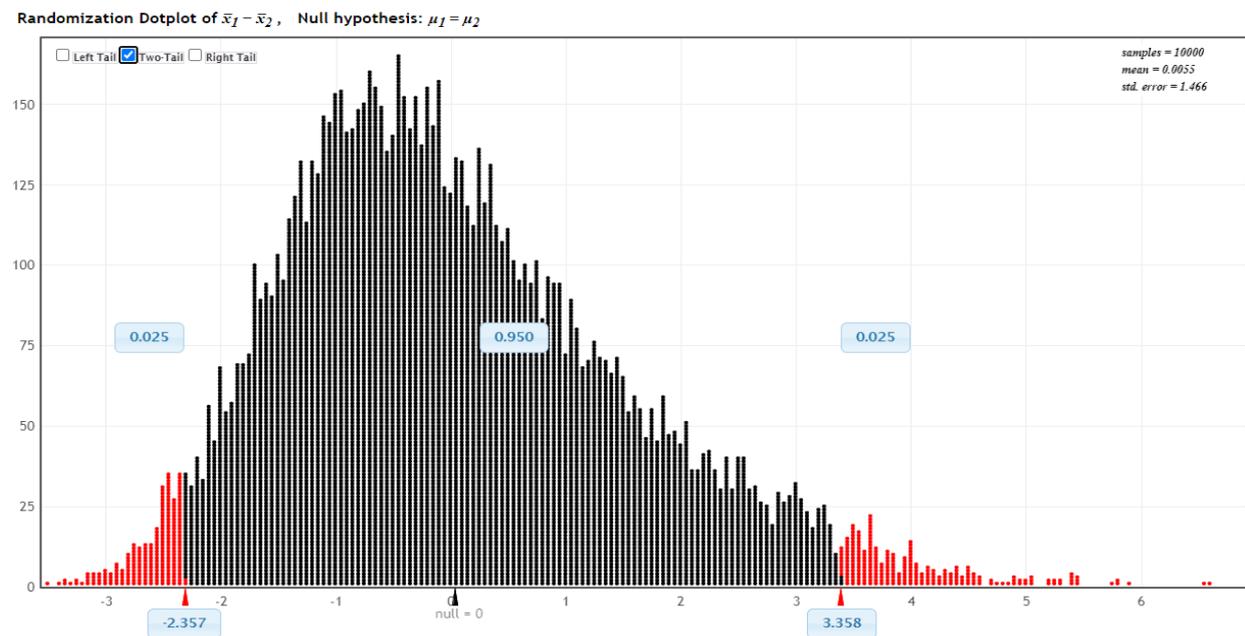


Imagen 36 Randomization Test de diferencia de medias  
Fuente: Extraído de StatKey

## Capítulo 5 Propuesta de mejora

### 5.1. Modelo VISSIM

Como propuesta de mejora a la situación encontrada en campo se plantearon los siguientes cambios:

- Redefinición de ciclos semafóricos, los cuales se redujeron de 178 segundos de su duración original a 128 segundos y se sincronizó los tiempos de verde para reducir los tiempos muertos para los peatones, en los que podrían cruzar la vía sin entrar en conflicto con los vehículos.
- Además, se subió a 2 segundos el todo rojo para dar tiempo a que se despeje la intersección

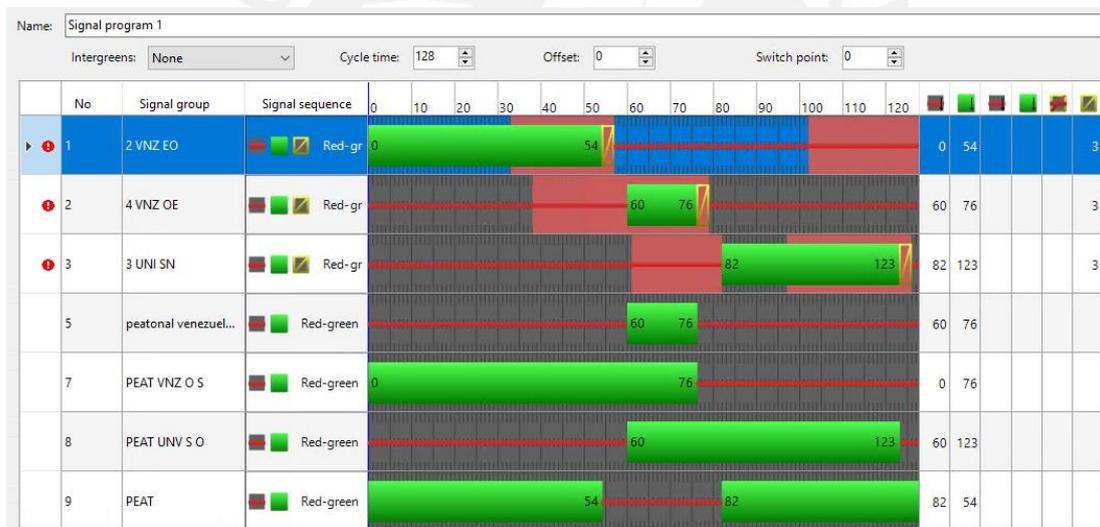


Imagen 37 Programación semafórica propuesta  
Fuente: Extraído del modelo de Vissim

- También, en la Av. Universitaria en el sentido hacia el Sur se redujo los carriles de 5 a 3, restándose los de los extremos. Esto se llevó a cabo teniendo en cuenta el espacio suficiente para el radio de giro de los buses

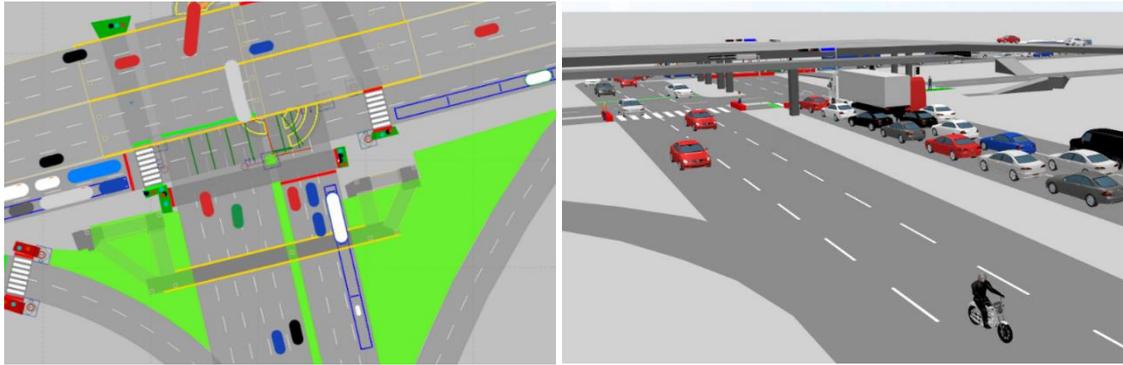


Imagen 38 A la izquierda la situación actual de la Av. Universitaria en sentido Sur con 5 carriles. A la derecha la propuesta de reducción a 3 carriles  
 Fuente: Extraído del modelo de Vissim

- En los giros segregados se redujo la cantidad de carriles de 2 a 1 y se retiró el semáforo vehicular y peatonal volviéndolos giros libres. En su lugar se colocó un cruce elevado al nivel de la acera (en el modelo se representa con reductores de velocidad y prioridades de paso). Estos cambios se deben a la baja demanda de estos giros y para darle prioridad al peatón.

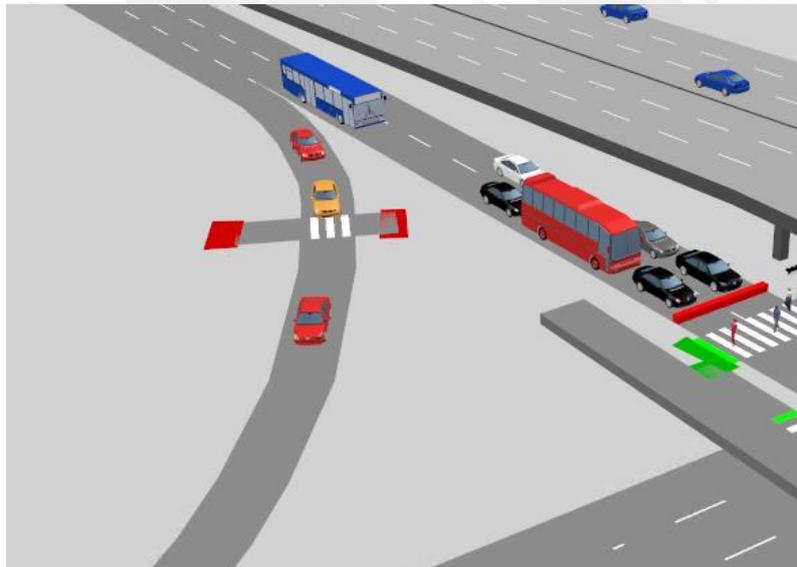


Imagen 39 Nuevos giros libres desde Av. Venezuela a Av. Universitaria  
 Fuente: Extraído del modelo de Vissim

## 5.2. Análisis de resultados del Vissim

El resultado de estos cambios se refleja en las siguientes variaciones en la longitud de cola de la Av. Venezuela en dirección hacia el Oeste.:

Tabla 4 Comparación de colas en Av. Venezuela EO

Modelo	Promedio (m)	Desv. Est.
Situación actual	50.85	3.26
Situación con mejoras	43.06	3.91

Fuente: elaboración propia

La longitud de cola se redujo en 7.79 m, lo cual representa una mejora de 15% respecto a la situación actual. Esta longitud también se puede interpretar como el largo de uno o hasta dos vehículos.

Como parte del análisis se verificará también las otras colas que fueron medidas en la intersección:

Tabla 5 Comparación de colas en el resto de ingresos de la intersección

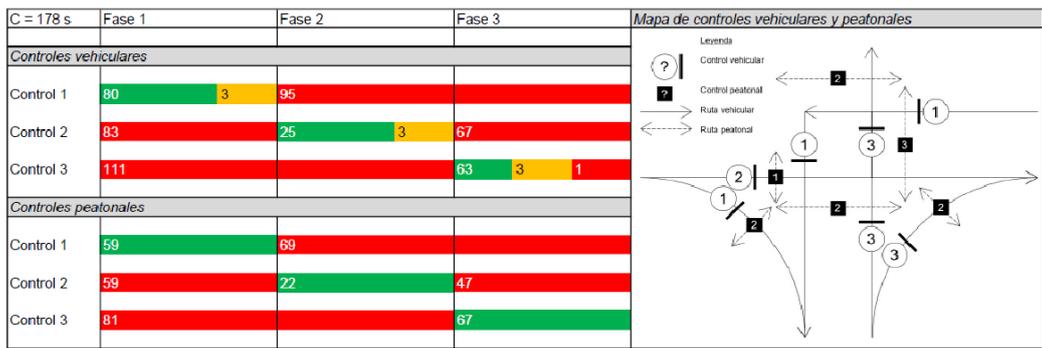
Ubicación	Cola en s. actual (m)	Cola en s. mejorada (m)	Diferencia (m)
Av. Universitaria SN	39.63	31.34	8.29
Av. Venezuela OE	32.00	21.02	10.98
Av. Venezuela OS	10.28	0.05	10.23

Fuente: Elaboración propia

Se observa que en todos los puntos la reducción de colas es de al menos 20%. Es resaltable el hecho de que la cola en el giro segregado hacia el sur es casi 0.00 m debido a que se volvió un giro libre cuando se retiró el semáforo.

De los resultados mostrados no solo se deduce que los cambios en la programación semafórica son tangibles y positivos, sino también que la reducción de cantidad de carriles no ha sido contraproducente, lo cual demuestra que a más carriles no necesariamente se hace más fluido el tránsito vehicular.

Adicionalmente se muestra de manera gráfica el cambio en la programación de semáforos donde se aprecia la reducción del ciclo y de la cantidad de semáforos en la intersección, los todo rojo y la coordinación entre los diferentes cruces.



**Situación propuesta**

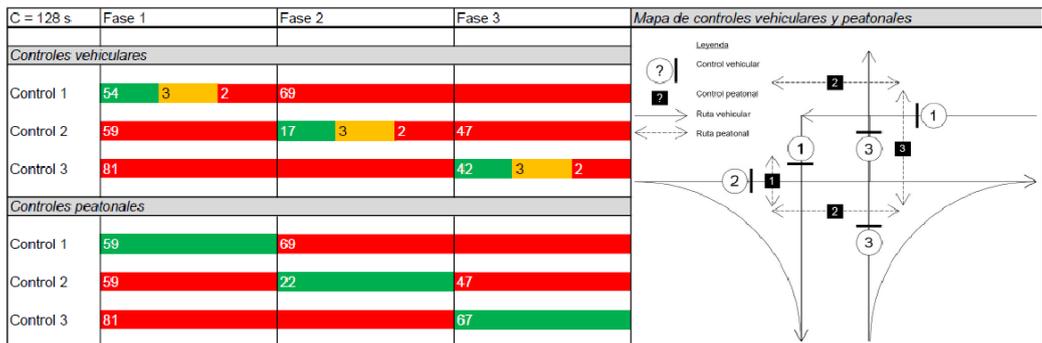


Imagen 40 Comparativa del ciclo semafórico  
Fuente: Elaboración propia

### 5.3. Recuperación del espacio público

Además de las propuestas con el software VISSIM, se plantearon cuatro más para la recuperación del espacio público de la zona, tomando en cuenta sus atractivos que involucra un gran flujo peatonal.

En primer lugar, se propone la mejora de los cruces peatonales, ampliando la anchura de las rampas para que coincidan con el largo del cebrado, de esta manera nos enfocamos en un diseño más universal y cómodo para los peatones. Además, se propone la instalación de pisos podotáctiles para advertir a las personas, en especial a aquellas con discapacidad visual, que están por ingresar a una zona conflictiva, la calzada.



Imagen 41 Cruce peatonal actual en la Av. Venezuela  
Fuente propia



Imagen 42 Imagen referencial de la propuesta para los cruces peatonales  
Fuente propia

También se propone la construcción de una vereda en la vía adyacente a la UNSM, como se mencionó esta es una zona sin ningún tipo de tratamiento. Es necesario brindar las condiciones básicas para los peatones, por ello no solo se propone una amplia vereda sino también el sembrío de árboles e implementación de zonas de descanso, así se consigue una calle de estar.

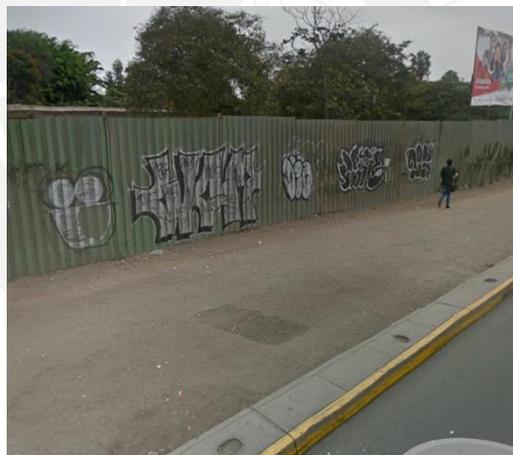


Imagen 43 Estado actual de la vía adyacente a la UNMSM  
Fuente: Google Maps



Imagen 44 Imagen referencial de la propuesta para la vereda  
Fuente: Extraído de El Confidencial

Además, debido a que el puente peatonal no se utiliza, se plantea la demolición del extremo oeste consiguiendo la eliminación del obstáculo que se presentaba para los peatones. También, se plantea la recuperación de la pasarela del puente con iluminación, arboles pequeños en macetas, vigilancia y horarios de uso establecidos, promoviéndolo como un lugar de estancia e incrementando la percepción de seguridad de este espacio.

En otras ciudades se han re utilizado pasarelas similares que se encontraban en desuso y potenciándolo como una zona de paseo. En Nueva York, el 2009 se inauguró el High Line Elevated Park, este es un parque urbano construido sobre lo que fue una antigua vía ferroviaria que dejó de utilizarse en 1980. Y en Seúl, el 2017 se apertura el Seoulo 7017, un parque elevado y lineal construido sobre un antiguo paso elevado, similar al de Nueva York, que debido al cambio de visión de la ciudad decidieron reutilizar esta infraestructura para crear zonas verdes para los ciudadanos.



Imagen 45 High Line Elevated Park en Nueva York, EEUU  
Fuente: Timothy Schenck



Imagen 46 Seoulo 7017 en Seúl, Corea del Sur  
Fuente: Ossip van Duivenbode

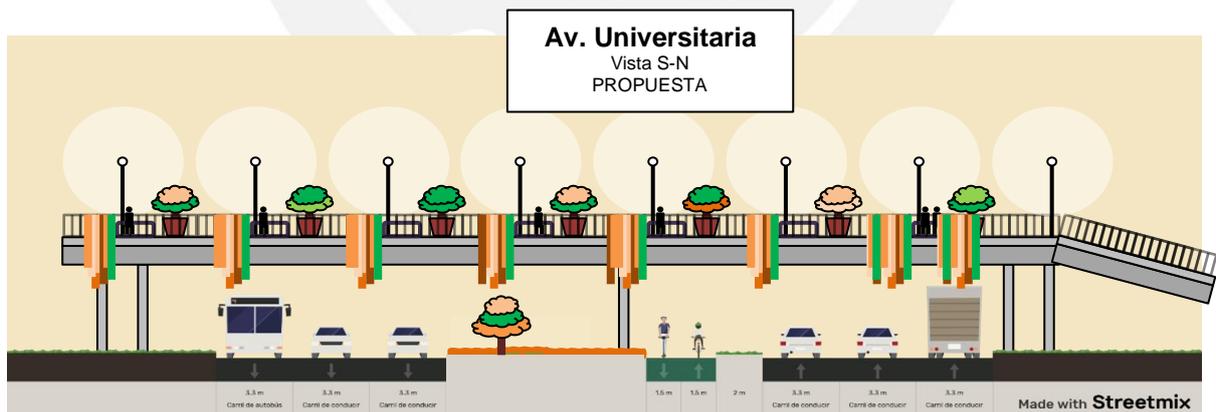


Imagen 47 Propuesta para el puente peatonal  
Fuente: Elaboración propia

Y, por último, se plantea la recuperación del espacio debajo del by-pass, la propuesta incluye mejorar la iluminación de la zona, instalar pequeños puestos de comercio, implementar zonas de descanso y un anfiteatro para realizar activaciones, también se recomienda un puesto de

vigilancia ciudadana, de esta manera las personas se sentirán más seguras y cómodas de permanecer en este nuevo espacio.

En otros países se han realizado remodelaciones parecidas, por ejemplo, La Morera en CDMX es un centro gastronómico que se ubica debajo del puente de la Hacienda Los Morales.



Imagen 48 La Morera Mercado en CDMX, México  
Fuente: Google Maps



Imagen 49 La Morera Mercado en CDMX, México  
Fuente: Extraído de CC La Morera

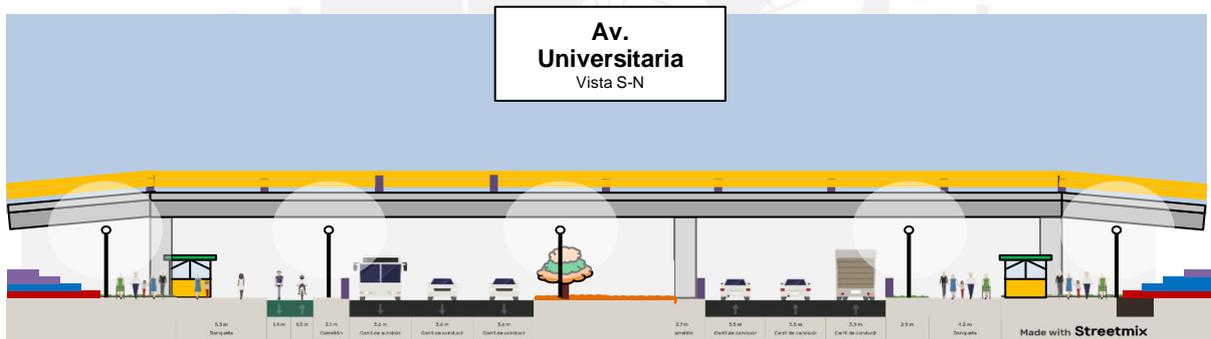


Imagen 50 Propuesta debajo del by-pass  
Fuente: Elaboración propia

## Capítulo 6 Conclusiones

Sobre la intersección estudiada se ubica un by-pass para los vehículos que van por la Av. Venezuela y evita la intersección con la Av. Universitaria. Además, se encuentra un puente peatonal para cruzar la Av. Universitaria cuyos accesos llegan a islas rodeadas por las avenidas y los giros segregados. Adicionalmente, se puede encontrar infraestructura de concreto inutilizada que correspondería al segundo puente peatonal e intercambio vial de giro segregado que no se llegaron a completar; el giro segregado a la izquierda habría ido desde el Este de la Av. Venezuela con dirección al Sur de la Av. Universitaria. Toda esta infraestructura pudo mantener niveles aceptables de congestión reflejados en longitud de colas, pero fue en detrimento de la experiencia de los peatones ya que se generaron zonas inseguras y oscuras, además de falta de sendas adecuadas para su circulación.

Se observó también que en la zona debajo del by-pass la cantidad de carriles asignados en dirección al Sur es inconsistente para la demanda que soporta, ocasionando que los vehículos puedan ir a velocidades altas en perjuicio de la seguridad de los peatones. Además, el lugar está ocupado principalmente por terrenos baldíos siendo un desperdicio de espacio público y creando la sensación de inseguridad para quienes circulan. Por otro lado, se evidencia el nulo uso que se le da al puente peatonal ya que en paralelo hay un cruce a nivel de vereda semaforizado que requiere de menor esfuerzo para ser usado.

Como parte de las propuestas de mejora se mantuvo un enfoque de movilidad sostenible y recuperación del espacio público, procurando mejorar el desplazamiento de todos los usuarios y distribuir el espacio de forma democrática y equitativa. Para ello, en primer lugar, se propone la adaptación de la infraestructura a un diseño universal con ensanche e implementación de las rampas en los cruces peatonales.

En segundo lugar, se propuso la construcción de veredas acordes a las necesidades de los peatones, que sigan sus líneas de deseo y cuya superficie sea amigable con los diversos tipos de usuario. Esto vino acompañado de la reducción de carriles para vehículos en los giros segregados y en el sentido al Sur de la Av. Universitaria, también de la demolición de uno de los pilares del puente peatonal. Así, se recuperó espacio del automóvil para el peatón, generando nuevas veredas y áreas de refugio.

En tercer lugar, se propuso reciclar la pasarela del puente peatonal como lugar de estancia, colocando mobiliario que haga confortable su uso. También se propuso dar vida al área debajo del by-pass con iluminación y comercio, promoviendo la estancia y por ende vigilancia social.

Finalmente, se comprobó mediante el software Vissim que los cambios propuestos en la geometría no afectarían negativamente a la fluidez vehicular. Para esto, se propuso también cambios de gestión de tránsito, como tiempos de los ciclos semafóricos y reductores de velocidad en los giros segregados en vez de semáforos. Con estos cambios se pudo verificar que las condiciones para los vehículos se mantuvieron o mejoraron pues la longitud de cola en la Av. Venezuela al Oeste se redujo en 15%.

## **Bibliografía**

**APPLEYARD, Donald.** (1980). *Livable streets: protected neighborhoods?* Academy of Political and Social Science.

**CORPORACIÓN CIUDAD ACCESIBLE & BOUDEGUER & SQUELLA ARQ.** (2010). *Manual de Accesibilidad Universal.* Mutual de Seguridad CChC

**DEXTRE, Juan C. & AVELLANEDA, Pau** (2014). *Movilidad en zonas urbanas.* Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

**GEHL, Jhan & GEMZØE, Lars** (2002). *Nuevos espacios urbanos.* Editorial Gustavo Gili.

**GEHL, Jhan** (2011). *Life between buildings. Using public space.* Island Press.

**HERCE, Manuel** (2009). *Sobre la movilidad en la ciudad.* Reverte.

**MIRALLES-GUASCH, Carmen** (2002). *Ciudad y transporte. El binomio imperfecto.* Ariel Geografía.

**NACTO** (2012). *Urban Street Design Guide.* National Association of City Transportation Officials

**REDACCIÓN EC** (18 de setiembre de 2019). *By pass en San Marcos y un conflicto de 11 años sin resolver | Cronología.* El Comercio. <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/by-pass-san-marcos-conflicto-11-anos-resolver-cronologia-ecpm-noticia-673704-noticia/>

**RNE** (2019). *Norma A.120 Accesibilidad para personas con discapacidad y de las personas adultas mayores.* Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

**TFL** (2021) *Traffic Modelling Guidelines.* Transport for London

**VEGA-CENTENO, Pablo** (2006). *Cuadernos Arquitectura y ciudad. El espacio público. La movilidad y la revaloración de la ciudad.* Departamento de Arquitectura Pontificia Universidad Católica del Perú.



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**ANEXOS**

**ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA INTERSECCIÓN ENTRE  
LA AV. UNIVERSITARIA Y VENEZUELA Y PROPUESTAS DE  
MEJORAS BAJO EL ENFOQUE DE LA MOVILIDAD SOSTENIBLE**

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

**AUTORAS:**

Adriana Carolina Bustillos Vega

Carmen Amelia Saldaña del Rio

**ASESOR:**

Ing. Juan Carlos Dextre Quijandría

Lima, febrero, 2022

## Anexo 1

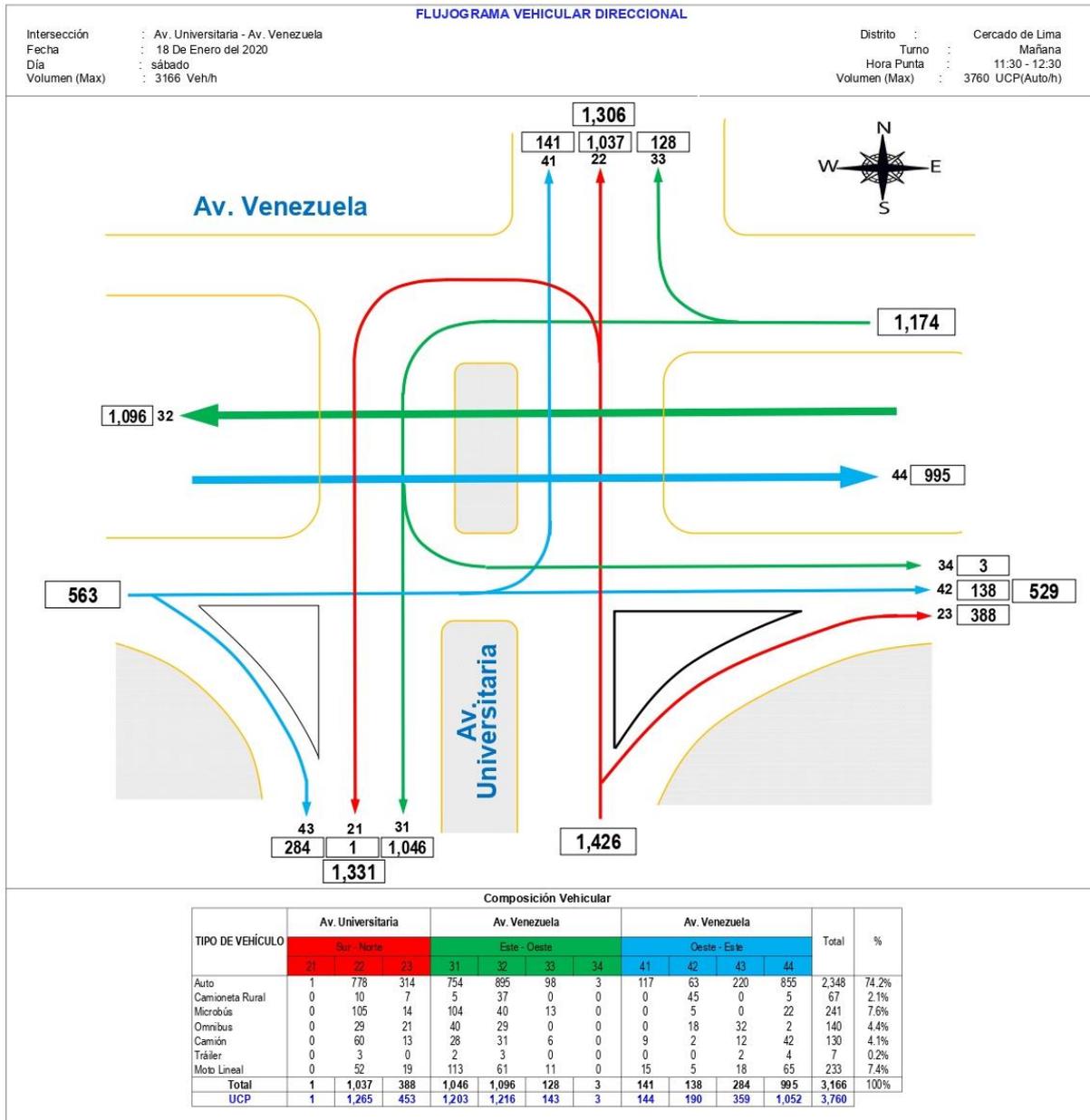
# TWELVE URBAN QUALITY CRITERIA

LOCATION: Intersección Av. Venezuela / Lima, Perú  
y Av. Universitaria

Protection	<p><b>Protection against traffic and accidents.</b> Do groups across age and ability experience traffic safety in the public space? Can one safely bike and walk without fear of being hit by a driver?</p> <p style="text-align: right;">②</p>	<p><b>Protection against harm by others.</b> Is the public space perceived to be safe both day and night? Are there people and activities at all hours of the day because the area has, for example, both residents and offices? Does the lighting provide safety at night as well as a good atmosphere?</p> <p style="text-align: right;">①</p>	<p><b>Protection against unpleasant sensory experience.</b> Are there noises, dust, smells, or other pollution? Does the public space function well when it's windy? Is there shelter from strong sun, rain, or minor flooding?</p> <p style="text-align: right;">①</p>
	<p><b>Options for mobility.</b> Is this space accessible? Are there physical elements that might limit or enhance personal mobility in the forms of walking, using a wheelchair, or pushing a stroller? Is it evident how to move through the space without having to take an illogical detour?</p> <p style="text-align: right;">①</p>	<p><b>Options to stand and linger.</b> Does the place have features you can stay and lean on, like a façade that invites one to spend time next to it, a bus stop, a bench, a tree, or a small ledge or niche?</p> <p style="text-align: right;">①</p>	<p><b>Options for sitting.</b> Are there good primary seating options such as benches or chairs? Or is there only secondary seating such as a stair, seat wall, or the edge of a fountain? Are there adequate non-commercial seating options so that sitting does not require spending money?</p> <p style="text-align: right;">①</p>
	<p><b>Options for seeing.</b> Are seating options placed so there are interesting things to look at?</p> <p style="text-align: right;">①</p>	<p><b>Options for talking and listening/hearing.</b> Is it possible to have a conversation here? Is it evident that you have the option to sit together and have a conversation?</p> <p style="text-align: right;">②</p>	<p><b>Options for play, exercise, and activities.</b> Are there options to be active at multiple times of the day and year?</p> <p style="text-align: right;">①</p>
Enjoyment	<p><b>Scale.</b> Is the public space and the building that surrounds it at a human scale? If people are at the edges of the space, can we still relate to them as people or are they lost in their surroundings?</p> <p style="text-align: right;">②</p>	<p><b>Opportunities to enjoy the positive aspects of climate.</b> Are local climatic aspects such as wind and sun taken into account? Are there varied conditions for spending time in public spaces at different times of year? With this in mind, where are the seating options placed? Are they located entirely in the shadows or the sun? And how are they oriented/placed in relation to wind? Are they protected?</p> <p style="text-align: right;">①</p>	<p><b>Experience of aesthetic qualities and positive sensory experiences.</b> Is the public space beautiful? Is it evident that there is good design both in terms of how things are shaped, as well as their durability?</p> <p style="text-align: right;">①</p>

## Anexo 2

### Flujograma vehicular y direccional para el día sábado 18 de enero del 2020

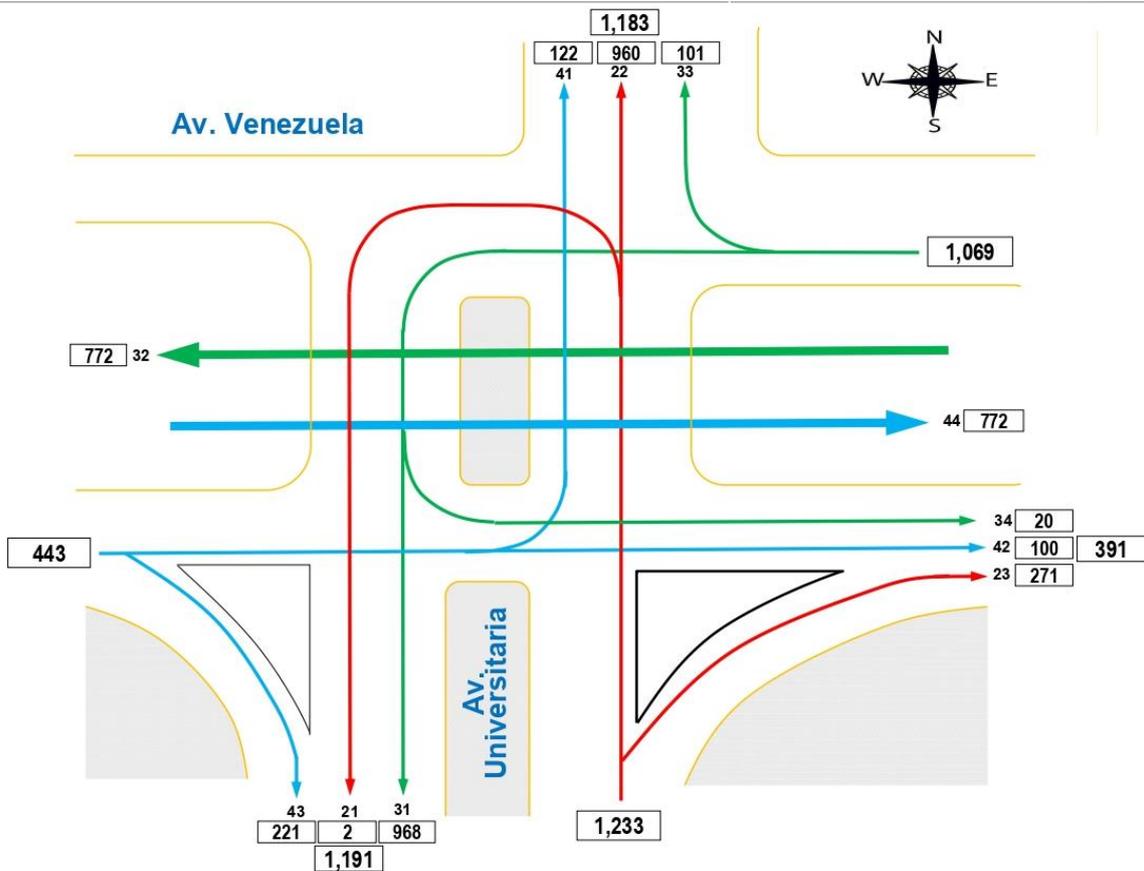


# Flujograma vehicular y direccional para el día domingo 19 de enero del 2020

## FLUJOGRAMA VEHICULAR DIRECCIONAL

Intersección : Av. Universitaria - Av. Venezuela  
 Fecha : 19 De Enero del 2020  
 Día : domingo  
 Volumen (Max) : 2765 Veh/h

Distrito : Cercado de Lima  
 Turno : Tarde  
 Hora de Mayor Demanda : 17:00 - 18:00  
 Volumen (Max) : 3211 UCP(Auto/h)

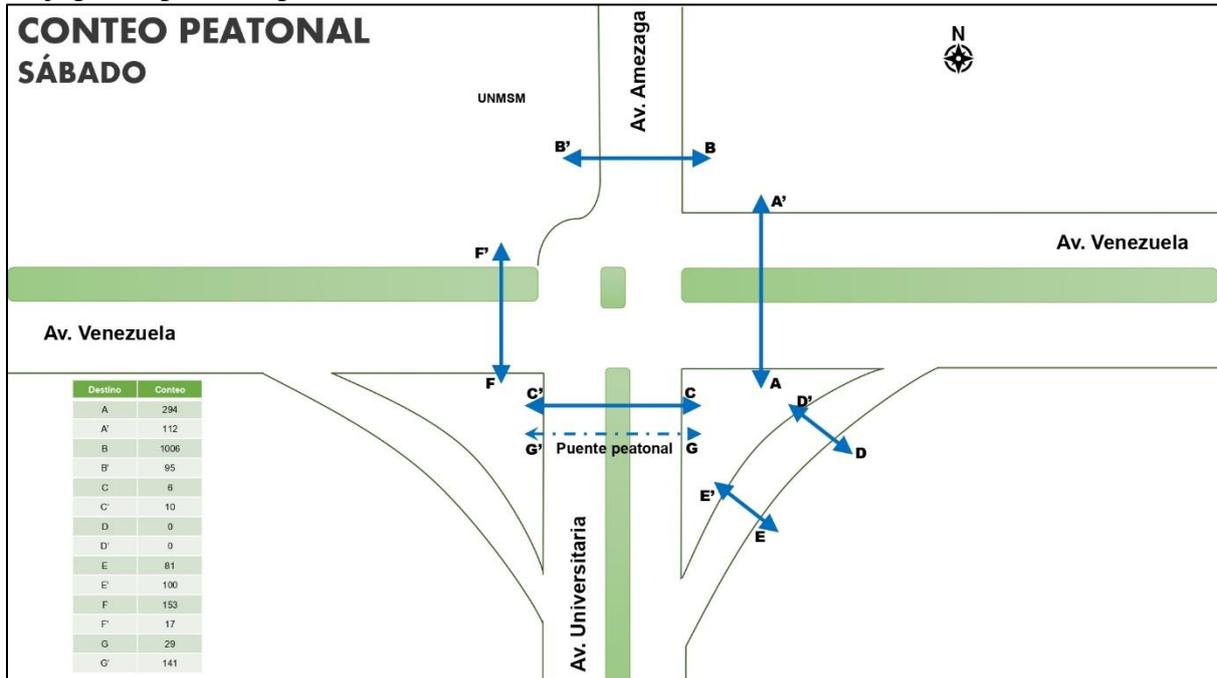


### Composición Vehicular

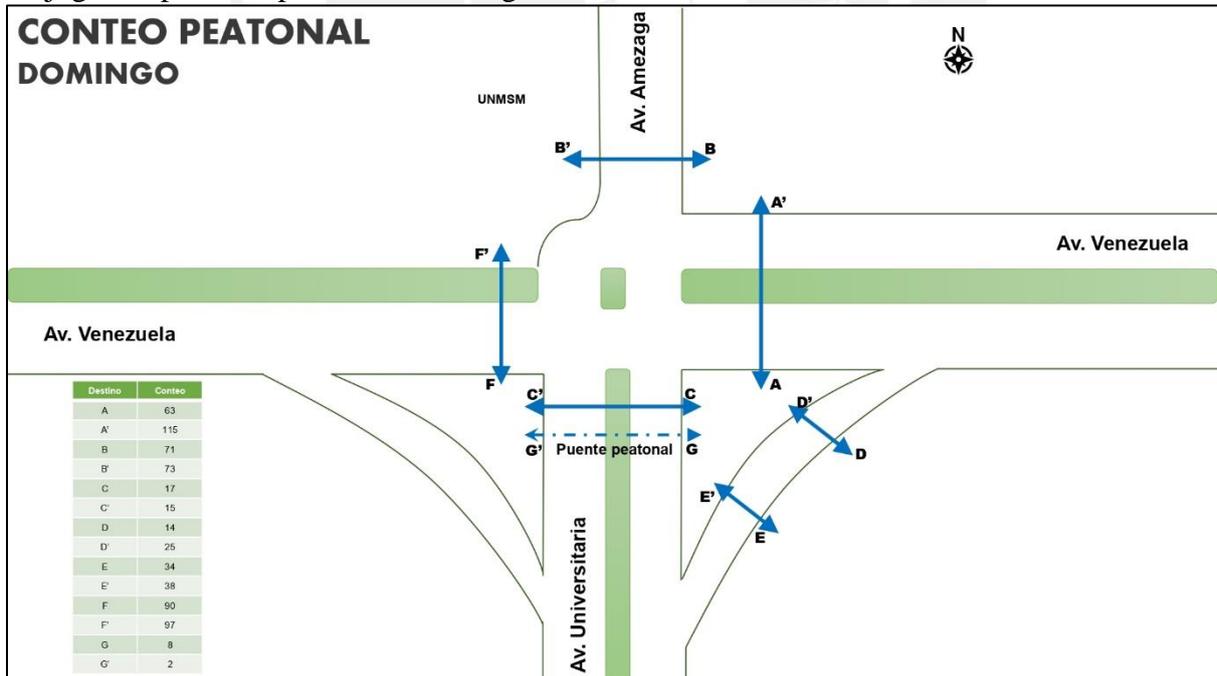
TIPO DE VEHÍCULO	Composición Vehicular												TOTAL	%
	Av. Universitaria			Av. Venezuela				Av. Venezuela						
	Sur - Norte	Este - Oeste	Oeste - Este	Este - Oeste	Oeste - Este	Oeste - Este	Oeste - Este	Oeste - Este	Oeste - Este					
	21	22	31	31	32	33	34	41	42	43	44			
Auto	2	775	240	751	656	79	20	112	50	172	706	2,201	79.6%	
Camioneta Rural	0	5	1	2	30	0	0	0	29	5	2	42	1.5%	
Microbús	0	102	12	89	31	12	0	0	3	14	23	232	8.4%	
Omnibus	0	31	12	56	17	2	0	0	11	12	1	124	4.5%	
Camión	0	5	1	16	1	4	0	3	1	1	6	31	1.1%	
Tráiler	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%	
Moto Lineal	0	42	5	54	37	4	0	7	6	17	34	135	4.9%	
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>960</b>	<b>271</b>	<b>968</b>	<b>772</b>	<b>101</b>	<b>20</b>	<b>122</b>	<b>100</b>	<b>221</b>	<b>772</b>	<b>2,765</b>	<b>100%</b>	
<b>UCP</b>	<b>2</b>	<b>1,105</b>	<b>305</b>	<b>1,157</b>	<b>821</b>	<b>120</b>	<b>20</b>	<b>122</b>	<b>130</b>	<b>250</b>	<b>784</b>	<b>3,212</b>		

### Anexo 3

Flujograma peatonal para el día sábado 18 de enero del 2020



Flujograma peatonal para el día domingo 19 de enero del 2020



## Anexo 4

Registro de velocidades para el día sábado 18 de enero del 2020



Registro de velocidades para el día domingo 19 de enero del 2020



## Anexo 5

Tabla de resultados promedio y desviación estándar para los diferentes parámetros de Wiedemann.

Muestra	Standstill distance	Additive part	Multiplicative part	Promedio	Desviación Standard
1	1	1.5	1	50.47	2.899
2	1	2	1	53.09	2.677
3	1	2.25	1	54.69	2.626
4	1	2.3	1	55.15	2.919
5	1	2.4	1	55.19	3.485
6	1	2.5	1	57.02	7.363
7	1	3	1	63.02	5.669
8	1	2.3	1.5	57.34	5.652
9	1	3.15	1	65.26	7.642
10	1	3.2	1	67.29	5.943
11	1	3.25	1	65.83	7.181
12	1	3.5	1	78.32	24.75
13	1	3.75	1	85.14	27.413
14	1	4	1	92.38	15.064
15	1.3	2.25	1	61.02	4.525
16	1.3	2	1	57.37	4.02
17	1.3	2.5	1	66.32	9.667
18	1.9	1	1	61.56	10.882
19	2.1	1	1	61.05	3.97
20	2.2	1	1	65.63	8.574
21	2.3	1	1	72.92	26.63
22	2.4	1	1	66.89	9.713
23	2.5	1	1	78.56	29.217
24	2.6	1	1	68.43	5.883

Muestra	Standstill distance	Additive part	Multiplicative part	Promedio	Desviación Standard
25	2.7	1	1	76.73	20.258
26	2.55	1	1	68.51	5.258
27	2.53	1	1	81	29.299
28	2.45	1	1	70.79	15.718
29	2.35	1	1	68.53	10.987
30	2.25	1	1	72.39	30.996
31	2.15	1	1	63.58	7.176
32	2.05	1	1	69.79	28.688
33	2.09	1	1	65.97	11.568
34	2.11	1	1	70.43	28.271
35	2.08	1	1	61.62	4.2
36	2.07	1	1	70.34	29.892
37	2.06	1	1	74.01	31.789
38	2.12	1	1	68.3	22.013
39	2.12	1.85	1	92.56	36.916
40	2.12	1.85	0.9	74.97	10.909
41	2.12	1.5	1	68.18	7.973
42	2.12	1.5	0.9	65.87	5.236
43	2.12	1.25	1	78.12	32.453
44	2.12	1.4	1	66.07	5.74
45	2.12	1.4	0.9	69.82	20.284
46	2.12	1.25	0.9	68.12	18.748
47	2.12	1.4	0.8	65.33	7.336
48	2.12	1.4	1.1	65.37	6.057
49	2.12	1.4	1.2	74.37	23.714
50	2.12	1.4	1.05	65.45	5.332

Muestra	Standstill distance	Additive part	Multiplicative part	Promedio	Desviación Standard
51	2.12	1.4	1.01	66.95	9.083
52	2.12	1.4	1.02	67.27	5.666
53	2.12	1.4	1.03	65.41	4.365
54	2.12	1.4	1.04	67.84	6.743
55	2.12	1.4	1.06	68.26	10.269
56	2.12	1.25	1.03	69.78	15.956
57	2.12	1.4	1.07	65.13	3.469
58	2.12	1.4	1.08	73.3	14.236
59	2.12	1.4	1.11	70.847	11.94
60	2.12	1.4	1.12	66.52	4.918
61	2.12	1.4	1.13	67	6.233
62	2.12	1.4	1.14	71.55	18.255
63	2.12	1.4	1.15	65.05	4.637
64	2.12	1.4	1.16	73.16	26.997
65	2.12	1.4	1.17	66.93	5.489
66	2.12	1.4	1.18	66.14	6.413
67	2.12	1.4	1.19	68.78	9.711
68	2.12	1.4	1.25	67.79	4.82
69	2.12	1.4	1.09	69.4	12.704
70	2.12	1.4	1.3	66.93	6.452
71	2.12	1.4	1.35	67.11	6.945
72	2.12	1.25	1.25	67.11	6.945
73	2.12	1.6	1.12	67.18	4.049
74	1.6	1.85	0.9	61.48	6.09
75	1.6	1.85	1.25	61.33	5.336
76	1.6	1.86	1	61.31	5.324

Muestra	Standstill distance	Additive part	Multiplicative part	Promedio	Desviación Standard
77	1.6	1.87	1	61.22	4.589
78	1.6	1.88	1	63.67	7.625
79				62.86	5.674
80	2	2.5	1	82.31	18.528
81	2	3	1	111.12	26.61
82	1	1	1	48.12	1.728
83	0.75	1	1	46.21	1.623
84	1.5	1	1	54.94	6.114
85	1.15	1	1	50.26	2.803
86	1.25	1	1	50.99	2.517
87	1.3	1	1	51.65	1.451
88	2	1	1	73.2	30.07
89	1.6	1	1	54	1.699
90	1.8	1	1	57.84	3.359
91	1.4	2.25	1	61.98	7.704
92	1.4	1	1	52.23	1.742
93	1.4	2	1	57.71	3.574
94	1.6	2	1	63.41	5.46
95	1.6	2.3	1	66.47	7.262
96	1.6	2.4	1	66.48	7.044
97	1.6	2.6	1	70.82	9.444
98	1.6	2.5	1	69.3	6.338
99	1.6	2.45	1	73.81	18.122
100	1.6	1.9	1	64.2	7.773
101	1.6	1.8	1	59.03	3.818
102	1.6	1.85	1	59.48	2.578