

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD VEHICULAR DE LA AV.  
VÍA DE EVITAMIENTO SUR, TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LA  
AV. ATAHUALPA Y LA AV. ANDRÉS ZEVALLOS”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

Bach. Cusquisibán Del Campo, Jesús Fernando

**Asesor:**

M. en T. Ing. Cubas Becerra, Alejandro

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2023**

COPYRIGHT © 2023 by

JESÚS FERNANDO CUSQUISIBÁN DEL CAMPO

Todos los derechos reservados

## **DEDICATORIA:**

A mi madre, Cruz:

Por todo el amor que me da día a día, por su paciencia y su apoyo incondicional, por cuidar de mí siempre y por apoyarme cada día.

A mi padre, Manuel:

Por inculcarme buenos valores, especialmente la honestidad. Por enseñarme a ser perseverante, por sus palabras de aliento que me ayudan a superar cualquier adversidad.

A mi hermana, Nancy:

Por haber cuidado de mí y haber sido como una madre. Por haberme inculcado la humildad y la solidaridad como valores primordiales. Por regalarme su sonrisa, que está grabada en mí, y que guardo como el regalo más preciado.

## **AGRADECIMIENTO:**

A Dios, por guiar mis pasos y cuidar de mí, por los padres y la hermana que me dio, pues no pudo poner mejores personas para que me acompañen en este viaje.

A mis padres pues sin su apoyo y sus consejos no hubiese podido culminar mi formación profesional.

A mi hermana, por sus buenos consejos. Agradezco el amor incondicional que me brindo, su apoyo en cada meta propuesta y su apoyo en mi educación.

A mi asesor el Ing. Alejandro Cubas Becerra, por su asesoramiento en el desarrollo de la presente tesis.

A mi jurado evaluador: Ing. José Benjamín Torres Tafur, Ing. Sergio Manuel Huamán Sangay e Ing. William Próspero Quiroz Gonzales; quienes me compartieron su conocimiento para mejorar esta investigación.

A mis Amigos: Francisco, Víctor y a todos los que me motivaron y apoyaron en la realización de la presente investigación.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción .....	1
1.2. Descripción del problema .....	2
1.3. Formulación del problema .....	3
1.4. Justificación e importancia.....	3
1.4.1. Justificación científica .....	3
1.4.2. Justificación técnica practica .....	3
1.4.3. Justificación institucional y personal .....	3
1.5. Delimitación de la investigación .....	4
1.6. Limitaciones.....	4
1.7. Objetivos .....	4
1.7.1. Objetivo general .....	4
1.7.2. Objetivos específicos.....	4
1.8. Hipótesis.....	5
1.8.1. Hipótesis general.....	5
1.9. Variables/Categorías .....	5
1.10. Operacionalización de variables.....	6
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1. Antecedentes de la investigación.....	7
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	7
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	7
2.1.3. Antecedentes Locales .....	8
2.2. Marco conceptual .....	9
2.2.1. Topografía .....	9
2.2.2. Ingeniería de transporte e ingeniería de tránsito.....	10
2.2.3. El vehículo.....	11
2.2.4. El sistema vial.....	15
2.2.5. Volumen de transito.....	16
2.2.6. Velocidad.....	20

2.2.7.	Análisis del flujo vehicular.....	22
2.2.8.	Semaforización.....	23
2.2.9.	Capacidad y nivel de servicio .....	23
2.2.10.	Metodología HCM – 2010 .....	24
2.2.11.	Aforos .....	38
2.2.12.	Estudios de demoras y tiempos de viaje .....	40
2.3.	Términos básicos.....	42
<b>CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>		<b>46</b>
3.1.	Ubicación geográfica .....	46
3.2.	Periodo de estudio.....	47
3.3.	Equipos, materiales y servicios.....	47
3.4.	Procedimiento.....	47
3.5.	Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados .....	50
3.5.1.	Aforo vehicular.....	52
3.5.2.	Composición Vehicular .....	60
3.5.3.	Análisis de flujo vehicular .....	66
3.5.4.	Nivel de servicio de los segmentos.....	83
<b>CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>		<b>111</b>
4.1.	Análisis, interpretación y discusión de resultados .....	111
4.1.1.	Características geométricas de la vía estudiada.....	111
4.1.2.	Composición y flujo vehicular .....	112
4.1.3.	Características del tráfico .....	113
4.1.4.	Nivel de servicio de los segmentos.....	116
4.2.	Contrastación de la hipótesis.....	118
<b>CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>119</b>
5.1.	Conclusiones.....	119
5.2.	Recomendaciones.....	121
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>122</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>124</b>
Anexo N°1:	PANEL FOTOGRÁFICO .....	125
Anexo N°2:	FORMATOS UTILIZADOS .....	137
Anexo N°3:	AFOROS DIARIOS DE CADA SEGMENTO.....	138
Anexo N°4:	TABLAS UTILIZADAS.....	146
Anexo N°5:	PLANOS .....	150

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Vehículos de la categoría L.....	11
Tabla N°2: Vehículos de la categoría M.....	12
Tabla N°3: Vehículos de la categoría N .....	13
Tabla N°4: Vehículos de la categoría O .....	13
Tabla N°5: Criterios del nivel de servicio de segmentos para el modo automóvil .....	26
Tabla N°6: Requisitos de datos de entrada: modo automóvil .....	29
Tabla N°7: Demora debido a vehículos que giran .....	35
Tabla N°8: Muestra mínima para tiempos de viaje y estudios de demora .....	41
Tabla N°9: Coordenadas UTM de los límites del tramo estudiado .....	47
Tabla N°10: Segmentos analizados en la Vía de Evitamiento sur.....	49
Tabla N°11: Volumen vehicular diario del segmento 1, dirección de viaje A .....	52
Tabla N°12: Volumen vehicular diario del segmento 2, dirección de viaje A .....	53
Tabla N°13: Volumen vehicular diario del segmento 3, dirección de viaje A .....	53
Tabla N°14: Volumen vehicular del segmento 4, dirección de viaje A.....	54
Tabla N°15: Resumen del aforo diario de los segmentos con dirección de viaje A .....	54
Tabla N°16: Resumen del aforo diario del segmento 1, dirección de viaje B.....	55
Tabla N°17: Resumen del aforo diario del segmento 2, dirección de viaje B.....	56
Tabla N°18: Resumen del aforo diario del segmento 3, dirección de viaje B.....	56
Tabla N°19: Resumen del aforo diario del segmento 4, dirección de viaje B.....	57
Tabla N°20: Resumen del aforo diario para los segmentos con dirección de viaje B .....	57
Tabla N°21: Tránsito semanal del Segmento 1 .....	58
Tabla N°22: Tránsito semanal del Segmento 2 .....	58
Tabla N°23: Tránsito semanal del Segmento 3 .....	59
Tabla N°24: Tránsito semanal del Segmento 3 .....	59
Tabla N°25: Composición del tráfico semanal en la dirección de viaje A.....	60
Tabla N°26: Composición del tráfico semanal en la dirección de viaje B.....	62
Tabla N°27: Composición vehicular en las 2 direcciones de viaje.....	64
Tabla N°28: Composición vehicular total del tramo en estudio.....	66
Tabla N°29: Resumen del aforo del día 25/04/22 en la dirección de viaje A .....	75
Tabla N°30: Resumen del aforo del día 25/04/22 en la dirección de viaje B .....	76
Tabla N°31: Flujos en la hora de máxima demanda del segmento 1 (dirección A).....	79
Tabla N°32: Flujos en la hora de máxima demanda del segmento 2 (dirección A).....	79
Tabla N°33: Parámetros del segmento 2 (dirección A).....	80
Tabla N°34: Flujos en la hora de máxima demanda del segmento 3 (dirección A).....	80
Tabla N°35: Parámetros del segmento 3 (dirección A).....	80

Tabla N°36: Flujos del segmento 4 (dirección A) .....	80
Tabla N°37: Parámetros del segmento 4 (dirección A).....	81
Tabla N°38: Flujos del segmento 1 (dirección B) .....	81
Tabla N°39: Parámetros del segmento 1 (dirección B).....	81
Tabla N°40: Flujos del segmento 2 (dirección B) .....	82
Tabla N°41: Parámetros del segmento 2 (dirección B).....	82
Tabla N°42: Flujos del segmento 3 (dirección B) .....	82
Tabla N°43: Parámetros del segmento 3 (dirección B).....	82
Tabla N°44: Flujos del segmento 4 (dirección B) .....	83
Tabla N°45: Parámetros del segmento 4 (dirección B).....	83
Tabla N°46: Datos de entrada para el segmento 1 .....	84
Tabla N°47: Datos de entrada para el segmento 2 .....	91
Tabla N°48: Datos de entrada para el segmento 3 .....	98
Tabla N°49: Datos de entrada para el segmento 4 .....	105
Tabla N°50: Características de los segmentos con dirección de viaje A .....	111
Tabla N°51: Características de los segmentos con dirección de viaje B .....	111
Tabla N°52: Resumen de la composición vehicular .....	112
Tabla N°53: Velocidad de flujo libre de los segmentos.....	115
Tabla N°54: Velocidad de viaje de los segmentos del tramo.....	115
Tabla N°55: Capacidad vehicular de los segmentos .....	116
Tabla N°56: Relación Volumen/capacidad de los segmentos estudiados .....	116
Tabla N°57: Nivel de servicio de los segmentos .....	116

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Ejemplos de vehículos de la categoría L.....	11
Figura N°2: Ejemplos de vehículos de la categoría M.....	12
Figura N°3: Ejemplos de vehículos de la categoría N. ....	13
Figura N°4: Ejemplos de vehículos de la categoría O .....	14
Figura N°5: Jerarquía de un sistema vial urbano. ....	16
Figura N°6: Flujo en los distintos niveles de servicio.....	28
Figura N°7: ancho de una intersección aguas arriba.....	30
Figura N°8: ubicación del tramo de la Av. Vía de evitamiento Sur en estudio. ....	46
Figura N°9: Secuencia lógica para determinar el nivel de servicio....	50
Figura N°10: Tránsito semanal, dirección de viaje A.....	55
Figura N°11: Tránsito semanal, dirección de viaje B.....	58
Figura N°12: Tránsito semanal de los segmentos en ambas direcciones de viaje .....	59



Figura N°13: Composición vehicular del segmento 1, dirección de viaje A .....	60
Figura N°14: Composición vehicular del segmento 2, dirección de viaje A .....	61
Figura N°15: Composición vehicular del segmento 3, dirección de viaje A .....	61
Figura N°16: Composición vehicular del segmento 4, dirección de viaje A .....	61
Figura N°17: Composición vehicular del segmento 1, dirección de viaje B .....	62
Figura N°18: Composición vehicular del segmento 2, dirección de viaje B .....	63
Figura N°19: Composición vehicular del segmento 3, dirección de viaje B .....	63
Figura N°20: Composición vehicular del segmento 4, dirección de viaje B .....	63
Figura N°21: Composición vehicular del segmento 1 en ambas direcciones de viaje .	64
Figura N°22: Composición vehicular del segmento 2 en ambas direcciones de viaje .	65
Figura N°23: Composición vehicular del segmento 3 en ambas direcciones de viaje .	65
Figura N°24: Composición vehicular del segmento 4 en ambas direcciones de viaje .	65
Figura N°25: Composición vehicular del tramo en estudio .....	66
Figura N°26: Histograma del 25/04/22 del segmento 1, dirección de viaje A .....	67
Figura N°27: Histograma del 25/04/22 del segmento 2, dirección de viaje A .....	68
Figura N°28: Histograma del 25/04/22 del segmento 3, dirección de viaje A .....	69
Figura N°29: Histograma del 25/04/22 del segmento 4, dirección de viaje A .....	70
Figura N°30: Histograma del 25/04/22 del segmento 1, dirección de viaje B .....	71
Figura N°31: Histograma del 25/04/22 del segmento 2, dirección de viaje B .....	72
Figura N°32: Histograma del 25/04/22 del segmento 3, dirección de viaje B .....	73
Figura N°33: Histograma del 25/04/22 del segmento 4, dirección de viaje B .....	74
Figura N°34: Segmento 1 .....	83
Figura N°35: Segmento 2 .....	90
Figura N°36: Segmento 3 .....	97
Figura N°37: Segmento 4 .....	104

## RESUMEN

En los últimos años la congestión vehicular en la avenida vía de evitamiento sur ha empeorado, esta se refleja en el aumento del tiempo de viaje. Por ello esta investigación tuvo como objetivo determinar la capacidad vehicular y el nivel de servicio de la Av. Vía de evitamiento Sur, la investigación se limitó a estudiar el tramo comprendido entre la Av. Atahualpa y la Av. Andrés Bello, y se utilizó la metodología del Manual de capacidad de carreteras (HCM-2010). Para lograr tal objetivo primero se determinaron las características geométricas del tramo y se realizaron aforos manuales durante una semana, obtenidos estos datos se determinó la composición vehicular, la velocidad de flujo libre base, la velocidad de viaje y las demoras. Para el análisis, el tramo se dividió en 4 segmentos y se estudiaron sus dos direcciones de viaje. Luego de procesar los datos se determinó que para todos los segmentos el día de máxima demanda es el lunes; sin embargo, la hora de máxima demanda es variable para cada segmento. La capacidad vehicular mínima es 1748 vehículos/hora, esta se presenta en el segmento 4 en su dirección de viaje A. La capacidad vehicular máxima es 2004 vehículos/hora, y corresponde al segmento 4 en su dirección de viaje B. Finalmente se concluyó que el nivel de servicio del tramo es variable, siendo F para el segmento 3 en su dirección de viaje A y para el segmento 1 en su dirección de viaje B, los demás segmentos presentan un nivel de servicio E.

Palabras clave: Nivel de servicio, Capacidad vehicular, velocidad de viaje

## **ABSTRACT**

In recent years, traffic congestion on vía de evitamiento sur avenue, has worsened, this is reflected in the increase in travel time. For this reason, the objective of this investigation was to determine the capacity and the level of service of via de evitamiento sur avenue, the investigation was limited to studying the section between Atahualpa avenue and Andrés Zevallos avenue. The methodology of the Highway Capacity Manual (HCM-2010) was used. To achieve this objective, the geometric characteristics of the section studied were determined and manual gauging was carried out for a week. Once these data were obtained, the vehicular composition, the base free flow speed, the travel speed and the delays were determined. For the analysis, the section was divided into 4 segments and its two directions of travel were studied. After processing the data, it was determined that for all the segments the day of maximum demand is monday; however, the hour of maximum demand is variable for each segment. The minimum capacity is 1748 vehicles/hour, this occurs in segment 4 in its direction of travel A. The maximum capacity is 2004 vehicles/hour, and corresponds to segment 4 in its direction of travel B. Finally, it was concluded that the level of service of the section is variable, being F for segment 3 in its direction of travel A and for segment 1 in its direction of travel B, the other segments present a level of service E.

Keywords: Level of service, capacity, travel speed.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Introducción

En los últimos años, con el aumento cada vez mayor del parque vehicular, la circulación en las calles y carreteras se ha vuelto más compleja, por lo que es de gran importancia la realización de análisis operacionales más detallados de los sistemas viales. El sistema de calles de una ciudad es fundamental, pues ofrece servicios de transporte. Es frecuente que estos sistemas operen por arriba de su capacidad para que se puedan satisfacer los incrementos de demanda del tránsito vehicular, estos incrementos originan problemas de tránsito, cuya severidad por lo general se puede medir en términos de accidentes y congestionamiento (CAL, R, 2016).

Para enfrentar el problema de la congestión vehicular se suele considerar aumentar la capacidad física de las vías. Sin embargo, esta medida tiende a resolver sólo en corto plazo los desequilibrios entre oferta y demanda vial, dado que la demanda limitada por la propia congestión, relativamente pronto tiende a expresarse en toda su magnitud, atraída por una operación más fluida y expedita. En consecuencia, eliminar del todo la congestión es imposible o de costo muy elevado, y ni siquiera es deseable. Sí hay que mantenerla bajo control, pues su exacerbación tiene un impacto negativo en la calidad de vida en las grandes ciudades (Bull, 2003). Para poder mantener bajo control la congestión vehicular es necesario conocer el nivel de servicio que ofrece una vía.

Por lo mencionado, en esta tesis se estudió el nivel de servicio del tramo de la Av. Vía de evitamiento Sur comprendido entre la Av. Atahualpa y la Av. Andrés Bello. La investigación consta de cinco capítulos. En el Capítulo I se describe el problema estudiado, se presenta la formulación del problema, su hipótesis, las variables y los objetivos de la investigación; en el Capítulo II se expone el marco teórico utilizado en la investigación, en el capítulo III se muestran los materiales y métodos utilizados, en el Capítulo IV se presentan y discuten los resultados obtenidos, y en el Capítulo V se exponen las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó en esta investigación.

## **1.2. Descripción del problema**

Bull (2016) explica que el aumento explosivo de la cantidad de vehículos motorizados en los países en vías de desarrollo en las últimas décadas, ha potenciado la congestión. La consecuencia más evidente de la congestión es el incremento de los tiempos de viaje, especialmente en las horas punta que se alcanza en algunas ciudades. El MINAM a través del sistema nacional de información ambiental, calculó que en el 2016 Cajamarca tenía 16.26 vehículos por cada mil personas, y en el 2000 sólo se contaba con 4.66; es decir el crecimiento se ha dado en un 248.93 % más.

La vía de evitamiento sur de la ciudad de Cajamarca, en el tramo comprendido entre la Av. Atahualpa y la Av. Andrés Zevallos es afectado por el crecimiento vehicular de los últimos años, pues como consecuencia de ello, la congestión vehicular ha aumentado, volviéndose insoportable en horas punta, esta congestión no sólo se ve afectada por la gran cantidad de vehículos que se desplazan por la mencionada vía, además por este tramo se han establecido tiendas de abarrotes, ferreterías, restaurantes, pollerías, centros educativos y otros negocios; estos causan mayor congestión debido al tiempo que implica recibir o entregar mercancías. En este tramo también existe la venta de autos usados, alquiler de autos y servicio de carga de mercancías en camiones o camionetas; por ello a diario se encuentran muchos autos estacionados en la mencionada vía, obstaculizando el tránsito y empeorando más el nivel del servicio de la vía.

El congestionamiento que presenta el tramo no solo tiene como consecuencia un mayor tiempo de viaje para todos los usuarios de la vía, lo que repercute en pérdida de horas productivas; sino también un mayor consumo de combustible, aceite y otros elementos necesarios para el funcionamiento del vehículo.

Para poder dar solución en la medida que se pueda a la congestión del tramo en estudio, la presente investigación determinó cual es el nivel de servicio y la capacidad vehicular. Con estos datos se pueden plantear propuestas para mejorar el servicio que ofrece el tramo en estudio; sin la necesidad de ampliar la calzada.

### **1.3. Formulación del problema**

La pregunta general que se deriva de la problemática descrita es:

**¿Cuál es el nivel de servicio y la capacidad vehicular del tramo de la avenida vía de evitamiento sur, comprendido entre la Av. Atahualpa y la Av. Andrés Zevallos?**

### **1.4. Justificación e importancia**

#### **1.4.1. Justificación científica**

Con el presente proyecto se determinó el nivel de servicio y capacidad vehicular del tramo en estudio. Los resultados obtenidos de la presente investigación, junto con otros resultados de las diferentes vías e intersecciones de la ciudad de Cajamarca que hasta el momento se han estudiado, pueden ser utilizados para realizar un método para analizar la capacidad y nivel de servicio de tramos de vías e intersecciones donde se tengan en cuenta los factores que afectan al flujo vehicular de la ciudad de Cajamarca; ya que la metodología HCM-2010 considera parámetros que son ajenos a nuestra realidad; ellos son: el ancho de carril, ancho de mediana restrictiva, velocidad límite y composición vehicular. El estudio se apoyó en la metodología del manual HCM-2010, las normas DG 2018, el reglamento nacional de vehículos del 2003, el reglamento nacional de tránsito del 2009 y el manual de diseño geométrico de vías Urbanas - 2005 – VCHI; este último se utilizó, puesto que en la norma GH.020 del reglamento nacional de edificaciones no hay mucha información acerca de las vías urbanas.

#### **1.4.2. Justificación técnica practica**

La optimización en tránsito indica la selección de las mejores condiciones de operación, sujeto a las habilidades del sistema o recursos y a las restricciones del usuario y del medio ambiente. Los resultados obtenidos en la presente investigación pueden ser usados para plantear y aplicar mejoras en la gestión actual del tránsito de la vía en estudio, pues uno de los objetivos de la ingeniería de tránsito es la operación eficiente de los sistemas viales, tal que la demora inducida a los usuarios sea mínima.

#### **1.4.3. Justificación institucional y personal**

La presente investigación se realizó con el fin de poder ampliar los conocimientos del tesista y aportar a las investigaciones de la Universidad Nacional de Cajamarca. Además, con los conocimientos nuevos se puede ayudar a la población de Cajamarca.

## **1.5. Delimitación de la investigación**

La presente tesis analizó la serviciabilidad del tramo de la Av. Vía de evitamiento sur, comprendido entre la Av. Atahualpa y la Av. Andrés Zevallos. La investigación se basó en la metodología para segmentos urbanos establecida en el manual HCM-2010. Para ello se realizaron aforos vehiculares durante una semana, estos conteos empezaron el día 25 de abril del 2022 y terminaron el 1 de mayo del mismo; desde las 07:00 a.m. hasta las 08:00 p.m.

## **1.6. Limitaciones**

La metodología HCM-2010 calcula el nivel de servicio en función de parámetros de vías de Estados Unidos, por lo que al aplicar la metodología a las carreteras del Perú se pueden obtener resultados con cierto margen de error, pues nuestro sistema vial es diferente al sistema vial base. También hay que tener en cuenta que gran parte de la infraestructura vial no está en condiciones óptimas de transitabilidad, ya sea por falta de mantenimiento, o por una mal construcción, esto puede influir en el resultado del nivel de servicio de la vía.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo general**

- Determinar el nivel de servicio y la capacidad vehicular del tramo de la Av. Vía de evitamiento Sur, comprendida entre la Av. Atahualpa y la Av. Andrés Zevallos.

### **1.7.2. Objetivos específicos**

- Determinar las características geométricas del tramo de vía estudiado.
- Determinar la composición del tráfico.
- Determinar el día de máxima demanda y la hora de máxima demanda
- Determinar el volumen horario de máxima demanda y la tasa de flujo de los 15 minutos de máxima demanda. ( $Q_{15máx}$ )
- Obtener la velocidad de flujo libre base y la velocidad de viaje
- Determinar las demoras
- Determinar el nivel de servicio de los segmentos que comprenden el tramo

## 1.8. Hipótesis

### 1.8.1. Hipótesis general

**EL NIVEL DE SERVICIO DEL TRAMO DE LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR COMPRENDIDO ENTRE LA AV. ATAHUALPA Y LA AV. ANDRÉS ZEVALLOS, CALCULADO CON LA METODOLOGÍA HCM-2010 ES “E”; Y SU CAPACIDAD VEHICULAR EN CADA DIRECCIÓN DE VIAJE ES MAYOR A 1600 VEHÍCULOS/HORA.**

## 1.9. Variables/Categorías

*Variable dependiente:*

- Nivel de Servicio.
- Capacidad vehicular

*Variable independiente:*

- Velocidad de viaje.
- Tipo de vía.



### 1.10. Operacionalización de variables

Hipótesis	Definición	Variables	Dimensión	Indicador	Fuente de recolección
<p><b>El nivel de servicio del tramo de la avenida vía de evitamiento sur comprendido entre la av. Atahualpa y la av. Andrés Zevallos, calculado con la metodología HCM-2010 es “E”; y su capacidad vehicular en cada dirección de viaje es mayor a 1600 vehículos/hora.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es el resultado de dividir la distancia recorrida desde el principio al fin del viaje entre el tiempo de recorrido, es decir el tiempo total que se empleó en el viaje. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018)</li> <li>Según el manual de diseño geométrico de vías urbanas - VCHI (2005), las vías urbanas pueden ser expresas, arteriales, colectoras o locales.</li> </ul>	<p>V. independientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Velocidad de viaje</li> <li>Tipo de vía</li> </ul>	Tiempo de recorrido	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo en movimiento</li> <li>Demora directa</li> </ul>	Trabajo de gabinete.
			Características geométricas de la vía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ancho de carriles</li> </ul>	Levantamiento topográfico
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018)</li> <li>La capacidad se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una vía. (Fernández, 2010)</li> </ul>	<p>V. dependientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nivel de Servicio.</li> <li>Capacidad vehicular</li> </ul>	Condiciones de operación del flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\frac{Vel.de\ viaje}{Vel.flujo\ libre\ base} (\%)</math></li> <li>Volumen/capacidad</li> </ul>	Trabajo de gabinete.
			Tasa máxima de flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>VHMD</li> <li>Vol. Veh. de los 15 min. De máx. demanda (<math>Q_{15máx}</math>)</li> </ul>	Aforo vehicular

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

- Carpio *et al.* (2018) en su investigación titulada Determinación de capacidad de carreteras en Cuenca (Ecuador) y comparación con el manual de capacidad HCM, concluyeron que la velocidad de flujo libre calculada por la metodología HCM son semejantes a las obtenidas en el campo con desviaciones en el orden de 6 kph, Además recomiendan analizar más avenidas de su ciudad con características similares, para así profundizar aún más el estudio y obtener resultados concluyentes con la finalidad de establecer un modelo de ajuste aplicable en su ciudad.
- Ulloa (2019) en su tesis profesional titulada: Análisis de capacidad y nivel de servicio de la vía Balosa (voluntad de dios-el eje vial e25)-Metodología hcm2000, determino que el nivel de servicio para el tramo propuesto varía en cada segmento, teniendo estos un nivel de servicio C, D y E. Además, la velocidad media de recorrido. varía entre 48km/h y 75 km/h.
- Ziad, T. et al. (2020) en su investigación: Análisis del congestionamiento Vehicular para el mejoramiento de vía Principal en Guayaquil-ecuador, concluye que el ensanchar la vía estudiada para incrementar la capacidad vehicular no resulta en mejoras y por el contrario se produce el incremento del volumen de tráfico. Por ello es mejor enfocarse en el nivel de servicio que ofrece una via y mejorarlo a partir de los resultados que se obtienen del estudio de nivel de servicio.

##### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

- Cornelio (2018) en su tesis titulada: Evaluación del nivel de servicio por análisis de tráfico en la intersección semaforizada de la Av. Próceres y la Av. Minero del distrito de Yanacancha – Pasco – 2018; concluye que la metodología HCM 2010 es una buena herramienta en el análisis del comportamiento de las intersecciones viales

urbanas y que es aplicable en el Perú, teniendo en cuenta los factores encontrados y / o ajustados en su investigación, los cuales fueron:

- a) Tasa de flujo de saturación actuante y tasa de flujo de saturación ideal.
  - b) El factor de tiempo perdido en la partida.
  - c) Modificación del factor de ajuste por ancho de vía, y
  - d) Determinación del tiempo de cruce peatonal en la intersección.
  - e) Capacidad de utilización.
- Salazar (2018) con los resultados de su investigación titulada: Análisis por micro simulación de la intersección entre la Av. Brasil y el Jr. General Borgoño empleando vissim 8; propone cambios en la gestión del tránsito, con lo cual la demora de viaje vehicular promedio se redujo 65.2% al plantear un nuevo ciclo de semáforo, además se llegó a reducir las colas en 48.6% en el jirón General Borgoño.

### **2.1.3. Antecedentes Locales**

- Llanos (2017) en su tesis: Análisis del nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas con mayor afluencia de la av. Hoyos rubio; obtuvo un nivel de servicio F para las intersecciones estudiadas de la Av. Hoyos rubio. Luego de proponer algunas restricciones y optimizar los ciclos de los semáforos, logró mejorar las demoras promedio por vehículo, pasando de un nivel de servicio F a un nivel D.
- Alcántara (2018) en su tesis profesional: Análisis del nivel de servicio y capacidad vehicular de la avenida san Martín de Porres, ubicada entre la avenida Atahualpa y la avenida Argentina, aplicando la metodología del HCM 2000; concluye que el segmento I del tramo posee un nivel de servicio E y el segmento II un nivel de servicio F, además la capacidad vehicular del segmento I es de 1600 Veh/h y del segmento II es de 1356 veh/h. El volumen correspondiente a los 15 minutos de máxima demanda, desde las 6:45 pm hasta 7:00 pm, es de 400 vehículos para el segmento I y de 339 vehículos para el segmento II. El volumen de la hora de máxima de manda es de 1231 vehículos para el segmento I (6:30 pm a 7:30 pm) y de 1240 vehículos para el segmento II (6:00 pm a 7:00 pm).
- Estela (2018) en su tesis: Nivel de serviciabilidad y características del flujo vehicular del tramo de la vía de la Av. Atahualpa comprendida entre las intersecciones del Jr. Sucre y Av. Vía de evitamiento Sur de la ciudad de Cajamarca; determino que el

nivel de servicio de su tramo es F, también determino que los vehículos predominantes en el flujo vehicular son los automóviles y las mototaxis.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Topografía**

Es la ciencia que estudia los principios y métodos empleados para determinar la posición relativa de los puntos de la superficie terrestre, por medio de medidas. La topografía estudia la superficie terrestre y todos los procedimientos a través de los cuales es posible representar todos los accidentes existentes en la superficie, tanto naturales como los hechos por el hombre. Las actividades principales de la topografía son el levantamiento y el trazo. El levantamiento abarca las operaciones necesarias para recolectar datos de campo para poder representar un terreno por medio de su figura, en un plano. El trazo consiste en el replanteo sobre el terreno de las condiciones establecidas en un plano. (García, 1994)

#### **2.2.1.1. Levantamiento topográfico:**

Es el conjunto de operaciones necesarias para la determinación relativa y ubicación de 2 o más puntos ubicados sobre la superficie terrestre, estas operaciones consisten en medir distancias, medir ángulos y tomar notas explicativas de las características de cada uno de estos puntos. En dichos levantamientos no se tiene en cuenta el efecto de la curvatura terrestre, la extensión máxima permisible es hasta 625 km<sup>2</sup>, y la orientación es hacia el norte magnético, (Torres, 2009)

- a. Levantamiento Longitudinal: Son aquellos cuya característica principal es que el ancho es menor que la distancia longitudinal, se utiliza en construcción de caminos, canales, carreteras, ferrocarriles y estudio de ríos. (Torres, 2009)

#### **2.2.1.2. Levantamiento topográfico con estación total**

La estación total integra 4 equipos en uno solo con el objetivo de facilitar y hacer más eficientes los procesos topográficos de campo, estos aparatos son: Distanciómetro laser, teodolito, nivel de precisión y computadora. La estación total mide 2 variables: ángulos y distancias (horizontales y verticales), a partir de ambas variables más la ubicación actual del equipo, la estación calcula y almacena las coordenadas de cada punto observado (N, E, Z), tal que se elimina la necesidad de realizar cálculos complejos

para digitalizar el levantamiento topográfico en un software CAD. Para realizar un levantamiento topográfico con estación total se parte de 2 puntos con coordenadas conocidas, o en su defecto asumidas, y a partir de esa posición de observan y calculan las coordenadas de cualquier otro punto en campo. (Hernández, 2011)

## **2.2.2. Ingeniería de transporte e ingeniería de tránsito**

### **2.2.2.1. Generalidades**

Para poder comprender a cabalidad la ingeniería de transporte e ingeniería de tránsito es necesario comprender algunos conceptos, los cuales se mencionan a continuación.

- a.** Transportar: “Es el traslado de un sitio a otro, de personas y mercancías, motivado por el hecho de que están en un lugar, pero se necesitan en otro.” (Thompson, 1976).

“Transportar es llevar algo de un sitio a otro. Pero, normalmente, solo usamos la palabra para referirnos a distancias o cargas más o menos grandes o para hablar de los vehículos donde se realiza el transporte.” (Segura, 1991)

- b.** Transporte o transportación: “acción y efecto de transportar o transportarse”.
- c.** Tránsito: El tránsito, también conocido como tráfico es la circulación de personas, algunas de ellas mediante vehículos, por el espacio público. Se trata de un fenómeno físico y a la vez social. (Fernández, 2010)

### **2.2.2.2. Ingeniería de transporte**

*“Es la aplicación de los principios tecnológicos y científicos a la planeación, al proyecto funcional, a la operación y a la administración de las diversas partes de cualquier modo de transporte, con el fin de proveer la movilización de personas y mercancías de una manera segura, rápida, confortable, conveniente, económica y compatible con el medio ambiente”.* (CAL Y MAYOR, 2018)

### **2.2.2.3. Ingeniería de tránsito:**

Es la fase de la ingeniería de transporte que comprende la planeación segura y eficiente, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de transporte motorizado y no motorizado. La Ingeniería de tránsito es un subconjunto de la Ingeniería de Transporte (CAL Y MAYOR, 2018)

### 2.2.3. El vehículo

Es el nexo entre el conductor y la vía que lo contiene, sus características varían dentro de una gama de formas, tamaños y pesos. (Bañón Blázquez y Beviá García, 2000).

#### 2.2.3.1. Clasificación vehicular

Según el Reglamento nacional de vehículos (2003), los vehículos se clasifican:

a. **Categoría L:** Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas.

Tabla N°1: Vehículos de la categoría L

Categoría	Descripción
L1	Vehículos de dos ruedas de hasta 50 cm <sup>3</sup> y velocidad máxima de 50 km/h.
L2	Vehículos de tres ruedas de hasta 50 cm <sup>3</sup> y velocidad máxima de 50 km/h.
L3	Vehículos de dos ruedas de más de 50 cm <sup>3</sup> y velocidad mayor a 50 km/h.
L4	Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm <sup>3</sup> o una velocidad mayor de 50 km/h.
L5	Vehículos de 3 ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm <sup>3</sup> o velocidad mayor a 50 km/h. Su peso bruto vehicular es menos a 1 ton.

Fuente: Clasificación vehicular, 2006

A continuación, se presentan algunos vehículos de las distintas categorías.

Figura N°1: Ejemplos de vehículos de la categoría L.



Categoría L1



Categoría L2



L3



Categoría L4



Categoría L5

- b. **Categoría M:** Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y contruidos para el transporte de pasajeros.

Tabla N°2: Vehículos de la categoría M

<b>Categoría</b>	<b>Clase o combinación especial</b>	<b>Descripción</b>
M1		Vehículos de 8 asientos o menos sin contar el asiento del conductor
M2	C1	Vehículos de más de 8 asientos sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos. Construidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de estos.
M2	C2	Vehículos de más de 8 asientos sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos. Construidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles.
M2	C3	Vehículos de más de 8 asientos sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos. Construidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados.
M3	C1	Vehículos de más de 8 asientos sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas. Construidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de estos.
M3	C2	Vehículos de más de 8 asientos sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas. Construidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles.
M3	C3	Vehículos de más de 8 asientos sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas. Construidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados.

Fuente: Clasificación vehicular, 2006

La siguiente figura muestra algunos vehículos que pertenecen a la categoría M.

Figura N°2: Ejemplos de vehículos de la categoría M



Categoría M1



Categoría M2



Categoría M3

- c. **Categoría N:** Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y contruidos para el transporte de mercancía.

Tabla N°3: Vehículos de la categoría N

<b>Categoría</b>	<b>Clase o combinación especial</b>	<b>Descripción</b>
N1		Vehículos de peso bruto vehicular de 3.5 toneladas o menos.
N2		Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3.5 toneladas hasta 12 toneladas.
N3		Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.

Fuente: Clasificación vehicular, 2006

La siguiente figura presenta algunos vehículos pertenecientes a la categoría N.

Figura N°3: Ejemplos de vehículos de la categoría N.



Categoría N1



Categoría N2



Categoría N3

- d. **Categoría O:** Remolques (incluidos semirremolques).

Tabla N°4: Vehículos de la categoría O

<b>Categoría</b>	<b>Clase o combinación especial</b>	<b>Descripción</b>
O1		Remolques de peso bruto vehicular de 0.75 toneladas o menos.
O2		Remolques de peso bruto vehicular de más de 0.75 toneladas hasta 3.5 toneladas
O3		Remolques de peso bruto vehicular de más de 3.5 toneladas hasta 10 toneladas
O4		Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 toneladas

Fuente: Clasificación vehicular, 2006



La siguiente figura presenta algunos vehículos pertenecientes a la categoría N.

Figura N°4: Ejemplos de vehículos de la categoría O

	
Categoría O1	Categoría O2
	
Categoría O3	Categoría O4

**e. Categoría S:**

Adicionalmente, los vehículos de las categorías M, N u O para el transporte de pasajeros o mercancías que realizan una función específica, para la cual requieren carrocerías y/o equipos especiales, se clasifican en:

- SA : Casas rodantes
- SB : Vehículos blindados para el transporte de valores
- SC : Ambulancias
- SD : Vehículos funerarios

Los símbolos SA, SB, SC y SD deben ser combinados con el símbolo de la categoría a la que pertenece, por ejemplo: Un vehículo de la categoría N1 convertido en ambulancia será designado como N1SC.

#### 2.2.4. El sistema vial

El sistema vial es el conjunto de caminos y carreteras que existen en un área determinada y que permite el desplazamiento de los vehículos entre dos puntos de la misma, enlazando además dicha región con el resto de vías exteriores que la circundan. Hay dos tipos de redes básicas grandes: urbanas e interurbanas. (Bañón Blázquez y Beviá García, 2000).

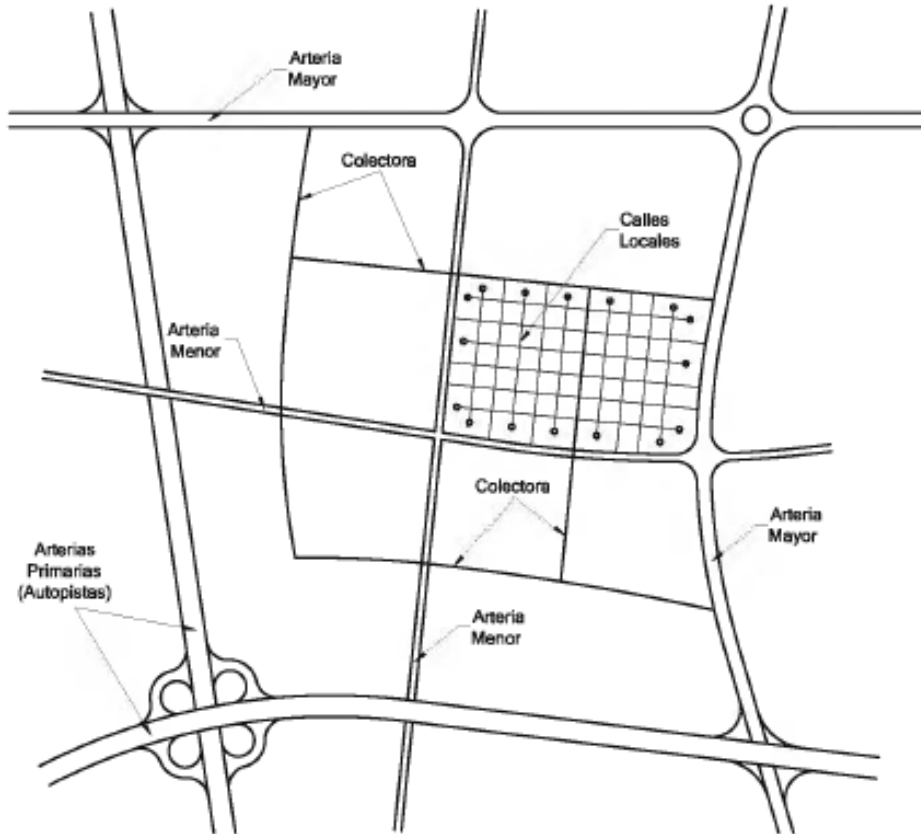
##### 2.2.4.1. Clasificación de la red vial en el ámbito urbano.

Según el Manual de diseño geométrico de vías urbanas (2005) el sistema vial urbano se clasifica en:

- a. **Vías expresas:** Las vías expresas son las que establecen la relación entre el sistema interurbano y el sistema vial urbano, ellas sirven principalmente para el tránsito de paso (origen y destino distantes entre sí). Además, estas unen zonas de elevada generación de tráfico transportando grandes volúmenes de vehículos, con circulación a alta velocidad y bajas condiciones de accesibilidad.
- b. **Vías arteriales:** Estas vías permiten el tránsito vehicular, con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante. Las vías arteriales deben ser integradas dentro del sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las otras vías (vías colectoras y locales). El estacionamiento y descarga de mercancías está prohibido.”
- c. **Vías colectoras:** Estas vías llevan el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a las vías expresas cuando no es posible hacerlo por intermedio de las vías arteriales. Además, dan servicio tanto al tránsito de paso, como al tránsito hacia las propiedades adyacentes. Las vías colectoras pueden ser distritales o interdistritales, correspondiendo esta clasificación a las Autoridades Municipales. Este tipo de vías, han recibido muchas veces el nombre genérico de Jirón, e inclusive Avenida.
- d. **Vías locales:** Las vías locales son las que tienen como suya función principal proveer acceso a los predios o lotes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio, generado tanto de ingreso como de salida. Por estas vías transitan vehículos livianos y ocasionalmente semipesados; además se permite el estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal irrestricto. Las vías locales

se conectan entre ellas y con las vías colectoras. Estas vías reciben el nombre genérico de calles y pasajes.

Figura N°5: Jerarquía de un sistema vial urbano.



Fuente: Cárdenas G. y Cal y M (2018)

### 2.2.5. Volumen de tránsito

Los volúmenes de tránsito se estudian con el propósito de obtener información relacionada con el movimiento de vehículos y/o personas sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial. Los datos de volúmenes de tránsito obtenidos de un estudio son expresados con respecto al tiempo, y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de estimativos razonables de la calidad del servicio prestado a los usuarios. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018)

#### 2.2.5.1. Definiciones generales

Según Cárdenas Grisales y Cal y mayor (2018) En ingeniería de tránsito, la medición básica más importante es el conteo de vehículos o aforo, ya sea de vehículos, ciclistas, pasajeros y peatones. Los conteos se realizan para obtener principalmente 4

parámetros que se relacionan estrechamente entre sí y aunque se expresan en las mismas unidades o similares, no significan lo mismo. A continuación, se detallan cada uno de los parámetros.

**a. Volumen (Q):**

El volumen es la cantidad de vehículos que pasa sobre una sección de vía durante un periodo de tiempo. (Montoya, 2005)

$$Q = \frac{N}{t} \quad (Ec. 2.1)$$

Donde:

- Q = Volumen (vehículos/ periodo)
- N = Número total de vehículos que pasan (vehículos)
- t = Periodo determinado (unidades de tiempo)

**b. Tasa de flujo (q):**

La tasa de flujo es la expresión horaria de la cantidad de vehículos que pasa por una sección de vía por un periodo menor a una hora. (Montoya, 2005)

**c. Demanda:**

*“Número de vehículos que desean cruzar un punto durante determinado lapso de tiempo, es decir, se refiere al volumen más los vehículos remanentes en cola. (Correa, 2021)*

**d. Capacidad:**

*“Es el máximo número de vehículos que pueden pasar por una sección uniforme de vía durante un tiempo dado, esto bajo las condiciones de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control. (Correa, 2021)*

**2.2.5.2. Volúmenes de tránsito promedio diarios**

El volumen de tránsito promedio diario (TPD), es el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido por el número de días del período. El periodo de análisis normalmente es un año (365 días), un mes (30 días) o una semana (7 días), con lo cual se tendrá Tránsito promedio diario anual, mensual y semanal, correspondientemente. El TPD tiene unidades de vehículos por día. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018).

A continuación, se presenta las fórmulas para cada caso mencionado:

- a. Transito promedio diario anual (TPDA)

$$TPDA = \frac{TA}{365} \quad (Ec. 2.2)$$

Dónde: TA = Tránsito anual

- b. Transito promedio diario mensual (TPDM)

$$TPDM = \frac{TM}{30} \quad (Ec. 2.3)$$

Dónde: TM = Tránsito mensual

- c. Transito promedio diario semanal (TPDS)

$$TPDS = \frac{TS}{7} \quad (Ec. 2.4)$$

Dónde: TS = Tránsito semanal

### 2.2.5.3. Volúmenes de tránsito horarios

Los volúmenes de tránsito horarios se utilizan en los análisis operacionales, pues el tránsito varía considerablemente durante las 24 horas del día. (Navarro, 2018).

A continuación, se describen los diferentes volúmenes de transito horarios con base a la hora seleccionada:

- a. Volumen horario máximo anual (VHMA):

Es el máximo volumen horario que ocurre en un punto o sección de un carril o de una calzada durante un año determinado. Es la hora de mayor volumen de las 8760 horas del año. (Navarro, 2018).

- b. Volumen horario de máxima demanda (VHMD):

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. También se conocen volumen de hora pico (VHP). La hora del día que tiene el volumen horario más alto es llamada "hora pico". Los volúmenes de hora pico son usados como la base para el diseño de carreteras y para varios tipos de análisis operacionales. (Navarro, 2018).

- c. Volumen horario de proyecto (VHP):

En caminos de alto tránsito, el volumen horario de diseño (VHD) determina las características que deben otorgarse al proyecto, para evitar problemas de congestión y determinar condiciones de servicio aceptables. El volumen horario de proyecto

corresponde a un porcentaje entre el 12% y el 18% del IMDA (TPDA) estimado para el año horizonte del proyecto. (DG, 2018)

#### **2.2.5.4.** Composición del volumen de tránsito

La composición vehicular se mide en términos de porcentajes sobre el volumen total. El tipo de vehículos que circulan por una vía afectan la operación de esta. No es lo mismo para la operación de la vía el que este ocupada por un vehículo pesado cargado que por un automóvil moderno en buen estado y que solo lleva el conductor como carga. El vehículo pesado cargado lleva, muchas veces, una velocidad baja y perturba, por eso, el flujo normal de los demás vehículos. (Correa, 2021)

#### **2.2.5.5.** Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda.

El volumen horario de máxima demanda no conserva la misma frecuencia del flujo durante toda la hora, salvo que se tenga una distribución uniforme. Esto significa que existen períodos cortos dentro de la hora de máxima demanda con tasas de flujo muchos mayores a las de la hora misma. Para conocer esta variación se utiliza el factor de la hora de máxima demanda (FHMD). Este factor es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos. El FHMD Indica la forma como están distribuidos los flujos máximos dentro de la hora. Su mayor valor es la unidad, lo que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos en cada período durante toda la hora. Valores bastante menores que la unidad indican concentraciones de flujos máximos en períodos cortos dentro de la hora. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018).

Matemáticamente es la relación entre el volumen horario de máxima demanda VHMD, y el volumen máximo  $Q_{t\text{máx}}$ , que se presenta durante un período dado dentro de dicha hora. Se expresa como:

$$FHMD = \frac{VHMD}{N(Q_{t\text{máx}})} \quad (Ec. 2.5)$$

Donde:

- N = Número de periodos durante la hora de máxima demanda
- t = Duración del período en minutos

Las duraciones ( $t$ ) de los períodos dentro de la hora de máxima demanda pueden ser de 5, 10 ó 15 minutos, utilizándose éste último con mayor frecuencia, en cuyo caso el factor de la hora de máxima demanda es:

$$FHMD_{15} = \frac{VHMD}{4(Q_{15 \text{ máx}})} \quad (Ec. 2.6)$$

### 2.2.6. Velocidad

Es una magnitud vectorial y se representa mediante flechas que indican la dirección y sentido del movimiento que sigue un cuerpo. Es la relación entre el espacio recorrido por un cuerpo y el tiempo que se tarda en recorrerlo. La unidad internacional es m/s, pero en lo relacionado con vías o movilidad se usa la unidad km/h. (Correa, 2021).

$$v = d \times t \quad (Ec. 2.7)$$

Donde:

- V = Velocidad constante (km/h)
- d = Distancia recorrida (Km)
- t = tiempo de recorrido(horas)

*“La velocidad está condicionada por las características del vehículo, del conductor y de la vía, por el volumen del tránsito, condiciones atmosféricas y los límites impuestos por los reglamentos de tránsito, debido a ello la velocidad con que marchan los vehículos varía constantemente especialmente en vías urbanas.” (Montoya, 2021)*

#### 2.2.6.1. Tipos de velocidad

A continuación, se presentan los diferentes tipos de velocidad:

##### a) Velocidad de Punto:

Es la velocidad que tiene un vehículo al atravesar por un determinado punto o sección transversal de una carretera. La velocidad de punto se utiliza para medir las características de la velocidad en un lugar específico, bajo condiciones prevalecientes del tránsito y del estado del tiempo, lo mismo que permitirá la distribución de velocidades por grupos de usuarios. (Navarro, 2018)

##### b) Velocidad local o instantánea:

Es la velocidad que posee un vehículo cuando se encuentra circulando a lo largo de un tramo de carretera o calle en un instante dado. (Navarro, 2018)

##### c) Velocidad de circulación o de marcha:

Esta velocidad también es conocida como velocidad de crucero. Es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en

movimiento. Esta velocidad es mayor que la de recorrido debido a que no tiene en cuenta las demoras o paradas, solo cuando el vehículo está en movimiento. La velocidad de circulación es una medida de la calidad del servicio que una vía proporciona a los conductores, y varía durante el día principalmente por la variación de los volúmenes de tránsito. En la actualidad muchos vehículos ofrecen la opción de poder programar una velocidad constante (velocidad de cruce) y así evitar excederse en las velocidades máximas permitidas. (Correa, 2021)

$$Vel\ de\ marcha = \frac{Distancia\ recorrida}{Tiempo\ de\ marcha} \quad (Ec. 2.8)$$

Donde:

- Tiempo de marcha: *“periodo de tiempo durante el cual un vehículo se encuentra en movimiento, es decir, es el tiempo total de recorrido descontando aquel tiempo en que el vehículo se hubiese detenido por cualquier causa.”* (Montoya, 2005)

**d) Velocidad de recorrido:**

También es conocida como velocidad global o de viaje, es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde el inicio hasta el fin del viaje, entre el tiempo de recorrido. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018).

$$Vel.\ de\ recorrido = \frac{Distancia\ recorrida}{tiempo\ de\ recorrido} \quad (Ec. 2.9)$$

Donde:

- Tiempo de recorrido: Es el tiempo total que un vehículo emplea para recorrer una determinada distancia. En este parámetro se incluyen todas aquellas demoras operacionales por reducciones de velocidad y paradas provocadas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control, ajenos a la voluntad del conductor. Para el cálculo de la velocidad de recorrido no se incluyen demoras fuera de la vía, como por ejemplo detenciones en gasolineras, restaurantes, lugares de recreación, etc. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018).

**e) Velocidad media de recorrido:**

Para todos los vehículos o para un grupo de ellos, es la suma de sus distancias recorridas dividida por la suma de los tiempos totales de viaje. Si todos o el grupo de vehículos recorren la misma distancia, la velocidad media de recorrido se obtiene dividiendo la distancia recorrida entre el promedio de los tiempos de recorrido. La velocidad de recorrido se utiliza para comparar condiciones de fluidez en ciertas rutas;



ya sea una con otra, o bien, en una misma ruta cuando se han realizado cambios, para medir los efectos. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018).

**f) Velocidad de operación:**

Es la velocidad a la que se observa que los conductores circulan. También se conoce como la velocidad por debajo de la cual, recorren el tramo el 85% de los conductores. (Correa, 2021)

### **2.2.7. Análisis del flujo vehicular**

El análisis del flujo vehicular describe la forma de como circulan los vehículos en cualquier tipo de vialidad, ello permite determinar el nivel eficiencia de su operación. El análisis de los elementos del flujo vehicular sirve para entender las características y el comportamiento del tránsito, requisitos básicos para el planeamiento, proyecto y operación de carreteras, calles y sus obras complementarias dentro del sistema de transporte. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018)

#### **2.2.7.1. Variables del flujo vehicular**

El flujo vehicular tiene variables principales y asociadas. Las variables principales del flujo vehicular son: *el flujo, la velocidad y la densidad*. Es fundamental el conocimiento de estas variables, pues indican la calidad o nivel de servicio experimentado por los usuarios de cualquier sistema vial. Mediante la deducción de relaciones entre ellas, se puede determinar las características de la corriente de tránsito, y así predecir las consecuencias de diferentes opciones de operación o de proyecto. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018)

**a. Densidad (k):**

También se conoce como concentración, es el equivalente espacial del flujo. Es la cantidad “n’ ” de vehículos observados en el instante  $t_0$  en todo un tramo “L”. Se mide en número de vehículos por kilómetro [veh/km]. (Fernández, 2010)

$$k = \frac{n'}{L} \quad (Ec. 2.10)$$

El flujo y la velocidad se definieron en párrafos anteriores.

## **2.2.8. Semaforización**

### **2.2.8.1. Semáforos:**

Son dispositivos electromagnéticos y electrónicos proyectados para facilitar el control del tránsito de vehículos y peatones, mediante indicaciones visuales de luces de colores como lo son el verde, el amarillo y el rojo. Estos colores han sido aceptados universalmente. La finalidad principal del semáforo es permitir el paso, alternadamente, a las corrientes de tránsito que se cruzan, permitiendo el uso ordenado y seguro del espacio disponible. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018).

Teniendo en cuenta las posibles combinaciones de luces rojas y verdes que pueden estar simultáneamente encendidas en toda la intersección, se definen dos conceptos consustanciales a las intersecciones semaforizadas: Fase y ciclo. (Bañón Blazquéz y Beviá García, 2000).

- Fase: Es el Tiempo durante el que puede realizarse un determinado movimiento dentro de la intersección, en otras palabras, la fase es el tiempo durante el cual una serie de semáforos permanecen en verde.

- Ciclo: Es el Tiempo necesario para que vuelvan a repetirse las mismas condiciones de regulación dentro de la intersección; es decir, es el resultado de la suma de las diferentes fases, así como de los tiempos de transición (o de ámbar) entre ellas.

## **2.2.9. Capacidad y nivel de servicio**

### **2.2.9.1. Capacidad**

Se define como capacidad de un dispositivo vial el cual puede ser una vía, intersección, estación a la máxima cantidad de objetos (vehículos, personas, carga) que puede ser atendida por unidad de tiempo, bajo determinadas condiciones. También se puede definir como el flujo máximo que puede pasar o ser procesado por el dispositivo vial (Fernández, 2010)

Según Bañón Blázquez y Beviá García (2000) la capacidad depende de las propias características de la vía (geometría y estado del pavimento) y del tráfico, especialmente su composición. También se deben tener en cuenta las regulaciones de circulación

existentes, como limitaciones de velocidad o prohibiciones de adelantamiento, así como las condiciones ambientales y meteorológicas. Por otro lado, Fernández, (2010) menciona que el conductor (estado físico, experiencia, personalidad) también influye en la capacidad de la vía.

Alcántara (2018), analizó la capacidad de un tramo de la avenida San Martín de la ciudad de Cajamarca, tal avenida pertenece al sistema vial urbano de la ciudad; en su investigación se determinó que la capacidad vehicular máxima del tramo estudiado es 1600 vehículos/hora. Esta capacidad corresponde a la capacidad de toda la calzada, la cual presenta 2 carriles.

#### **2.2.9.2. Nivel de servicio**

El nivel de servicio es un concepto que se utiliza para medir la calidad del flujo vehicular. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018).

#### **2.2.10. Metodología HCM – 2010**

Para determinar el nivel de servicio y capacidad vehicular del tramo propuesto se ha utilizado la metodología del capítulo 17 (Segmentos de calles urbanas), del MANUAL DE CAPACIDAD DE CARRETERAS - 2010.

##### **2.2.10.1. Metodología HCM - 2010 para segmentos de calle urbana**

La metodología del Capítulo 17 es aplicable a un segmento de calle urbana o suburbana. El tramo puede ser parte de una calle arterial o colectora con flujo de tráfico vehicular unidireccional o de dos direcciones. Las intersecciones en el segmento pueden estar señalizadas o no señalizadas. La metodología HCM 2010 enfocada al automóvil aborda flujos de tráfico mixto de automóviles, motocicletas, camiones y tránsito en los que el automóvil representa el mayor porcentaje de todos los vehículos. La metodología se utiliza para evaluar el desempeño del automóvil desde la perspectiva del automovilista. La metodología expuesta tiene las siguientes consideraciones:

**a) Límites de análisis:**

El límite del análisis de segmento está definido por el derecho de vía de la calzada y el área de influencia operativa de cada intersección de límites. El área de influencia de una intersección de límites se extiende hacia atrás desde la intersección en cada tramo de intersección. Los límites de análisis deben establecerse para cada intersección sobre la base de las condiciones presentes durante el período de análisis. En términos prácticos, el área de influencia debe extenderse al menos 250 pies (76.5 m. aprox.) hacia atrás desde la línea de parada en cada tramo de intersección.

**b) Periodo de estudio y periodo de análisis:**

El período de análisis es el intervalo de tiempo evaluado por una sola aplicación de la metodología. Por otro lado, el período de estudio es el intervalo de tiempo de la evaluación del desempeño, este consiste en uno o más períodos de análisis consecutivos. El capítulo 17 del HCM recomienda utilizar periodos de estudio de 1 hora y periodos de análisis de 15 minutos, para luego evaluar el periodo de análisis de 15 minutos pico. Para ello se debe disponer de recuentos de tráfico.

**c) Definición de segmento de calle urbana:**

Para el análisis, la calzada se separa en elementos que son físicamente adyacentes y operan como una sola entidad para servir a los viajeros. Estos elementos son puntos y enlaces. Un punto representa el límite entre enlaces y está representado por una intersección. Un enlace representa un tramo de calzada entre dos puntos. Un enlace y sus puntos límites se conocen como un segmento. El enlace y sus puntos límites deben evaluarse juntos para proporcionar una indicación precisa del rendimiento general del segmento. Para una determinada dirección de viaje a lo largo del segmento, las medidas de rendimiento del enlace y del punto aguas abajo son combinadas para determinar el rendimiento general del segmento.

**d) Consideraciones sobre la longitud del segmento:**

La metodología descrita no es apropiada para el análisis de segmentos cortos, se considera que un segmento es corto cuando:

- La cola con frecuencia se extiende desde una intersección a la otra intersección (es decir, se desborda) durante el período de análisis.
- La duración de la fase de la señal de paso directo en la intersección aguas abajo es más larga que la necesaria para dar servicio a los vehículos.

En general, los segmentos que están delimitados por intersecciones señalizadas y menores a 400pies (121.92m) pueden experimentar una o ambas condiciones.

**e) Niveles de servicio según la metodología HCM – 2010:**

Para caracterizar el nivel de servicio vehicular de una dirección de viaje determinada a lo largo de un segmento de calle urbana se utilizan criterios que se basan en dos medidas de desempeño (la velocidad de viaje de los vehículos de tránsito directo y la relación volumen capacidad de los mismos). Estas medidas de rendimiento son medibles en el campo y perceptibles por los viajeros. A continuación, se describe cada medida.

- La velocidad de viaje: Esta velocidad se determina para vehículos de tránsito directo, y refleja los factores que influyen en el tiempo en movimiento a lo largo del enlace y la demora en la que incurren los vehículos directos en la intersección del límite.
- Relación volumen/capacidad: Esta relación se determina para el movimiento directo en la intersección del límite aguas abajo, e indica el grado de movilidad proporcionado por el segmento.

La tabla N° 5 muestra los diferentes niveles de servicio que establece la metodología mencionada.

Tabla N°5: Criterios del nivel de servicio de segmentos para el modo automóvil

Velocidad de desplazamiento como porcentaje de la velocidad base de flujo libre (%)	<u>Nivel de servicio por relación volumen-capacidad</u>	
	$\leq 1.0$	$\geq 1$
>85	A	F
>67-85	B	F
>50-67	C	F
>40-50	D	F
>30-40	E	F
$\leq 30$	F	F

Fuente: HCM, 2010. Traducido al español

A continuación, se describen los diferentes niveles de servicio según HCM-2010

**Nivel de servicio A:** Este nivel describe principalmente la operación de flujo libre. Los vehículos están completamente libres de obstáculos en su capacidad de maniobrar dentro del flujo de tráfico. El retraso del control en la intersección límite es mínimo. La velocidad de desplazamiento supera el 85 % de la velocidad base de flujo libre y la relación volumen-capacidad no es superior a 1,0

**Nivel de servicio B:** El nivel B describe un funcionamiento razonablemente libre de obstáculos. La capacidad de maniobra dentro de la corriente de tráfico está solo ligeramente restringida, y la demora de control en la intersección del límite no es significativa. La velocidad de viaje está entre 67% y 85% de la velocidad base de flujo libre y la relación volumen-capacidad no es mayor que 1.0.

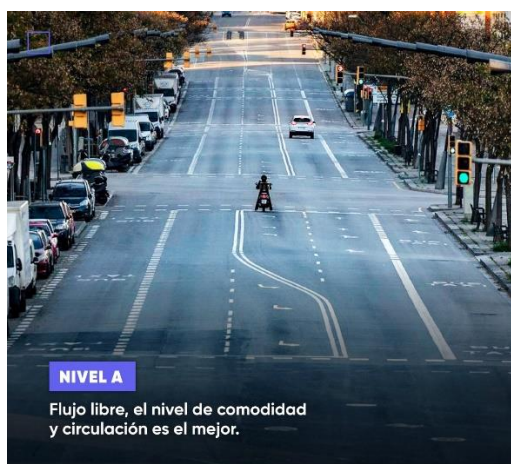
**Nivel de servicio C:** Describe una operación estable. La capacidad de maniobrar y cambiar de carril en ubicaciones de segmento medio puede estar más restringida que en LOS B. Las colas más largas en la intersección del límite pueden contribuir a velocidades de viaje más bajas. La velocidad de viaje está entre el 50 % y el 67 % de la velocidad de flujo libre base, y relación el volumen-capacidad no es mayor que 1.0

**Nivel de servicio D:** Este nivel indica una condición menos estable en la cual pequeños aumentos en el flujo pueden causar aumentos sustanciales en la demora y disminuciones en la velocidad de viaje. Esta operación puede deberse a una progresión adversa del semáforo, volumen alto o tiempo de semáforo inapropiado en la intersección del límite. La velocidad de viaje es entre 40% y 50% de la velocidad base de flujo libre y la relación volumen-capacidad no es superior a 1,0.

**Nivel de servicio E:** Se caracteriza por un funcionamiento inestable y un retraso significativo. Tales operaciones pueden deberse a alguna combinación de progresión adversa, alto volumen y tiempo de señal inapropiada en la intersección del límite. La velocidad de desplazamiento está entre el 30 % y el 40 % de la velocidad base de flujo libre, y la relación volumen/capacidad no es superior a 1,0.

**Nivel de servicio F:** Se caracteriza por un flujo a una velocidad extremadamente baja. Es probable que ocurra congestión en la intersección del límite, como lo indican las altas demoras y las largas colas. La velocidad de desplazamiento es el 30 % o menos de la velocidad base de flujo libre, o la relación volumen-capacidad es superior a 1,0.

Figura N°6: Flujo en los distintos niveles de servicio



Nivel de servicio A



Nivel de servicio B



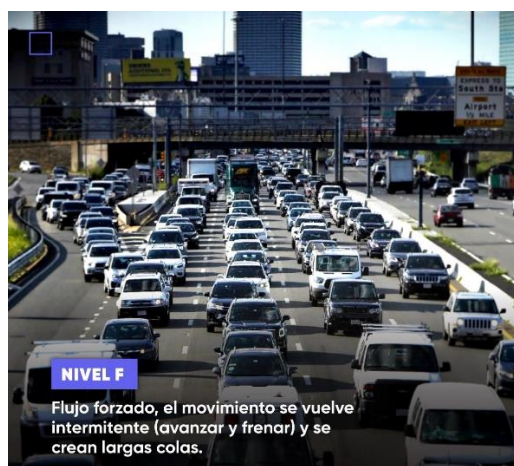
Nivel de servicio C



Nivel de servicio D



Nivel de servicio E



Nivel de servicio F

Fuente: HCM, 2010.

**f) Datos de entrada requeridos en la metodología HCM – 2010**

Los datos se enumeran en la tabla N° 6. Estos deben especificarse por separado para cada dirección de viaje del segmento y para cada intersección de límites.

Tabla N°6: Requisitos de datos de entrada: modo automóvil

<b>CATEGORÍA DE DATOS</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>ELEMENTO DE DATO DE ENTRADA</b>
<b>Características del tráfico</b>	Intersección limite	.Tasa de flujo de demanda
	segmento	.Tasa de flujo del segmento medio
<b>Diseño geométrico</b>	Intersección limite	. Número de carriles .Ancho de intersección aguas arriba
	segmento	. Número de carriles directos . Número de carriles en los puntos de acceso . Longitud del segmento . Longitud mediana restrictiva . Proporción de segmento con bordillo .Número de aproximaciones de punto de acceso
<b>otros</b>	segmento	. Duración del periodo de análisis .Límite de velocidad
<b>Medidas de desempeño</b>	Intersección limite.	. Demora del control directo (de tráns. Directo) .Capacidad
	Segmento	.Demora del segmento medio

Fuente: HCM, 2010. Traducido al español

No se han incluidos algunos datos de entrada expuestos en el manual, tales como la longitud de bahía de giro, pues el segmento en estudio no los presenta. A continuación, se describe cada dato de entrada de las distintas categorías de datos de la tabla anterior.

**a) Datos de las características del tráfico**

Estos datos describen el flujo de tráfico de vehículos motorizados que viajan a lo largo de la calle durante el período de análisis.

**-Tasa de flujo de demanda:**

Es el recuento de vehículos que llegan a la intersección durante el período de análisis, dividido por la duración del período de análisis. Se determina para cada grupo de movimiento



**- Tasa de flujo del segmento medio:**

Es el conteo de vehículos que viajan a lo largo del segmento durante el período de análisis, dividido por la duración del período de análisis. Este volumen se especifica por separado para cada dirección de viaje a lo largo del segmento.

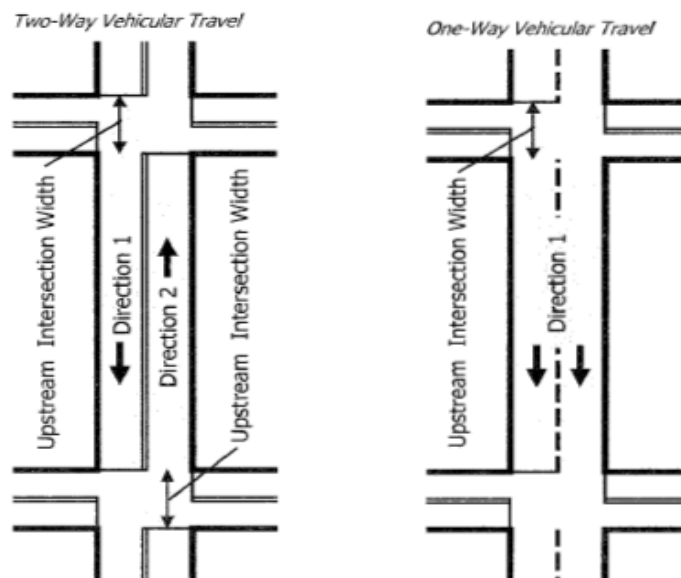
**b) Datos de diseño geométrico**

Estos datos describen los elementos geométricos del segmento o intersecciones que se abordan en la metodología del automóvil.

- **Número de carriles:** Es la cantidad de carriles que se proporcionan para cada movimiento de tráfico en la intersección. Para un movimiento de giro, este cómputo representa los carriles reservados para el uso exclusivo de los vehículos que giran. Los carriles compartidos por dos o más movimientos se incluyen en el recuento de carriles directos y se describen como carriles compartidos.

- **Ancho de intersección aguas arriba:** Se calcula para una dirección de viaje determinada y representa el ancho efectivo de la calle transversal. En una calle de doble sentido, representa la distancia entre la línea de parada (o ceda el paso) para los dos segmentos opuestos de movimientos directos en la intersección del límite, medida a lo largo de la línea central del segmento.

Figura N°7: ancho de una intersección aguas arriba



Fuente: HCM, 2010

- **Número de carriles directos:** Es la cantidad de carriles que se extienden a lo largo del segmento y sirven a los vehículos de tránsito directo. Este recuento se especifica por separado para cada dirección de viaje a lo largo del segmento. No se incluye en este cómputo un carril provisto para el uso exclusivo de vehículos que giran.

- **Número de carriles en los puntos de acceso:** El número de carriles en una intersección de puntos de acceso representa el conteo de carriles que se proporcionan para cada movimiento de tráfico en la intersección. El método para determinar este número sigue la misma guía provista en un párrafo anterior para el número de carriles en las intersecciones de límites.

- **Longitud del segmento:** Es la distancia entre las intersecciones de los límites que definen el segmento. El punto de medición en cada intersección es la línea de parada, la línea de ceda el paso o el equivalente funcional en la dirección de viaje en cuestión. Esta longitud se mide a lo largo de la línea central de la calle. Si difiere en las dos direcciones de viaje, entonces se usa una longitud promedio. La *longitud del enlace* se utiliza en algunos cálculos. Se calcula como la longitud del segmento menos el ancho de la intersección del límite aguas arriba.

- **Longitud de mediana restrictiva:** La longitud de mediana restrictiva representa la longitud de la calle con una mediana restrictiva (p. ej., bordillo elevado). Esta longitud se mide de punta mediana a punta mediana a lo largo de la línea central de la calle. No incluye la longitud de las aberturas medianas en la calle.

- **Proporción de segmento con bordillo:** Es la parte de la longitud del enlace que tiene bordillo a lo largo del lado derecho del segmento. Esta proporción se calcula como la longitud de la calle con sección transversal con bordillo dividida por la longitud del enlace. La longitud de la calle con una sección transversal con bordillo se mide desde el inicio de la sección transversal con bordillo hasta el final de la sección transversal con bordillo en el enlace. El ancho de las aberturas de las calzadas de entrada no se deduce de esta longitud. Este valor se ingresa para cada dirección de viaje a lo largo del segmento.

- **Número de aproximaciones de puntos de acceso:** Es el recuento de calzadas de entrada no señalizadas y de calles públicas que se aproximan al segmento. Este número se cuenta por separado para cada lado del segmento. Debe igualar o exceder el número de puntos de acceso activos para los cuales se calcula la demora de los

vehículos directos del segmento. Si la intersección del límite aguas abajo no está señalizada, su aproximación de la calle transversal en el lado derecho (en la dirección de viaje) se incluye en el conteo

### c) Otros datos

- **Duración del período de análisis:** Para análisis operativos se debe utilizar un período de análisis de 15 minutos. Esta duración capturará con precisión los efectos adversos de los picos de demanda. Una evaluación completa siempre debe incluir un análisis de las condiciones durante el período de 15 minutos que experimenta la mayor demanda de tráfico durante un período de 24 horas.

- **Límite de velocidad:** El límite de velocidad representa una única variable de entrada que se puede usar como una forma conveniente de estimar la velocidad de carrera. La velocidad de carrera se utiliza en la metodología para evaluar el rendimiento del segmento.

### d. Medidas de rendimiento

- **Demora de control directo:** Es la demora del control del movimiento directo en la intersección del límite aguas abajo. Su cálculo depende del tipo de control que se use en la intersección

- **Capacidad:** La capacidad de un grupo de movimiento representa el número máximo de vehículos que pueden descargarse de una cola durante el período de análisis, dividido por la duración del período de análisis. Este valor es necesario para los movimientos que ingresan al segmento en la intersección del límite aguas arriba y para los movimientos que salen del segmento en la intersección del límite aguas abajo.

- **Demora del segmento medio:** Los vehículos directos que viajan a lo largo de un segmento pueden encontrar una variedad de situaciones que hacen que reduzcan la velocidad levemente o incluso que se detengan. Estas situaciones retrasan los vehículos directos y hacen que aumente el tiempo en movimiento de su segmento. A continuación, se muestran las situaciones que pueden causar este retraso:

- Vehículos que giran desde el segmento hacia una aproximación del punto de acceso.
- Peatones cruzando en un cruce de peatones del segmento medio.
- Vehículos que maniobran hacia o desde un espacio de estacionamiento en la calle.
- Vehículos estacionados en doble fila bloqueando un carril, y
- Vehículos en un carril caído que se incorporan al carril adyacente.

#### 2.2.10.2. Procedimiento de cálculo del nivel de servicio de segmentos

A continuación, se explican los pasos que se deben seguir para determinar el nivel de servicio de un segmento de calla urbana.

##### **Paso 1: Determinar el tiempo de movimiento**

Para determinar el tiempo de movimiento primero se debe calcular la velocidad de flujo libre, el factor de ajuste de proximidad del vehículo y el tiempo de movimiento adicional debido a las fuentes de retraso del segmento medio; pues la fórmula para determinar el tiempo de movimiento tiene en cuenta estas variables. A continuación, se describe el cálculo de cada variable mencionada y del tiempo de movimiento.

##### **a) Determinar la velocidad de flujo libre ( $S_f$ )**

La velocidad de flujo libre representa la velocidad de movimiento promedio de los automóviles directos que viajan a lo largo de un segmento en condiciones de bajo volumen y sin retrasos por dispositivos de control de tráfico u otros vehículos. Refleja el efecto del entorno de la calle en la elección de la velocidad del conductor. Los elementos del entorno de la calle que influyen en esta elección en condiciones de flujo libre incluyen el límite de velocidad, la densidad de los puntos de acceso, el tipo de mediana, la presencia de bordillos y la longitud del segmento.

La velocidad de flujo libre se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$S_f = S_{fo} f_L \quad (\text{Ec. 2.11})$$

Donde:

- $S_f$  = Velocidad de flujo libre (mi/h)
- $S_{fo}$  = Velocidad de flujo libre base (mi/h)
- $f_L$  = Factor de ajuste de espaciado de señal

### a.1. Velocidad de flujo libre base ( $S_{fo}$ )

La velocidad de flujo libre base es la velocidad de flujo libre en segmentos más largos. Se calcula usando la siguiente ecuación:

$$S_{fo} = S_o + f_{cs} + f_A \quad (Ec. 2.12)$$

Donde:

- $S_{fo}$  = Velocidad de flujo libre base (mi/h)
- $S_o$  = Velocidad constante (mi/h)
- $f_{cs}$  = Ajuste para la sección transversal (mi/h)
- $f_A$  = Ajuste para puntos de acceso (mi/h)

La velocidad constante y los factores de ajuste mencionados se calculan con las siguientes formulas:

#### 1. Velocidad constante:

$$S_o = 25.6 + 0.47S_{pl} \quad (Ec. 2.13)$$

Dónde:

- $S_{pl}$  = límite de velocidad publicado (mi/h).

#### 2. Factor de ajuste para la sección transversal:

$$f_{cs} = 1.5p_{rm} - 0.47p_{curb} - 3.7p_{curb}p_{rm} \quad (Ec. 2.14)$$

Dónde:

- $p_{rm}$  = proporción de longitud de enlace con mediana restrictiva (decimal) y
- $p_{curb}$  = proporción de segmento con bordillo en el lado derecho (decimal).

#### 3. Factor de ajuste para puntos de acceso:

$$f_A = -0.078D_a/N_{th} \quad (Ec. 2.15)$$

Con:  $D_a = 5280(N_{ap,s} + N_{ap,o})/(L - W_i)$  (Ec. 2.16)

Dónde:

- $D_a$  = densidad de puntos de acceso en el segmento (puntos/mi);
- $N_{th}$  = Carriles directos en el segmento en la dirección de viaje en cuestión (ln)
- $N_{ap,s}$  = número de aproximaciones al punto de acceso en el lado derecho en la dirección de viaje del sujeto (puntos)
- $N_{ap,o}$  = número de aproximaciones al punto de acceso en el lado derecho en la dirección opuesta de viaje (puntos);
- $W_i$  = ancho de la intersección señalizada (pies).

### a.2. Ajuste para el espaciado de la señal

La velocidad de flujo libre se ve influenciada por la longitud del segmento (cuando se define por intersecciones de límites señalizados). Por ello en el cálculo de la velocidad de flujo libre se utiliza el factor de ajuste de espaciado de señal.

$$f_L = 1.02 - 4.7 \frac{S_{fo} - 19.5}{\max(L_s, 400)} \leq 1.0 \quad (\text{Ec. 2.17})$$

Donde:

- $f_L$  = Factor de ajuste de espaciado de señal
- $S_{fo}$  = Velocidad de flujo libre base (mi/h), y
- $L_s$  = Longitud del segmento

### b) Ajuste de cálculo por proximidad de vehículo

El factor de ajuste de proximidad ajusta el tiempo en movimiento de flujo libre para tener en cuenta el efecto de la densidad del tráfico.

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{v_m}{52.8 N_{th} S_f}\right)^{0.21}} \quad (\text{Ec. 2.18})$$

Donde:

- $f_v$  = Factor de ajuste de proximidad
- $v_m$  = Tasa de flujo de demanda del segmento medio (veh/h)
- $N_{th}$  = Número de carriles directos en el segmento en la dirección de viaje en cuestión (ln), y
- $S_f$  = Velocidad de flujo libre (mi/h)

### c) Cálculo de la demora debido a los vehículos que giran

Para el cálculo se utiliza la siguiente tabla:

Tabla N°7: Demora debido a vehículos que giran

Volumen del segmento medio (veh/h/ln)	Demora (s/veh/pt) por número de carriles directos		
	1 Carril	2 Carriles	3 Carriles
200	0.04	0.04	0.05
300	0.08	0.08	0.09
400	0.12	0.15	0.15
500	0.18	0.25	0.15
600	0.27	0.41	0.15
700	0.39	0.72	0.15

Fuente: TRB. HCM, 2010. Traducido al español

#### d) Cálculo del tiempo de movimiento del segmento

El tiempo de movimiento del segmento se calcula con la siguiente ecuación:

$$t_R = \frac{6.0 - l_1}{0.0025L} f_x + \frac{3600 L}{5280 S_f} f_v + \sum_{i=1}^{N_{ap}} d_{ap,i} + d_{other} \quad (Ec. 2.19)$$

Con:

$$f_x = \begin{cases} 1 & \text{(movimiento directo controlado por STOP o señalizado)} \\ 0 & \text{(movimiento directo no controlado)} \\ \min \left[ \frac{v_{th}}{c_{th}}, 1.00 \right] & \text{(movimiento directo controlado por CEDA EL PASO)} \end{cases}$$

Donde:

- $t_R$  = Tiempo de movimiento del segmento (s)
- $l_1$  = Tiempo perdido de arranque= 2.0 si está señalizado
- $L$  = longitud del segmento (ft)
- $f_x$  = Factor de ajuste de tipo de control
- $v_{th}$  = Tasa de flujo de demanda directa (veh/h)
- $c_{th}$  = Capacidad de movimiento directo (veh/h)
- $d_{ap,i}$  = Demora debido a giros a la izquierda y a la derecha desde la calle hacia la intersección del punto de acceso (s/veh);
- $N_{ap}$  = Número de aproximaciones influyentes al punto de acceso a lo largo del segmento =  $N_{ap,s} + p_{ap,lt} N_{ap,0}$  (puntos)
- $N_{ap,s}$  = Número de aproximaciones del punto de acceso en el lado derecho en la dirección de viaje en cuestión (puntos)
- $N_{ap,0}$  = Número de aproximaciones al punto de acceso en el lado derecho en la dirección opuesta al viaje (puntos)
- $p_{ap,lt}$  = Proporción de  $N_{ap,0}$  a la que se puede acceder girando a la izquierda desde la dirección de viaje en cuestión; y
- $d_{other}$  = demoras debido a otras fuentes a lo largo del segmento (por ejemplo, estacionamiento en la acera o peatones) (s/veh).

#### Paso 2: Determinar la duración de la fase de la señal

Este paso se aplica a la intersección del límite aguas abajo, y se debe considerar lo siguiente:

- Si la intersección del límite aguas abajo no está señalizada, se omite este paso.
- Si la intersección del límite aguas abajo tiene un control de señal pre programado, entonces la duración de la fase de la señal es el valor deseado.

### Paso 3: Determinar la demora directa

La demora directa representa la suma de la demora de control más la demora geométrica, se debe tener en cuenta las siguientes observaciones:

- Si el movimiento directo no está controlado en la intersección del límite, entonces la demora del control directo es de 0,0 s/Veh.
- La demora geométrica para intersecciones convencionales de tres o cuatro tramos se considera insignificante.
- Si el movimiento directo comparte uno o más carriles en una intersección señalizada, entonces la demora directa se calcula usando la siguiente ecuación:

$$d_t = \frac{d_{th}v_tN_t + d_{sl}v_{sl}(1 - P_L) + d_{sr}v_{sr}(1 - P_R)}{v_{th}} \quad (Ec. 2.20)$$

Donde:

- $d_t$ = Demora directa (s/veh)
- $v_{th}$ = Tasa de flujo de demanda directa (veh/h)
- $d_{th}$ = Demora en grupo de carriles directos exclusivos (s/veh)
- $v_t$ = Tasa de flujo de demanda en grupo de carriles directos exclusivos (veh/h/ln)
- $N_t$ = Número de carriles en el grupo de carriles directos exclusivos (ln)
- $d_{sl}$ = Demora en el grupo de carriles directos y en el de giro a la izquierda compartido (s/veh),
- $v_{sl}$ = Tasa de flujo de demanda en el grupo de carriles directos y de giro a la izquierda compartido (veh/h),
- $d_{sr}$ = Demora en el grupo de carriles directos y de giro a la derecha compartido (s/veh)
- $v_{sr}$ = Tasa de flujo de demanda en el grupo de carriles directos y en el de giro a la derecha compartido (veh/h),
- $P_L$ = Proporción de vehículos que giran a la izquierda en el carril compartido (decimal), y
- $P_R$ = Proporción de vehículos que giran a la derecha en el carril compartido (decimal).

### Paso 4: Determinar la velocidad de viaje

La velocidad de viaje para una dirección de viaje determinada a lo largo del segmento se calcula con la siguiente ecuación:



$$S_{T,seg} = \frac{3600 L}{5280 (t_R + d_t)} \quad (Ec. 2.21)$$

Donde:

- $S_{T,seg}$  = Velocidad de viaje de vehículos directos para el segmento
- $L$  = Longitud del segmento (pies)
- $t_R$  = Tiempo de movimiento del segmento (s)
- $d_t$  = Demora directa (s/veh)

La demora de control utilizada en la ecuación anterior es la incurrida por el grupo de carriles directos en la intersección del límite aguas abajo.

### **Paso 5: Determinar el nivel de servicio**

El nivel de servicio se define por dos medidas de desempeño, una medida es la velocidad de viaje de los vehículos directos, expresada como un porcentaje de la velocidad base de flujo libre y la segunda medida es la relación volumen/capacidad para el movimiento directo en la intersección del límite aguas abajo. El nivel de servicio se determina para ambas direcciones de viaje a lo largo del segmento.

La tabla N° 5 que se expuso párrafos atrás muestra los criterios establecidos para determinar el nivel de servicio, el cual puede ser A, B, C, D, E o F.

#### **2.2.11. Aforos**

Se denomina aforo al proceso de medir la cantidad de vehículos y/o peatones que pasan por un tramo en una carretera en una unidad de tiempo. Los aforos vehiculares sirven para obtener: el tráfico promedio diario anual, el tráfico promedio diario, el volumen pico horario, la clasificación vehicular, entre otros. (Gómez, 2004)

A continuación, se enumeran los métodos más usados para realizar aforos de tránsito.

##### **2.2.11.1. Métodos manuales:**

Son aquellos que registran a vehículos haciendo trazos en un papel o con contadores manuales. Con éstos aforos se pueden conseguir datos que no pueden ser obtenidos por otros procedimientos, tales como: clasificar a los vehículos por tipo, número de vehículos que giran a la derecha o a la izquierda, u ocupantes de los mismos. Los aforos

pueden dividirse en 30 minutos e incluso 15 cuando el tránsito es muy denso. La duración del aforo varía con el propósito del aforo. Algunos aforos clasificados pueden durar hasta 24 horas. Durante periodos de tránsito alto, es necesario más de una persona para efectuar los aforos. La exactitud y confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada persona. (Montoya, 2005)

**a. Aforo de tráfico mediante el uso de plantillas de conteo.**

En este método se obtienen los volúmenes de tráfico mediante el uso de personal de campo conocido como aforadores de tráfico. Este método manual permite la clasificación de vehículos por tamaño, tipo, número de ocupantes y otras características. Además, este tipo de aforo permite registrar movimientos de giros (izquierda y derecha) y otros movimientos tanto vehiculares como peatonales. Los conteos manuales se utilizan cuando: se desea calcular la exactitud de los contadores mecánicos, cuando los requisitos del aforo son poco comunes (por ejemplo, cuando se necesitan conteos durante periodos de tiempo corto), cuando las malas condiciones de tiempo interfieren con el uso de contadores mecánico de tráfico y, claro está, si no se dispone de equipo automático. Una desventaja grande de este método de conteo, es la manutención de aforadores de tráfico por tiempos prolongados, pues es costoso. El personal de campo registra los datos del conteo en formularios diseñados específicamente para cada caso particular. (Gómez, 2004)

**b. Aforo de tráfico mediante el uso de un contador manual electrónico.**

Este conteo manual implica a una o más personas que registran los vehículos observados utilizando un contador. La mayoría de los contadores cuentan con varios botones, cada uno de los cuales se puede utilizar para registrar los datos del volumen para diversos movimientos y diversos tipos de vehículos. Los contadores electrónicos separan automáticamente los datos en intervalos y se almacenan en una memoria de semiconductor, los datos se pueden visualizar directamente en el equipo. Los equipos traen un software para transferir los datos a una computadora, donde se procesan y se imprimen. (Gómez, 2004)

### **2.2.11.2. Métodos automáticos**

Los aforos automáticos obtienen datos de volúmenes de tráfico a través del uso de detectores superficiales tales como: detectores neumáticos, contacto eléctrico, fotoeléctrico, radar, magnético, ultrasónico, infrarrojo, etc. Estos detectan el vehículo que pasa y transmiten la información a un registrador, que está ubicado a un lado del camino. (Gómez, 2004)

### **2.2.12. Estudios de demoras y tiempos de viaje**

Estos estudios ayudan a evaluar la calidad del movimiento de tránsito a lo largo de una ruta y a determinar la ubicación, tipo y alcance de las demoras de tránsito. Las informaciones de demora son tomadas cuando el flujo de tránsito se encuentra parado o con retardo excesivo. La duración de la demora de tránsito es medida en unidades de tiempo, anotando la ubicación correspondiente, la causa y la frecuencia de demoras en el viaje. (SEDESOL, 2004)

#### **2.2.12.1. Método del vehículo de prueba**

Consiste en el uso de un vehículo que recorrerá una ruta de interés. El vehículo deberá cumplir con ciertas condiciones de operación según la técnica que se utilice. (SEDESOL, 2004)

#### **2.2.12.2. Técnica del vehículo medio**

En esta técnica el vehículo que se utiliza para medir el tiempo de viaje y las demoras debe viajar a la velocidad que el conductor considere como predominante en el flujo de tránsito. Previamente se deben identificar puntos iniciales y finales de manera que el vehículo de prueba sea manejado por estos lugares de acuerdo con las condiciones operacionales seleccionadas. La información durante el estudio se anota en una hoja de campo. (SEDESOL, 2004)

#### **2.2.12.3. Tamaño de muestra**

A pesar de que la determinación de los requerimientos para el tamaño de la muestra para tiempos de viaje y demoras es difícil, la información que se presenta en la siguiente tabla da valores aproximados para diseñar estudios de demora y de tiempo de viaje, después de haber determinado el error permitido de la muestra de acuerdo con el

propósito del estudio. Cuando se realizan estudios de Operaciones del tránsito, análisis de tendencias y evaluaciones económicas se recomienda el uso de un error de +/-3,5 a +/- 6,5 km/h. (SEDESOL, 2004)

Tabla N°8: Muestra mínima para tiempos de viaje y estudios de demora

Rango medio velocidades de viaje (km/h)	Número mínimo del muestreo para el error permitido especificado				
	+/- 2 km/h	+/- 3.5 km/h	+/- 5 km/h	+/- 6.5 km/h	+/- 8 km/h
5	4	3	2	2	2
10	8	4	3	3	2
15	14	7	5	3	3
20	21	9	6	5	4
25	28	13	8	6	5
30	38	16	10	7	6

Fuente: SEDESOL ,2004

El rango medio de velocidades de viaje (km/h) mencionado en la tabla anterior se calcula con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{\sum S}{N - 1} \quad (Ec. 2.22)$$

Donde:

- R = rango medio en velocidades de viaje (kph)
- S = sumatoria de los valores de las diferencias en velocidad
- N = número de recorridos

Para la fórmula anterior se parte de un número inicial de recorridos, luego se debe verificar que el tamaño de la muestra sea menor que el número inicial. Si el tamaño de la muestra es mayor que el número inicial de recorridos, entonces se deben hacer recorridos adicionales bajo condiciones similares a las iniciales.

### 2.3. Términos básicos

**Arcén:** Es la franja longitudinal afirmada contigua a la calzada, no destinada al uso de automóviles salvo en circunstancias excepcionales. (Bañón Blazquéz y Beviá García, 2000)

**Avenida:** Calle ancha generalmente de doble sentido con calzadas separadas por una berma central. Diversas vías del tipo arterial y colectoras han recibido la calificación de avenida. (Manual de diseño geométrico de vías urbanas, 2005)

**Bahía:** Ensanchamiento de la calzada para ser utilizado por los vehículos para el embarque, desembarque y/o almacenaje, antes de continuar la marcha o el volteo. (Manual de diseño geométrico de vías urbanas, 2005)

**Berma:** Son fajas longitudinales contiguas a uno o ambos lados de la calzada. Las bermas deben ser la continuación del nivel de la calzada, por seguridad vial no se recomienda que estén más bajo que esta. (Correa, 2021)

**Bifurcación:** Es la división de una vía en dos trazos, que permite que uno de ellos se aleje de la dirección principal. (Manual de diseño geométrico de vías urbanas, 2005)

**Bombeo:** Pendiente o inclinación transversal en tramos rectos de una vía, para facilitar el escurrimiento de las aguas superficiales, evitando la acumulación de agua en el pavimento. (Manual de diseño geométrico de vías urbanas, 2005)

**Bordillo:** También llamado sardinel o cordón. Es una estructura que sobresale verticalmente en los bordes de la vía. Se emplean principalmente para orientar el tránsito, encausar las aguas, delimitar andenes. (Correa, 2021)

**Calle:** Es una vía pública en la zona urbana, con ingreso y salida, destinada al tránsito de peatones y/o vehículos. (Manual de diseño geométrico de vías urbanas, 2005)

**Calzada:** También se le conoce como superficie de rodadura o pista. Es la parte de la sección de la vía, destinada a la circulación exclusiva de vehículos. (Manual de diseño geométrico de vías urbanas, 2005)

**Camino:** Faja de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos. La denominación de camino incluye a nivel rural las llamadas carreteras, y a nivel urbano las calles de la ciudad. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018)

**Carril:** es aquella parte de la calzada o superficie de rodamiento, de ancho suficiente para la circulación de una sola fila de vehículos. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018)

**Carretera:** *“Camino para el tránsito de vehículos motorizados de por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir las normas técnicas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.”* (Normas DG, 2018)

**Ciclo o longitud de ciclo:** Es el tiempo requerido para una secuencia completa de todas las indicaciones de señal del semáforo. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018)

**Congestión:** Acumulación excesiva de vehículos en alguna parte de la vía. (Gómez, 2004)

**Cunetas:** Son Canales de sección generalmente trapezoidal que se encuentran adosados a ambos lados de la calzada y tienen como función recoger, canalizar y evacuar las aguas pluviales. (Bañón Blázquez y Beviá García, 2000)

**Demora:** Es el tiempo perdido por un vehículo debido a las causas más allá del control del conductor. (Gómez, 2004)

**Glorieta:** Se conoce así a la Intersección donde no hay cruces directos sino maniobras de entrecruzamientos y movimientos alrededor de una isleta o plazoleta central. (Correa, 2021)

**Intervalo:** cualquiera de las diversas divisiones del ciclo, durante la cual no cambian las indicaciones de señal del semáforo. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018)

**Intervalo de cambio:** tiempo de exposición de la indicación amarilla del semáforo que sigue al intervalo verde. Es un aviso de precaución para pasar de una fase a la siguiente. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018)

**Intervalo de despeje o todo rojo:** tiempo de exposición de una indicación roja para todo el tránsito que se prepara entrar a la intersección. Es utilizado en la fase que recibe el derecho de paso después del amarillo de la fase que lo pierde, con el fin de dar un tiempo adicional que permita a los vehículos, que pierden el derecho de paso, despejar la intersección antes de que los vehículos, que lo ganan, reciban el verde. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018)

**Intervalo de cambio de fase:** intervalo que puede consistir de solamente un intervalo de cambio amarillo o que puede incluir un intervalo adicional de despeje todo rojo. También se conoce como entreverde o intermedio. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018)

**Intervalo verde:** intervalo de derecho de paso durante el cual la indicación de señal es verde. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018)

**Isletas:** Las isletas son zonas bien definidas, situadas entre carriles de circulación, destinadas a guiar el movimiento de los vehículos y a servir de eventual refugio a los peatones. (Bañón Blazquéz y Beviá García, 2000)

**Mediana:** Es la franja longitudinal del terreno no destinada a la circulación, cuya misión es la de separar dos calzadas con distinto sentido de circulación. Su anchura es variable y puede contener barreras separadoras de tráfico. (Bañón Blazquéz y Beviá García, 2000)

**Movimiento:** maniobra o conjunto de maniobras de un mismo acceso que tienen el derecho de paso simultáneamente y forman una misma fila. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018)

**Pasos a nivel:** Zonas habilitadas para el paso de peatones, caracterizadas por la coincidencia del plano de circulación de peatones y vehículos. (Bañón Blázquez y Beviá García, 2000)

**Paso a desnivel:** *“Cruce a diferentes niveles de dos calzadas o de una calzada y una vía férrea. Puede ser superior o inferior.”* (Gómez, 2004)

**Pasos cebra:** Zonas de la calzada convenientemente señalizadas destinadas al paso preferencial de peatones. (Bañón Blázquez y Beviá García, 2000)

**Pendiente:** Es la relación entre el desnivel y la distancia horizontal que hay entre dos puntos. (Navarro, 2018)

**Pendiente transversal:** Está representada por el bombeo en un segmento recto o por la sobreelevación en curva, es la pendiente que se le da a la corona, normal a su eje. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018)

**Radio de giro:** *“Radio del arco de la curva que describe la rueda delantera exterior de un vehículo en el transcurso de una maniobra de viraje.”* (Correa, 2021)

**Ramal:** Es la División de la vía principal que permite conectarla con otro tipo de vía o elemento de una intersección. (Correa, 2021)

**Rojo fijo:** Señal del semáforo que indica a conductores que se detendrán antes de la raya de parada. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018)

**Rojo intermitente:** Señal roja con destellos intermitentes, los conductores de los vehículos harán alto obligatorio y se detendrán antes de la raya de parada. Se empleará en el acceso a una vía principal. (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018)

**Tiempo de Viaje:** Tiempo durante el cual un vehículo recorre un determinado espacio de vía, e incluye los tiempos de parada. (Navarro, 2018)

**Vehículos ligeros:** Son aquellos correspondientes a las categorías L (vehículos automotores con menos de cuatro ruedas) y M1 (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros con ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor). (Manual de Carreteras DG, 2018)

**Vehículos pesados:** Son aquellos que pertenecen a las categorías M (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros, excepto la M1), N (vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y contruidos para el transporte de mercancías), O (remolques y semirremolques) y S (combinaciones especiales de los M, N y O). (Manual de Carreteras DG, 2018)

**Verde intermitente:** *“Cuando una lente verde funcione con destellos intermitentes, advierte a los conductores el final del tiempo de luz verde.”* (Cárdenas Grisales y Cal y mayor, 2018)



## CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Ubicación geográfica

La investigación se realizó en el tramo de la Av. Vía de evitamiento Sur, comprendida entre la Av. Atahualpa y la Av. Andrés Zevallos. El tramo de vía estudiado pertenece al distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca y Región de Cajamarca. El Tramo tiene una longitud aproximada de 1.01 km. y se analizará ambos sentidos de la calzada.

Figura N°8: ubicación del tramo de la Av. vía de evitamiento sur en estudio.



Fuente: Google Earth Pro 2021.

Tabla N°9: Coordenadas UTM de los límites del tramo estudiado

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA
Punto inicial	775829.34	9207200.51	2687.31
Punto final	775293.03	9208077.66	2689.53

### 3.2. Periodo de estudio

Los aforos vehiculares se realizaron por 7 días, desde las 7 a.m. hasta las 8 p.m. Los aforos comenzaron el día lunes 25 de abril y terminaron el día domingo 1 de mayo, para facilitar el conteo vehicular se utilizaron formatos impresos elaborados en Microsoft Excel.

### 3.3. Equipos, materiales y servicios

#### MATERIALES

- Flexómetros de 5m
- Flexómetros de 50 m
- Útiles de escritorio
- Informes y empastados.

#### EQUIPO

- Computadora
- Impresora
- Internet
- Cámara digital
- GPS

#### SERVICIOS

- aforo vehicular
- Levantamiento topográfico

### 3.4. Procedimiento

La investigación se realizó en 3 etapas, las cuales se describen a continuación:

#### 1° ETAPA: recolección de información.

Para poder determinar el nivel de servicio y capacidad vehicular, se necesitan conocer las características geométricas del tramo en estudio, así como también los volúmenes de tránsito, para lo cual se realizaron las siguientes actividades:

**a. Levantamiento topográfico:**

El levantamiento topográfico se realizó con estación total, y con ello se conoció: la longitud del tramo, ancho de la calzada, pendiente del tramo y otros datos necesarios en el proceso de cálculo.

**b. Aforo vehicular:**

El Manual HCM – 2010 indica realizar el análisis para cada dirección de viaje, por ello el aforo vehicular se realizó para las 2 direcciones de viaje que presenta el tramo. Para el estudio tales direcciones se mencionan como dirección A y dirección B.

- **Dirección de viaje A:** En esta dirección el flujo vehicular va desde el punto inicial del tramo (Av. Atahualpa) hacia el punto final (Av. Andrés Zevallos), es decir el flujo vehicular va hacia el Noroeste.
  
- **Dirección de viaje B:** En esta dirección el flujo vehicular va desde el punto final (Av. Andrés Zevallos) hacia el punto inicial del tramo (Av. Atahualpa), es decir el flujo vehicular va hacia el Sureste.

Además de estudiar cada dirección de viaje, la metodología expuesta indica dividir el tramo en segmentos.

El tramo estudiado se dividió 4 segmentos. Para determinar los segmentos se buscó que estos tengan una longitud similar, además se tuvo en cuenta las recomendaciones del HCM-2010 para determinar los límites de los segmentos de análisis. Tales recomendaciones se exponen a continuación.

- Una intersección que tenga un tipo de control que pueda imponer al movimiento directo del segmento un requisito legal de detenerse o ceder el paso, siempre debe usarse para definir un límite de segmento.
  
- Una intersección en la que el movimiento directo del segmento no está controlado (por ejemplo, una intersección de dos vías controlada por PARE) puede usarse para definir un límite de segmento, pero generalmente no se hace.

Los segmentos determinados se describen en la tabla N°10, además en el anexo N°5 se presenta el plano de segmentos.

Tabla N°10: Segmentos analizados en la Av. Vía de evitamiento sur.

SEGMENTO	UBICACIÓN	DIRECCIÓN DE VIAJE
1	Entre la Av. Atahualpa y el Jr. Manuel Ibáñez Rosazza	A ( Hacia el Noroeste)
		B (Hacia el Sureste)
2	Manuel Ibáñez Rosazza y el Jr. San Luis	A ( Hacia el Noroeste)
		B (Hacia el Sureste)
3	Entre el Jr. San Luis y el Jr. El inca	A ( Hacia el Noroeste)
		B (Hacia el Sureste)
4	Entre el Jr. El inca y la Av. Andrés Zevallos	A ( Hacia el Noroeste)
		B (Hacia el Sureste)

Luego de estas consideraciones se determinó el volumen de tránsito para cada dirección de viaje de cada segmento por medio de aforos vehiculares manuales, para facilitar el conteo vehicular se utilizaron formatos impresos elaborados en Microsoft Excel.

## 2° ETAPA: Procesamiento de datos del aforo vehicular y del levantamiento topográfico

En esta etapa se procesaron los datos obtenidos del aforo vehicular, para determinar el volumen vehicular diario, tránsito semanal, TPDS, composición vehicular, los histogramas del día de máxima demanda, el volumen horario de máxima demanda, el volumen de los 15 minutos de máxima demanda (Q15máx), la capacidad vehicular y el FHMD. Estos parámetros se calculan para cada segmento, en cada dirección de viaje.

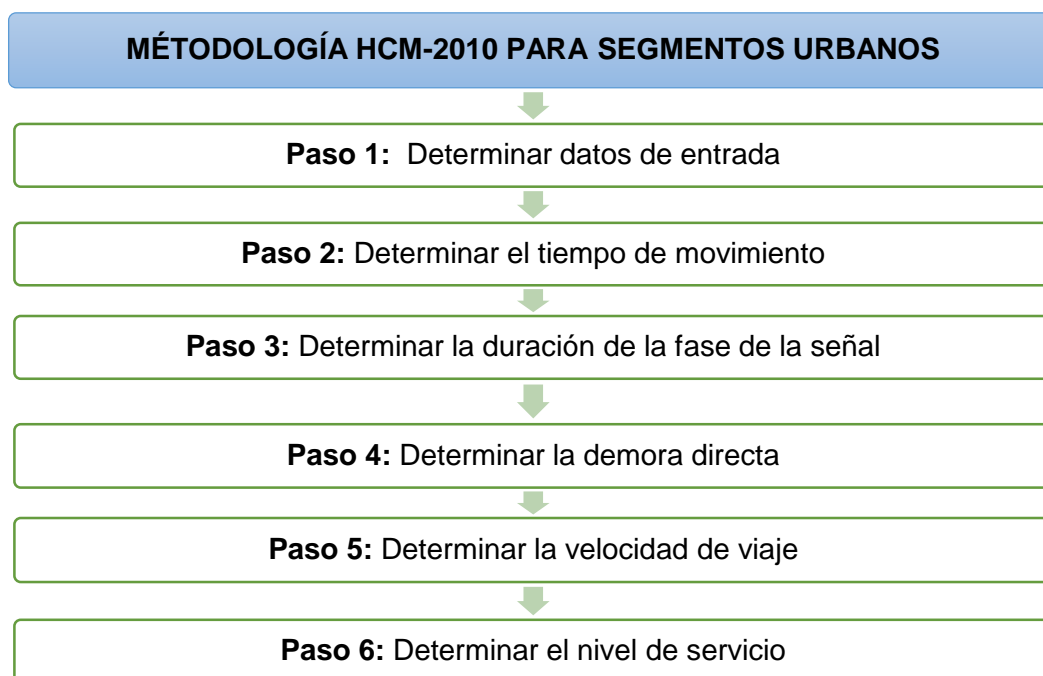
Con los datos obtenidos en el levantamiento topográfico se realizó el plano de ubicación y localización, plano en planta del tramo estudiado, plano de secciones transversales, plano de segmentos del tramo y el plano topográfico y perfil longitudinal. Estos se presentan en los Anexos.

## 3° ETAPA: Metodología HCM - 2010

Con los datos obtenidos en la etapa 1, procesados en la etapa 2 y haciendo uso de la metodología para el análisis del automóvil del HCM - 2010 se determinó el nivel de servicio y capacidad vehicular del tramo de la Av. vía de evitamiento Sur, comprendido entre la Av. Atahualpa y la Av. Andrés Zevallos. Además, se tuvo en cuenta que el tramo en estudio pertenece a un sistema no coordinado y los semáforos son de tiempos fijos.

La siguiente figura muestra los pasos para determinar el nivel de servicio de un segmento, los mismos que fueron explicados a detalle en el marco teórico.

Figura N°9: Secuencia lógica para determinar el nivel de servicio de un segmento



Fuente: Manual HCM-2010

### 3.5. Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados

#### - Métodos de investigación

La presente investigación que tiene un objetivo descriptivo, con enfoque cuantitativo, utilizó el método deductivo, es decir parte desde lo general a lo específico. Este método sirvió para interpretar y discutir los resultados del nivel de servicio obtenidos mediante la metodología del HCM-2010, enfocado al automóvil.

#### - Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación:

- **Población:** Vía de evitamiento Sur.
- **Muestra:** Tramo entre la Av. Atahualpa y la Av. Andrés Bello.
- **Unidad de análisis:** Nivel de servicio
- **Unidad de observación:** vehículos que transiten por el tramo en estudio

## - **Técnicas e instrumentos de recopilación de información**

### **Observación:**

La observación consiste en estudiar los aspectos más significativos de los objetos, hechos, situaciones sociales o personas en el contexto donde se desarrollan normalmente; permitiendo la comprensión de la verdadera realidad del fenómeno. Las observaciones se registran en notas de campo.

La observación sirvió para obtener los volúmenes vehiculares, y las características geométricas de la vía en interés.

### **Aforo manual:**

Para realizar el aforo el observador se colocó en una sección del tramo en estudio y realizó el conteo con ayuda de impresos destinados a tal efecto.

## - **Técnicas para el procesamiento y análisis de la información**

Los datos obtenidos fueron procesados en gabinete con la ayuda de una computadora, a través de los siguientes programas, para los fines necesarios.

- AutoCAD: Para la elaboración del levantamiento topográfico y de las secciones más representativas del tramo en estudio
- MS Excel 2013: Para procesar los datos obtenidos en los aforos manuales y calcular los parámetros necesarios para obtener la capacidad vehicular y nivel de servicio según el Manual HCM 2010 del TRB
- MS Word 2013: Para redactar los resultados de la investigación.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis del flujo vehicular y de la aplicación de la metodología HCM-2010 enfocada al automóvil, descrita en párrafos anteriores. Los resultados se presentan en tablas, gráficos circulares, gráficos de barras e histogramas.











### 3.5.1. Aforo vehicular

#### 3.5.1.1. Volumen vehicular diario, semanal y TPDS en la dirección de viaje A.

A continuación, se presenta el tránsito calculado. La dirección de viaje A es la que se dirige hacia el noroeste, Esta va del punto inicial (Av. Atahualpa) hacia el punto final (Av. Andrés Zevallos).

#### a. Para el segmento 1.

Tabla N°11: Volumen vehicular diario del segmento 1, dirección de viaje A

Día	Bicicleta	Motos		Vehículos livianos			Buses		Camión	Tráiler	Total
		Lineal	Trimoto	Auto	Camioneta	Combi	Mini-bus	Bus			
											
<b>Lun.</b>	255	3238	7655	3818	3856	276	56	160	644	178	<b>20136</b>
<b>Mar.</b>	248	2924	7325	3376	3623	210	54	163	680	150	<b>18753</b>
<b>Mie.</b>	238	2924	7271	3562	3686	254	72	154	616	154	<b>18931</b>
<b>Jue.</b>	227	2724	7155	3397	3446	255	33	168	715	142	<b>18262</b>
<b>Vie.</b>	230	2808	7383	3433	3542	271	58	163	631	175	<b>18694</b>
<b>Sáb.</b>	210	3118	7714	3772	3980	223	71	119	563	156	<b>19926</b>
<b>Dom.</b>	240	1973	6421	3208	2831	228	44	118	211	93	<b>15367</b>

- Tránsito semanal (TS):

$$TS = TD_{lun.} + TD_{mar.} + TD_{mie.} + TD_{jue.} + TD_{vie.} + TD_{sab.} + TD_{dom.}$$











$$TS = 20136 + 18753 + 18931 + 18262 + 18694 + 19926 + 15367 = 130069 \frac{veh}{semana}$$

- Tránsito promedio diario semanal:

$$TPDS = \frac{TS}{7} = \frac{130069}{7} = 18581 Veh/día$$

**b. Para el segmento 2.**

Tabla N°12: Volumen vehicular diario del segmento 2, dirección de viaje A

Día	Bicicleta	Motos		Vehículos livianos			Buses		Camión	Tráiler	Total
		Lineal	Trimoto	Auto	Camioneta	Combi	Mini-bus	Bus			
											
Lun.	330	3440	7973	4051	4222	322	80	160	702	198	<b>21478</b>
Mar.	322	3174	7806	3706	3943	249	75	162	741	194	<b>20372</b>
Mie.	293	3231	7832	3911	4126	297	96	157	681	213	<b>20837</b>
Jue.	288	3327	7836	4002	4122	289	63	156	780	186	<b>21049</b>
Vie.	280	3053	7789	3726	3869	305	88	168	696	219	<b>20193</b>
Sáb.	264	3367	8011	4059	4195	264	103	157	620	206	<b>21246</b>
Dom.	306	2098	6601	3361	2988	262	73	117	276	137	<b>16219</b>

- Tránsito semanal (TS):

$$TS = TD_{lun.} + TD_{mar.} + TD_{mie.} + TD_{jue.} + TD_{vie.} + TD_{sab.} + TD_{dom.}$$











$$TS = 21478 + 20372 + 20837 + 21049 + 20193 + 21246 + 16219 = 141394 \frac{veh}{semana}$$

- Tránsito promedio diario semanal:

$$TPDS = \frac{TS}{7} = \frac{141394}{7} = 20199 Veh/día$$

**c. Para el segmento 3.**

Tabla N°13: Volumen vehicular diario del segmento 3, dirección de viaje A

Día	Bicicleta	Motos		Vehículos livianos			Buses		Camión	Tráiler	Total
		Lineal	Trimoto	Auto	Camioneta	Combi	Mini-bus	Bus			
											
Lun.	346	3643	7808	4104	4393	262	69	159	889	233	<b>21906</b>
Mar.	312	3416	7335	3895	4476	264	65	157	841	204	<b>20965</b>
Mie.	384	3675	7578	4072	4084	280	86	190	819	179	<b>21347</b>
Jue.	306	3469	8322	3935	4349	259	34	163	752	195	<b>21784</b>
Vie.	293	3419	7169	3860	4382	260	59	153	760	167	<b>20522</b>
Sáb.	379	3539	7686	4272	4479	242	56	125	689	151	<b>21618</b>
Dom.	356	2781	5321	3525	3692	146	42	110	376	107	<b>16456</b>



- Tránsito semanal (TS):

$$TS = TD_{lun.} + TD_{mar.} + TD_{mie.} + TD_{jue.} + TD_{vie.} + TD_{sab.} + TD_{dom.}$$

$$TS = 21906 + 20965 + 21347 + 21784 + 20522 + 21618 + 16456 = 144598 \frac{veh}{semana}$$

- Tránsito promedio diario semanal:

$$TPDS = \frac{TS}{7} = \frac{144598}{7} = 20657 Veh/día$$

d. Para el segmento 4.

Tabla N°14: Volumen vehicular del segmento 4, dirección de viaje A

Día	Bicicleta	Motos		Vehículos livianos			Buses		Camión	Tráiler	Total
		Lineal	Trimoto	Auto	Camioneta	Combi	Mini-bus	Bus			
Lun.	316	3472	7489	3906	4137	225	39	154	824	189	20751
Mar.	271	3290	7070	3723	4241	233	36	160	780	160	19964
Mie.	333	3481	7294	3817	3869	245	51	164	761	151	20166
Jue.	307	3181	7886	3650	4084	223	33	164	747	168	20443
Vie.	279	3253	6921	3643	4164	230	34	156	740	163	19583
Sáb.	349	3374	7423	4029	4262	210	25	120	605	148	20545
Dom.	306	2578	4947	3290	3391	114	13	56	282	105	15082

- Tránsito semanal (TS):

$$TS = TD_{lun.} + TD_{mar.} + TD_{mie.} + TD_{jue.} + TD_{vie.} + TD_{sab.} + TD_{dom.}$$

$$TS = 20751 + 19964 + 20166 + 20443 + 19583 + 20545 + 15082 = 136534 \frac{veh}{semana}$$

- Tránsito promedio diario semanal:

$$TPDS = \frac{TS}{7} = \frac{136534}{7} = 19505 Veh/día$$

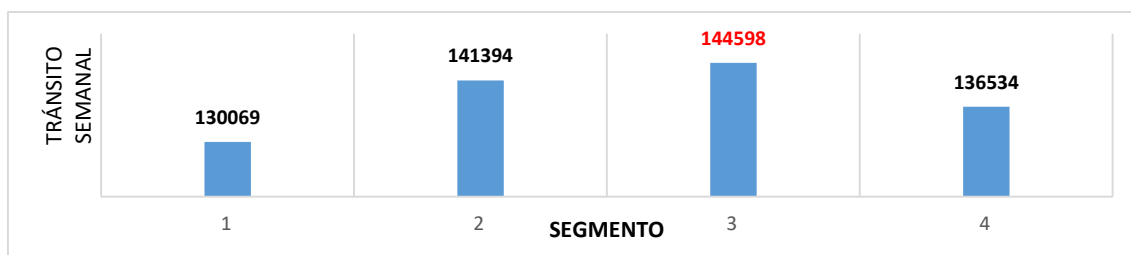
e. Resumen del tránsito en la dirección de viaje A

Tabla N°15: Resumen del aforo diario de los segmentos con dirección de viaje A

DÍA	SEGMENTO			
	1	2	3	4
Lunes	20136	21478	21906	20751
Martes	18753	20372	20965	19964
Miércoles	18931	20837	21347	20166
Jueves	18262	21049	21784	20443
Viernes	18694	20193	20522	19583
Sábado	19926	21246	21618	20545
Domingo	15367	16219	16456	15082
<b>Total</b>	<b>130069</b>	<b>141394</b>	<b>144598</b>	<b>136534</b>

De tal tabla se observa que el día de máxima demanda es el lunes para todos los segmentos el lunes 25 de abril del 2022.

Figura N°10: Tránsito semanal, dirección de viaje A



### 3.5.1.2. Volumen vehicular diario, semanal y TPDS en la dirección de viaje B

Las siguientes tablas muestran el resumen del aforo vehicular diario de los segmentos del tramo estudiado con dirección de viaje B (hacia el Sureste), es decir desde el punto final del tramo (Av. Andrés Zevallos.) hacia el punto inicial (AV. Atahualpa).

#### a. Para el segmento 1

Tabla N°16: Resumen del aforo diario del segmento 1, dirección de viaje B

Día	Bicicleta	Motos		Vehículos livianos			Buses		Camión	Tráiler	Total
		Lineal	Trimoto	Auto	Camioneta	Combi	Mini-bus	Bus			
Lun.	269	3369	7723	3678	4059	201	44	195	699	186	<b>20423</b>
Mar.	225	3126	7050	3128	3642	170	42	193	713	197	<b>18486</b>
Mie.	259	3080	7371	3231	3547	196	39	184	759	177	<b>18843</b>
Jue.	254	3054	6682	3233	3663	244	42	196	774	190	<b>18332</b>
Vie.	208	2936	6611	3096	3485	180	46	177	715	168	<b>17622</b>
Sáb.	276	3347	7339	3413	3778	185	37	168	738	183	<b>19464</b>
Dom.	321	2595	5441	3249	3641	120	46	131	456	116	<b>16116</b>

- Tránsito semanal (TS):

$$TS = TD_{lun.} + TD_{mar.} + TD_{mie.} + TD_{jue.} + TD_{vie.} + TD_{sab.} + TD_{dom.}$$











$$TS = 20423 + 18486 + 18843 + 18332 + 17622 + 19464 + 16116 = 129286 \frac{veh}{semana}$$

- Tránsito promedio diario semanal:

$$TPDS = \frac{TS}{7} = \frac{129286}{7} = 18469 Veh/día$$

b. Para el segmento 2

Tabla N°17: Resumen del aforo diario del segmento 2, dirección de viaje B

Día	Bicicleta	Motos		Vehículos livianos			Buses		Camión	Tráiler	Total
		Lineal	Trimoto	Auto	Camioneta	Combi	Mini-bus	Bus			
											
Lun.	344	3263	8277	3754	4208	247	68	195	757	206	<b>21319</b>
Mar.	299	3357	7523	3456	3964	209	63	161	774	212	<b>20018</b>
Mie.	314	3383	7932	3580	4001	239	63	157	824	192	<b>20685</b>
Jue.	265	3439	7385	3657	4212	194	50	194	839	196	<b>20431</b>
Vie.	258	3189	7016	3416	3855	215	77	182	737	178	<b>19123</b>
Sáb.	330	3686	7738	3806	4097	223	42	203	792	185	<b>21102</b>
Dom.	362	2668	5583	3350	3741	151	52	137	428	121	<b>16593</b>

- Tránsito semanal (TS):

$$TS = TD_{lun.} + TD_{mar.} + TD_{mie.} + TD_{jue.} + TD_{vie.} + TD_{sab.} + TD_{dom.}$$











$$TS = 21319 + 20018 + 20685 + 20431 + 19123 + 21102 + 16593 = 139271 \frac{veh}{semana}$$

- Tránsito promedio diario semanal:

$$TPDS = \frac{TS}{7} = \frac{139271}{7} = 19896 Veh/día$$

c. Para el segmento 3

Tabla N°18: Resumen del aforo diario del segmento 3, dirección de viaje B

Día	Bicicleta	Motos		Vehículos livianos			Buses		Camión	Tráiler	Total
		Lineal	Trimoto	Auto	Camioneta	Combi	Mini-bus	Bus			
											
Lun.	316	3740	8401	3989	4422	298	47	227	774	182	<b>22396</b>
Mar.	295	3516	7867	3460	4127	185	59	193	702	205	<b>20609</b>
Mie.	264	3533	8168	3780	4285	233	50	211	792	186	<b>21502</b>
Jue.	277	3623	8290	3887	4389	169	60	216	768	186	<b>21865</b>
Vie.	237	3281	7769	3510	3957	202	52	188	722	169	<b>20087</b>
Sáb.	291	3711	8375	3994	4362	270	46	248	786	193	<b>22276</b>
Dom.	356	2938	5414	3570	3801	207	60	135	441	117	<b>17039</b>

- Tránsito semanal (TS):

$$TS = TD_{lun.} + TD_{mar.} + TD_{mie.} + TD_{jue.} + TD_{vie.} + TD_{sab.} + TD_{dom.}$$

$$TS = 22396 + 20609 + 21502 + 21865 + 20087 + 22276 + 17039 = 145774 \frac{veh}{semana}$$

- Tránsito promedio diario semanal:

$$TPDS = \frac{TS}{7} = \frac{136534}{7} = 19505 Veh/día$$

d. Para el segmento 4

Tabla N°19: Resumen del aforo diario del segmento 4, dirección de viaje B

Día	Bicicleta	Motos		Vehículos livianos			Buses		Camión	Tráiler	Total
		Lineal	Trimoto	Auto	Camioneta	Combi	Mini-bus	Bus			
Lun.	336	3685	8776	4001	4450	335	77	232	845	190	22927
Mar.	356	3651	8195	3648	4311	176	46	190	692	214	21479
Mie.	308	3665	8441	3970	4521	195	47	199	783	183	22312
Jue.	342	3720	8512	3901	4224	212	93	217	816	208	22245
Vie.	265	3487	8201	3699	3954	179	45	176	754	174	20934
Sáb.	327	3784	8694	4013	4438	222	55	251	797	192	22773
Dom.	382	2950	5787	3666	4004	215	58	142	477	136	17817

- Tránsito semanal (TS):

$$TS = TD_{lun.} + TD_{mar.} + TD_{mie.} + TD_{jue.} + TD_{vie.} + TD_{sab.} + TD_{dom.}$$

$$TS = 22927 + 21479 + 22312 + 22245 + 20934 + 22773 + 17817 = 150487 \frac{veh}{semana}$$

- Tránsito promedio diario semanal:

$$TPDS = \frac{TS}{7} = \frac{136534}{7} = 19505 Veh/día$$

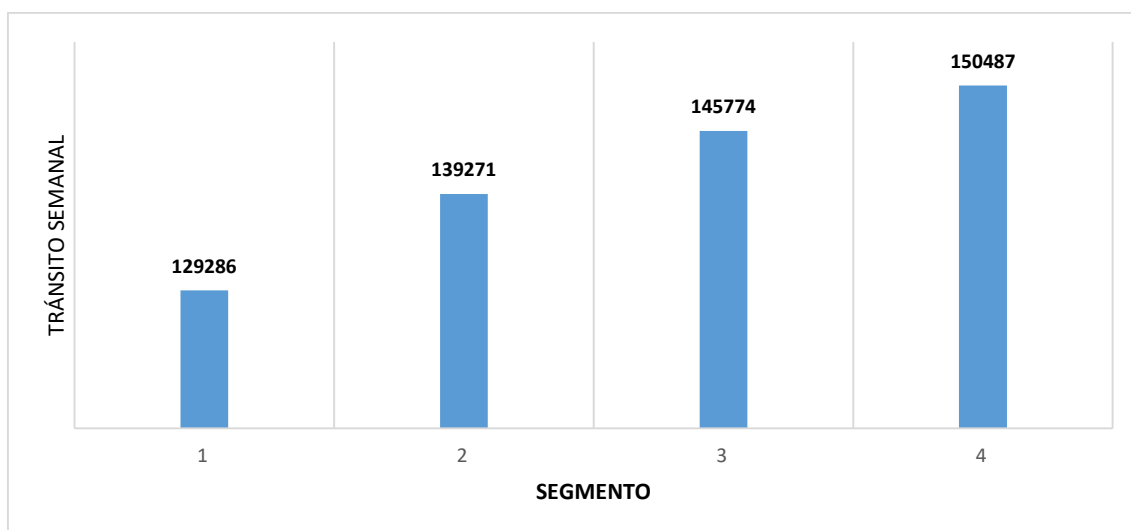
e. Resumen del tránsito en la dirección de viaje B

Tabla N°20: Resumen del aforo diario para los segmentos con dirección de viaje B

DÍA	SEGMENTO			
	1	2	3	4
Lunes	20423	21319	22396	22927
Martes	18486	20018	20609	21479
Miércoles	18843	20685	21502	22312
Jueves	18332	20431	21865	22245
Viernes	17622	19123	20087	20934
Sábado	19464	21102	22276	22773
Domingo	16116	16593	17039	17817
Total	129286	139271	145774	150487

De la tabla anterior se observa que, para todos los segmentos, el día de máxima demanda es el lunes 25 de abril del 2022

Figura N°11: Tránsito semanal, dirección de viaje B



### 3.5.1.3. Resumen del tránsito semanal en ambas direcciones de viaje

Las siguientes tablas presentan los resultados del tránsito semanal de cada segmento en ambas direcciones de viaje. La suma de estos volúmenes de tránsito da como resultado el tránsito semanal de todo el segmento.

#### a. Tránsito semanal del segmento 1.

El segmento 1 se encuentra entre la Av. Atahualpa y el Jr. Manuel Ibáñez Rosazza.

Tabla N°21: Tránsito semanal del Segmento 1

Dirección de viaje	Tránsito semanal
A	130069
B	129286
<b>Total</b>	<b>259355</b>

#### b. Tránsito semanal del segmento 2

El segmento 2 se encuentra entre el Jr. Manuel Ibáñez Rosazza y el Jr. San Luis.

Tabla N°22: Tránsito semanal del Segmento 2

Dirección de viaje	Tránsito semanal
A	141394
B	139271
<b>Total</b>	<b>280665</b>

c. Tránsito semanal del segmento 3

El segmento 3 se encuentra entre el Jr. San Luis y el Jr. El inca.

Tabla N°23: Tránsito semanal del Segmento 3

Dirección de viaje	Tránsito semanal
A	144598
B	145774
<b>Total</b>	<b>290372</b>

d. Tránsito semanal del segmento 4

El segmento 4 se encuentra Entre el Jr. El inca y la Av. Andrés Zevallos.

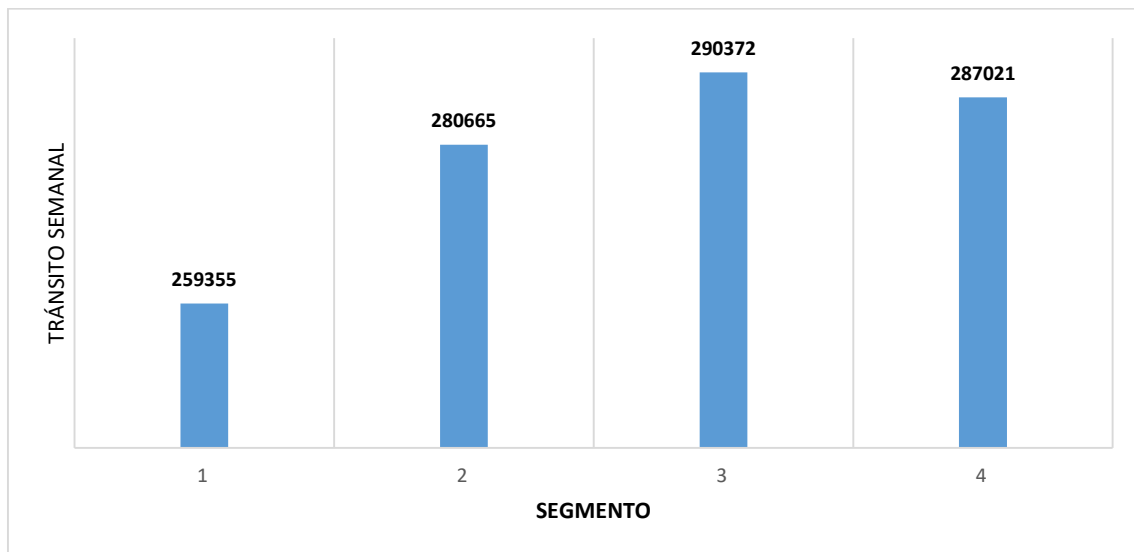
Tabla N°24: Tránsito semanal del Segmento 3

Dirección de viaje	Tránsito semanal
A	136534
B	150487
<b>Total</b>	<b>287021</b>

e. Representación gráfica del tránsito semanal de los segmentos.

La siguiente figura expone el tránsito semanal de todos los segmentos que conforman el tramo en estudio.

Figura N°12: Tránsito semanal de los segmentos en ambas direcciones de viaje



### 3.5.2. Composición Vehicular

Con los resultados del aforo semanal realizado se calculó la cantidad y el porcentaje de cada tipo de vehículo que transitó por el tramo en estudio.

#### 3.5.2.1. Composición vehicular de los segmentos, en la dirección de viaje A

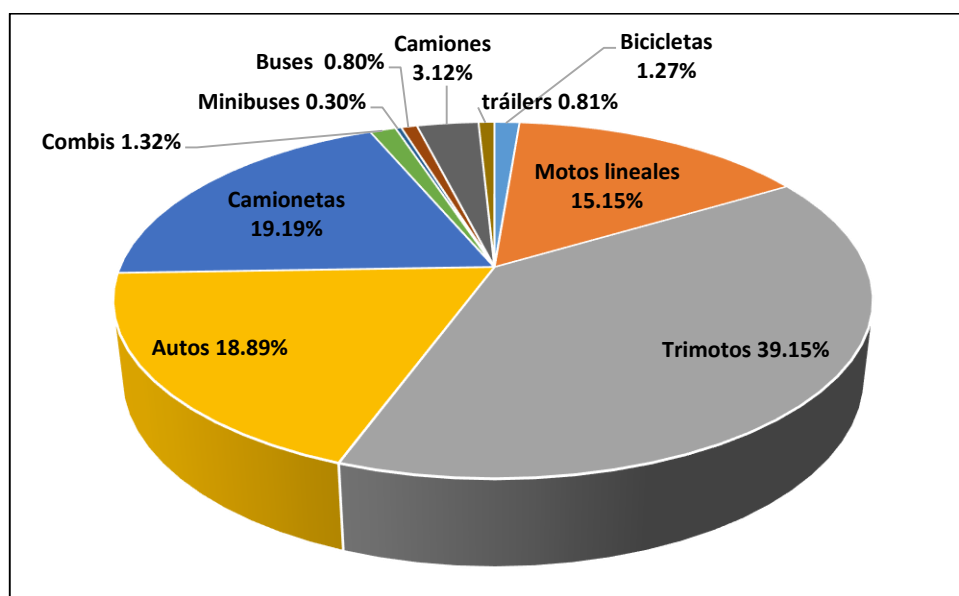
Tabla N°25: Composición del tráfico semanal en la dirección de viaje A

VEHÍCULO	SEGMENTO							
	1		2		3		4	
	N° veh.	% veh.	N° veh.	% veh.	N° veh.	% veh.	N° veh.	% veh.
Bicicletas	1648	1.27%	2083	1.47%	2376	1.64%	2161	1.58%
Motos lineales	19709	15.15%	21690	15.34%	23942	16.56%	22629	16.57%
Trimotos	50924	39.15%	53848	38.08%	51219	35.42%	49030	35.91%
Autos	24566	18.89%	26816	18.97%	27663	19.13%	26058	19.09%
Camionetas	24964	19.19%	27465	19.42%	29855	20.65%	28148	20.62%
Combis	1717	1.32%	1988	1.41%	1713	1.18%	1480	1.08%
Minibuses	388	0.30%	578	0.41%	411	0.28%	231	0.17%
Buses	1045	0.80%	1077	0.76%	1057	0.73%	974	0.71%
Camiones	4060	3.12%	4496	3.18%	5126	3.55%	4739	3.47%
tráileres	1048	0.81%	1353	0.96%	1236	0.85%	1084	0.79%
<b>Total</b>	<b>130069</b>	<b>100.00%</b>	<b>141394</b>	<b>100.00%</b>	<b>144598</b>	<b>100.00%</b>	<b>136534</b>	<b>100.00%</b>

A continuación, se presentan gráficos circulares con los porcentajes de cada tipo de vehículo que transitó por cada segmento durante la semana de aforo

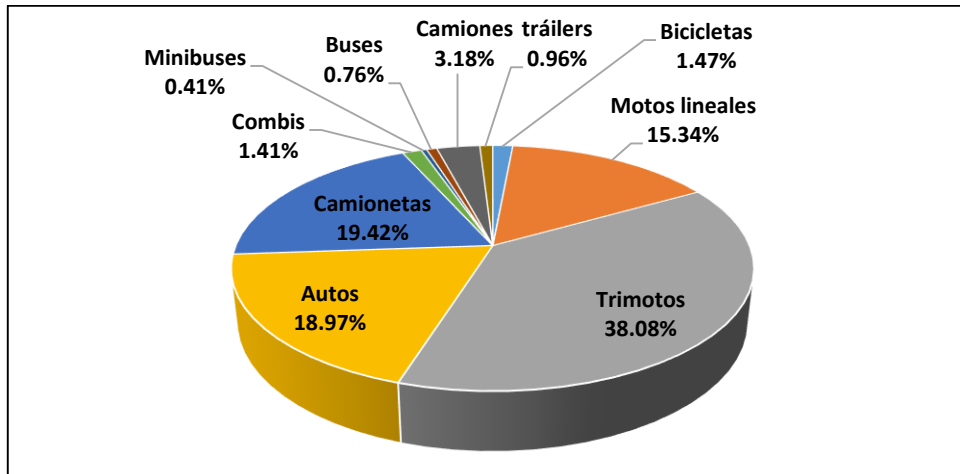
#### a. Para el segmento 1:

Figura N°13: Composición vehicular del segmento 1, dirección de viaje A



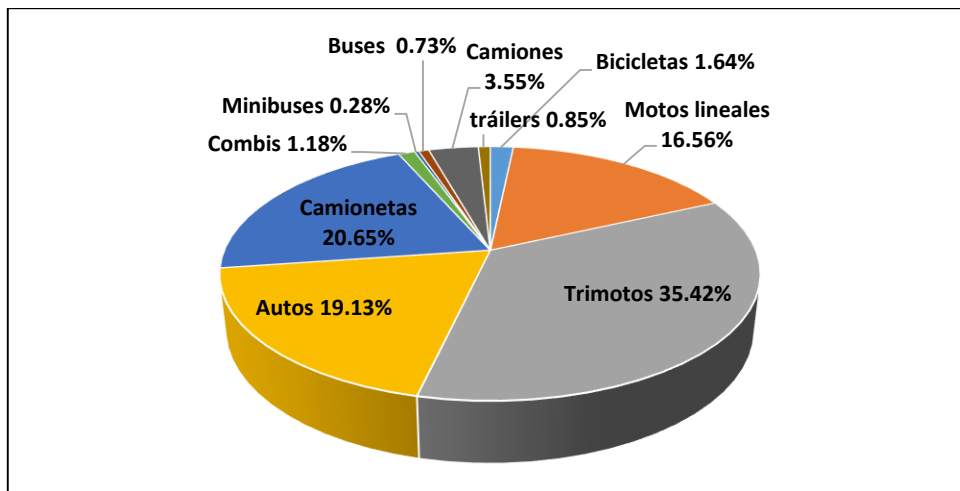
b. Para el segmento 2:

Figura N°14: Composición vehicular del segmento 2, dirección de viaje A



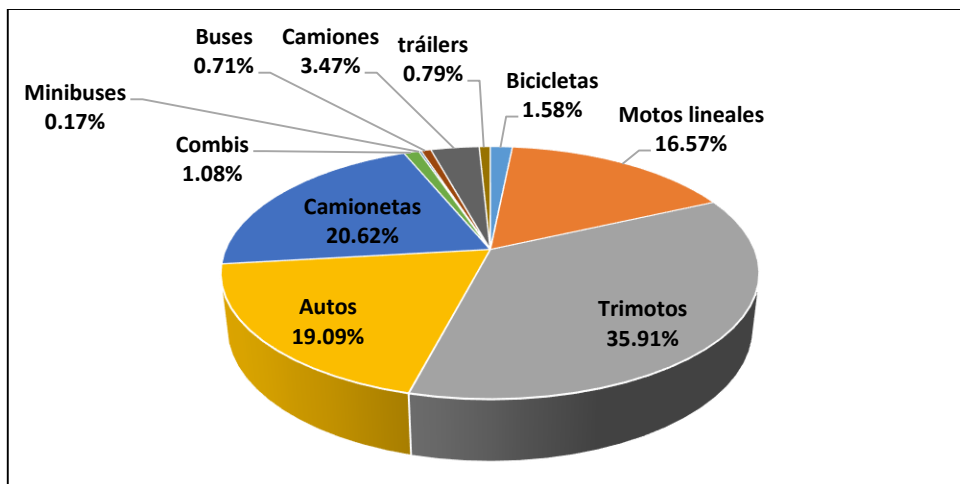
c. Para el segmento 3:

Figura N°15: Composición vehicular del segmento 3, dirección de viaje A



d. Para el segmento 4:

Figura N°16: Composición vehicular del segmento 4, dirección de viaje A





3.5.2.2. Composición vehicular de los segmentos con dirección de viaje B.

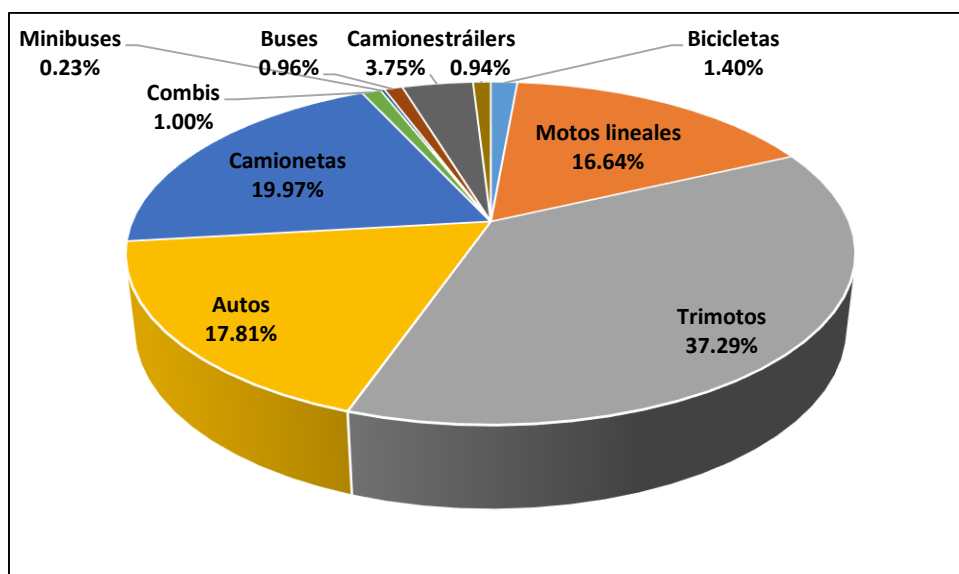
Tabla N°26: Composición del tráfico semanal en la dirección de viaje B.

VEHÍCULO	SEGMENTO							
	1		2		3		4	
	N° veh.	% veh.	N° veh.	% veh.	N° veh.	% veh.	N° veh.	% veh.
Bicicletas	1812	1.40%	2172	1.56%	2036	1.40%	2316	1.54%
Motos lineales	21507	16.64%	22985	16.50%	24342	16.70%	24942	16.57%
Trimotos	48217	37.29%	51454	36.95%	54284	37.24%	56606	37.62%
Autos	23028	17.81%	25019	17.96%	26190	17.97%	26898	17.87%
Camionetas	25815	19.97%	28078	20.16%	29343	20.13%	29902	19.87%
Combis	1296	1.00%	1478	1.06%	1564	1.07%	1534	1.02%
Minibuses	296	0.23%	415	0.30%	374	0.26%	421	0.28%
Buses	1244	0.96%	1229	0.88%	1418	0.97%	1407	0.93%
Camiones	4854	3.75%	5151	3.70%	4985	3.42%	5164	3.43%
tráileres	1217	0.94%	1290	0.93%	1238	0.85%	1297	0.86%
<b>Total</b>	<b>129286</b>	<b>100.00%</b>	<b>139271</b>	<b>100.00%</b>	<b>145774</b>	<b>100.00%</b>	<b>150487</b>	<b>100.00%</b>

A continuación, se presentan gráficos circulares con los porcentajes de cada tipo de vehículo que transitó por cada segmento durante la semana de aforo.

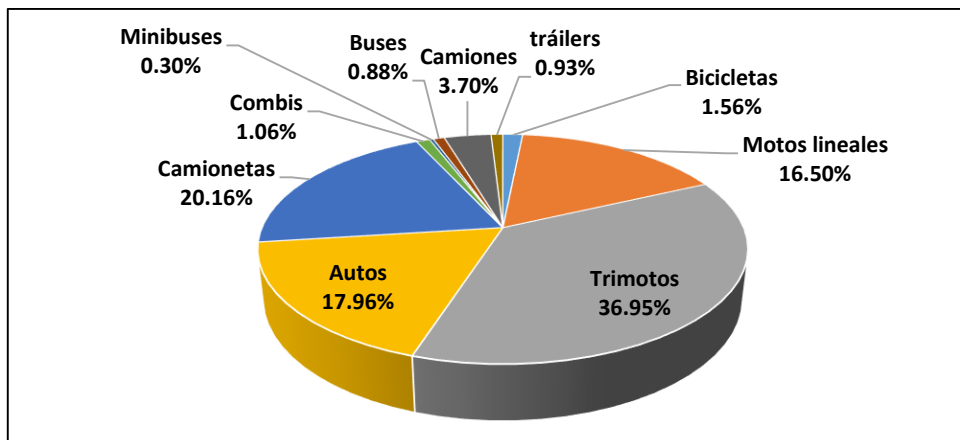
a. Para el segmento 1:

Figura N°17: Composición vehicular del segmento 1, dirección de viaje B



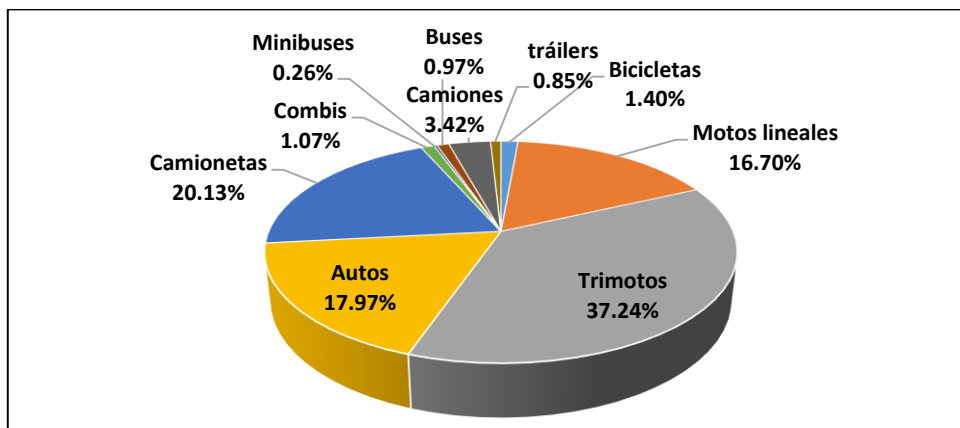
b. Para el segmento 2

Figura N°18: Composición vehicular del segmento 2, dirección de viaje B



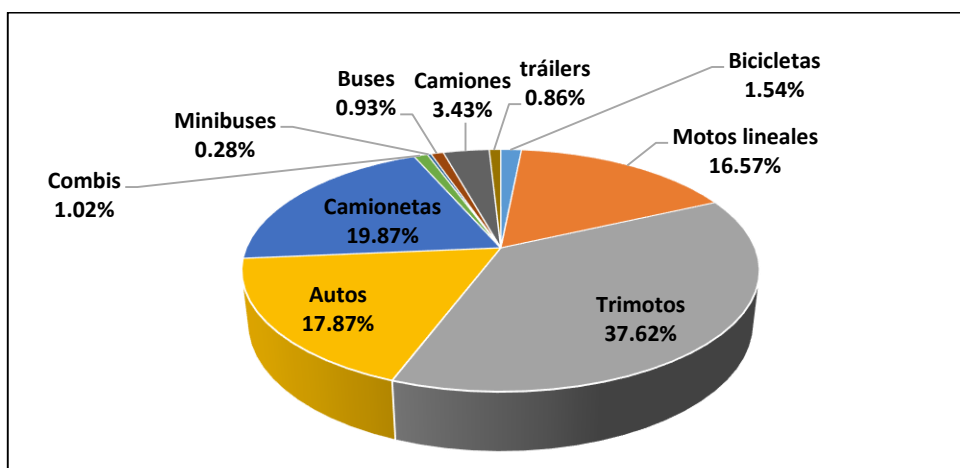
c. Para el segmento 3

Figura N°19: Composición vehicular del segmento 3, dirección de viaje B



d. Para el segmento 4

Figura N°20: Composición vehicular del segmento 4, dirección de viaje B



**3.5.2.3.** Composición vehicular de los segmentos, en las 2 direcciones de viaje.

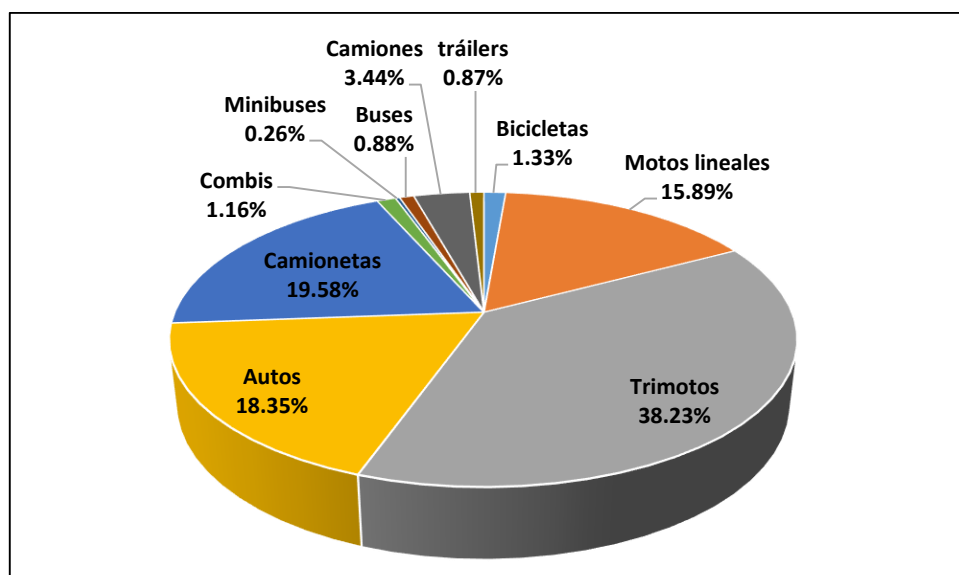
Tabla N°27: Composición vehicular en las 2 direcciones de viaje

VEHÍCULO	SEGMENTO							
	1		2		3		4	
	N° veh.	% veh.	N° veh.	% veh.	N° veh.	% veh.	N° veh.	% veh.
Bicicletas	3460	1.33%	4255	1.52%	4412	1.52%	4477	1.56%
Motos lineales	41216	15.89%	44675	15.92%	48284	16.63%	47571	16.57%
Trimotos	99141	38.23%	105302	37.52%	105503	36.33%	105636	36.80%
Autos	47594	18.35%	51835	18.47%	53853	18.55%	52956	18.45%
Camionetas	50779	19.58%	55543	19.79%	59198	20.39%	58050	20.23%
Combis	3013	1.16%	3466	1.23%	3277	1.13%	3014	1.05%
Minibuses	684	0.26%	993	0.35%	785	0.27%	652	0.23%
Buses	2289	0.88%	2306	0.82%	2475	0.85%	2381	0.83%
Camiones	8914	3.44%	9647	3.44%	10111	3.48%	9903	3.45%
tráileres	2265	0.87%	2643	0.94%	2474	0.85%	2381	0.83%
<b>Total</b>	<b>259355</b>	<b>100.00%</b>	<b>280665</b>	<b>100.00%</b>	<b>290372</b>	<b>100.00%</b>	<b>287021</b>	<b>100.00%</b>

A continuación, se presentan gráficos circulares con los porcentajes de cada tipo de vehículo que transitó por cada segmento (en ambas direcciones de viaje) durante la semana de aforo.

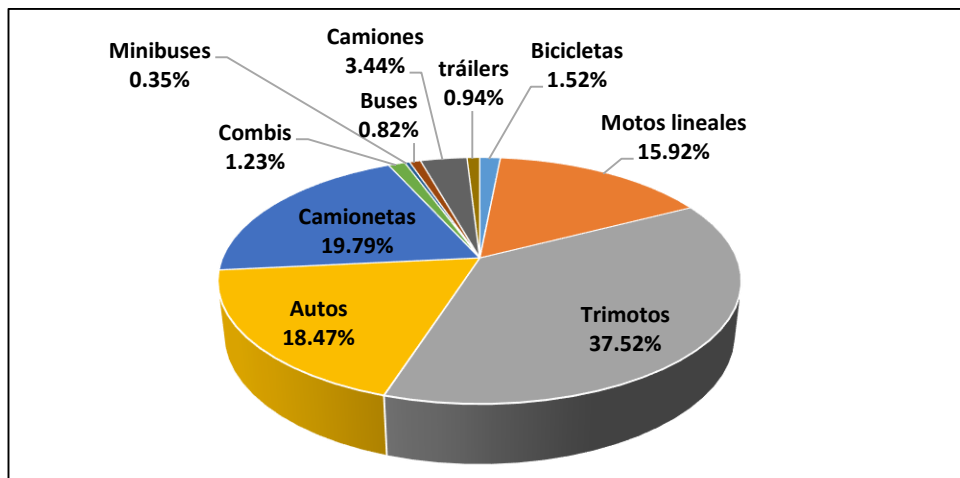
a. Para el segmento 1

Figura N°21: Composición vehicular del segmento 1 en ambas direcciones de viaje



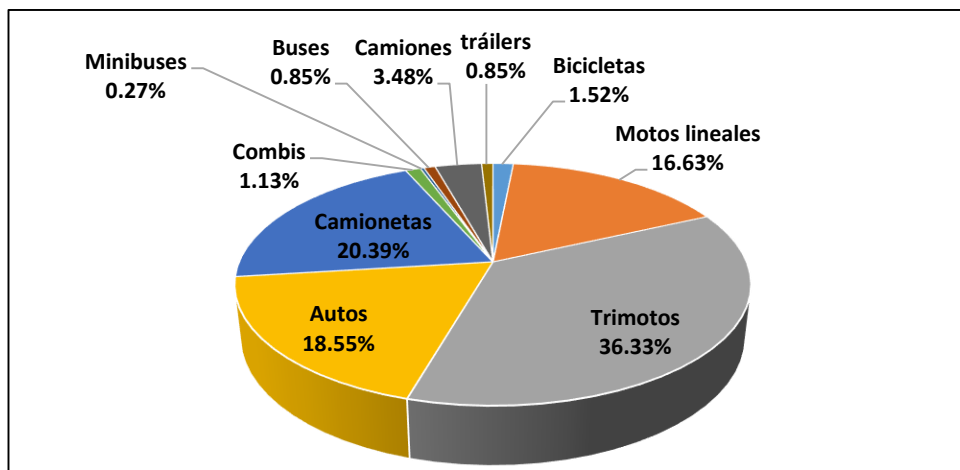
b. Para el segmento 2

Figura N°22: Composición vehicular del segmento 2 en ambas direcciones de viaje



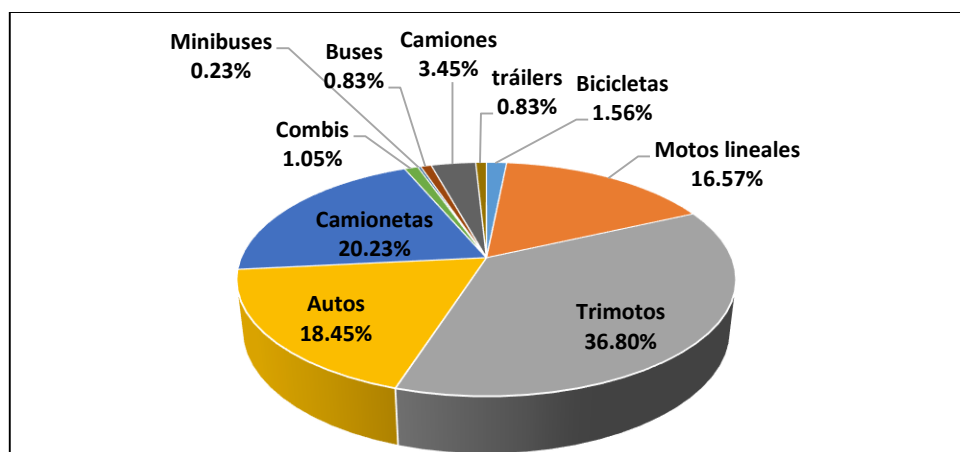
c. Para el segmento 3

Figura N°23: Composición vehicular del segmento 3 en ambas direcciones de viaje



d. Para el segmento 4

Figura N°24: Composición vehicular del segmento 4 en ambas direcciones de viaje



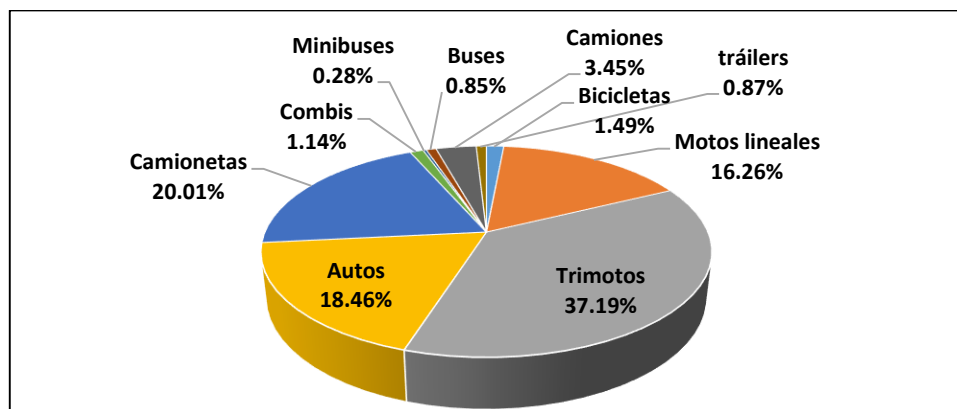
### 1.2.2.1. Composición vehicular del tramo en estudio

En la siguiente tabla se presenta el tráfico total que se aforo en el tramo estudiado, es decir del tramo de la Av. Vía de evitamiento Sur comprendido entre la Av. Atahualpa y la Av. Andrés Zevallos.

Tabla N°28: Composición vehicular total del tramo en estudio

VEHÍCULO	N° veh.	% veh.
Bicicletas	16604	1.49%
Motos lineales	181746	16.26%
Trimotos	415582	37.19%
Autos	206238	18.46%
Camionetas	223570	20.01%
Combis	12770	1.14%
Minibuses	3114	0.28%
Buses	9451	0.85%
Camiones	38575	3.45%
tráileres	9763	0.87%
<b>Total</b>	<b>1117413</b>	<b>100.00%</b>

Figura N°25: Composición vehicular del tramo en estudio



### 3.5.3. Análisis de flujo vehicular

Este análisis se realizó al flujo vehicular del día de máxima demanda. Para tal día se construyeron histogramas del flujo vehicular para cada segmento, los cuales ayudan a comprender mejor la variación del tránsito a lo largo del día. Además, se determinó la tasa de flujo, el volumen horario de máxima demanda y el factor horario de máxima demanda (FHMD). De las tablas N° 15 y N° 20, presentadas anteriormente, se observa que el día de máxima demanda para todos los segmentos en ambos sentidos de viaje es el lunes 25 de abril del 2022.

1.2.2.2. Histogramas:

a. Histogramas del flujo vehicular en la dirección de viaje A:

Figura N°26: Histograma del 25/04/22 del segmento 1, dirección de viaje A

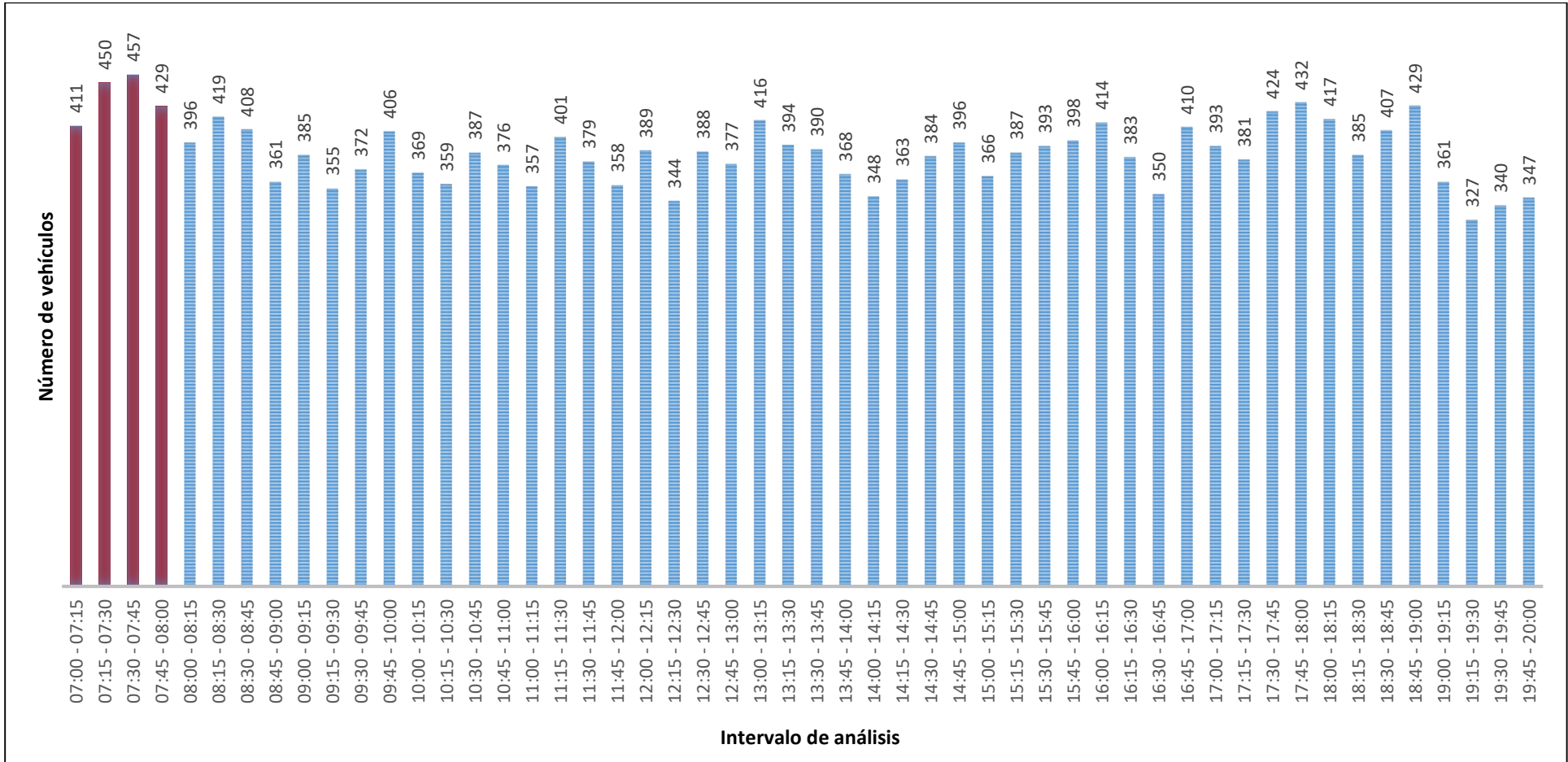


Figura N°27: Histograma del 25/04/22 del segmento 2, dirección de viaje A

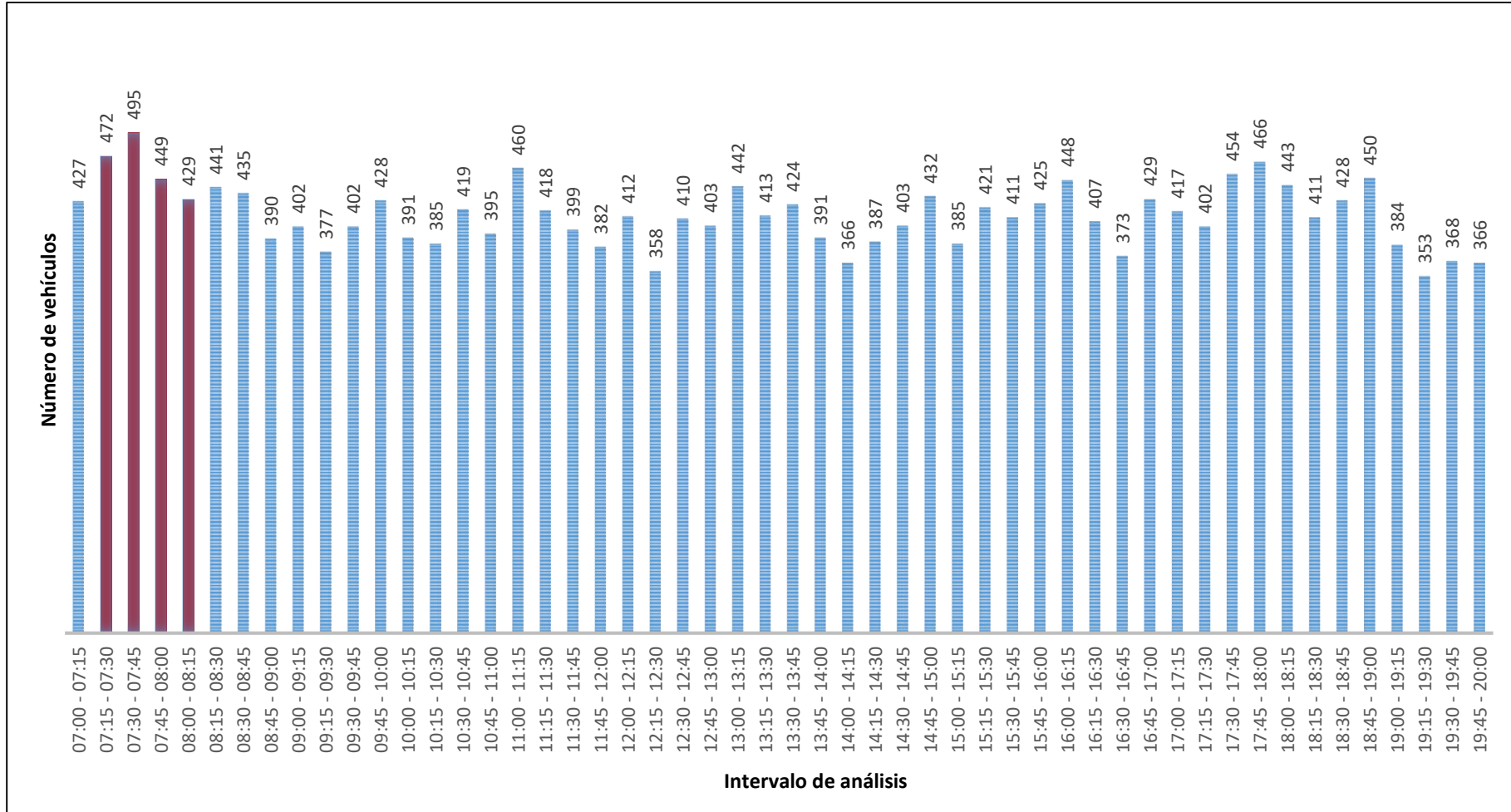


Figura N°28: Histograma del 25/04/22 del segmento 3, dirección de viaje A

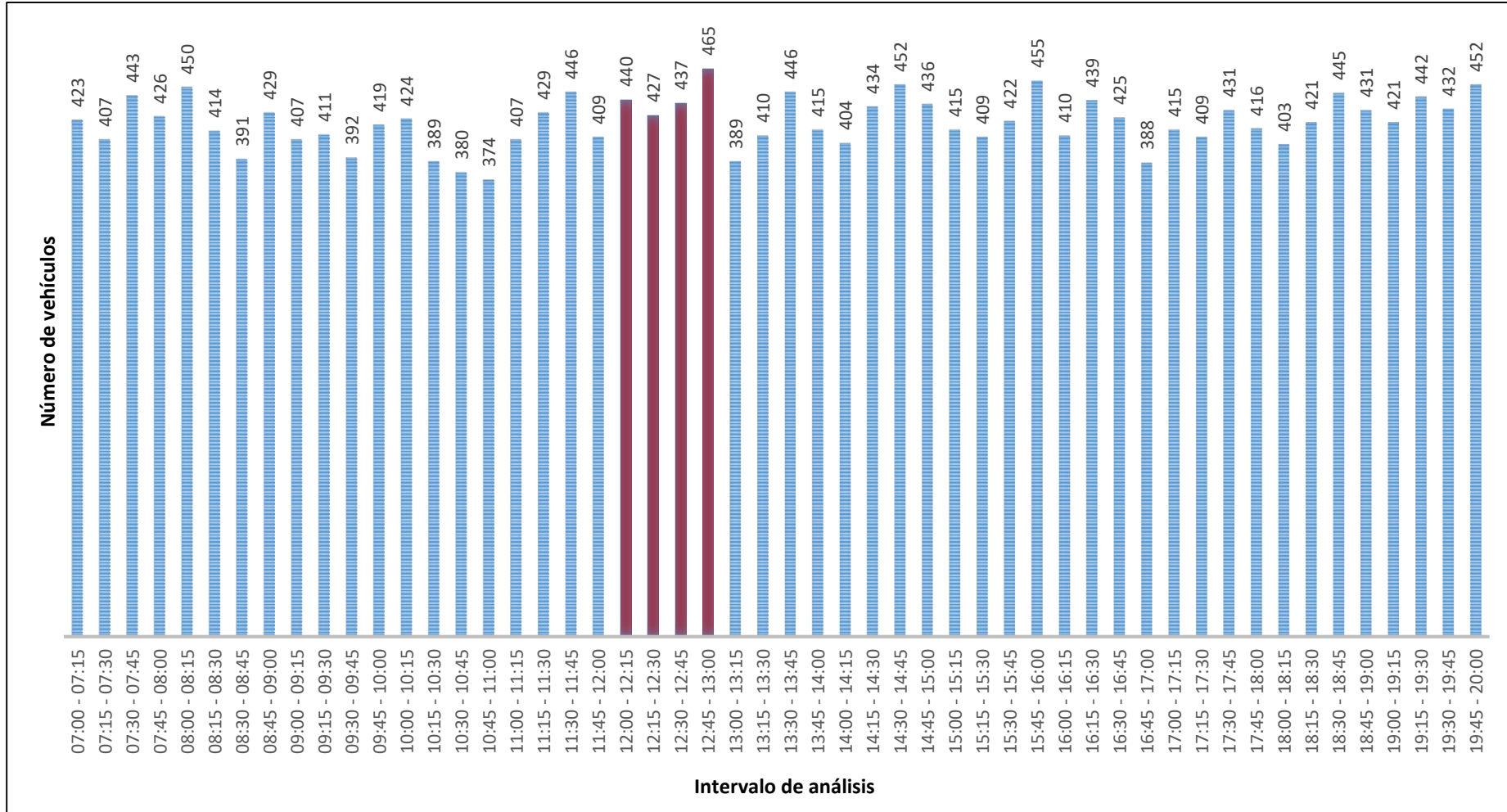
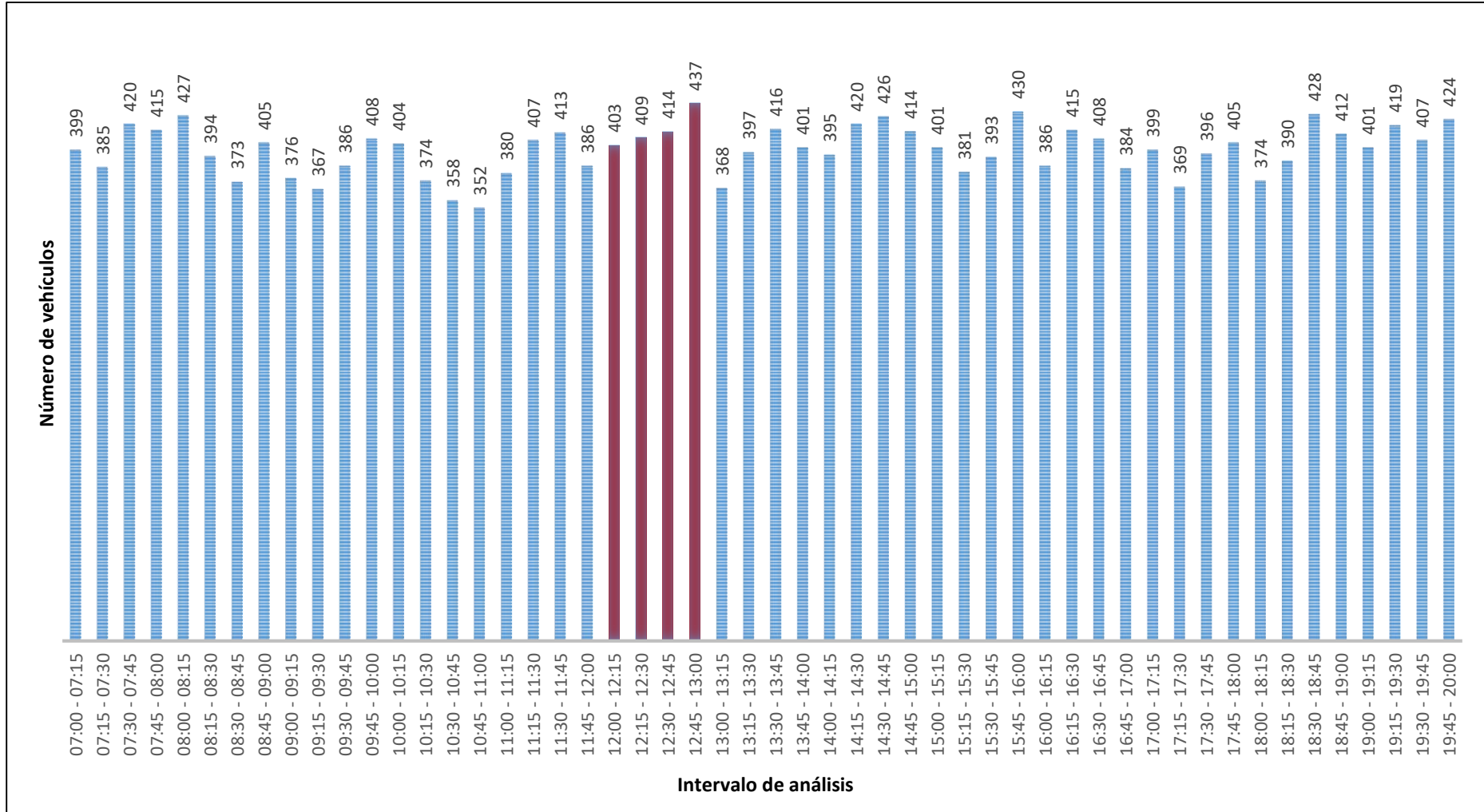




Figura N°29: Histograma del 25/04/22 del segmento 4, dirección de viaje A



b. Histogramas del flujo vehicular en la dirección de viaje B:

Figura N°30: Histograma del 25/04/22 del segmento 1, dirección de viaje B

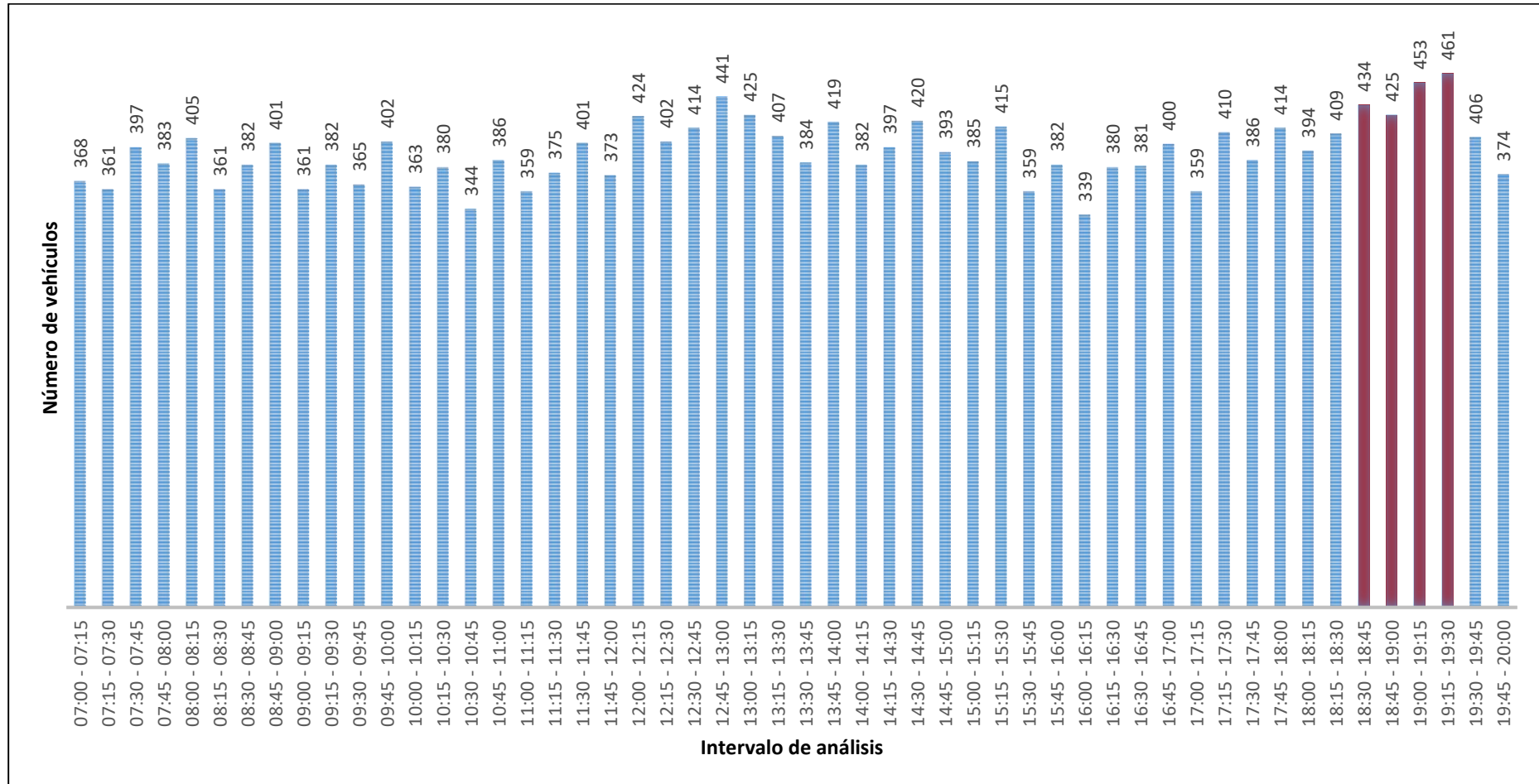


Figura N°31: Histograma del 25/04/22 del segmento 2, dirección de viaje B

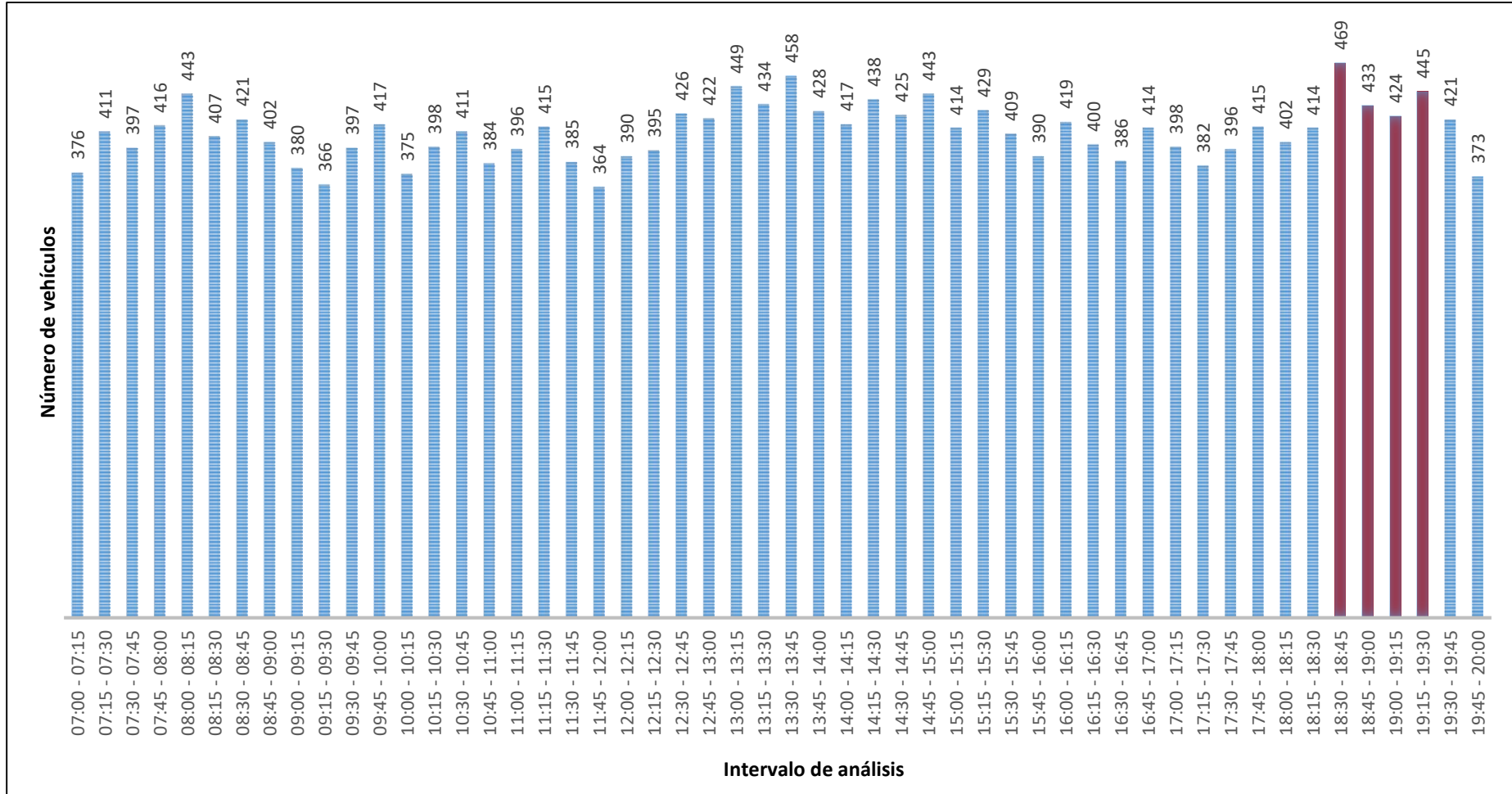


Figura N°32: Histograma del 25/04/22 del segmento 3, dirección de viaje B

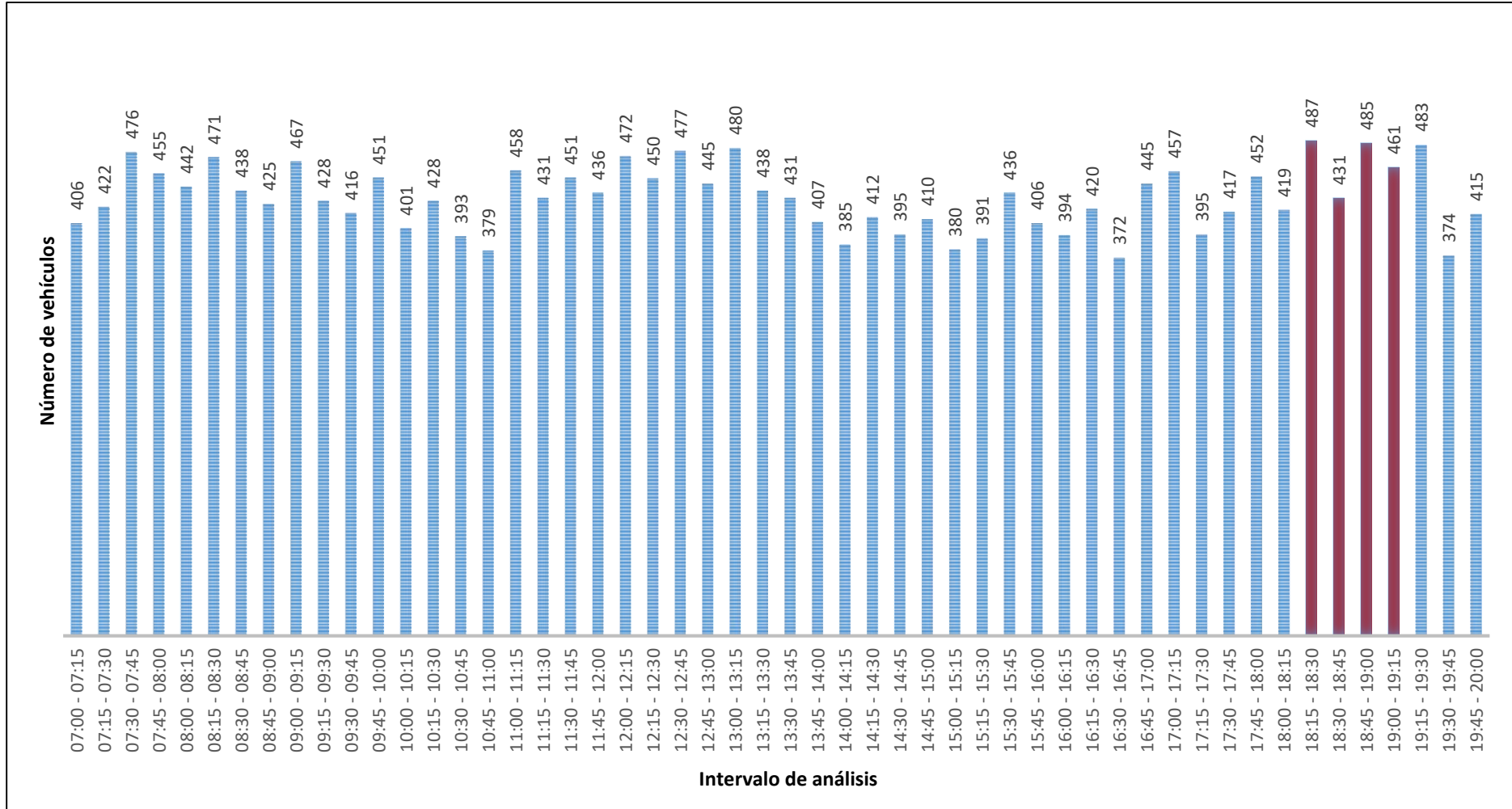
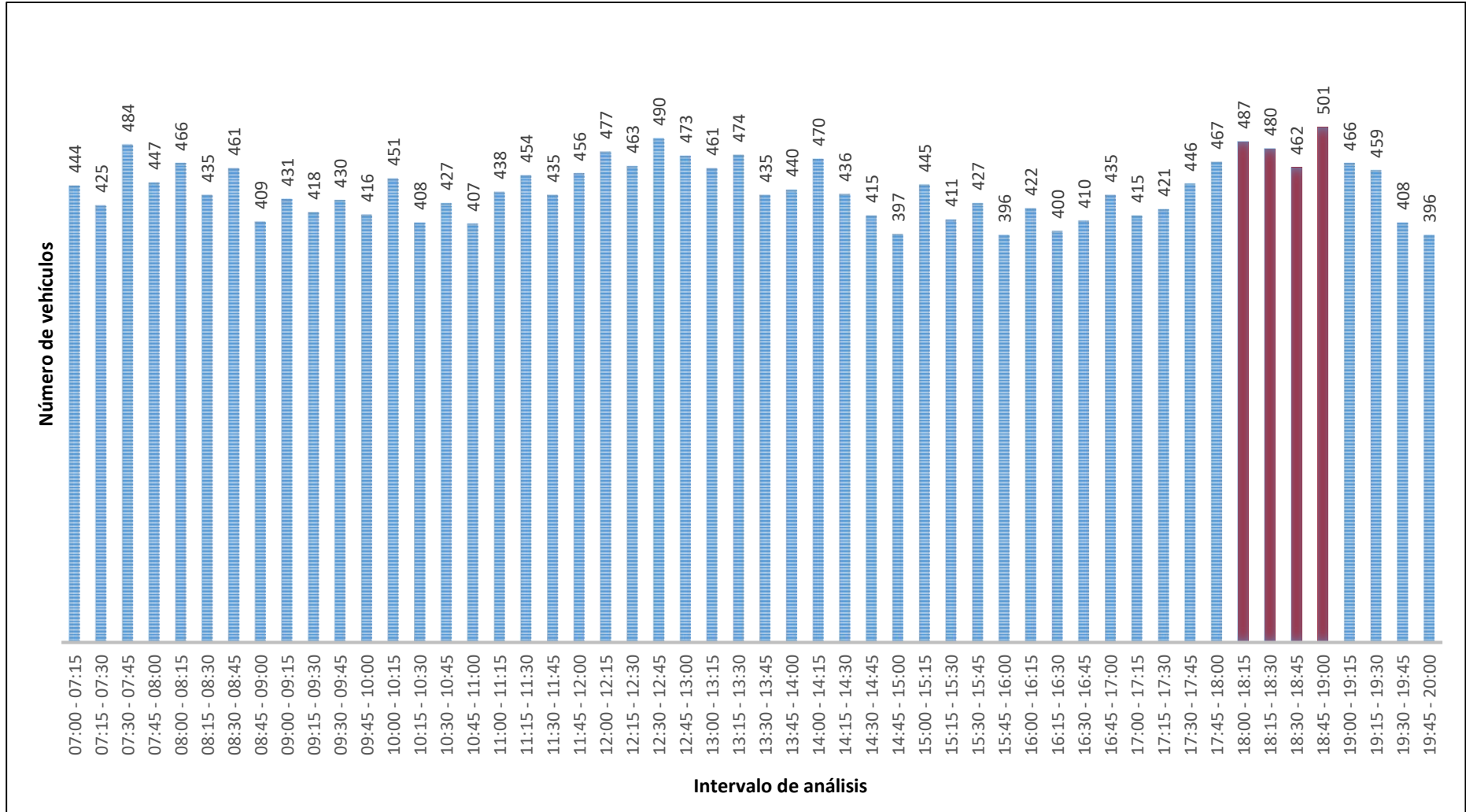


Figura N°33: Histograma del 25/04/22 del segmento 4, dirección de viaje B



**3.5.3.2.** VHMD, hora de máx. demanda, Q15máx, tasa de flujo horario y FHMD  
A continuación, se presentan los resúmenes de los aforos del día de máxima demanda.

Tabla N°29: Resumen del aforo del día 25/04/22 en la dirección de viaje A

HORA	SEGMENTO 1		SEGMENTO 2		SEGMENTO 3		SEGMENTO 4	
	VEHÍCULOS	SUMA ACUM.	VEHÍCULOS	SUMA ACUM.	VEHÍCULOS	SUMA ACUM.	VEHÍCULOS	SUMA ACUM.
07:00 - 07:15	411	1747	427	1843	423	1699	399	1619
07:15 - 07:30	450	1732	472	1845	407	1726	385	1647
07:30 - 07:45	457	1701	495	1814	443	1733	420	1656
07:45 - 08:00	429	1652	449	1754	426	1681	415	1609
08:00 - 08:15	396	1584	429	1695	450	1684	427	1599
08:15 - 08:30	419	1573	441	1668	414	1641	394	1548
08:30 - 08:45	408	1509	435	1604	391	1638	373	1521
08:45 - 09:00	361	1473	390	1571	429	1639	405	1534
09:00 - 09:15	385	1518	402	1609	407	1629	376	1537
09:15 - 09:30	355	1502	377	1598	411	1646	367	1565
09:30 - 09:45	372	1506	402	1606	392	1624	386	1572
09:45 - 10:00	406	1521	428	1623	419	1612	408	1544
10:00 - 10:15	369	1491	391	1590	424	1567	404	1488
10:15 - 10:30	359	1479	385	1659	389	1550	374	1464
10:30 - 10:45	387	1521	419	1692	380	1590	358	1497
10:45 - 11:00	376	1513	395	1672	374	1656	352	1552
11:00 - 11:15	357	1495	460	1659	407	1691	380	1586
11:15 - 11:30	401	1527	418	1611	429	1724	407	1609
11:30 - 11:45	379	1470	399	1551	446	1722	413	1611
11:45 - 12:00	358	1479	382	1562	409	1713	386	1612
12:00 - 12:15	389	1498	412	1583	440	1769	403	1663
12:15 - 12:30	344	1525	358	1613	427	1718	409	1628
12:30 - 12:45	388	1575	410	1668	437	1701	414	1616
12:45 - 13:00	377	1577	403	1682	465	1710	437	1618
13:00 - 13:15	416	1568	442	1670	389	1660	368	1582
13:15 - 13:30	394	1500	413	1594	410	1675	397	1609
13:30 - 13:45	390	1469	424	1568	446	1699	416	1632
13:45 - 14:00	368	1463	391	1547	415	1705	401	1642
14:00 - 14:15	348	1491	366	1588	404	1726	395	1655
14:15 - 14:30	363	1509	387	1607	434	1737	420	1661
14:30 - 14:45	384	1533	403	1641	452	1712	426	1622
14:45 - 15:00	396	1542	432	1649	436	1682	414	1589
15:00 - 15:15	366	1544	385	1642	415	1701	401	1605
15:15 - 15:30	387	1592	421	1705	409	1696	381	1590
15:30 - 15:45	393	1588	411	1691	422	1726	393	1624
15:45 - 16:00	398	1545	425	1653	455	1729	430	1639
16:00 - 16:15	414	1557	448	1657	410	1662	386	1593
16:15 - 16:30	383	1536	407	1626	439	1667	415	1606
16:30 - 16:45	350	1534	373	1621	425	1637	408	1560
16:45 - 17:00	410	1608	429	1702	388	1643	384	1548
17:00 - 17:15	393	1630	417	1739	415	1671	399	1569
17:15 - 17:30	381	1654	402	1765	409	1659	369	1544
17:30 - 17:45	424	1658	454	1774	431	1671	396	1565
17:45 - 18:00	432	1641	466	1748	416	1685	405	1597
18:00 - 18:15	417	1638	443	1732	403	1700	374	1604
18:15 - 18:30	385	1582	411	1673	421	1718	390	1631
18:30 - 18:45	407	1524	428	1615	445	1739	428	1660
18:45 - 19:00	429	1457	450	1555	431	1726	412	1639
19:00 - 19:15	361	1375	384	1471	421	1747	401	1651
19:15 - 19:30	327	-	353	-	442	-	419	-
19:30 - 19:45	340	-	368	-	432	-	407	-
19:45 - 20:00	347	-	366	-	452	-	424	-

Tabla N°30: Resumen del aforo del día 25/04/22 en la dirección de viaje B

HORA	SEGMENTO 5		SEGMENTO 6		SEGMENTO 7		SEGMENTO 8	
	VEHÍCULOS	SUMA ACUM.	VEHÍCULOS	SUMA ACUM.	VEHÍCULOS	SUMA ACUM.	VEHÍCULOS	SUMA ACUM.
07:00 - 07:15	368	1509	376	1600	406	1759	444	1800
07:15 - 07:30	361	1546	411	1667	422	1795	425	1822
07:30 - 07:45	397	1546	397	1663	476	1844	484	1832
07:45 - 08:00	383	1531	416	1687	455	1806	447	1809
08:00 - 08:15	405	1549	443	1673	442	1776	466	1771
08:15 - 08:30	361	1505	407	1610	471	1801	435	1736
08:30 - 08:45	382	1526	421	1569	438	1758	461	1719
08:45 - 09:00	401	1509	402	1545	425	1736	409	1688
09:00 - 09:15	361	1510	380	1560	467	1762	431	1695
09:15 - 09:30	382	1512	366	1555	428	1696	418	1715
09:30 - 09:45	365	1510	397	1587	416	1696	430	1705
09:45 - 10:00	402	1489	417	1601	451	1673	416	1702
10:00 - 10:15	363	1473	375	1568	401	1601	451	1693
10:15 - 10:30	380	1469	398	1589	428	1658	408	1680
10:30 - 10:45	344	1464	411	1606	393	1661	427	1726
10:45 - 11:00	386	1521	384	1580	379	1719	407	1734
11:00 - 11:15	359	1508	396	1560	458	1776	438	1783
11:15 - 11:30	375	1573	415	1554	431	1790	454	1822
11:30 - 11:45	401	1600	385	1534	451	1809	435	1831
11:45 - 12:00	373	1613	364	1575	436	1835	456	1886
12:00 - 12:15	424	1681	390	1633	472	1844	477	1903
12:15 - 12:30	402	1682	395	1692	450	1852	463	1887
12:30 - 12:45	414	1687	426	1731	477	1840	490	1898
12:45 - 13:00	441	1657	422	1763	445	1794	473	1843
13:00 - 13:15	425	1635	449	1769	480	1756	461	1810
13:15 - 13:30	407	1592	434	1737	438	1661	474	1819
13:30 - 13:45	384	1582	458	1741	431	1635	435	1781
13:45 - 14:00	419	1618	428	1708	407	1599	440	1761
14:00 - 14:15	382	1592	417	1723	385	1602	470	1718
14:15 - 14:30	397	1595	438	1720	412	1597	436	1693
14:30 - 14:45	420	1613	425	1711	395	1576	415	1668
14:45 - 15:00	393	1552	443	1695	410	1617	397	1680
15:00 - 15:15	385	1541	414	1642	380	1613	445	1679
15:15 - 15:30	415	1495	429	1647	391	1627	411	1656
15:30 - 15:45	359	1460	409	1618	436	1656	427	1645
15:45 - 16:00	382	1482	390	1595	406	1592	396	1628
16:00 - 16:15	339	1500	419	1619	394	1631	422	1667
16:15 - 16:30	380	1520	400	1598	420	1694	400	1660
16:30 - 16:45	381	1550	386	1580	372	1669	410	1681
16:45 - 17:00	400	1555	414	1590	445	1714	435	1717
17:00 - 17:15	359	1569	398	1591	457	1721	415	1749
17:15 - 17:30	410	1604	382	1595	395	1683	421	1821
17:30 - 17:45	386	1603	396	1627	417	1775	446	1880
17:45 - 18:00	414	1651	415	1700	452	1789	467	1896
18:00 - 18:15	394	1662	402	1718	419	1822	487	1930
18:15 - 18:30	409	1721	414	1740	487	1864	480	1909
18:30 - 18:45	434	1773	469	1771	431	1860	462	1888
18:45 - 19:00	425	1745	433	1723	485	1803	501	1834
19:00 - 19:15	453	1694	424	1663	461	1733	466	1729
19:15 - 19:30	461	-	445	-	483	-	459	-
19:30 - 19:45	406	-	421	-	374	-	408	-
19:45 - 20:00	374	-	373	-	415	-	396	-

- **Datos en negrita y rojo = VHMD**
- **Datos resaltados en amarillo = volúmenes de 15 min, que conforman el VHMD**
- **Datos resaltados en amarillo y en negrita = Q15máx**

**a. VHMD, hora de máxima demanda, Q15 máx., Tasa de flujo horario y FHMD para los segmentos en la dirección de viaje A**

Para el cálculo de estos parámetros se hace uso del aforo del día de máxima demanda, el cual es el lunes. En la tabla N° 29 se observa tal aforo para la dirección de viaje A.

Como el proceso de cálculo de estos parámetros es el mismo para todos los segmentos y para cada dirección de viaje, a continuación, se explica el cálculo detallado de cada parámetro para el segmento 1 – dirección de viaje A, para los demás segmentos los parámetros se presentan en tablas resúmenes.

**a.1. Para el segmento 1, dirección de viaje A:**

**- Volumen horario de máxima demanda (VHMD) y hora de máxima demanda**

Para obtener el VHMD y la hora de máxima demanda se siguen los siguientes pasos:

**1. Determinar el volumen acumulado cada 4 periodos de análisis consecutivos**

El volumen vehicular acumulado en 4 periodos de análisis consecutivos es el volumen en una hora de estudio, puesto que cada periodo de análisis dura 15 minutos. A continuación, se detalla el cálculo de los volúmenes acumulados

Primer volumen acumulado:

El primer volumen acumulado del segmento 1 – dirección de viaje A, es el que corresponde a la suma de los volúmenes de los periodos: 7:00 am – 7:15 a.m., 7:15 a.m. – 7:30 a.m., 7:30 a.m. – 7:45 a.m. y 7:45 a.m. a 8 a.m.; estos volúmenes son de 411, 450, 457 y 429 vehículos correspondientemente. Estos valores se obtuvieron de la tabla N°29.

Con estos datos el primer volumen acumulado es:

$$1^{\circ} \text{ Volumen acumulado} = 411 \text{ veh.} + 450 \text{ veh.} + 457 \text{ veh.} + 429 \text{ veh.} = 1747$$

Este volumen acumulado pertenece a la primera hora de estudio, es decir de 7:00 a.m. – 8:00 a.m.

Segundo volumen acumulado:

El segundo volumen acumulado del segmento 1 – dirección de viaje A, es el que corresponde a la suma de los volúmenes de los periodos: 7:15 a.m. – 7:30 a.m.,



7:30 a.m. – 7:45 a.m., 7:45 a.m. - 8:00 a.m. y 8:00 a.m. – 8:15 a.m.; estos volúmenes son de 450, 457, 429 y 396 vehículos correspondientemente. Estos valores se obtuvieron de la tabla N°29.

$$2^{\circ} \text{ Volumen acumulado} = 450 \text{ veh.} + 457 \text{ veh.} + 429 \text{ veh.} + 396 \text{ veh.} = 1732$$

Este volumen acumulado pertenece a la segunda hora de estudio, es decir de 7:15 a.m. – 8:15 a.m.

#### Siguientes volúmenes acumulados:

Los demás volúmenes acumulados se calcularon de la misma manera descrita en los párrafos anteriores. El cálculo se realizó hasta obtener el último volumen acumulado, el cual corresponde a la hora de estudio comprendida entre las 7:00 p.m. – 8:00 p.m. Para el segmento 1 – dirección A, este volumen es:

$$\text{último volumen acum.} = 361 \text{ veh.} + 327 \text{ veh.} + 340 \text{ veh.} + 347 \text{ veh.} = 1657 \text{ veh.}$$

## **2. Determinar el VHMD**

El volumen horario de máxima demanda es el mayor de los todos los volúmenes acumulados calculados en el paso anterior

De la tabla N°29, para el segmento 1 – dirección de viaje A, se determinó que el VHMD es de **1747 vehículos**; en tal tabla, para todos los segmentos el VHMD se presenta en negrita y en color rojo.

## **3. Determinar la hora de máxima demanda**

La hora de máxima demanda es la que corresponde al volumen horario de máxima demanda. Para el segmento 1 – dirección de viaje A, la hora de máxima demanda es de **07:00 a.m. – 08:00 a.m.**

En la tabla N°29, para cada segmento están resaltados con color amarillo los volúmenes correspondientes a cada periodo de análisis de 15 minutos que conforman la hora de máxima demanda.

### **- Volumen máximo de los periodos de 15 minutos ( $Q_{15 \text{ máx.}}$ )**

El  $Q_{15 \text{ máx.}}$  es el máximo volumen de los 4 periodos que conforma el VHMD. En la tabla N°29 los volúmenes que conforman el VHMD para cada segmento están

resaltados en amarillo, y el Q15 máx. además de estar resaltado con amarillo, está en negrita.

Para una mejor comprensión de la tabla N°29 se han extraído los flujos correspondientes a la hora de máxima demanda para el segmento 1 – dirección A. Estos se exponen en la siguiente tabla.

Tabla N°31: Flujos en la hora de máxima demanda del segmento 1 (dirección A)

PERIODO DE ANÁLISIS	VOLUMEN DEL PERIODO DE 15 MINUTOS (Q <sub>15</sub> )
07:00 - 07:15	411
07:15 - 07:30	450
07:30 - 07:45	<b>457</b>
07:45 - 08:00	429

De la tabla se observa que el Q15 máx. corresponde al periodo de análisis comprendido entre las 07:30 y 07:45.

$$Q_{15 \text{ máx}} = 457 \text{ vehículos}/15 \text{ minutos}$$

- **Tasa de flujo horario (capacidad vehicular)**

Para obtener esta tasa de flujo, se expresó el Q<sub>15 máx.</sub> en vehículos por hora.

$$q = \frac{N^{\circ} \text{ vehículos}}{T} = \frac{457 \text{ vehículos}}{15 \text{ minutos}} * \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} = 1828 \text{ vehículos/hora}$$

- **Factor horario de máxima demanda (FHMD)**

$$FHMD_{15} = \frac{VHMD}{4(Q_{15 \text{ máx}})} = \frac{1747}{4(457)} = 0.956$$

**a.2. Para el segmento 2, dirección de viaje A:**

Hora de máxima demanda: **07:15 – 08:15 horas**

Tabla N°32: Flujos en la hora de máxima demanda del segmento 2 (dirección A)

PERIODO DE ANÁLISIS	VOLUMEN DEL PERIODO DE 15 MINUTOS (Q <sub>15</sub> )
07:15 - 07:30	472
07:30 - 07:45	<b>495</b>
07:45 - 08:00	449
08:00 - 08:15	429

Tabla N°33: Parámetros del segmento 2 (dirección A)

PARÁMETROS DEL TRÁNSITO VEHICULAR	
VHMD [veh./hora]	1845
Q 15 máx [veh./15min]	495
FHMD	0.932
Tasa de flujo horario (q) [veh./hora]	1980

**a.3. Para el segmento 3, dirección de viaje A**

Hora de máxima demanda: **12:00 – 13:00 horas**

Tabla N°34: Flujos en la hora de máxima demanda del segmento 3 (dirección A)

PERIODO DE ANÁLISIS	VOLUMEN DEL PERIODO DE 15 MINUTOS (Q <sub>15</sub> )
12:00 - 12:15	440
12:15 - 12:30	427
12:30 - 12:45	437
12:45 - 13:00	<b>465</b>

Tabla N°35: Parámetros del segmento 3 (dirección A)

PARÁMETROS DEL TRÁNSITO VEHICULAR	
VHMD [veh./hora]	1769
Q <sub>15 máx</sub> [veh./15min]	465
FHMD	0.951
Tasa de flujo horario (q) [veh./hora]	1860

**a.4. Para el segmento 4, dirección de viaje A**

Hora de máxima demanda: **12:00 – 13:00 horas**

Tabla N°36: Flujos del segmento 4 (dirección A)

PERIODO DE ANÁLISIS	VOLUMEN DEL PERIODO DE 15 MINUTOS (Q <sub>15</sub> )
12:00 - 12:15	403
12:15 - 12:30	409
12:30 - 12:45	414
12:45 - 13:00	<b>437</b>

Tabla N°37: Parámetros del segmento 4 (dirección A)

PARÁMETROS DEL TRÁNSITO VEHICULAR	
VHMD [veh./hora]	1663
Q <sub>15 máx</sub> [veh./15min]	437
FHMD	0.951
Tasa de flujo horario (q) [veh./hora]	1748

**b. VHMD, hora de máxima demanda, Q15 máx., Tasa de flujo horario y FHMD para los segmentos con dirección de B**

Para el cálculo de estos parámetros para la dirección de viaje B se hace uso del aforo del día de máxima demanda, el cual es el lunes. En la tabla N° 30 se observa tal aforo para la dirección de viaje B.

**b.1. Para el segmento 1, dirección de viaje B**

Hora de máxima demanda: **18:30 – 19:30 horas**

Tabla N°38: Flujos del segmento 1 (dirección B)

PERIODO DE ANÁLISIS	VOLUMEN DEL PERIODO DE 15 MINUTOS (Q <sub>15</sub> )
18:30 - 18:45	434
18:45 - 19:00	425
19:00 - 19:15	453
19:15 - 19:30	<b>461</b>

Tabla N°39: Parámetros del segmento 1 (dirección B)

PARÁMETROS DEL TRÁNSITO VEHICULAR	
VHMD [veh./hora]	1773
Q <sub>15 máx</sub> [veh./15min]	461
FHMD	0.961
Tasa de flujo horario (q) [veh./hora]	1844

**b.2. Para el segmento 2, dirección de viaje B**

Hora de máxima demanda: **18:30 – 19:30 horas**

Tabla N°40: Flujos del segmento 2 (dirección B)

PERIODO DE ANÁLISIS	VOLUMEN DEL PERIODO DE 15 MINUTOS (Q <sub>15</sub> )
18:30 - 18:45	<b>469</b>
18:45 - 19:00	433
19:00 - 19:15	424
19:15 - 19:30	445

Tabla N°41: Parámetros del segmento 2 (dirección B)

PARÁMETROS DEL TRÁNSITO VEHICULAR	
VHMD [veh./hora]	1771
Q 15 máx [veh./15min]	469
FHMD	0.944
Tasa de flujo horario (q) [veh./hora]	1876

**b.3. Para el segmento 3, dirección de viaje B:**

Hora de máxima demanda: **18:15 – 19:15 horas**

Tabla N°42: Flujos del segmento 3 (dirección B)

PERIODO DE ANÁLISIS	VOLUMEN DEL PERIODO DE 15 MINUTOS (Q <sub>15</sub> )
18:15 - 18:30	<b>487</b>
18:30 - 18:45	431
18:45 - 19:00	485
19:00 - 19:15	461

Tabla N°43: Parámetros del segmento 3 (dirección B)

PARÁMETROS DEL TRÁNSITO VEHICULAR	
VHMD [veh./hora]	1864
Q 15 máx [veh./15min]	487
FHMD	0.957
Tasa de flujo horario (q) [veh./hora]	1948

**b.4. Para el segmento 4, dirección de viaje B:**

Hora de máxima demanda: **18:00 – 19:00 horas**

Tabla N°44: Flujos del segmento 4 (dirección B)

PERIODO DE ANÁLISIS	VOLUMEN DEL PERIODO DE 15 MINUTOS (Q <sub>15</sub> )
18:00 - 18:15	487
18:15 - 18:30	480
18:30 - 18:45	462
18:45 - 19:00	<b>501</b>

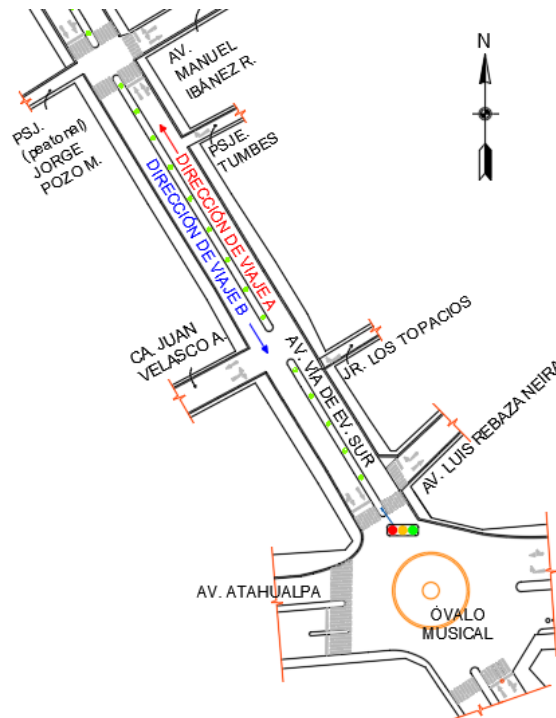
Tabla N°45: Parámetros del segmento 4 (dirección B)

PARÁMETROS DEL TRÁNSITO VEHICULAR	
VHMD [veh./hora]	1930
Q 15 máx [veh./15min]	501
FHMD	0.963
Tasa de flujo horario (q) [veh./hora]	2004

### 3.5.4. Nivel de servicio de los segmentos

#### 3.5.4.1. Nivel de servicio del segmento 1

Figura N°34: Segmento 1



La imagen anterior muestra el segmento 1 y sus dos direcciones de viaje. El segmento está comprendido entre la Av. Atahualpa y la AV. Manuel Ibáñez Rosazza tal como se expuso párrafos atrás, a continuación, se presenta el cálculo del nivel de servicio.

## Paso 1: Datos de entrada

Tabla N°46: Datos de entrada para el segmento 1

DATO DE ENTRADA	DIRECCIÓN DE VIAJE	
	A	B
.Capacidad vehicular	1828 veh/h	1844 veh/h
.Tasa de flujo del segmento medio ( $v_m$ )	1747 veh/h	1773 veh/h
.Número de carriles de giro exclusivos	0	0
.Ancho de intersección aguas arriba ( $W_i$ )	77.94m = 255.72ft	24.22m = 79.47ft
.Número de carriles directos ( $N_{th}$ )	2	2
.Longitud del segmento (L) *	244.94m = 803.65ft	191.22m = 627.39ft
.Longitud mediana restrictiva	168.52m = 552.91ft	168.52m = 552.91ft
.Proporción de segmento con bordillo ( $P_{curb}$ )	1	1
N° de aproximaciones en la dirección de viaje ( $N_{ap,s}$ )	4	1
N° de aprox. en la dirección opuesta de viaje ( $N_{ap,o}$ )	1	4
.Duración del periodo de análisis	0.25 h.	0.25 h.
.Límite de velocidad ( $S_{pl}$ )	60km/h = 37.28mi/h	60km/h = 37.28mi/h

Nota: Como la longitud del segmento en las dos direcciones de viaje son distintos para el cálculo se usó el promedio (715.52 ft)

## Paso 2: Determinar el tiempo en movimiento

Para calcular el tiempo de movimiento primero se debe calcular la velocidad de flujo libre, el factor de ajuste de proximidad del vehículo y el tiempo de movimiento adicional debido a las fuentes de retraso del segmento medio

### a.) Velocidad de flujo libre ( $S_f$ )

Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$S_f = S_{fo} f_L \quad (Ec. 2.11)$$

Donde:

- $S_{fo}$  = Velocidad de flujo libre base (mi/h)
- $f_L$  = Factor de ajuste de espaciado de señal

A continuación, se explica el cálculo de las variables  $S_{fo}$ ,  $f_L$  y de  $S_f$

#### a.1) Cálculo de la velocidad de flujo libre base ( $S_{fo}$ )

$$S_{fo} = S_o + f_{cs} + f_A \quad (Ec. 2.12)$$

Donde:

- $S_o$  = Velocidad constante (mi/h)
- $f_{cs}$  = Ajuste para la sección transversal (mi/h)
- $f_A$  = Ajuste para puntos de acceso (mi/h)

1. Velocidad constante ( $S_o$ )

$$S_o = 25.6 + 0.47S_{pl} \quad (\text{Ec. 2.13}) \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

$S_{pl}$  = Límite de velocidad publicado (mi/h)

Según el reglamento nacional de tránsito del 2009, artículo N°162, el Límite de velocidad Publicado ( $S_{pl}$ ) para una avenida es 60 km/h = 37.28 mi/h

Entonces:

$$S_o = 25.6 + 0.47S_{pl}$$

$$S_o = 25.6 + 0.47(37.28)$$

$$S_o = 43.12 \text{ mi/h}$$

$S_o$  Tiene el mismo valor para ambas direcciones de viaje del segmento.

2. Factor de ajuste para la sección transversal ( $f_{cs}$ )

$$f_{cs} = 1.5p_{rm} - 0.47p_{curb} - 3.7p_{curb}p_{rm} \quad (\text{Ec. 2.14})$$

Donde:

- $p_{rm}$  = proporción de longitud de enlace con mediana restrictiva
- $p_{curb}$  = proporción de segmento con bordillo en el lado derecho

-Para la dirección de viaje "A" :

$$p_{rm} = 552.91/547.93 = 1$$

$$p_{curb} = 1$$

Entonces:

$$f_{cs} = 1.5(1.01) - 0.47(1) - 3.7(1)(1.01) = -2.69$$

-Para la dirección de viaje "B"

$$p_{rm} = 552.91/547.93 = 1$$

$$p_{curb} = 1$$

Entonces:

$$f_{cs} = 1.5(1.01) - 0.47(1) - 3.7(1)(1.01) = -2.69$$



### 3. Factor de ajuste para puntos de acceso ( $f_A$ )

$$f_A = -0.078D_a/N_{th} \quad (Ec. 2.15)$$

Con:

$$D_a = 5280(N_{ap,s} + N_{ap,o})/(L - W_i) \quad (Ec. 2.16)$$

Donde:

- $D_a$  = Densidad de puntos de acceso en el segmento (puntos/milla)

Cálculo de  $D_a$  y  $f_A$  para la dirección de viaje "A"

$$D_a = 5280(4 + 1)/(715.52 - 255.72) = 57.42$$

$$f_A = -0.078(57.42/2) = -2.24$$

Cálculo de  $D_a$  y  $f_A$  para la dirección de viaje "B"

$$D_a = 5280(1 + 4)/(715.52 - 79.49) = 41.51$$

$$f_A = -0.078(41.51/2) = -1.62$$

### 4. Velocidad de flujo libre base ( $S_{fo}$ )

Con los valores encontrados en las secciones anteriores y con la siguiente ecuación se calculó  $S_{fo}$ .

$$S_{fo} = S_o + f_{cs} + f_A \quad (Ec. 2.12)$$

- Para la dirección de viaje "A":

$$S_{fo} = 43.12 + (-2.69) + (-2.24) = 38.19 \text{ mi/h}$$

- Para la dirección de viaje "B":

$$S_{fo} = 43.12 + (-2.69) + (-1.62) = 38.81 \text{ mi/h}$$

### a.2) **Cálculo del factor de ajuste de espaciado de señal ( $f_L$ )**

$$f_L = 1.02 - 4.7 \frac{S_{fo} - 19.5}{\max(L_s, 400)} \leq 1.0 \quad (Ec. 2.17)$$

Dónde:  $L_s$  = Distancia entre intersecciones

-Cálculo de  $f_L$  para la dirección de viaje A:

$$f_L = 1.02 - 4.7 \frac{38.19 - 19.5}{\max(715.52, 400)} = 1.02 - 4.7 \frac{38.19 - 19.5}{715.52} = 0.90$$

-Cálculo de  $f_L$  para la dirección de viaje B:

$$f_L = 1.02 - 4.7 \frac{38.81 - 19.5}{\max(715.52, 400)} = 1.02 - 4.7 \frac{38.81 - 19.5}{715.52} = 0.89$$

### a.3) Cálculo de la velocidad de flujo libre ( $S_f$ )

$$S_f = S_{fo} f_L \quad (\text{Ec. 2.11})$$

- Cálculo de  $S_f$  para la dirección de viaje A:

$$S_f = 38.19 \times 0.90 = 34.37 \text{ mi/h}$$

- Cálculo de  $S_f$  para la dirección de viaje B:

$$S_f = 38.81 \times 0.89 = 34.54 \text{ mi/h}$$

### b.) Factor de ajuste de proximidad del vehículo ( $f_v$ )

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{v_m}{52.8 N_{th} S_f}\right)^{0.21}} \quad (\text{Ec. 2.18})$$

- Cálculo de  $f_v$  para la dirección de viaje A:

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{1747}{52.8 \times 2 \times 34.37}\right)^{0.21}} = 1.07$$

- Cálculo de  $f_v$  para la dirección de viaje B:

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{1773}{52.8 \times 2 \times 34.54}\right)^{0.21}} = 1.07$$

### c.) Demora debido a vehículos que giran hacia un punto de acceso

Para el cálculo se utiliza la tabla N° 7. Para su uso se determina el volumen vehicular por carril en la mitad del segmento para cada dirección de viaje.

- Volumen por carril (dirección de viaje A):

$$\text{Vol. carril} = 1747 / 2 = 874 \text{ veh/h/ln}$$

- Volumen por carril (dirección de viaje B):

$$\text{Vol. carril} = 1773 / 2 = 887 \text{ veh/h/ln}$$

Con estos valores se partió de la demora en 2 carriles para un volumen por carril de 700 veh/h/ln y se extrapoló y se obtuvo:

- Para la dirección de viaje "A"

$$d_{ap,i} = 1.26 \text{ seg/veh/pto}$$

- Para la dirección de viaje "B"

$$d_{ap,i} = 1.30 \text{ seg/veh/pto}$$

#### d.) Cálculo del tiempo en movimiento

Para el cálculo se usó la siguiente ecuación:

$$t_R = \frac{6.0 - l_1}{0.0025L} f_x + \frac{3600 L}{5280 S_f} f_v + \sum_{i=1}^{N_{ap}} d_{ap,i} + d_{other} \quad (Ec. 2.19)$$

Donde:

- $l_1$  = Tiempo perdido de arranque (2 para intersecciones con semáforos)
- $f_x$  = Factor de ajuste de tipo de control (1 si hay semáforo, 0 si no lo hay)
- $d_{other}$  = Demoras debido a otras fuentes (0 según HCM)

- Cálculo de  $t_R$  para la dirección de viaje A

$$t_R = \frac{6.0 - 0}{0.0025 \times 715.52} 0 + \frac{3600 \times 715.52}{5280 \times 34.37} 1.07 + \frac{1.26}{2} 4 + \frac{1.26}{2} 1 + 0 = 18.34 \text{ s.}$$

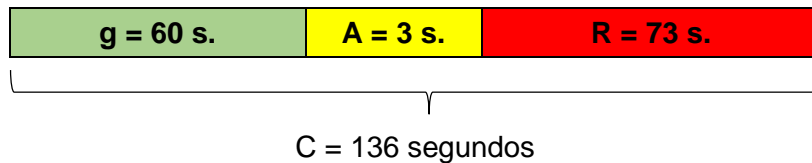
- Cálculo de  $t_R$  para la dirección de viaje B

$$t_R = \frac{6.0 - 2}{0.0025 \times 715.52} 1 + \frac{3600 \times 715.52}{5280 \times 34.54} 1.07 + \frac{1.30}{2} 1 + \frac{1.30}{2} 4 + 0 = 20.60 \text{ s.}$$

#### Paso 3. Determinar la duración de la fase de la señal

Este paso se omite si la intersección aguas abajo no está señalizada

- Para la dirección de viaje B:



#### Paso 4. Determinar la demora directa ( $d_t$ )

$$d_t = \frac{d_{th} v_t N_t + d_{sl} v_{sl} (1 - P_L) + d_{sr} v_{sr} (1 - P_r)}{v_{th}} \quad (Ec. 2.20)$$

-Para la dirección de viaje A:

$$d_t = \frac{15.35 \times 874 \times 1 + 0 \times 0 \times (1 - 0) + 13.79 \times 874 (1 - 0.106)}{1747} = 13.84 \text{ s/veh}$$

-Para la dirección de viaje B:

$$d_t = \frac{34.97 \times 887 \times 1 + 0 \times 0 \times (1 - 0) + 32.73 \times 887 (1 - 0.563)}{1773} = 24.64 \text{ s/veh}$$

**Nota:**  $v_{th} = v_m$ , pues no hay carriles de giro exclusivos. Las tasas de flujo y proporciones de giro (PL y PR) se determinaron del aforo del día de máxima demanda. Las demoras necesarias para el cálculo de la demora directa se muestran en el Anexo N°4 (tabla A.58 y tabla A.59).

**Paso 5. Determinar la Velocidad de viaje ( $S_{T,seg}$ )**

$$S_{T,seg} = \frac{3600 L}{5280 (t_R + d_t)} \quad (Ec. 2.21)$$

-Para la dirección de viaje A:

$$S_{T,seg} = \frac{3600 \times 715.52ft}{5280 (18.34 s + 13.84 s)} = 15.16 mi/h$$

-Para la dirección de viaje B:

$$S_{T,seg} = \frac{3600 \times 715.52ft}{5280 (20.60 s + 24.64 s)} = 10.78 mi/h$$

**Paso 6. Determinar el nivel de servicio**

El nivel de servicio está determinado por la velocidad de viaje expresada como un porcentaje de la velocidad base de flujo libre ( $S_{T,seg}/S_{fo}$ ), y por la relación volumen/capacidad. Obtenidos estos valores, se hace uso de la tabla N° 5 y se determina el nivel de servicio.

- **Para la dirección de viaje A:**

$$\frac{S_{T,seg}}{S_{fo}} = \frac{15.16mi/h}{38.19 s/veh} = 39.70\%$$

$$X = \frac{Volumen}{Capacidad} = \frac{1747 veh/h}{1828 veh/h} = 0.96$$

Para estos valores, según la tabla N° 5, la dirección de viaje A del segmento N° 1 presenta un **Nivel de servicio E**

- **Para la dirección de viaje B:**

$$\frac{S_{T,seg}}{S_{fo}} = \frac{10.78 mi/h}{38.81 s/veh} = 27.78\%$$

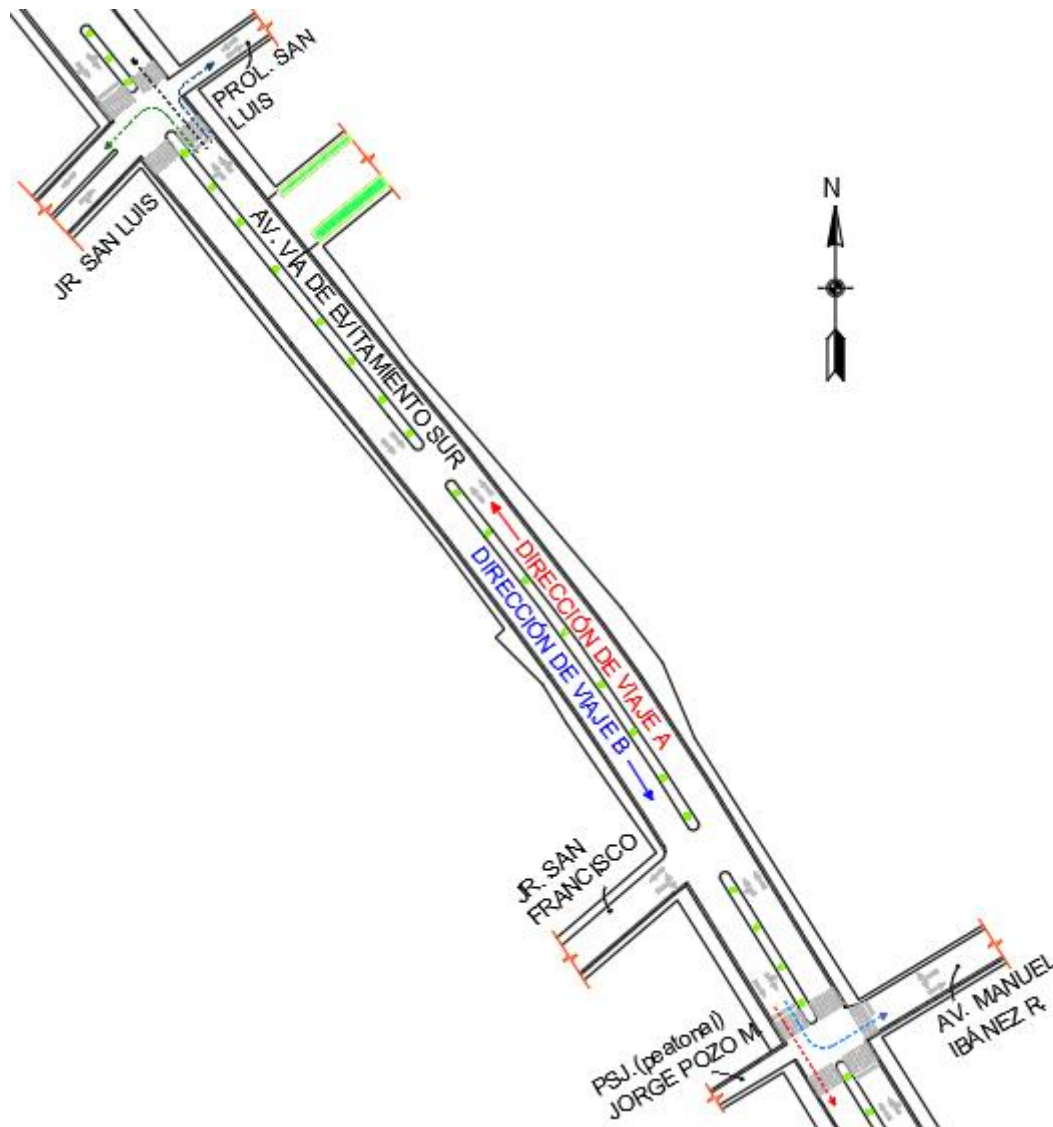
$$X = \frac{Volumen}{Capacidad} = \frac{1773 veh/h}{1844 veh/h} = 0.96$$

Para estos valores, según la tabla N° 5, la dirección de viaje B del segmento N° 1 presenta un **Nivel de servicio F**

**-Nota:** Como el cálculo del nivel de servicio para todos los segmentos es el mismo, en el cálculo de los siguientes segmentos se omiten las notas y observaciones que fueron hechas en el procedimiento del segmento 1.

### 3.5.4.2. Nivel de servicio del segmento 2

Figura N°35: Segmento 2



La imagen anterior muestra el segmento 2 y sus dos direcciones de viaje. El segmento está comprendido entre la AV. Manuel Ibáñez Rosazza y el Jr. San Luis, tal como se expuso párrafos atrás. A continuación, se presenta el cálculo del nivel de servicio.

## Paso 1: Datos de entrada

Tabla N°47: Datos de entrada para el segmento 2

DATO DE ENTRADA	DIRECCIÓN DE VIAJE	
	A	B
.Capacidad vehicular	1980 veh/h	1876 veh/h
.Tasa de flujo del segmento medio ( $v_m$ )	1845 veh/h	1771 veh/h
.Número de carriles de giro exclusivos	0	0
.Ancho de intersección aguas arriba ( $W_i$ )	24.22m = 79.47ft	25.64m = 84.12ft
.Número de carriles directos ( $N_{th}$ )	2	2
.Longitud del segmento (L) *	287.25m = 942.47ft	287.31m = 942.66ft
.Longitud mediana restrictiva	253.37m = 831.31ft	253.37m = 831.31ft
.Proporción de segmento con bordillo ( $P_{curb}$ )	1	1
N° de aproximaciones en la dirección de viaje ( $N_{ap,s}$ )	2	1
N° de aprox. en la dirección opuesta de viaje ( $N_{ap,o}$ )	1	2
.Duración del periodo de análisis	0.25 h.	0.25 h.
.Límite de velocidad ( $S_{pl}$ )	60km/h = 37.28mi/h	60km/h = 37.28mi/h

Nota: Como la longitud del segmento en las dos direcciones de viaje son distintos para el cálculo se usó el promedio (942.57 ft)

## Paso 2: Determinar el tiempo en movimiento

Para calcular el tiempo de movimiento primero se debe calcular la velocidad de flujo libre, el factor de ajuste de proximidad del vehículo y el tiempo de movimiento adicional debido a las fuentes de retraso del segmento medio

### a.) Velocidad de flujo libre ( $S_f$ )

Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$S_f = S_{fo} f_L \quad (Ec. 2.11)$$

Donde:

- $S_{fo}$  = Velocidad de flujo libre base (mi/h)
- $f_L$  = Factor de ajuste de espaciado de señal

A continuación, se explica el cálculo de las variables  $S_{fo}$ ,  $f_L$  y de  $S_f$

#### a.1) Cálculo de la velocidad de flujo libre base ( $S_{fo}$ )

$$S_{fo} = S_o + f_{cs} + f_A \quad (Ec. 2.12)$$

Donde:

- $S_o =$  Velocidad constante (mi/h)
- $f_{cs} =$  Ajuste para la sección transversal (mi/h)
- $f_A =$  Ajuste para puntos de acceso (mi/h)

1. Velocidad constante ( $S_o$ )

$$S_o = 25.6 + 0.47S_{pl} \quad (Ec. 2.13) \quad (Ec. 3)$$

Donde:

$S_{pl} =$  Límite de velocidad publicado (mi/h)

Según el reglamento nacional de tránsito del 2009, artículo N°162, el Límite de velocidad Publicado ( $S_{pl}$ ) para una avenida es 60 km/h = 37.28 mi/h

Entonces:

$$S_o = 25.6 + 0.47S_{pl}$$

$$S_o = 25.6 + 0.47(37.28)$$

$$S_o = 43.12 \text{ mi/h}$$

$S_o$  Tiene el mismo valor para ambas direcciones de viaje del segmento.

2. Factor de ajuste para la sección transversal ( $f_{cs}$ )

$$f_{cs} = 1.5p_{rm} - 0.47p_{curb} - 3.7p_{curb}p_{rm} \quad (Ec. 2.14)$$

Donde:

- $p_{rm} =$  proporción de longitud de enlace con mediana restrictiva
- $p_{curb} =$  proporción de segmento con bordillo en el lado derecho

- Para la dirección de viaje "A" :

$$p_{rm} = 831.31/863 = 0.96$$

$$p_{curb} = 1$$

Entonces:

$$f_{cs} = 1.5(0.96) - 0.47(1) - 3.7(1)(0.96) = -2.58$$

- Para la dirección de viaje "B"

$$p_{rm} = 831.31/858.54 = 0.97$$

$$p_{curb} = 1$$

Entonces:

$$f_{cs} = 1.5(0.97) - 0.47(1) - 3.7(1)(0.97) = -2.60$$

3. Factor de ajuste para puntos de acceso ( $f_A$ )

$$f_A = -0.078D_a/N_{th} \quad (Ec. 2.15)$$

Con:

$$D_a = 5280(N_{ap,s} + N_{ap,o})/(L - W_i) \quad (Ec. 2.16)$$

Donde:

- $D_a$  = Densidad de puntos de acceso en el segmento (puntos/milla)

Cálculo de  $D_a$  y  $f_A$  para la dirección de viaje "A"

$$D_a = 5280(2 + 1)/(942.57 - 79.47) = 18.35$$
$$f_A = -0.078 (18.35/2) = -0.72$$

Cálculo de  $D_a$  y  $f_A$  para la dirección de viaje "B"

$$D_a = 5280(1 + 2)/(942.57 - 84.12) = 18.45$$
$$f_A = -0.078 (18.45/2) = -0.72$$

#### 4. Velocidad de flujo libre base ( $S_{fo}$ )

Con los valores encontrados en las secciones anteriores y con la siguiente ecuación se calculó  $S_{fo}$ .

$$S_{fo} = S_o + f_{cs} + f_A \quad (Ec. 2.12)$$

- Para la dirección de viaje "A":

$$S_{fo} = 43.12 + (-2.58) + (-0.72) = 39.82 \text{ mi/h}$$

- Para la dirección de viaje "B":

$$S_{fo} = 43.12 + (-2.6) + (-0.72) = 39.80 \text{ mi/h}$$

#### a.2) Cálculo del factor de ajuste de espaciado de señal ( $f_L$ )

$$f_L = 1.02 - 4.7 \frac{S_{fo} - 19.5}{\max(L_s, 400)} \leq 1.0 \quad (Ec. 2.17)$$

Donde:

- $L_s$  = Distancia entre intersecciones

-Cálculo de  $f_L$  para la dirección de viaje A:

$$f_L = 1.02 - 4.7 \frac{39.82 - 19.5}{\max(942.57, 400)} = 1.02 - 4.7 \frac{39.82 - 19.5}{942.57} = 0.92$$



-Cálculo de  $f_L$  para la dirección de viaje B:

$$f_L = 1.02 - 4.7 \frac{39.8 - 19.5}{\max(942.57, 400)} = 1.02 - 4.7 \frac{39.8 - 19.5}{942.57} = 0.92$$

### a.3) Cálculo de la velocidad de flujo libre ( $S_f$ )

$$S_f = S_{fo} f_L \quad (\text{Ec. 2.11})$$

- Cálculo de  $S_f$  para la dirección de viaje A:

$$S_f = 39.82 \times 0.92 = 36.63 \text{ mi/h}$$

- Cálculo de  $S_f$  para la dirección de viaje B:

$$S_f = 39.8 \times 0.92 = 36.62 \text{ mi/h}$$

### b.) Factor de ajuste de proximidad del vehículo ( $f_v$ )

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{v_m}{52.8 N_{th} S_f}\right)^{0.21}} \quad (\text{Ec. 2.18})$$

- Cálculo de  $f_v$  para la dirección de viaje A:

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{1845}{52.8 \times 2 \times 36.63}\right)^{0.21}} = 1.07$$

- Cálculo de  $f_v$  para la dirección de viaje B:

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{1771}{52.8 \times 2 \times 36.62}\right)^{0.21}} = 1.06$$

### c.) Demora debido a vehículos que giran hacia un punto de acceso

Para el cálculo se utiliza la tabla N° 7. Para su uso se determina el volumen vehicular por carril en la mitad del segmento para cada dirección de viaje.

- Volumen por carril (dirección de viaje A):

$$\text{Vol. carril} = 1845 / 2 = 923 \text{ veh/h/ln}$$

- Volumen por carril (dirección de viaje B):

$$\text{Vol. carril} = 1771 / 2 = 866 \text{ veh/h/ln}$$

Con estos valores se partió de la demora en 2 carriles para un volumen por carril de 700 veh/h/ln y se extrapoló y se obtuvo:

- Para la dirección de viaje "A"

$$d_{ap,i} = 1.41 \text{ seg/veh/pto}$$

- Para la dirección de viaje "B"

$$d_{ap,i} = 1.30 \text{ seg/veh/pto}$$

#### d.) Cálculo del tiempo en movimiento

Para el cálculo se usó la siguiente ecuación:

$$t_R = \frac{6.0 - l_1}{0.0025L} f_x + \frac{3600 L}{5280 S_f} f_v + \sum_{i=1}^{N_{ap}} d_{ap,i} + d_{other} \quad (Ec. 2.19)$$

Donde:

- $l_1$  = Tiempo perdido de arranque (2 para intersecciones con semáforos)
- $f_x$  = Factor de ajuste de tipo de control (1 si hay semáforo, 0 si no lo hay)
- $d_{other}$  = Demoras debido a otras fuentes (0 según HCM)

- Cálculo de  $t_R$  para la dirección de viaje A

$$t_R = \frac{6.0 - 0}{0.0025 \times 942.57} 0 + \frac{3600 \times 942.57}{5280 \times 36.63} 1.07 + \frac{1.41}{2} 2 + \frac{1.30}{2} 1 + 0 = 20.89 \text{ s.}$$

- Cálculo de  $t_R$  para la dirección de viaje B

$$t_R = \frac{6.0 - 0}{0.0025 \times 942.57} 0 + \frac{3600 \times 942.57}{5280 \times 36.62} 1.06 + \frac{1.30}{2} 1 + \frac{1.30}{2} 2 + 0 = 20.55 \text{ s.}$$

#### Paso 3. Determinar la duración de la fase de la señal

Este paso se omitió pues en ambas direcciones de viaje la intersección aguas abajo no está señalizada

#### Paso 4. Determinar la demora directa ( $d_t$ )

$$d_t = \frac{d_{th} v_t N_t + d_{sl} v_{sl} (1 - P_L) + d_{sr} v_{sr} (1 - P_r)}{v_{th}} \quad (Ec. 2.20)$$

-Para la dirección de viaje A:

$$d_t = \frac{0 \times 0 \times 0 + 31.71 \times 923 \times (1 - 0.123) + 29.23 \times 923(1 - 0.021)}{1845} = 28.21 \text{ s/veh}$$

-Para la dirección de viaje B:

$$d_t = \frac{23.62 \times 886 \times 1 + 26.13 \times 886 \times (1 - 0.097) + 0 \times 0(1 - 0)}{1771} = 23.61 \text{ s/veh}$$

Nota: Las demoras necesarias para el cálculo de la demora directa se muestran en el Anexo N°4 (tabla A.58 y tabla A.59)

### Paso 5. Determinar la Velocidad de viaje ( $S_{T,seg}$ )

$$S_{T,seg} = \frac{3600 L}{5280 (t_R + d_t)} \quad (Ec. 2.21)$$

-Para la dirección de viaje A:

$$S_{T,seg} = \frac{3600 \times 942.57 \text{ ft}}{5280 (20.89 \text{ s} + 28.21 \text{ s})} = 13.09 \text{ mi/h}$$

-Para la dirección de viaje B:

$$S_{T,seg} = \frac{3600 \times 942.57 \text{ ft}}{5280 (20.55 \text{ s} + 23.61 \text{ s})} = 14.55 \text{ mi/h}$$

### Paso 6. Determinar el nivel de servicio

El nivel de servicio está determinado por la velocidad de viaje expresada como un porcentaje de la velocidad base de flujo libre ( $S_{T,seg}/S_{fo}$ ), y por la relación volumen/capacidad. Obtenidos estos valores, se hace uso de la tabla N° 5 y se determina el nivel de servicio.

- **Para la dirección de viaje A:**

$$\frac{S_{T,seg}}{S_{fo}} = \frac{13.09 \text{ mi/h}}{39.82 \text{ s/veh}} = 32.87\%$$
$$X = \frac{\text{Volumen}}{\text{Capacidad}} = \frac{1845 \text{ veh/h}}{1980 \text{ veh/h}} = 0.93$$

Para estos valores, según la tabla N° 5, la dirección de viaje A del segmento N° 2 presenta un **Nivel de servicio E**

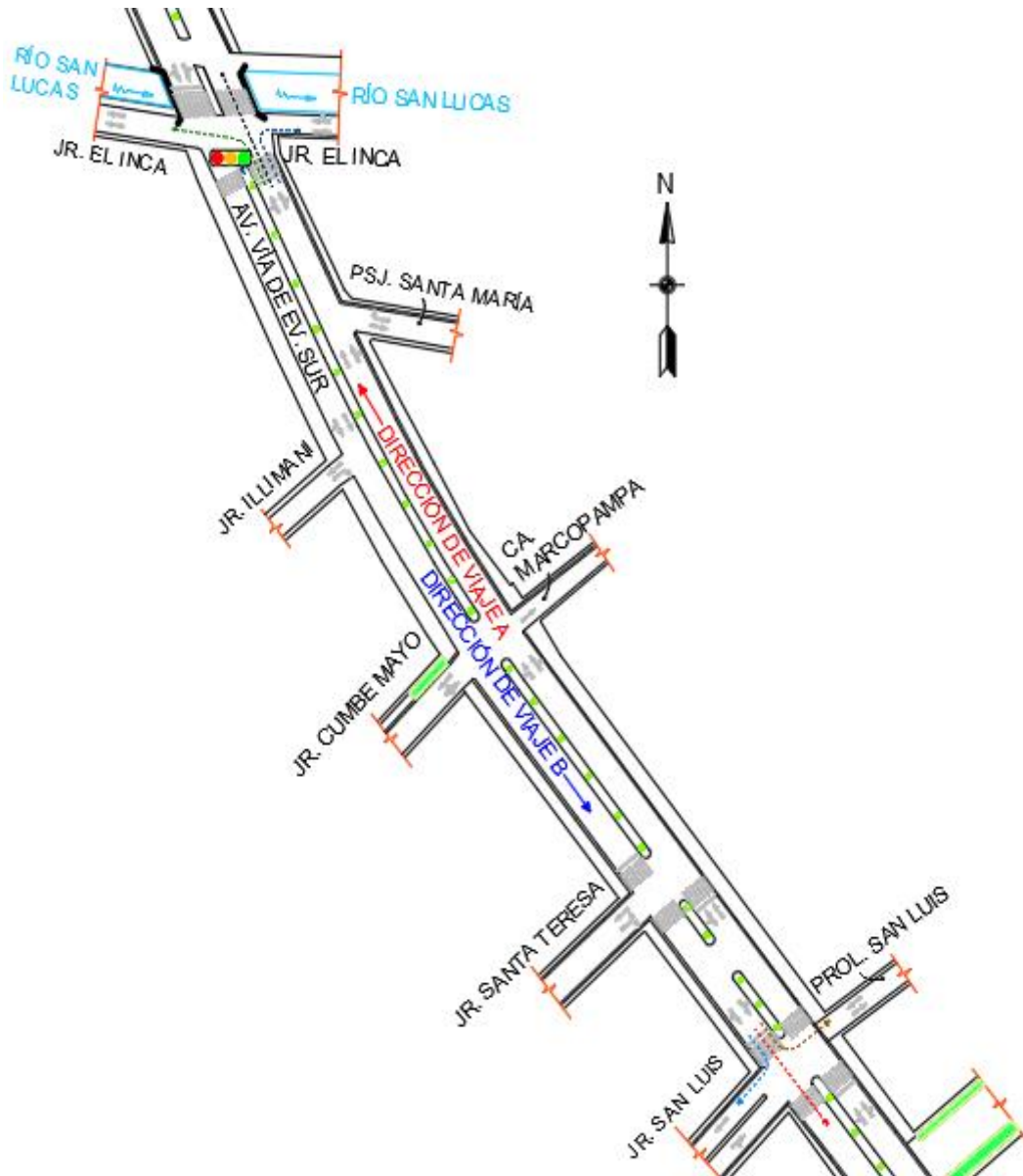
- **Para la dirección de viaje B:**

$$\frac{S_{T,seg}}{S_{fo}} = \frac{14.55 \text{ mi/h}}{39.80 \text{ s/veh}} = 36.56\%$$
$$X = \frac{\text{Volumen}}{\text{Capacidad}} = \frac{1771 \text{ veh/h}}{1876 \text{ veh/h}} = 0.94$$

Para estos valores, según la tabla N° 5, la dirección de viaje B del segmento N° 2 presenta un **Nivel de servicio E**

### 3.5.4.3. Nivel de servicio del segmento 3

Figura N°36: Segmento 3



La imagen anterior muestra el segmento 3 y sus dos direcciones de viaje. El segmento está comprendido entre el Jr. San Luis y el Jr. El inca, tal como se expuso párrafos atrás. A continuación, se presenta el cálculo del nivel de servicio.

## Paso 1: Datos de entrada

Tabla N°48: Datos de entrada para el segmento 3

DATO DE ENTRADA	DIRECCIÓN DE VIAJE	
	A	B
.Capacidad vehicular	1860 veh/h	1948 veh/h
.Tasa de flujo del segmento medio ( $v_m$ )	1769 veh/h	1864 veh/h
.Número de carriles de giro exclusivos	0	0
.Ancho de intersección aguas arriba ( $W_i$ )	25.64m = 84.12ft	31.17m = 102.27ft
.Número de carriles directos ( $N_{th}$ )	2	2
.Longitud del segmento (L) *	279.45m = 916.88ft	287.34m = 942.76ft
.Longitud mediana restrictiva	229.61m = 753.35ft	229.61m = 753.35ft
.Proporción de segmento con bordillo ( $P_{curb}$ )	1	1
N° de aproximaciones en la dirección de viaje ( $N_{ap,s}$ )	2	4
N° de aprox. en la dirección opuesta de viaje ( $N_{ap,o}$ )	4	2
.Duración del periodo de análisis	0.25 h.	0.25 h.
.Límite de velocidad ( $S_{pl}$ )	60km/h = 37.28mi/h	60km/h = 37.28mi/h

Nota: Como la longitud del segmento en las dos direcciones de viaje son distintos para el cálculo se usó el promedio (929.82 ft)

## Paso 2: Determinar el tiempo en movimiento

Para calcular el tiempo de movimiento primero se debe calcular la velocidad de flujo libre, el factor de ajuste de proximidad del vehículo y el tiempo de movimiento adicional debido a las fuentes de retraso del segmento medio

### a.) Velocidad de flujo libre ( $S_f$ )

Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$S_f = S_{fo} f_L \quad (Ec. 2.11)$$

Donde:

- $S_{fo}$  = Velocidad de flujo libre base (mi/h)
- $f_L$  = Factor de ajuste de espaciado de señal

A continuación, se explica el cálculo de las variables  $S_{fo}$ ,  $f_L$  y de  $S_f$

#### a.1) Cálculo de la velocidad de flujo libre base ( $S_{fo}$ )

$$S_{fo} = S_o + f_{cs} + f_A \quad (Ec. 2.12)$$

Donde:

- $S_o =$  Velocidad constante (mi/h)
- $f_{cs} =$  Ajuste para la sección transversal (mi/h)
- $f_A =$  Ajuste para puntos de acceso (mi/h)

1. Velocidad constante ( $S_o$ )

$$S_o = 25.6 + 0.47S_{pl} \quad (\text{Ec. 2.13}) \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

$S_{pl} =$  Límite de velocidad publicado (mi/h)

Según el reglamento nacional de tránsito del 2009, artículo N°162, el Límite de velocidad Publicado ( $S_{pl}$ ) para una avenida es 60 km/h = 37.28 mi/h

Entonces:

$$S_o = 25.6 + 0.47S_{pl}$$

$$S_o = 25.6 + 0.47(37.28)$$

$$S_o = 43.12 \text{ mi/h}$$

$S_o$  Tiene el mismo valor para ambas direcciones de viaje del segmento.

2. Factor de ajuste para la sección transversal ( $f_{cs}$ )

$$f_{cs} = 1.5p_{rm} - 0.47p_{curb} - 3.7p_{curb}p_{rm} \quad (\text{Ec. 2.14})$$

Donde:

- $p_{rm} =$  proporción de longitud de enlace con mediana restrictiva
- $p_{curb} =$  proporción de segmento con bordillo en el lado derecho

- Para la dirección de viaje "A" :

$$p_{rm} = 753.35/832.76 = 0.90$$

$$p_{curb} = 1$$

Entonces:

$$f_{cs} = 1.5(0.90) - 0.47(1) - 3.7(1)(0.90) = -2.45$$

- Para la dirección de viaje "B"

$$p_{rm} = 753.35/840.49 = 0.90$$

$$p_{curb} = 1$$

Entonces:

$$f_{cs} = 1.5(0.90) - 0.47(1) - 3.7(1)(0.90) = -2.45$$

### 3. Factor de ajuste para puntos de acceso ( $f_A$ )

$$f_A = -0.078D_a/N_{th} \quad (Ec. 2.15)$$

Con:

$$D_a = 5280(N_{ap,s} + N_{ap,o})/(L - W_i) \quad (Ec. 2.16)$$

Donde:

- $D_a$  = Densidad de puntos de acceso en el segmento (puntos/milla)

Cálculo de  $D_a$  y  $f_A$  para la dirección de viaje "A"

$$D_a = 5280(2 + 4)/(929.82 - 84.12) = 37.46$$

$$f_A = -0.078(37.46/2) = -1.46$$

Cálculo de  $D_a$  y  $f_A$  para la dirección de viaje "B"

$$D_a = 5280(4 + 2)/(929.82 - 102.27) = 38.28$$

$$f_A = -0.078(38.28/2) = -1.49$$

### 4. Velocidad de flujo libre base ( $S_{fo}$ )

Con los valores encontrados en las secciones anteriores y con la siguiente ecuación se calculó  $S_{fo}$ .

$$S_{fo} = S_o + f_{cs} + f_A \quad (Ec. 2.12)$$

-Para la dirección de viaje "A":

$$S_{fo} = 43.12 + (-2.45) + (-1.46) = 39.21 \text{ mi/h}$$

-Para la dirección de viaje "B":

$$S_{fo} = 43.12 + (-2.45) + (-1.49) = 39.18 \text{ mi/h}$$

#### **a.2) Cálculo del factor de ajuste de espaciado de señal ( $f_L$ )**

$$f_L = 1.02 - 4.7 \frac{S_{fo} - 19.5}{\max(L_s, 400)} \leq 1.0 \quad (Ec. 2.17)$$

Donde:

- $L_s$  = Distancia entre intersecciones

-Cálculo de  $f_L$  para la dirección de viaje A:

$$f_L = 1.02 - 4.7 \frac{39.21 - 19.5}{\max(929.82, 400)} = 1.02 - 4.7 \frac{39.21 - 19.5}{929.82} = 0.92$$

-Cálculo de  $f_L$  para la dirección de viaje B:

$$f_L = 1.02 - 4.7 \frac{39.18 - 19.5}{\max(929.82, 400)} = 1.02 - 4.7 \frac{39.18 - 19.5}{929.82} = 0.92$$

### a.3) Cálculo de la velocidad de flujo libre ( $S_f$ )

$$S_f = S_{fo} f_L \quad (\text{Ec. 2.11})$$

- Cálculo de  $S_f$  para la dirección de viaje A:

$$S_f = 39.21 \times 0.92 = 36.07 \text{ mi/h}$$

- Cálculo de  $S_f$  para la dirección de viaje B:

$$S_f = 39.18 \times 0.92 = 36.05 \text{ mi/h}$$

### b.) Factor de ajuste de proximidad del vehículo ( $f_v$ )

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{v_m}{52.8 N_{th} S_f}\right)^{0.21}} \quad (\text{Ec. 2.18})$$

- Cálculo de  $f_v$  para la dirección de viaje A:

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{1769}{52.8 \times 2 \times 36.07}\right)^{0.21}} = 1.07$$

- Cálculo de  $f_v$  para la dirección de viaje B:

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{1864}{52.8 \times 2 \times 36.05}\right)^{0.21}} = 1.07$$

### c.) Demora debido a vehículos que giran hacia un punto de acceso

Para el cálculo se utiliza la tabla N° 7. Para su uso se determina el volumen vehicular por carril en la mitad del segmento para cada dirección de viaje.

- Volumen por carril (dirección de viaje A):

$$\text{Vol. carril} = 1769 / 2 = 885 \text{ veh/h/ln}$$

- Volumen por carril (dirección de viaje B):

$$\text{Vol. carril} = 1864 / 2 = 932 \text{ veh/h/ln}$$



Con estos valores se partió de la demora en 2 carriles para un volumen por carril de 700 veh/h/ln y se extrapoló y se obtuvo:

- Para la dirección de viaje "A"

$$d_{ap,i} = 1.29 \text{ seg/veh/pto}$$

- Para la dirección de viaje "B"

$$d_{ap,i} = 1.44 \text{ seg/veh/pto}$$

#### d.) Cálculo del tiempo en movimiento

Para el cálculo se usó la siguiente ecuación:

$$t_R = \frac{6.0 - l_1}{0.0025L} f_x + \frac{3600 L}{5280 S_f} f_v + \sum_{i=1}^{N_{ap}} d_{ap,i} + d_{other} \quad (Ec. 2.19)$$

Donde:

- $l_1$  = Tiempo perdido de arranque (2 para intersecciones con semáforos)
- $f_x$  = Factor de ajuste de tipo de control (1 si hay semáforo, 0 si no lo hay)
- $d_{other}$  = Demoras debido a otras fuentes (0 según HCM)

- Cálculo de  $t_R$  para la dirección de viaje A

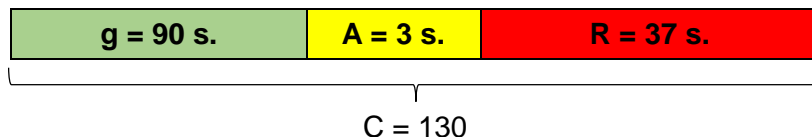
$$t_R = \frac{6.0 - 2}{0.0025 \times 929.82} 1 + \frac{3600 \times 929.82}{5280 \times 36.07} 1.07 + \frac{1.29}{2} 2 + \frac{1.29}{2} 4 + 0 = 24.40 \text{ s.}$$

- Cálculo de  $t_R$  para la dirección de viaje B

$$t_R = \frac{6.0 - 0}{0.0025 \times 929.82} 0 + \frac{3600 \times 929.82}{5280 \times 36.05} 1.07 + \frac{1.44}{2} 4 + \frac{1.44}{2} 2 + 0 = 23.14 \text{ s.}$$

#### Paso 3. Determinar la duración de la fase de la señal

-Para la dirección de viaje A:



#### Paso 4. Determinar la demora directa ( $d_t$ )

$$d_t = \frac{d_{th} v_t N_t + d_{sl} v_{sl} (1 - P_L) + d_{sr} v_{sr} (1 - P_r)}{v_{th}} \quad (Ec. 2.20)$$

-Para la dirección de viaje A:

$$d_t = \frac{0 \times 0 \times 0 + 56.09 \times 885 \times (1 - 0.092) + 51.86 \times 885(1 - 0.028)}{1769} = 50.67 \text{ s/veh}$$

-Para la dirección de viaje B:

$$d_t = \frac{0 \times 0 \times 0 + 25.35 \times 932 \times (1 - 0.018) + 22.70 \times 932(1 - 0.132)}{1864} = 22.30 \text{ s/veh}$$

Nota:

Las demoras necesarias para el cálculo de la demora directa se muestran en el Anexo N°4 (tabla A.58 y tabla A.59).

### Paso 5. Determinar la Velocidad de viaje ( $S_{T,seg}$ )

$$S_{T,seg} = \frac{3600 L}{5280 (t_R + d_t)} \quad (Ec. 2.21)$$

-Para la dirección de viaje A:

$$S_{T,seg} = \frac{3600 \times 929.82ft}{5280 (24.40 \text{ s} + 50.67 \text{ s})} = 8.45 \text{ mi/h}$$

-Para la dirección de viaje B:

$$S_{T,seg} = \frac{3600 \times 929.82ft}{5280 (23.14 \text{ s} + 22.30 \text{ s})} = 13.95 \text{ mi/h}$$

### Paso 6. Determinar el nivel de servicio

- **Para la dirección de viaje A:**

$$\frac{S_{T,seg}}{S_{fo}} = \frac{8.45 \text{ mi/h}}{39.21 \text{ s/veh}} = 21.55\%$$
$$X = \frac{\text{Volumen}}{\text{Capacidad}} = \frac{1769 \text{ veh/h}}{1860 \text{ veh/h}} = 0.95$$

Para estos valores, según la tabla N° 5, la dirección de viaje A del segmento N° 3 presenta un **Nivel de servicio F**

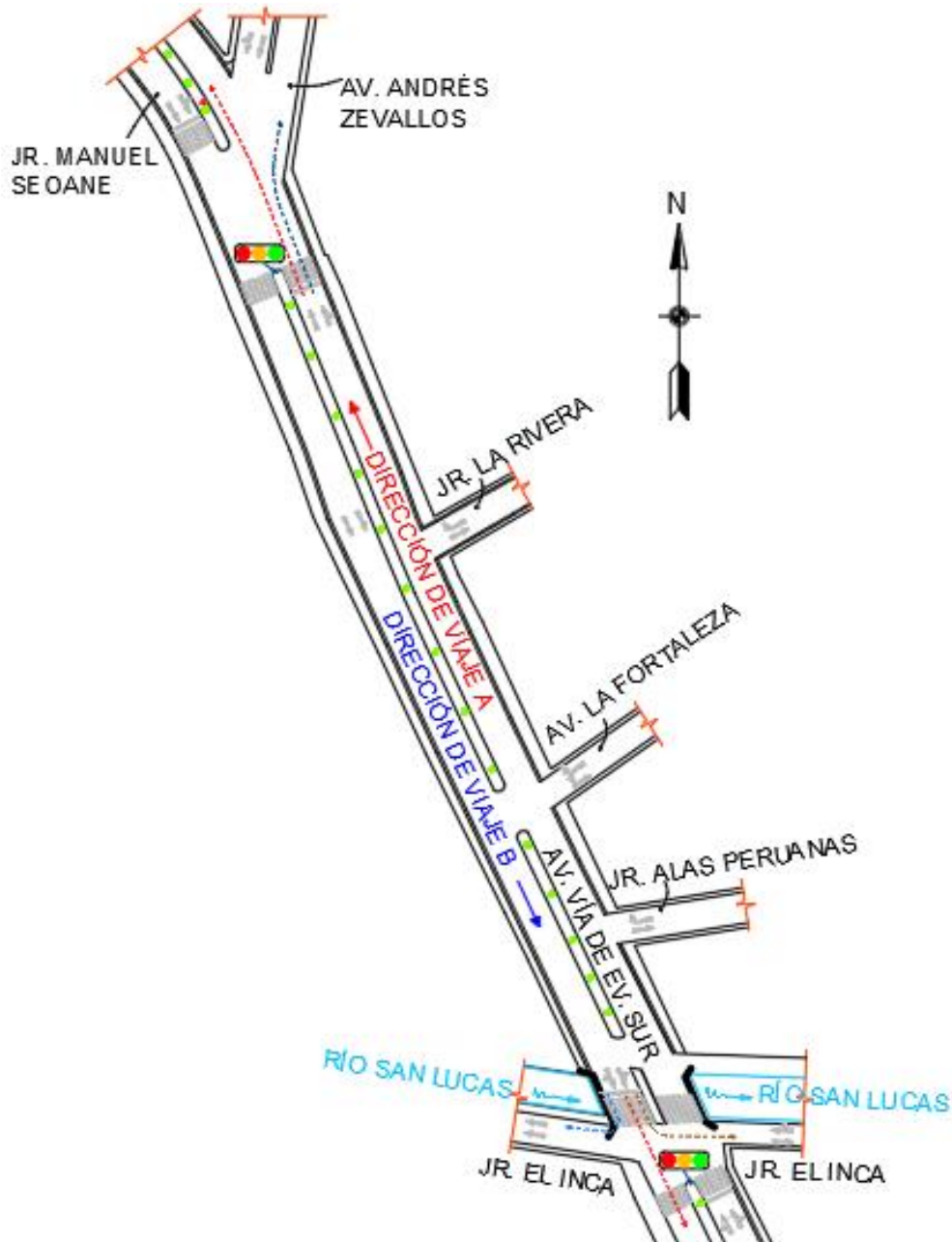
- **Para la dirección de viaje B:**

$$\frac{S_{T,seg}}{S_{fo}} = \frac{13.95 \text{ mi/h}}{39.18 \text{ s/veh}} = 35.60\%$$
$$X = \frac{\text{Volumen}}{\text{Capacidad}} = \frac{1864 \text{ veh/h}}{1948 \text{ veh/h}} = 0.96$$

Para estos valores, según la tabla N° 5, la dirección de viaje B del segmento N° 3 presenta un **Nivel de servicio E**

#### 3.5.4.4. Nivel de servicio del segmento 4

Figura N°37: Segmento 4



La imagen anterior muestra el segmento 4 y sus dos direcciones de viaje. El segmento está comprendido entre el Jr. El Inca y la Av. Andrés Zevallos, tal como se expuso párrafos atrás. A continuación, se presenta el cálculo del nivel de servicio.

## Paso 1: Datos de entrada

Tabla N°49: Datos de entrada para el segmento 4

DATO DE ENTRADA	DIRECCIÓN DE VIAJE	
	A	B
.Capacidad vehicular	1748 veh/h	2004 veh/h
.Tasa de flujo del segmento medio ( $v_m$ )	1663 veh/h	1930 veh/h
.Número de carriles de giro exclusivos	0	0
.Ancho de intersección aguas arriba ( $W_i$ )	26.73m = 87.7ft	44.98m = 147.58ft
.Número de carriles directos ( $N_{th}$ )	2	2
.Longitud del segmento ( $L$ ) *	224.88m = 737.83ft	239.46m = 785.67ft
.Longitud mediana restrictiva	193.08m = 633.5ft	193.08m = 633.5ft
.Proporción de segmento con bordillo ( $P_{curb}$ )	1	1
N° de aproximaciones en la dirección de viaje ( $N_{ap,s}$ )	3	0
N° de aprox. en la dirección opuesta de viaje ( $N_{ap,o}$ )	0	3
.Duración del periodo de análisis	0.25 h.	0.25 h.
.Límite de velocidad ( $S_{pl}$ )	60km/h = 37.28mi/h	60km/h = 37.28mi/h

Nota: Como la longitud del segmento en las dos direcciones de viaje son distintos para el cálculo se usó el promedio (761.75 ft)

## Paso 2: Determinar el tiempo en movimiento

Para calcular el tiempo de movimiento primero se debe calcular la velocidad de flujo libre, el factor de ajuste de proximidad del vehículo y el tiempo de movimiento adicional debido a las fuentes de retraso del segmento medio

### a.) Velocidad de flujo libre ( $S_f$ )

Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$S_f = S_{fo} f_L \quad (Ec. 2.11)$$

Donde:

- $S_{fo}$  = Velocidad de flujo libre base (mi/h)
- $f_L$  = Factor de ajuste de espaciado de señal

A continuación, se explica el cálculo de las variables  $S_{fo}$ ,  $f_L$  y de  $S_f$

#### a.1) Cálculo de la velocidad de flujo libre base ( $S_{fo}$ )

$$S_{fo} = S_o + f_{cs} + f_A \quad (Ec. 2.12)$$

Donde:

- $S_o$  = Velocidad constante (mi/h)
- $f_{cs}$  = Ajuste para la sección transversal (mi/h)
- $f_A$  = Ajuste para puntos de acceso (mi/h)

1. Velocidad constante ( $S_o$ )

$$S_o = 25.6 + 0.47S_{pl} \quad (Ec. 2.13) \quad (Ec. 3)$$

Donde:

$S_{pl}$  = Límite de velocidad publicado (mi/h)

Según el reglamento nacional de tránsito del 2009, artículo N°162, el Límite de velocidad Publicado ( $S_{pl}$ ) para una avenida es 60 km/h = 37.28 mi/h

Entonces:

$$S_o = 25.6 + 0.47S_{pl}$$

$$S_o = 25.6 + 0.47(37.28)$$

$$S_o = 43.12 \text{ mi/h}$$

$S_o$  Tiene el mismo valor para ambas direcciones de viaje del segmento.

2. Factor de ajuste para la sección transversal ( $f_{cs}$ )

$$f_{cs} = 1.5p_{rm} - 0.47p_{curb} - 3.7p_{curb}p_{rm} \quad (Ec. 2.14)$$

Donde:

- $p_{rm}$  = proporción de longitud de enlace con mediana restrictiva
- $p_{curb}$  = proporción de segmento con bordillo en el lado derecho

-Para la dirección de viaje "A" :

$$p_{rm} = 633.50/650.13 = 0.97$$

$$p_{curb} = 1$$

Entonces:

$$f_{cs} = 1.5(0.97) - 0.47(1) - 3.7(1)(0.97) = -2.6$$

-Para la dirección de viaje "B"

$$p_{rm} = 633.5/638.09 = 0.99$$

$$p_{curb} = 1$$

Entonces:

$$f_{cs} = 1.5(0.99) - 0.47(1) - 3.7(1)(0.99) = -2.65$$

### 3. Factor de ajuste para puntos de acceso ( $f_A$ )

$$f_A = -0.078D_a/N_{th} \quad (Ec. 2.15)$$

Con:

$$D_a = 5280(N_{ap,s} + N_{ap,o})/(L - W_i) \quad (Ec. 2.16)$$

Dónde:  $D_a$  = Densidad de puntos de acceso en el segmento (puntos/milla)

-Cálculo de  $D_a$  y  $f_A$  para la dirección de viaje "A"

$$D_a = 5280(3 + 0)/(761.75 - 87.7) = 23.50$$

$$f_A = -0.078(23.50/2) = -0.92$$

-Cálculo de  $D_a$  y  $f_A$  para la dirección de viaje "B"

$$D_a = 5280(0 + 3)/(761.75 - 147.58) = 25.79$$

$$f_A = -0.078(25.79/2) = -1.01$$

### 4. Velocidad de flujo libre base ( $S_{fo}$ )

Con los valores encontrados en las secciones anteriores y con la siguiente ecuación se calculó  $S_{fo}$ .

$$S_{fo} = S_o + f_{cs} + f_A \quad (Ec. 2.12)$$

-Para la dirección de viaje "A":

$$S_{fo} = 43.12 + (-2.6) + (-0.92) = 39.60 \text{ mi/h}$$

-Para la dirección de viaje "B":

$$S_{fo} = 43.12 + (-2.65) + (-1.01) = 39.46 \text{ mi/h}$$

#### a.2) **Cálculo del factor de ajuste de espaciado de señal ( $f_L$ )**

$$f_L = 1.02 - 4.7 \frac{S_{fo} - 19.5}{\max(L_s, 400)} \leq 1.0 \quad (Ec. 2.17)$$

- $L_s$  = Distancia entre intersecciones

-Cálculo de  $f_L$  para la dirección de viaje A:

$$f_L = 1.02 - 4.7 \frac{39.60 - 19.5}{\max(761.75, 400)} = 1.02 - 4.7 \frac{39.60 - 19.5}{761.75} = 0.90$$

-Cálculo de  $f_L$  para la dirección de viaje B:

$$f_L = 1.02 - 4.7 \frac{39.46 - 19.5}{\max(761.75, 400)} = 1.02 - 4.7 \frac{39.46 - 19.5}{761.75} = 0.90$$

### a.3) Cálculo de la velocidad de flujo libre ( $S_f$ )

$$S_f = S_{fo} f_L \quad (\text{Ec. 2.11})$$

- Cálculo de  $S_f$  para la dirección de viaje A:

$$S_f = 39.60 \times 0.90 = 35.64 \text{ mi/h}$$

- Cálculo de  $S_f$  para la dirección de viaje B:

$$S_f = 39.46 \times 0.90 = 35.51 \text{ mi/h}$$

### b.) Factor de ajuste de proximidad del vehículo ( $f_v$ )

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{v_m}{52.8 N_{th} S_f}\right)^{0.21}} \quad (\text{Ec. 2.18})$$

- Cálculo de  $f_v$  para la dirección de viaje A:

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{1663}{52.8 \times 2 \times 35.64}\right)^{0.21}} = 1.06$$

- Cálculo de  $f_v$  para la dirección de viaje B:

$$f_v = \frac{2}{1 + \left(1 - \frac{1930}{52.8 \times 2 \times 35.51}\right)^{0.21}} = 1.08$$

### c.) Demora debido a vehículos que giran hacia un punto de acceso

Para el cálculo se utiliza la tabla N° 7. Para ello se determina el flujo vehicular por carril

- Volumen por carril (dirección de viaje A):

$$\text{Vol. carril} = 1663 / 2 = 832 \text{ veh/h/ln}$$

- Volumen por carril (dirección de viaje B):

$$\text{Vol. carril} = 1930 / 2 = 965 \text{ veh/h/ln}$$

Con estos valores se partió de la demora en 2 carriles para un volumen por carril de 700 veh/h/ln y se extrapoló y se obtuvo:

- Para la dirección de viaje "A"

$$d_{ap,i} = 1.13 \text{ seg/veh/pto}$$

- Para la dirección de viaje "B"

$$d_{ap,i} = 1.54 \text{ seg/veh/pto}$$

#### d.) Cálculo del tiempo en movimiento

Para el cálculo se usó la siguiente ecuación:

$$t_R = \frac{6.0 - l_1}{0.0025L} f_x + \frac{3600 L}{5280 S_f} f_v + \sum_{i=1}^{N_{ap}} d_{ap,i} + d_{other} \quad (Ec. 2.19)$$

Donde:

- $l_1$  = Tiempo perdido de arranque (2 para intersecciones con semáforos)
- $f_x$  = Factor de ajuste de tipo de control (1 si hay semáforo, 0 si no lo hay)
- $d_{other}$  = Demoras debido a otras fuentes (0 según HCM)

- Cálculo de  $t_R$  para la dirección de viaje A

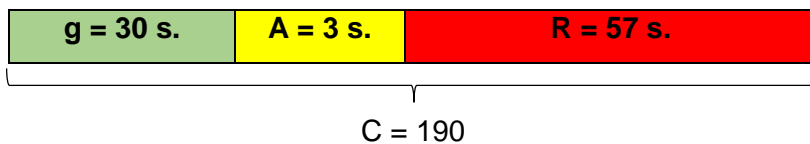
$$t_R = \frac{6.0 - 2}{0.0025 \times 761.75} 1 + \frac{3600 \times 761.75}{5280 \times 35.64} 1.06 + \frac{1.13}{2} 3 + 0 = 19.26 \text{ s.}$$

- Cálculo de  $t_R$  para la dirección de viaje B

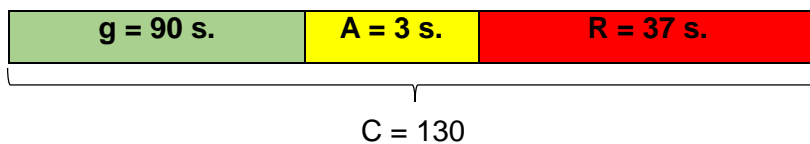
$$t_R = \frac{6.0 - 2}{0.0025 \times 761.75} 1 + \frac{3600 \times 761.75}{5280 \times 35.51} 1.08 + \frac{1.54}{2} 3 + 0 = 20.14 \text{ s.}$$

#### Paso 3. Determinar la duración de la fase de la señal

-Para la dirección de viaje A:



-Para la dirección de viaje B:



#### Paso 4. Determinar la demora directa ( $d_t$ )

$$d_t = \frac{d_{th} v_t N_t + d_{sl} v_{sl} (1 - P_L) + d_{sr} v_{sr} (1 - P_r)}{v_{th}} \quad (Ec. 2.20)$$

-Para la dirección de viaje A:

$$d_t = \frac{28.09 \times 832 \times 1 + 0 \times 0 \times (1 - 0) + 23.60 \times 832(1 - 0.57)}{1663} = 19.13 \text{ s/veh}$$



-Para la dirección de viaje B:

$$d_t = \frac{0 \times 0 \times 0 + 26.74 \times 965 \times (1 - 0.029) + 22.50 \times 965(1 - 0.081)}{1930} = 23.32 \text{ s/veh}$$

Nota: Las demoras necesarias para el cálculo de la demora directa se muestran en el Anexo N°4 (tabla A.58 y tabla A.59).

### Paso 5. Determinar la Velocidad de viaje ( $S_{T,seg}$ )

$$S_{T,seg} = \frac{3600 L}{5280 (t_R + d_t)} \quad (Ec. 2.21)$$

-Para la dirección de viaje A:

$$S_{T,seg} = \frac{3600 \times 761.75 \text{ ft}}{5280 (19.26 \text{ s} + 19.13 \text{ s})} = 13.53 \text{ mi/h}$$

-Para la dirección de viaje B:

$$S_{T,seg} = \frac{3600 \times 761.75 \text{ ft}}{5280 (20.14 \text{ s} + 23.32 \text{ s})} = 11.95 \text{ mi/h}$$

### Paso 6. Determinar el nivel de servicio

- **Para la dirección de viaje A:**

$$\frac{S_{T,seg}}{S_{fo}} = \frac{13.53 \text{ mi/h}}{39.60 \text{ s/veh}} = 34.17\%$$
$$X = \frac{\text{Volumen}}{\text{Capacidad}} = \frac{1663 \text{ veh/h}}{1748 \text{ veh/h}} = 0.95$$

Para estos valores, según la tabla N° 5, la dirección de viaje A del segmento N° 4 presenta un **Nivel de servicio E**

- **Para la dirección de viaje B:**

$$\frac{S_{T,seg}}{S_{fo}} = \frac{11.95 \text{ mi/h}}{39.46 \text{ s/veh}} = 30.28\%$$
$$X = \frac{\text{Volumen}}{\text{Capacidad}} = \frac{1930 \text{ veh/h}}{2004 \text{ veh/h}} = 0.96$$

Para estos valores, según la tabla N° 5, la dirección de viaje B del segmento N° 4 presenta un **Nivel de servicio E**

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

Para el estudio y análisis, el tramo de la vía de evitamiento Sur estudiado ubicado entre la Av. Atahualpa y la Av. Andrés Zevallos se dividió en 4 segmentos. Cada segmento tiene dos sentidos de viaje, la ubicación de los segmentos y las direcciones de viaje se describieron en el capítulo III – Materiales y métodos.

##### 4.1.1. Características geométricas de la vía estudiada

Las siguientes tablas exponen las características geométricas del tramo de vía estudiado observadas en campo, y determinadas en el levantamiento topográfico.

Tabla N°50: Características de los segmentos con dirección de viaje A

CARACTERÍSTICA GEOMÉTRICA	SEGMENTO			
	1	2	3	4
Ancho promedio de calzada (m)	7.41	7.14	7.08	7.31
Ancho de carril (m)	3.70	3.57	3.54	3.66
Bombeo (%)	2%	2%	2%	2%
Pendiente (%)	-0.32%	0.23%	1.09%	0.44%

Tabla N°51: Características de los segmentos con dirección de viaje B

CARACTERÍSTICA GEOMÉTRICA	SEGMENTO			
	1	2	3	4
Ancho promedio de calzada (m)	7.72	7.52	7.44	7.41
Ancho de carril (m)	3.86	3.76	3.72	3.71
Bombeo (%)	2%	2%	2%	2%
Pendiente (%)	0.32%	-0.23%	-1.09%	-0.44%

De ambas tablas se observa que la pendiente longitudinal de los segmentos 1 y 2 no cumplen con la pendiente mínima excepcional igual a 0.35% establecido por las normas DG-2018, para una calzada con berma. La pendiente de los segmentos 3 y 4 si cumplen con lo establecido por las normas DG-2018. Por otro lado, para todos los segmentos el bombeo es de 2%, con lo cual se cumple con lo establecido por las normas DG-2018.

También se observa que el ancho promedio de los carriles del tramo de la vía de evitamiento sur estudiado cumple con el ancho mínimo recomendado (3.50 m.) para vías arteriales, establecido por el manual de diseño de vías urbanas del VCHI (2005). Los anchos mínimos recomendados se presentan en el anexo N° 4 (tabla A.61).

#### 4.1.2. Composición y flujo vehicular

La siguiente tabla resume la composición vehicular de los 4 segmentos en sus dos direcciones de viaje

Tabla N°52: Resumen de la composición vehicular

VEHÍCULO	SEGMENTO			
	1	2	3	4
	% veh.	% veh.	% veh.	% veh.
<b>Bicicletas</b>	1.33%	1.52%	1.52%	1.56%
<b>Motos lineales</b>	15.89%	15.92%	16.63%	16.57%
<b>Trimotos</b>	38.23%	37.52%	36.33%	36.80%
<b>Autos</b>	18.35%	18.47%	18.55%	18.45%
<b>Camionetas</b>	19.58%	19.79%	20.39%	20.23%
<b>Combis</b>	1.16%	1.23%	1.13%	1.05%
<b>Minibuses</b>	0.26%	0.35%	0.27%	0.23%
<b>Buses</b>	0.88%	0.82%	0.85%	0.83%
<b>Camiones</b>	3.44%	3.44%	3.48%	3.45%
<b>tráilers</b>	0.87%	0.94%	0.85%	0.83%
<b>Total</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

En la tabla N° 28 presentada párrafos atrás en donde se expone la composición vehicular de todo el tramo estudiado se observa que del total de vehículos que circularon por el tramo, la mayor parte (37.19 %) fueron mototaxis y motos cargueras (vehículos de la categoría L5), el segundo tipo de vehículos que más circularon por el tramo estudiado fueron camionetas (vehículos de la categoría N1) con un 20.01 % de participación, el tercer puesto de los vehículos que más circulan por el tramo en estudio lo ocupan los autos (categoría M1) con un 18.46%. Las motos lineales (categoría L1 Y L3) ocupan el cuarto puesto con un 16.26%. El quinto puesto lo ocupan los camiones (categoría N2) con un 3.45%, luego le siguen las bicicletas con un 1.49% de participación. El séptimo puesto lo ocupan las combis (categoría M2) con un 1.14%. El octavo puesto lo ocupan los tráileres (categoría N3) con un 0.87%. El noveno puesto lo ocupan los buses (categoría M3 clase III) con una participación de 0.85%, y el décimo y último lugar lo ocupan los Minibuses (categoría M3 clase I) con una participación de 0.28%.

Las mototaxis tienen la mayor participación (37.19%) en el flujo vehicular de todo el tramo, coincidiendo con otras investigaciones. Por ejemplo, Alcántara (2018) determinó que las mototaxis tienen la mayor participación (52.5%) en el flujo vehicular del tramo del Jr. San Martín, comprendido entre la Av. Atahualpa y la Av. Argentina. Estela (2018) analizó el tramo de la Av. Atahualpa, comprendido entre el Jr. Sucre y la Av. Vía de Evitamiento Sur, en su investigación también se determinó que las mototaxis tienen la mayor participación (34.49%) en el segmento 2.

Los camiones tienen una participación en todo el tramo de 3.45%, y los tráileres de 0.87%, juntos tienen una participación de 4.32%, la cual es mayor que en otras zonas estudiadas. Por ejemplo: Alcántara (2018) determinó que, en el tramo del Jr. San Martín, comprendido entre la Av. Atahualpa y la Av. Argentina los camiones y tráileres tienen una participación de 2.39%. Por otro lado, Estela (2018) determinó que, en el tramo de la Av. Atahualpa, comprendido entre el Jr. Sucre y la Av. Vía de Evitamiento Sur, los camiones y tráileres tienen una participación de 2.07% en el segmento 1, mientras que en el segmento 2 tienen una participación de 2.59%.

Se determinó que para el tramo estudiado el día de máxima demanda es lunes 25 de abril del presente año. Alcántara (2018) en su tesis también determinó el día lunes como día de máxima demanda, sin embargo, Estela (2018) que estudió el tramo de la Av. Atahualpa, comprendido entre el Jr. Sucre y la Av. Vía de Evitamiento Sur determinó distintos días de máxima demanda (lunes, jueves y domingo) para sus segmentos propuestos. Angaspilco (2014) analizó el tránsito en las avenidas cercanas a la plazuela Bolognesi y determinó que los días de máxima demanda en las distintas Avenidas son el lunes y viernes.

Los histogramas presentados anteriormente que corresponden a los segmentos con una misma dirección de viaje tienen una distribución similar, y esto se debe a que para todos los segmentos el día de máxima demanda es el lunes, y todos los segmentos pertenecen a la misma vía.

#### **4.1.3. Características del tráfico**

##### **4.1.3.1. VHMD, hora de máxima demanda, $Q_{15máx.}$ y FHMD de los segmentos**

El segmento 1, dirección de viaje "A" presenta un volumen horario de máxima demanda igual a 1747 vehículos/hora. La hora de máxima demanda se presenta desde las 7 a.m. hasta las 8 a.m. El  $Q_{15}$  máximo es de 457 vehículos, y el factor horario de máxima

demanda (FHMD) también conocido como factor de hora pico (FHP) es igual a 0.956, este valor indica que la distribución del flujo vehicular durante la hora de máxima demanda es constante, pues es próximo a la unidad

El segmento 1, en su dirección de viaje "B" presenta un volumen horario de máxima demanda igual a 1773 vehículos/hora. La hora de máxima demanda se presenta desde las 6y30 p.m. hasta las 7y30 p.m. El Q15 máximo es de 461 vehículos, y el factor horario de máxima demanda (FHMD) también conocido como factor de hora pico (FHP) es igual a 0.961, este valor indica que la distribución del flujo vehicular durante la hora de máxima demanda es constante, pues es próximo a la unidad

Para el segmento 2, dirección de viaje "A" la hora de máxima demanda se presenta desde las 7y15 a.m. hasta las 8y15 a.m., y presenta un VHMD igual a 1845 vehículos/hora. El Q15 máximo es de 495 vehículos, y el FHMD es igual a 0.932, este valor indica que la distribución del flujo vehicular durante la hora de máxima demanda es constante, pues es próximo a la unidad.

Para el segmento 2, dirección de viaje "B" la hora de máxima demanda se presenta desde las 6y30 p.m. hasta las 7y30 p.m., y presenta un VHMD igual a 1771 vehículos/hora. El Q15 máximo es de 469 vehículos, la distribución del flujo vehicular durante la hora de máxima demanda es constante, pues el FHP es igual a 0.944, y este es próximo a la unidad.

El segmento 3, en su dirección de viaje "A" presenta un VHMD igual a 1769 vehículos/hora. La hora de máxima demanda se presenta desde las 12:00 horas hasta las 13:00 horas. El Q15 máximo es de 465 vehículos, el FHP es igual a 0.951, este valor indica que la distribución del flujo vehicular durante la hora de máxima demanda es constante, pues es próximo a la unidad.

Para el segmento 3, dirección de viaje "B" la hora de máxima demanda se presenta desde las 6y15 p.m. hasta las 7y15 p.m., y presenta un VHMD igual a 1864 vehículos/hora. El Q15 máximo es de 487 vehículos, y el FHMD es igual a 0.957, este factor al ser próximo a la unidad indica que la distribución del flujo vehicular durante la hora de máxima demanda es constante.

Para el segmento 4, dirección de viaje "A" la hora de máxima demanda se presenta desde las 12:00 p.m. hasta la 1:00 p.m., y presenta un VHMD igual a 1663

vehículos/hora. El Q15 máximo es de 437 vehículos, el FHP es igual a 0.951 y al ser próximo a la unidad nos indica que la distribución del flujo vehicular durante la hora de máxima demanda es constante.

El segmento 4, en su dirección de viaje “B” presenta un VHMD igual a 1930 vehículos/hora. La hora de máxima demanda se presenta desde las 6:00 p.m. hasta las 7:00 p.m., El Q15 máximo es de 501 vehículos, el FHP es igual a 0.963, este valor indica que la distribución del flujo vehicular durante la hora de máxima demanda es constante, pues es próximo a la unidad.

#### 4.1.3.2. Velocidad de flujo libre

La siguiente tabla presenta la velocidad de viaje calculada para los segmentos del tramo estudiado.

Tabla N°53: Velocidad de flujo libre de los segmentos

SEGMENTO	VELOCIDAD DE FLUJO LIBRE	
	Dirección de viaje A	Dirección de viaje B
1	34.37 mi/h = 55.31 Km/h	34.54 mi/h = 55.59 Km/h
2	36.63 mi/h = 58.95 Km/h	36.62 mi/h = 58.93 Km/h
3	36.07 mi/h = 58.05 Km/h	36.05 mi/h = 58.02 Km/h
4	35.64 mi/h = 57.36 Km/h	35.51 mi/h = 57.15 Km/h

De la tabla se observa que todas las velocidades de flujo libre calculadas son menores que 60 km/h, esta es la máxima velocidad permitida en avenidas según el reglamento nacional de tránsito del 2009, artículo N°162.

#### 4.1.3.3. Velocidad de viaje

Tabla N°54: Velocidad de viaje de los segmentos del tramo

SEGMENTO	VELOCIDAD DE VIAJE	
	Dirección de viaje A	Dirección de viaje B
1	15.16 mi/h = 24.4 Km/h	10.78 mi/h = 17.35 Km/h
2	13.09 mi/h = 21.07 Km/h	14.55 mi/h = 23.42 Km/h
3	8.45 mi/h = 13.6 Km/h	13.95 mi/h = 22.45 Km/h
4	13.53 mi/h = 21.77 Km/h	11.95 mi/h = 19.23 Km/h

De la tabla se observa que todas las velocidades calculadas son menores que 60 km/h, esta es la máxima velocidad permitida en avenidas según el reglamento nacional de tránsito del 2009, artículo N°162.

#### 4.1.3.4. Capacidad vehicular

A continuación, se expone la capacidad vehicular de los segmentos en cada dirección de viaje, para ambos carriles

Tabla N°55: Capacidad vehicular de los segmentos

SEGMENTO	CAPACIDAD VEHICULAR	
	Dirección de viaje A	Dirección de viaje B
1	1828	1844
2	1980	1876
3	1860	1948
4	1748	2004

En la tabla anterior se observa que las capacidades para cada dirección de viaje son mayores a 1600 vehículos/hora, esta capacidad fue determinada en la investigación de Alcántara (2018)

#### 4.1.3.5. Relación volumen/capacidad de los segmentos

Tabla N°56: Relación Volumen/capacidad de los segmentos estudiados

SEGMENTO	RELACIÓN VOLUMEN/CAPACIDAD	
	Dirección de viaje A	Dirección de viaje B
1	0.96	0.96
2	0.93	0.94
3	0.95	0.96
4	0.95	0.96

De la tabla se observa que todos los segmentos tienen una relación volumen/capacidad cercana a uno, de lo cual se concluye que los segmentos están llegando al límite de su capacidad.

#### 4.1.4. Nivel de servicio de los segmentos

La siguiente tabla presenta el nivel de servicio de todos los segmentos que conforman el tramo estudiado.

Tabla N°57: Nivel de servicio de los segmentos

SEGMENTO	NIVEL DE SERVICIO	
	Dirección de viaje A	Dirección de viaje B
1	E	F
2	E	E
3	F	E
4	E	E

De la tabla se observa que todos los segmentos del tramo de la vía de evitamiento Sur comprendido entre la Av. Atahualpa y la Av. Andrés Zevallos presentan un nivel de servicio E; excepto el segmento 3 en su dirección de viaje A y el segmento 1 en su dirección de viaje B, pues estos segmentos presentan un nivel de servicio F.

Alcántara (2018) estudió el tramo de la Av. San Martín, ubicado entre la Av. Atahualpa y la Av. Argentina también determinó que el nivel de servicio de los segmentos es E y F. Estela (2018) analizó la Av. Atahualpa, desde el Jr. Sucre hasta la Av. vía de evitamiento sur y determinó que sus segmentos presentan un nivel de servicio F. Es comprensible que tanto estos tramos, como el tramo estudiado en la presente investigación presenten los mismos niveles de servicio, pues están cercanos.

El nivel de servicio E según la metodología HCM-2010 describe operaciones con retardo de control entre 55 y 80 s/veh y una relación volumen/capacidad menor a 1. Este nivel generalmente se asigna cuando la relación volumen/capacidad es alta, la progresión es desfavorable y la duración del ciclo es larga. Las fallas de ciclos individuales son frecuentes.

Lo mencionado anteriormente se cumple para los segmentos. La relación volumen/capacidad es alta, en la tabla N° 58 se observa que la menor relación volumen/capacidad es de 0.93. La duración del ciclo semafórico en horas puntas es larga (130 s.). En la hora de máxima demanda también se observaron fallas de ciclos individuales, pues las colas se desbordaron frecuentemente.

El nivel de servicio F según la metodología HCM-2010 describe operaciones con retardo de control superior a 80 s/veh o una relación volumen-capacidad superior a 1,0. Este nivel generalmente se asigna cuando la relación volumen-capacidad es muy alta, la progresión es muy pobre y la duración del ciclo es larga. La mayoría de los ciclos fallan en despejar la cola.

Para el tramo estudiado los segmentos que tienen un nivel de servicio F no presentan una relación volumen/capacidad mayor a 1, pero tal relación si es alta, pues es igual a 0.95 para el segmento 3 en la dirección de viaje B, e igual a 0.96 para el segmento 1 en la dirección de viaje B, tal como se observa en la tabla N° 58. La duración del ciclo es larga, 130 segundos para el segmento 3 y 136 segundos para el segmento 1. En horas punta la mayoría de ciclos fallan en despejar la cola, para el segmento 1 en el sentido de viaje B las colas se extienden hasta su intersección aguas arribas, es decir hasta el



Jr. Manuel Ibáñez Rosazza. Para el segmento 3 en la dirección de viaje A, las colas también se extienden hasta su intersección aguas arriba, es decir hasta el Jr. San Luis.

Existen otros factores que influyen en el nivel de servicio, los cuales no se tienen en cuenta en la metodología HCM-2010, tales como la superficie de rodadura. En la mayor parte del tramo estudiado se observó que la superficie de rodadura está en condiciones aceptables, sin embargo, se la puede mejorar con el mantenimiento de la misma.

#### **4.2. Contrastación de la hipótesis**

Luego de aplicar la metodología HCM-2010 a los datos obtenidos con el levantamiento topográfico y el aforo manual, se determinó que los segmentos que conforman el tramo estudiado operan a un nivel de servicio E; excepto el segmento 3 en su dirección de viaje A y el segmento 1 en su dirección de viaje B, ya que estos presentan un nivel de servicio F. Además, se determinó que, para todos los segmentos la capacidad vehicular por carril es mayor a 1600 vehículos/hora.

Como el tramo de la avenida Vía de evitamiento sur comprendida entre la avenida Atahualpa y la avenida Andrés Zevallos no opera en todos sus segmentos en un nivel de servicio E; a pesar que la capacidad vehicular para cada segmento en cada dirección de viaje si es mayor a 1600 vehículos/hora, la hipótesis planteada se rechaza, puesto que la hipótesis no se cumple en su totalidad

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- El tramo de la vía de evitamiento Sur estudiado cuenta con dos calzadas separadas por una berma central, el ancho de los carriles cumple con el ancho mínimo recomendado (3.50 m.) establecido por el manual de diseño de vías urbanas - VCHI (2005). Las calzadas tienen un bombeo de 2%, las pendientes longitudinales del segmento 1 y 2 no cumplen con la pendiente mínima excepcional para calzadas con bermas establecidas por las normas DG-2018. Las cunetas tienen sección triangular y rectangular.
- El flujo vehicular está compuesto en mayor parte por mototaxis (37.19%), camionetas (20.01%), autos (18.46%) y motos lineales (16.26%), teniendo una participación menor los camiones (3.45%), bicicletas (1.49%), combis (1.14%), tráileres (0.87%), buses (0.85%) y minibuses (0.28%)
- Se determinó que, en la semana que se realizó el aforo vehicular, el día de máxima demanda fue el lunes 25 de abril del 2022.
- La hora de máxima demanda de los segmentos es variable. Para la dirección de viaje "A" la hora de máxima demanda del segmento 1 se presenta desde las 7 a.m. hasta las 8 am., para el segmento 2 se presenta desde las 7:15 a.m. hasta las 8:15 a.m., para el segmento 3 y para el segmento 4 la hora de máxima demanda se presenta desde las 12:00 p.m. hasta la 1:00 p.m. Para la dirección de viaje "B" la hora de máxima demanda para el segmento 1 y 2 se presenta desde las 6:30 p.m. hasta las 7:30 p.m., para el segmento 3 la hora de máxima demanda se presenta desde las 6:15 p.m. hasta las 7:15 pm, y para el segmento 4 se presenta desde las 6:00 p.m. hasta las 7:00 p.m.
- El volumen horario de máxima demanda en la dirección de viaje A es de 1747, 1845, 1769 y 1663 vehículos/hora, para los segmentos 1, 2, 3 y 4 respectivamente. En la

dirección de viaje B es 1773, 1771, 1864 y 1930 vehículos/hora, para los segmentos 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

- El volumen correspondiente al periodo de 15 minutos de máxima demanda (Q15 máx.) en el sentido de viaje A para el segmento 1 es de 457 vehículos, para el segmento 2 es de 495 vehículos, para el segmento 3 es de 465 vehículos y para el segmento 4 es de 437 vehículos.
- El volumen correspondiente al periodo de 15 minutos de máxima demanda (Q15 máx.) en el sentido de viaje B para el segmento 1 es 461 vehículos, para el segmento 2 es de 469 vehículos, para el segmento 3 es de 487 vehículos y para el segmento 4 es de 501 vehículos.
- La capacidad vehicular en la dirección de viaje A es 1828, 1980, 1860 y 1748 vehículos/hora, para los segmentos 1, 2, 3 y 4 respectivamente. En la dirección de viaje B es 1844, 1876, 1948 y 2004 vehículos/hora, para los segmentos 1, 2, 3 y 4 respectivamente.
- La velocidad de flujo libre base en la dirección de viaje A es 61.46, 64.08, 63.10 y 63.73 km/h, para los segmentos 1, 2, 3 y 4 respectivamente. En la dirección de viaje B tal velocidad es 62.46, 64.05, 63.05 y 63.50 km/h, para los segmentos 1, 2, 3 y 4 respectivamente.
- La velocidad de viaje en la dirección de viaje A es 24.4, 21.07, 13.6 y 21.77 km/h, para los segmentos 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Para la dirección de viaje B tal velocidad es 17.35, 23.42, 22.45 y 19.23 km/h, para los segmentos 1, 2, 3 y 4 respectivamente.
- La demora directa en la dirección de viaje A es 13.84, 28.21, 50.67 y 19.13 s/veh, para los segmentos 1, 2, 3 y 4 respectivamente. En la dirección de viaje B la demora directa es 24.64, 23.61, 22.30 y 23.32 s/veh, para los segmentos 1, 2, 3 y 4 respectivamente.
- El nivel de servicio del tramo estudiado es variable, el segmento 3 en su dirección de viaje A y el segmento 1 en su dirección de viaje B presentan un nivel de servicio F, y los demás presentan un nivel de servicio E.

## 5.2. Recomendaciones

- Para obtener resultados más precisos en la composición vehicular, se recomienda capacitar al personal encargado de realizar el aforo vehicular sobre la clasificación vehicular establecida en el reglamento nacional de vehículos vigente, y explicar todos los tipos de vehículos que conforman una determinada categoría.
- Se recomienda que se realicen estudios socioeconómicos en las vías de altos volúmenes de tránsito, para que en función a ello se puedan obtener factores de ajuste para el nivel de servicio, debido a la presencia de negocios.
- Se recomienda que se realicen estudios para determinar la influencia de triciclos en el nivel de servicio de la ciudad de Cajamarca, pues se observó que tales vehículos aumentan el tiempo de viaje de los vehículos motorizados
- Se recomienda que se hagan estudios para determinar la influencia de maquinaria pesada (cargadores de ruedas) en el nivel de servicio de las vías de la ciudad de Cajamarca, pues en la vía estudiada se observó que el tránsito de esta maquinaria hace que los automóviles disminuyan considerablemente su velocidad, lo cual aumenta el tiempo de viaje.
- Se recomienda que se determinen factores de ajustes para la metodología HCM-2010, debido al tránsito de mototaxis; pues la metodología no lo considera. Además, en ella se considera como vehículo con mayor participación al automóvil, y para la vía estudiada el vehículo con mayor participación es la mototaxi.
- Se recomienda determinar factores de ajuste para el cálculo del nivel de servicio de las vías de Cajamarca, debido a las características de las zonas habilitadas para el paso de peatones, pues la metodología HCM-2010 tuvo en cuenta zonas comunes para el paso de peatones en Estados Unidos
- Se recomienda que, con base a esta investigación, y a otras sobre el nivel de servicio de las vías de Cajamarca, se establezcan factores de ajuste para el cálculo del nivel de servicio según la metodología HCM-2010, pues esta toma parámetros calculados en función de las características geométricas de las vías de Estados Unidos, las cuales son distintas a las características de las vías del Cajamarca.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEGRE ESCORZA, Mariana. *Transporte Urbano: ¿Cómo resolver la movilidad en Lima y Callao?* 1° Ed. Lima: Lana Málaga, 2016. 36p.
- ALCÁNTARA QUISPE, María, 2018. *Análisis del nivel de servicio y capacidad vehicular de la avenida san Martín de Porres, ubicada entre la avenida Atahualpa y la avenida Argentina, aplicando la metodología del HCM 2000* [En línea]. Tesis profesional. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. [Consulta: Junio del 2021].
- BAÑÓN, L y BEVIÁ, J. *Manual de Carreteras: Elementos Proyecto*. España: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A., 2000. 409p.
- BRITO, C. y TORRES, L., 2017. *Efecto de la condición de la superficie de rodamiento en la estimación de la capacidad vial y el nivel de servicio aplicando la metodología HCM, en la vía zhud – biblián*. [En línea] Tesis fin de master. Cuenca: Universidad de Cuenca [Consulta: Mayo del 2021].
- BULL, Alberto. *La congestión de tránsito el problema y como solucionarlo*. Santiago de Chile: CEPAL, 2003. 194p.
- CÁRDENAS, J. y CAL Y MAYOR, R. *Ingeniería de tránsito, Fundamentos y aplicaciones*. 9° Ed. México: Alfaomega, 736p.
- CARPIO, F., AVILÉS, J. y MORILLO, D., 2018. *Determinación de capacidad de carreteras en Cuenca (Ecuador) y comparación con el manual de capacidad HCM*. En: *Maskana* [En línea] [Consulta: Mayo del 2021].
- CHÁVEZ, Víctor. *Manual de Diseño Geométrico de vías Urbanas*. 2° ED. Lima: ICG y VCHI S.A, 2005. 138p.
- CORNELIO MUÑOZ, Jefferson R., 2018. *Evaluación del nivel de servicio por análisis de tráfico en la intersección semaforizada de las Av. Próceres y Av. Minero del Distrito de Yanacancha – Pasco – 2018* [En línea]. Tesis profesional. Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión [Consulta: Mayo del 2021].
- CUNHA, C et al. *Transporte y desarrollo en América latina*. 2°Ed. Colombia: Despacio.org, 2018. 134p.
- DEXTRE, J. Y AVELLANEDA, P. *Movilidad en zonas urbanas*. 1° Ed. Lima: Fondo Editorial PUCP, 2014. 229p.
- ESTELA VELÁSQUEZ, Nobel Dereck, 2018. *Nivel de serviciabilidad y características del flujo vehicular del tramo de la vía de la Av. Atahualpa comprendida entre las intersecciones del Jr. Sucre y Av. Vía de evitamiento Sur de la ciudad de Cajamarca* [En línea]. Tesis profesional. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. [Consulta: Mayo del 2021].

- FERNÁNDEZ, Rodrigo. *Elementos de la Teoría del tráfico vehicular*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2010. 227p.
- GARCÍA MÁRQUEZ, Fernando. *Curso básico de topografía*. 3° Ed. México: Árbol Editorial, 1994.
- GÓMEZ, Johnson. *Texto del alumno ingeniería de tráfico*. Bolivia: Universidad Mayor de San Simón, 2004. 536p.
- GUZMAN CARRASCO, Jhon Alex, 2020. *Análisis técnico y social de la construcción del bypass Venezuela – universitaria* [En línea]. Tesis profesional. Lima: Pontificia universidad católica del Perú [Consulta: Mayo del 2021].
- HERNÁNDEZ VALENCIA, Leopoldo. *Manual de operación de la estación total*. México: Universidad Autónoma de Chiapas, 2011
- LLANOS RIMARACHÍN, Jhonatan, 2018. *Análisis del nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas con mayor afluencia de la av. Hoyos rubio* [En línea]. Tesis profesional. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. [Consulta: Mayo del 2021].
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Reglamento nacional de vehículos*. Lima, Perú, 2003.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Reglamento nacional de tránsito*. Lima, Perú, 2009.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de carreteras: Diseño geométrico DG-2018*. Lima, Perú, 2018.
- SALAZAR SOLANO, Cesar J., 2018. *Análisis por micro simulación de la intersección entre la av. Brasil y el jr. General borgoño empleando vissim 8*. [En línea]. Tesis profesional. Lima: Pontificia universidad católica del Perú [Consulta: Junio del 2021].
- TORRES TAFUR, José Benjamín. *Topografía*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2009.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. *Highway Capacity Manual 2010*. 5° Ed. Washington D.C: TRB, 2010.
- ULLOA JARAMILLO, Álvaro Gustavo. *Análisis de capacidad y nivel de servicio de la vía Balosa (voluntad de dios-el eje vial e25)-Metodología hcm2000 ,2019*. [En línea]. Tesis profesional. Machala: Universidad Nacional de Machala. [Consulta: Junio del 2021].
- ZIAD, T. et al, 2020. *Análisis del congestionamiento Vehicular para el mejoramiento de vía Principal en Guayaquil-ecuador*. En: *Redalyc* [En línea] [Consulta: Junio del 2021].

# **ANEXOS**

**Anexo N°1: PANEL FOTOGRÁFICO**



**Fotografía N° 1: Puesta de estación en el segmento**



**Fotografía N° 2: Levantamiento topográfico del segmento 2**





**Fotografía N° 3: Toma de medidas de la calzada del segmento 3**



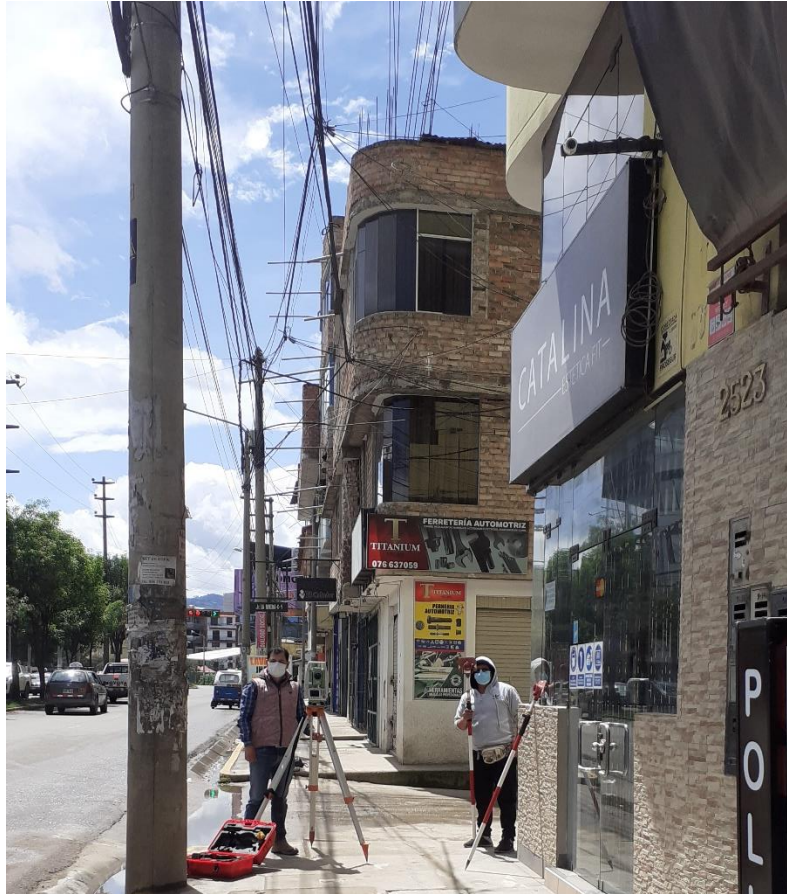
**Fotografía N° 4: Toma de medidas de la cuneta del segmento 3**



**Fotografía N° 5: Toma de medidas de la cuneta del segmento 2**



**Fotografía N° 6: Puesta de estación en el segmento N° 4**



**Fotografía N° 7: Equipo de apoyo para el levantamiento topográfico**



**Fotografía N° 8: Punto inicial del tramo estudiado. Intersección de la Av. Vía de evitamiento Sur con la Av. Atahualpa**



**Fotografía N° 9: Punto final del tramo estudiado. Intersección de la Av. Vía de evitamiento Sur con la Av. Andrés Zevallos**



**Fotografía N° 10: Aforo realizado en el segmento 3**



**Fotografía N° 11: Presencia de camiones en el tramo estudiado**



**Fotografía N° 12: Presencia de tráileres en el tramo estudiado**



**Fotografía N° 13: Presencia de maquinaria pesada en el tramo estudiado**



**Fotografía N° 14: Colas en la intersección con el Jr. EL inca**



**Fotografía N° 15: Presencia de ciclistas en el tramo estudiado**



**Fotografía N° 16: Autobuses en el tramo analizado.**



**Fotografía N° 17: Colas en el segmento 4, dirección de viaje A**



**Fotografía N° 18: Flujo vehicular en el segmento 4, dirección de viaje B**





**Fotografía N° 19: Estado del pavimento del tramo estudiado**



**Fotografía N° 20: Cuneta rectangular del tramo 2, dirección de viaje B**



**Fotografía N° 21: Vehículos parados en la intersección con el Jr. Manuel I. R.**



**Fotografía N° 22: Congestión Vehicular en el Jr. Manuel Ibáñez R.**



**Fotografía N° 23: Cola desbordada desde la intersección aguas abajo hasta la intersección aguas arriba en el segmento 1, en la dirección de viaje B**



**Fotografía N° 24: Pasos de cebra en mal estado en el segmento 1**

**Anexo N°2: FORMATOS UTILIZADOS**

**Tabla A. 1: Formato utilizado para el aforo manual**











**AFORO DE TRÁFICO VEHICULAR**

Segmento : \_\_\_\_\_ Sentido: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_











HORA	Bicicl. Y tric.	Motos		Vehículos livianos			Buses		Camiones		V.P.
		Lineales	Trimotos	Autos	Camionetas	Combis	Minibus	Bus	camiones	Remolques	
		L1	L5	M1	N1	M2	M3 Clase I	M3 Clase III	N2	N3	

### Anexo N°3: AFOROS DIARIOS DE CADA SEGMENTO











Tabla A. 2: Aforo del día lunes 25/04/2022, segmento 1 - dirección de viaje A

HORA	Bicicl.	Motos		Vehículos livianos			Buses		Camiones	Traileres
		Lineales	Trimotos	Autos	Camionet.	Combis	Minibus	Bus		
										
07:00 - 07:15	6	60	159	74	96	5	0	2	8	1
07:15 - 07:30	11	71	174	87	86	3	3	3	9	3
07:30 - 07:45	8	66	198	84	76	7	1	3	12	2
07:45 - 08:00	7	81	169	76	72	6	2	4	7	5
08:00 - 08:15	6	65	184	59	60	4	0	3	13	2
08:15 - 08:30	4	67	182	56	79	5	1	4	17	4
08:30 - 08:45	8	57	179	67	73	3	3	3	10	5
08:45 - 09:00	2	49	154	62	70	6	0	2	13	3
09:00 - 09:15	5	67	141	69	76	5	2	3	12	5
09:15 - 09:30	2	53	145	66	58	8	3	2	15	3
09:30 - 09:45	4	59	154	61	71	4	0	4	12	3
09:45 - 10:00	6	62	167	78	63	5	2	3	18	2
10:00 - 10:15	2	66	146	68	61	9	1	3	9	4
10:15 - 10:30	3	61	139	57	74	5	1	2	13	4
10:30 - 10:45	5	56	144	82	63	8	1	5	18	5
10:45 - 11:00	4	66	143	70	72	6	0	4	9	2
11:00 - 11:15	4	48	151	61	68	5	2	4	11	3
11:15 - 11:30	2	66	149	88	64	7	0	3	17	5
11:30 - 11:45	3	62	156	63	76	5	1	2	9	2
11:45 - 12:00	4	54	143	73	53	6	2	3	14	6
12:00 - 12:15	2	64	139	85	69	6	0	3	16	5
12:15 - 12:30	3	59	117	69	73	5	1	5	10	2
12:30 - 12:45	8	62	128	76	84	7	2	4	13	4
12:45 - 13:00	5	70	124	72	82	4	0	3	11	6
13:00 - 13:15	6	84	132	86	85	5	2	4	10	2
13:15 - 13:30	6	67	136	84	73	3	1	3	17	4
13:30 - 13:45	8	63	132	79	82	7	0	2	15	2
13:45 - 14:00	4	64	128	75	72	5	2	4	9	5
14:00 - 14:15	3	62	128	64	68	6	2	3	8	4
14:15 - 14:30	5	66	137	74	57	9	1	2	10	2
14:30 - 14:45	4	68	142	74	66	5	1	5	16	3
14:45 - 15:00	7	59	146	85	75	3	0	3	14	4
15:00 - 15:15	6	65	142	59	63	8	2	3	16	2
15:15 - 15:30	5	53	149	70	79	4	0	2	21	4
15:30 - 15:45	4	67	136	71	87	6	2	4	14	2
15:45 - 16:00	6	63	151	81	74	2	1	3	12	5
16:00 - 16:15	2	68	143	89	83	5	1	3	17	3
16:15 - 16:30	3	61	141	75	78	3	0	2	15	5
16:30 - 16:45	3	52	146	61	65	5	2	3	9	4
16:45 - 17:00	2	63	159	74	85	7	1	3	13	3
17:00 - 17:15	4	72	150	70	74	4	0	4	10	5
17:15 - 17:30	8	69	133	64	79	6	2	2	15	3
17:30 - 17:45	6	64	148	94	78	7	1	3	18	5
17:45 - 18:00	7	73	143	90	96	3	0	2	16	2
18:00 - 18:15	12	70	144	79	84	5	2	4	13	4
18:15 - 18:30	10	53	140	82	76	7	0	3	10	4
18:30 - 18:45	4	62	150	86	82	6	1	3	11	2
18:45 - 19:00	5	70	157	83	88	7	0	2	14	3
19:00 - 19:15	3	44	149	67	77	4	1	4	10	2
19:15 - 19:30	2	40	134	66	68	3	1	3	6	4
19:30 - 19:45	4	56	131	69	66	6	0	2	4	2
19:45 - 20:00	2	49	143	64	77	1	2	2	5	2
<b>TOTAL</b>	<b>255</b>	<b>3238</b>	<b>7655</b>	<b>3818</b>	<b>3856</b>	<b>276</b>	<b>56</b>	<b>160</b>	<b>644</b>	<b>178</b>











**Tabla A. 3: Aforo del día lunes 25/04/2022, segmento 1 - dirección de viaje B**

HORA	Bicicl.	Motos		Vehículos livianos			Buses		Camiones	Traileres
		Lineales	Trimotos	Autos	Camionet.	Combis	Minibus	Bus		
										
07:00 - 07:15	6	50	152	63	79	0	1	2	13	2
07:15 - 07:30	9	53	139	63	75	3	0	4	12	3
07:30 - 07:45	4	59	163	69	82	5	0	3	8	4
07:45 - 08:00	6	53	153	76	74	2	2	3	12	2
08:00 - 08:15	8	73	157	71	69	7	0	5	10	5
08:15 - 08:30	10	57	151	59	63	4	1	3	11	2
08:30 - 08:45	6	64	149	63	76	3	0	4	13	4
08:45 - 09:00	3	74	151	72	70	2	2	3	17	7
09:00 - 09:15	5	60	139	61	66	6	1	6	15	2
09:15 - 09:30	2	54	157	66	81	2	0	3	13	4
09:30 - 09:45	3	47	143	73	79	3	2	2	10	3
09:45 - 10:00	5	52	155	78	84	4	1	4	14	5
10:00 - 10:15	9	46	138	63	73	2	2	7	19	4
10:15 - 10:30	4	68	143	60	78	5	0	3	15	4
10:30 - 10:45	2	62	130	62	69	3	1	2	10	3
10:45 - 11:00	5	61	139	71	82	6	0	4	13	5
11:00 - 11:15	8	54	143	66	68	2	1	5	8	4
11:15 - 11:30	3	67	133	70	76	7	0	3	14	2
11:30 - 11:45	5	58	157	75	78	2	2	6	15	3
11:45 - 12:00	2	62	127	72	81	4	0	3	17	5
12:00 - 12:15	7	75	150	83	86	3	1	4	11	4
12:15 - 12:30	4	63	148	75	84	4	1	2	18	3
12:30 - 12:45	8	69	153	83	78	1	0	4	16	2
12:45 - 13:00	7	79	163	80	82	5	0	3	18	4
13:00 - 13:15	9	67	147	87	89	3	2	3	15	3
13:15 - 13:30	3	66	142	80	82	6	0	6	20	2
13:30 - 13:45	4	69	139	66	76	5	2	2	17	4
13:45 - 14:00	3	73	163	78	76	4	1	3	15	3
14:00 - 14:15	2	62	152	64	71	8	0	4	14	5
14:15 - 14:30	4	81	147	75	69	3	0	2	13	3
14:30 - 14:45	8	78	151	70	80	7	1	4	15	6
14:45 - 15:00	6	69	139	76	83	4	0	3	11	2
15:00 - 15:15	5	73	144	61	69	4	2	3	20	4
15:15 - 15:30	4	66	160	73	82	7	0	5	15	3
15:30 - 15:45	3	65	129	59	75	3	1	2	17	5
15:45 - 16:00	8	62	143	63	81	5	1	3	13	3
16:00 - 16:15	2	56	143	50	70	1	0	3	8	6
16:15 - 16:30	5	58	148	63	76	6	3	4	14	3
16:30 - 16:45	3	61	140	73	79	2	1	6	12	4
16:45 - 17:00	8	73	143	68	81	7	0	2	16	2
17:00 - 17:15	4	60	133	58	75	3	2	3	18	3
17:15 - 17:30	2	73	157	69	78	4	3	5	14	5
17:30 - 17:45	7	61	138	73	80	3	1	4	15	4
17:45 - 18:00	5	70	154	78	82	5	0	3	11	6
18:00 - 18:15	4	64	147	81	76	3	2	4	10	3
18:15 - 18:30	9	67	155	77	79	4	0	3	12	3
18:30 - 18:45	10	59	166	84	81	6	1	3	17	7
18:45 - 19:00	4	62	170	72	93	4	0	7	10	3
19:00 - 19:15	2	73	176	86	98	2	2	4	8	2
19:15 - 19:30	9	77	181	82	88	1	1	9	9	4
19:30 - 19:45	3	91	144	73	75	4	0	5	11	0
19:45 - 20:00	2	73	139	65	82	2	0	2	7	2
<b>TOTAL</b>	<b>269</b>	<b>3369</b>	<b>7723</b>	<b>3678</b>	<b>4059</b>	<b>201</b>	<b>44</b>	<b>195</b>	<b>699</b>	<b>186</b>

**Tabla A. 4: Aforo del día lunes 25/04/2022, segmento 2 - dirección de viaje A**











HORA	Bicicl.	Motos		Vehículos livianos			Buses		Camiones	Traileres
		Lineales	Trimotos	Autos	Camionet.	Combis	Minibus	Bus		
										
07:00 - 07:15	12	62	162	76	97	5	1	2	9	1
07:15 - 07:30	8	75	179	95	93	4	3	2	9	4
07:30 - 07:45	12	69	204	94	84	9	2	4	14	3
07:45 - 08:00	7	86	172	84	76	6	2	3	8	5
08:00 - 08:15	8	69	196	66	69	4	0	2	13	2
08:15 - 08:30	5	70	184	62	85	6	2	4	18	5
08:30 - 08:45	10	62	184	72	81	5	3	3	10	5
08:45 - 09:00	2	55	157	70	77	6	1	3	15	4
09:00 - 09:15	8	71	145	71	78	6	2	3	13	5
09:15 - 09:30	3	56	150	70	66	8	4	2	15	3
09:30 - 09:45	6	65	163	66	78	4	0	4	13	3
09:45 - 10:00	9	66	172	81	68	6	3	2	19	2
10:00 - 10:15	6	71	149	70	67	9	1	4	9	5
10:15 - 10:30	5	64	147	61	78	7	2	2	15	4
10:30 - 10:45	5	61	157	85	72	10	1	4	19	5
10:45 - 11:00	5	72	147	72	76	6	0	5	9	3
11:00 - 11:15	6	51	153	66	156	6	3	4	12	3
11:15 - 11:30	5	69	152	91	67	7	0	3	19	5
11:30 - 11:45	3	67	160	65	82	6	1	3	9	3
11:45 - 12:00	6	59	150	77	57	6	3	2	16	6
12:00 - 12:15	4	67	143	88	74	8	0	4	17	7
12:15 - 12:30	3	63	120	74	76	5	2	3	10	2
12:30 - 12:45	9	64	133	81	91	9	2	2	14	5
12:45 - 13:00	7	76	131	74	87	5	0	4	13	6
13:00 - 13:15	6	88	141	91	93	5	2	3	10	3
13:15 - 13:30	9	69	140	86	76	4	2	3	18	6
13:30 - 13:45	9	66	142	86	91	9	0	2	17	2
13:45 - 14:00	6	67	137	79	76	5	2	4	9	6
14:00 - 14:15	3	66	132	66	71	7	2	4	11	4
14:15 - 14:30	6	68	147	77	62	9	1	3	11	3
14:30 - 14:45	4	73	145	78	72	5	2	5	16	3
14:45 - 15:00	7	63	161	90	85	5	1	2	14	4
15:00 - 15:15	8	67	146	62	68	9	2	3	17	3
15:15 - 15:30	8	56	157	76	89	5	1	2	23	4
15:30 - 15:45	4	69	141	75	89	8	2	4	17	2
15:45 - 16:00	8	67	159	87	80	3	2	2	12	5
16:00 - 16:15	4	74	153	93	91	5	1	4	19	4
16:15 - 16:30	4	66	144	80	85	4	1	3	15	5
16:30 - 16:45	5	54	154	64	69	7	3	3	10	4
16:45 - 17:00	3	66	168	79	86	7	1	3	13	3
17:00 - 17:15	6	75	157	73	80	6	1	2	12	5
17:15 - 17:30	8	73	139	68	82	7	2	4	15	4
17:30 - 17:45	6	69	152	102	87	9	2	3	19	5
17:45 - 18:00	8	79	153	95	104	4	0	3	18	2
18:00 - 18:15	14	74	149	85	91	5	2	2	16	5
18:15 - 18:30	10	59	148	88	78	8	2	4	10	4
18:30 - 18:45	5	64	156	90	85	8	1	3	14	2
18:45 - 19:00	6	73	164	85	92	7	1	3	16	3
19:00 - 19:15	5	50	154	70	80	5	1	4	13	2
19:15 - 19:30	5	45	137	71	73	5	2	2	8	5
19:30 - 19:45	6	58	139	76	72	7	0	3	5	2
19:45 - 20:00	3	52	148	68	80	1	3	3	6	2
<b>TOTAL</b>	<b>330</b>	<b>3440</b>	<b>7973</b>	<b>4051</b>	<b>4222</b>	<b>322</b>	<b>80</b>	<b>160</b>	<b>702</b>	<b>198</b>

**Tabla A. 5: Aforo del día lunes 25/04/2022, segmento 2 - dirección de viaje B**











HORA	Bicicl.	Motos		Vehículos livianos			Buses		Camiones	Traileres
		Lineales	Trimotos	Autos	Camionet.	Combis	Minibus	Bus		
										
07:00 - 07:15	7	55	156	65	73	0	2	2	14	2
07:15 - 07:30	11	58	171	68	79	4	0	4	12	4
07:30 - 07:45	8	60	163	58	82	7	1	3	10	5
07:45 - 08:00	6	60	153	83	92	2	2	3	13	2
08:00 - 08:15	10	58	176	80	92	7	0	5	10	5
08:15 - 08:30	11	64	145	78	84	5	2	3	12	3
08:30 - 08:45	8	59	184	65	79	5	0	4	13	4
08:45 - 09:00	3	53	175	70	66	2	3	3	19	8
09:00 - 09:15	8	59	154	58	69	7	1	6	16	2
09:15 - 09:30	3	67	144	65	64	2	1	3	13	4
09:30 - 09:45	5	48	157	73	93	3	2	2	11	3
09:45 - 10:00	8	58	160	76	84	5	2	4	15	5
10:00 - 10:15	13	53	141	59	74	2	2	7	19	5
10:15 - 10:30	6	66	161	61	72	7	1	3	17	4
10:30 - 10:45	2	70	169	67	81	5	1	2	11	3
10:45 - 11:00	6	64	157	65	63	6	0	4	13	6
11:00 - 11:15	10	57	161	67	78	3	2	5	9	4
11:15 - 11:30	6	69	164	78	70	7	0	3	16	2
11:30 - 11:45	5	58	146	67	79	3	2	6	15	4
11:45 - 12:00	4	52	137	64	75	4	1	3	19	5
12:00 - 12:15	9	64	143	70	76	5	1	4	12	6
12:15 - 12:30	4	55	158	67	82	4	2	2	18	3
12:30 - 12:45	9	69	171	76	74	3	0	4	17	3
12:45 - 13:00	9	62	159	74	85	6	0	3	20	4
13:00 - 13:15	9	66	177	80	90	3	2	3	15	4
13:15 - 13:30	6	63	181	69	76	7	1	6	21	4
13:30 - 13:45	5	61	174	85	99	7	2	2	19	4
13:45 - 14:00	5	69	161	77	89	4	1	3	15	4
14:00 - 14:15	2	73	155	68	84	9	0	4	17	5
14:15 - 14:30	5	78	178	73	81	3	0	2	14	4
14:30 - 14:45	8	60	159	76	88	7	2	4	15	6
14:45 - 15:00	6	68	169	83	94	6	1	3	11	2
15:00 - 15:15	7	64	158	70	79	5	2	3	21	5
15:15 - 15:30	7	64	163	74	87	8	1	5	17	3
15:30 - 15:45	3	68	154	76	75	5	1	2	20	5
15:45 - 16:00	10	61	146	64	82	6	2	3	13	3
16:00 - 16:15	4	70	167	69	88	1	0	3	10	7
16:15 - 16:30	6	58	157	66	81	7	4	4	14	3
16:30 - 16:45	5	60	143	71	78	4	2	6	13	4
16:45 - 17:00	9	69	159	76	74	7	0	2	16	2
17:00 - 17:15	6	64	148	67	79	5	3	3	20	3
17:15 - 17:30	2	54	149	68	76	5	3	5	14	6
17:30 - 17:45	7	61	137	76	84	5	2	4	16	4
17:45 - 18:00	6	71	159	66	85	6	0	3	13	6
18:00 - 18:15	6	63	147	82	78	3	2	4	13	4
18:15 - 18:30	9	68	158	78	76	5	2	3	12	3
18:30 - 18:45	11	73	184	75	87	8	1	3	20	7
18:45 - 19:00	5	65	175	80	81	4	1	7	12	3
19:00 - 19:15	4	52	166	85	95	3	2	4	11	2
19:15 - 19:30	12	71	149	88	95	3	2	9	11	5
19:30 - 19:45	5	63	157	90	84	5	0	5	12	0
19:45 - 20:00	3	68	142	68	77	2	1	2	8	2
<b>TOTAL</b>	<b>344</b>	<b>3263</b>	<b>8277</b>	<b>3754</b>	<b>4208</b>	<b>247</b>	<b>68</b>	<b>195</b>	<b>757</b>	<b>206</b>













**Tabla A. 6: Aforo del día lunes 25/04/2022, segmento 3 - dirección de viaje A**

HORA	Bicicl.	Motos		Vehículos livianos			Buses		Camiones	Traileres
		Lineales	Trimotos	Autos	Camionet.	Combis	Minibus	Bus		
										
07:00 - 07:15	8	65	174	74	81	5	1	2	9	4
07:15 - 07:30	5	59	168	68	86	4	1	3	9	4
07:30 - 07:45	8	61	190	75	82	4	2	4	13	4
07:45 - 08:00	10	72	180	77	71	5	0	2	4	5
08:00 - 08:15	6	77	188	73	77	3	3	3	16	4
08:15 - 08:30	8	68	168	69	63	8	2	4	21	3
08:30 - 08:45	5	65	157	62	74	6	0	2	17	3
08:45 - 09:00	8	71	171	74	74	3	2	2	17	7
09:00 - 09:15	9	75	166	63	60	2	1	4	21	6
09:15 - 09:30	7	64	162	69	78	5	2	2	16	6
09:30 - 09:45	7	68	150	63	71	5	1	4	19	4
09:45 - 10:00	8	55	166	83	77	5	2	4	16	3
10:00 - 10:15	7	82	156	79	65	6	0	3	22	4
10:15 - 10:30	7	72	138	75	62	7	2	3	17	6
10:30 - 10:45	5	62	151	76	57	7	1	4	14	3
10:45 - 11:00	7	60	131	76	72	5	0	3	15	5
11:00 - 11:15	8	80	141	69	69	8	2	3	23	4
11:15 - 11:30	8	75	148	88	76	7	3	4	16	4
11:30 - 11:45	5	72	165	80	82	6	2	3	27	4
11:45 - 12:00	4	61	150	70	98	3	1	3	13	6
12:00 - 12:15	2	61	153	84	101	8	1	4	19	7
12:15 - 12:30	4	67	144	83	97	5	2	3	18	4
12:30 - 12:45	4	63	148	76	110	7	1	1	22	5
12:45 - 13:00	7	85	151	86	110	4	2	3	11	6
13:00 - 13:15	9	71	115	72	93	6	0	3	15	5
13:15 - 13:30	5	67	137	82	83	7	1	4	19	5
13:30 - 13:45	4	58	148	93	106	8	1	4	19	5
13:45 - 14:00	10	74	121	93	94	3	0	3	14	3
14:00 - 14:15	7	65	124	69	99	6	1	2	26	5
14:15 - 14:30	6	63	137	103	87	6	1	3	24	4
14:30 - 14:45	5	73	160	88	82	6	3	3	28	4
14:45 - 15:00	8	76	150	79	86	3	1	4	22	7
15:00 - 15:15	6	71	140	77	90	3	0	2	24	2
15:15 - 15:30	6	71	133	73	89	3	2	5	21	6
15:30 - 15:45	3	78	139	78	90	8	0	3	20	3
15:45 - 16:00	5	68	159	92	94	3	3	3	20	8
16:00 - 16:15	2	70	150	74	85	4	0	4	17	4
16:15 - 16:30	3	78	138	88	101	1	2	4	20	4
16:30 - 16:45	2	72	151	77	89	4	1	3	22	4
16:45 - 17:00	7	64	129	78	86	2	0	2	13	7
17:00 - 17:15	7	71	138	82	83	2	3	5	20	4
17:15 - 17:30	4	78	139	69	89	6	1	3	16	4
17:30 - 17:45	7	68	146	77	94	4	1	4	24	6
17:45 - 18:00	8	67	142	89	83	5	0	2	16	4
18:00 - 18:15	2	61	126	90	97	7	1	3	11	5
18:15 - 18:30	12	71	145	86	80	3	2	3	13	6
18:30 - 18:45	8	86	164	78	79	5	1	2	18	4
18:45 - 19:00	13	79	154	77	77	5	2	3	17	4
19:00 - 19:15	13	61	152	77	95	5	1	3	11	3
19:15 - 19:30	10	75	157	96	81	6	2	2	11	2
19:30 - 19:45	11	81	148	79	94	7	2	2	6	2
19:45 - 20:00	6	86	150	96	94	6	3	2	7	2
<b>TOTAL</b>	<b>346</b>	<b>3643</b>	<b>7808</b>	<b>4104</b>	<b>4393</b>	<b>262</b>	<b>69</b>	<b>159</b>	<b>889</b>	<b>233</b>











**Tabla A. 7: Aforo del día lunes 25/04/2022, segmento 3 - dirección de viaje B**

HORA	Bicicl.	Motos		Vehículos livianos			Buses		Camiones	Traileres
		Lineales	Trimotos	Autos	Camionet.	Combis	Minibus	Bus		
										
07:00 - 07:15	6	71	150	75	81	3	1	2	15	2
07:15 - 07:30	9	75	157	72	86	7	0	2	10	4
07:30 - 07:45	8	80	186	80	93	10	2	4	11	2
07:45 - 08:00	5	86	174	77	93	4	1	3	9	3
08:00 - 08:15	7	75	177	69	84	7	0	5	13	5
08:15 - 08:30	3	88	177	86	89	7	2	3	14	2
08:30 - 08:45	9	78	163	81	83	4	0	2	16	2
08:45 - 09:00	3	75	165	76	78	8	1	4	12	3
09:00 - 09:15	7	87	170	79	95	6	1	3	17	2
09:15 - 09:30	6	70	160	73	90	4	0	5	15	5
09:30 - 09:45	2	57	181	69	82	5	2	3	12	3
09:45 - 10:00	7	70	177	77	92	5	1	4	16	2
10:00 - 10:15	5	56	149	68	86	7	0	5	21	4
10:15 - 10:30	7	62	174	67	94	5	0	2	16	1
10:30 - 10:45	1	72	134	77	83	4	2	5	12	3
10:45 - 11:00	2	56	147	66	79	5	0	8	14	2
11:00 - 11:15	6	86	167	91	81	5	1	5	10	6
11:15 - 11:30	4	83	150	75	87	6	2	4	16	4
11:30 - 11:45	5	74	176	73	94	9	0	3	12	5
11:45 - 12:00	8	77	154	74	87	8	2	5	19	2
12:00 - 12:15	5	82	179	83	99	6	1	2	13	2
12:15 - 12:30	8	78	164	79	84	8	0	4	20	5
12:30 - 12:45	15	84	170	75	99	11	1	2	18	2
12:45 - 13:00	7	66	154	93	93	6	0	5	16	5
13:00 - 13:15	10	82	170	86	97	12	2	3	14	4
13:15 - 13:30	5	61	159	82	94	6	2	8	18	3
13:30 - 13:45	7	65	153	79	82	9	3	6	22	5
13:45 - 14:00	9	67	155	70	78	6	1	3	16	2
14:00 - 14:15	6	60	142	65	73	9	0	5	21	4
14:15 - 14:30	8	73	161	68	75	3	2	3	16	3
14:30 - 14:45	3	63	143	70	84	5	0	7	17	3
14:45 - 15:00	2	79	155	63	81	9	1	5	13	2
15:00 - 15:15	4	54	153	69	69	5	0	3	18	5
15:15 - 15:30	5	68	148	67	74	5	2	6	10	6
15:30 - 15:45	8	77	152	76	89	4	0	5	23	2
15:45 - 16:00	4	64	163	66	77	7	3	2	15	5
16:00 - 16:15	6	58	150	85	71	6	0	5	10	3
16:15 - 16:30	4	57	169	88	76	2	2	2	13	7
16:30 - 16:45	1	45	145	71	80	4	0	4	17	5
16:45 - 17:00	2	67	168	91	84	8	1	4	16	4
17:00 - 17:15	5	86	171	76	85	5	2	5	20	2
17:15 - 17:30	3	42	160	87	79	1	0	2	16	5
17:30 - 17:45	6	66	168	68	78	3	1	6	18	3
17:45 - 18:00	14	85	149	88	90	5	0	4	12	5
18:00 - 18:15	8	53	159	76	92	5	1	6	13	6
18:15 - 18:30	13	84	177	84	101	3	1	7	15	2
18:30 - 18:45	6	82	154	69	88	4	0	5	20	3
18:45 - 19:00	6	91	180	85	92	9	0	3	14	5
19:00 - 19:15	11	81	170	93	85	4	2	6	7	2
19:15 - 19:30	7	96	174	93	85	5	0	8	10	5
19:30 - 19:45	5	81	131	56	73	3	1	10	12	2
19:45 - 20:00	3	65	167	83	78	1	0	4	11	3
<b>TOTAL</b>	<b>316</b>	<b>3740</b>	<b>8401</b>	<b>3989</b>	<b>4422</b>	<b>298</b>	<b>47</b>	<b>227</b>	<b>774</b>	<b>182</b>

**Tabla A. 8: Aforo del día lunes 25/04/2022, segmento 4 - dirección de viaje A**

HORA	Bicicl.	Motos		Vehículos livianos			Buses		Camiones	Traileres
		Lineales	Trimotos	Autos	Camionet.	Combis	Minibus	Bus		
										
07:00 - 07:15	9	60	170	67	76	5	0	3	7	2
07:15 - 07:30	2	55	163	63	83	3	1	3	9	3
07:30 - 07:45	6	58	185	70	79	2	1	3	12	4
07:45 - 08:00	9	70	177	73	69	6	0	3	4	4
08:00 - 08:15	8	73	180	69	72	3	1	3	15	3
08:15 - 08:30	8	65	165	63	59	6	1	3	21	3
08:30 - 08:45	3	60	152	60	73	5	0	3	15	2
08:45 - 09:00	8	65	173	66	66	3	1	2	16	5
09:00 - 09:15	7	68	158	59	52	3	1	3	19	6
09:15 - 09:30	5	56	143	65	70	5	0	3	16	4
09:30 - 09:45	6	67	156	59	68	4	1	4	18	3
09:45 - 10:00	8	55	164	77	75	6	1	3	16	3
10:00 - 10:15	6	77	150	75	63	6	0	4	20	3
10:15 - 10:30	5	70	136	74	59	5	1	3	16	5
10:30 - 10:45	6	59	142	72	54	6	1	3	12	3
10:45 - 11:00	3	53	126	73	70	5	0	4	14	4
11:00 - 11:15	6	77	133	65	64	6	1	3	23	2
11:15 - 11:30	8	72	145	81	72	6	1	3	15	4
11:30 - 11:45	3	66	157	77	72	6	2	2	25	3
11:45 - 12:00	4	58	146	65	92	3	0	4	10	4
12:00 - 12:15	0	55	145	79	91	6	1	3	19	4
12:15 - 12:30	3	63	139	81	93	5	1	4	17	3
12:30 - 12:45	4	60	143	74	103	6	1	1	19	3
12:45 - 13:00	7	79	141	84	101	5	2	4	9	5
13:00 - 13:15	7	67	110	69	90	6	0	2	14	3
13:15 - 13:30	5	66	134	80	79	5	0	5	19	4
13:30 - 13:45	4	53	142	86	98	7	2	4	17	3
13:45 - 14:00	9	75	116	89	92	3	0	2	13	2
14:00 - 14:15	7	62	122	67	97	5	1	3	26	5
14:15 - 14:30	5	61	133	101	83	6	2	2	23	4
14:30 - 14:45	5	72	152	83	76	4	1	4	26	3
14:45 - 15:00	7	74	143	77	85	2	0	2	19	5
15:00 - 15:15	6	69	135	73	87	3	0	3	23	2
15:15 - 15:30	4	70	118	69	89	2	1	4	19	5
15:30 - 15:45	2	76	126	75	86	5	0	3	17	3
15:45 - 16:00	5	65	151	86	89	3	2	2	20	7
16:00 - 16:15	2	67	139	72	81	3	0	4	16	2
16:15 - 16:30	4	76	131	83	93	2	1	3	18	4
16:30 - 16:45	2	69	143	77	87	4	0	2	21	3
16:45 - 17:00	5	62	126	80	84	4	0	3	13	7
17:00 - 17:15	8	66	144	76	75	2	2	4	19	3
17:15 - 17:30	6	72	117	67	82	4	1	2	14	4
17:30 - 17:45	5	66	136	71	84	3	0	5	21	5
17:45 - 18:00	5	66	137	87	83	4	0	3	16	4
18:00 - 18:15	2	57	119	83	89	5	1	3	10	5
18:15 - 18:30	14	65	136	80	71	3	0	4	12	5
18:30 - 18:45	8	85	166	73	70	4	1	1	16	4
18:45 - 19:00	12	77	151	77	72	2	0	3	15	3
19:00 - 19:15	15	60	145	74	87	3	1	3	10	3
19:15 - 19:30	9	73	149	91	80	5	1	1	8	2
19:30 - 19:45	13	79	137	75	87	6	1	1	6	2
19:45 - 20:00	6	81	142	94	85	4	2	2	6	2
<b>TOTAL</b>	<b>316</b>	<b>3472</b>	<b>7489</b>	<b>3906</b>	<b>4137</b>	<b>225</b>	<b>39</b>	<b>154</b>	<b>824</b>	<b>189</b>

**Tabla A. 9: Aforo del día lunes 25/04/2022, segmento 4 - dirección de viaje B**

HORA	Bicicl.	Motos		Vehículos livianos			Buses		Camiones	Traileres
		Lineales	Trimotos	Autos	Camionet.	Combis	Minibus	Bus		
										
07:00 - 07:15	8	75	161	80	93	3	2	1	17	4
07:15 - 07:30	10	73	156	75	86	8	0	2	10	5
07:30 - 07:45	10	79	187	79	95	12	3	5	12	2
07:45 - 08:00	6	84	173	74	92	3	1	2	9	3
08:00 - 08:15	7	77	189	77	82	7	2	5	14	6
08:15 - 08:30	11	72	162	79	84	5	0	1	18	3
08:30 - 08:45	3	84	177	77	88	9	3	4	14	2
08:45 - 09:00	3	67	158	76	73	8	2	4	13	5
09:00 - 09:15	8	56	169	78	89	5	1	4	19	2
09:15 - 09:30	6	72	161	70	81	4	2	4	15	3
09:30 - 09:45	1	75	174	75	77	6	2	3	13	4
09:45 - 10:00	7	66	154	69	91	4	2	5	16	2
10:00 - 10:15	6	77	178	65	86	7	0	4	23	5
10:15 - 10:30	7	56	166	81	69	7	1	2	17	2
10:30 - 10:45	0	71	176	70	80	5	2	6	14	3
10:45 - 11:00	3	54	170	72	78	5	0	7	15	3
11:00 - 11:15	6	84	149	93	76	7	2	5	12	4
11:15 - 11:30	4	78	163	85	87	7	4	5	17	4
11:30 - 11:45	7	74	155	73	93	9	0	4	14	6
11:45 - 12:00	8	70	177	76	84	8	3	4	22	4
12:00 - 12:15	6	78	181	80	96	8	1	3	21	3
12:15 - 12:30	9	83	170	85	89	8	1	3	13	2
12:30 - 12:45	13	77	194	74	92	12	1	2	21	4
12:45 - 13:00	8	66	171	92	103	5	0	4	18	6
13:00 - 13:15	9	73	166	84	94	12	2	4	15	2
13:15 - 13:30	5	76	166	75	112	8	3	7	18	4
13:30 - 13:45	7	63	152	80	84	10	2	6	24	7
13:45 - 14:00	10	73	179	70	77	6	1	4	17	3
14:00 - 14:15	6	64	188	83	92	10	0	4	21	2
14:15 - 14:30	9	70	168	72	89	3	1	4	17	3
14:30 - 14:45	3	60	153	78	83	7	2	6	19	4
14:45 - 15:00	3	58	157	59	79	10	2	7	16	6
15:00 - 15:15	4	77	164	83	85	6	3	7	12	4
15:15 - 15:30	3	64	169	70	77	5	0	2	19	2
15:30 - 15:45	9	71	156	74	77	7	0	5	26	2
15:45 - 16:00	4	58	157	65	77	7	4	3	15	6
16:00 - 16:15	6	62	163	83	80	7	0	5	11	5
16:15 - 16:30	3	59	147	80	87	1	3	3	15	2
16:30 - 16:45	1	67	169	69	70	4	1	5	18	6
16:45 - 17:00	4	73	165	75	84	6	1	3	20	4
17:00 - 17:15	4	59	175	67	72	5	3	6	21	3
17:15 - 17:30	8	64	169	66	78	4	2	5	21	4
17:30 - 17:45	3	70	178	85	81	3	0	3	18	5
17:45 - 18:00	17	77	181	72	94	6	0	3	12	5
18:00 - 18:15	8	79	192	87	91	7	1	6	14	2
18:15 - 18:30	11	78	183	77	100	3	3	6	16	3
18:30 - 18:45	6	85	172	71	92	5	0	6	22	3
18:45 - 19:00	6	81	191	90	94	12	2	3	16	6
19:00 - 19:15	12	76	181	93	80	6	2	6	8	2
19:15 - 19:30	8	70	169	95	85	6	1	9	13	3
19:30 - 19:45	7	64	147	71	88	4	2	11	12	2
19:45 - 20:00	3	66	148	72	84	3	1	4	12	3
<b>TOTAL</b>	<b>336</b>	<b>3685</b>	<b>8776</b>	<b>4001</b>	<b>4450</b>	<b>335</b>	<b>77</b>	<b>232</b>	<b>845</b>	<b>190</b>

**Anexo N°4: TABLAS UTILIZADAS**

**Tabla A. 10: Demoras en el carril derecho**

N° veh.	Demoras en el carril derecho							
	Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4	
	Direcc. A	Direcc. B	Direcc. A	Direcc. B	Direcc. A	Direcc. B	Direcc. A	Direcc. B
1	12.6	28.6	34.5	17.6	49.5	24.9	19.6	21.7
2	14.8	34.3	25.6	20.4	56.4	31.5	23.4	28.5
3	13.1	26.7	27.8	19.6	59.3	19.6	27.2	15.6
4	18.3	31.5	19.8	28.2	39.4	20.7	18.6	31.4
5	16.5	40.3	31.4	21.6	41.5	18.5	32.1	12.5
6	13.2	25.2	29.5	31.1	39.7	26.4	17.8	17.8
7	11.9	34.6	20.7	28.6	46.5	21.3	19.2	33.2
8	16.1	26.4	33.5	21.5	47.8	13.7	23.1	21.3
9	10.6	29.3	41.6	19.6	41.5	18.5	21.2	17.8
10	12.3	35.7	29.3	34.6	54.6	31.2	24.6	16.2
11	17.6	41.6	22.0	31.2	59.4	30.5	22.9	13.2
12	11.7	28.4	37.9	18.1	62.3	27.3	34.7	20.4
13	14.6	35.2	31.2	20.3	47.9	19.6	32.6	21.7
14	10.3	32.6	36.7	19.7	64.5	20.1	27.8	18.6
15	15.3	29.4	29.5	32.9	57.8	18.9	19.4	19.3
16	12.9	30.5	20.5	21.5	36.9	21.6	18.7	14.5
17	14.3	27.8	17.8	19.7	62.4	27.3	16.4	21.1
18	17.1	37.2	21.0	24.8	66.7	22.8	15.3	16.1
19	11.5	42.5	32.7	19.7	54.2	20.2	28.8	52.1
20	11.1	36.7	41.6	21.6	48.8	19.4	28.5	36.9
<b>Demora prom.</b>	<b>13.79 s</b>	<b>32.73 s</b>	<b>29.23 s</b>	<b>23.62 s</b>	<b>51.86 s</b>	<b>22.70 s</b>	<b>23.60 s</b>	<b>22.50 s</b>

Tabla A. 11: Demoras en el carril izquierdo

N° veh.	Demoras en el carril izquierdo							
	Segmento 1		Segmento 2		Segmento 3		Segmento 4	
	Direcc. A	Direcc. B	Direcc. A	Direcc. B	Direcc. A	Direcc. B	Direcc. A	Direcc. B
1	16.7	31.2	41.8	18.9	57.9	19.5	34.5	28.6
2	13.2	41.5	29.5	21.2	64.5	23.1	26.8	19.8
3	19.5	29.4	34.6	17.6	49.8	26.6	24.5	26.5
4	15.6	26.1	32.7	31.4	57.5	20.9	19.4	23.4
5	14.3	32.5	28.3	30.8	49.3	15.4	34.5	37.8
6	17.9	38.7	19.6	21.3	43.4	18.6	18.6	23.8
7	12.0	26.8	37.4	19.7	51.2	23.4	20.8	32.1
8	13.6	45.3	26.5	26.2	47.9	31.2	24.5	27.7
9	15.1	31.7	23.0	23.5	64.2	20.9	29.4	21.3
10	18.4	34.6	41.9	28.0	59.6	22.6	24.6	38.6
11	11.3	29.7	38.9	36.2	48.9	25.9	20.5	24.2
12	16.8	36.5	26.4	23.4	64.5	27.8	40.5	23.9
13	12.7	27.2	20.5	26.8	58.7	19.3	36.4	18.2
14	15.7	34.8	33.0	31.2	49.8	32.4	27.6	20.6
15	16.8	43.5	31.6	34.8	52.7	36.5	38.6	19.7
16	14.1	34.3	43.2	22.5	59.2	29.4	21.4	24.6
17	17.3	35.2	27.4	27.6	48.5	28.6	32.8	18.7
18	15.2	40.9	29.2	31.5	68.4	20.1	26.4	41.3
19	11.6	36.8	32.5	21.3	65.6	27.2	22.8	37.5
20	19.2	42.6	36.1	28.6	60.2	37.5	37.2	26.4
<b>Demora prom.</b>	<b>15.35 s</b>	<b>34.97 s</b>	<b>31.71 s</b>	<b>26.13 s</b>	<b>56.09 s</b>	<b>25.35 s</b>	<b>28.09 s</b>	<b>26.74 s</b>

**Tabla A. 12: Parámetros de diseño vinculados a la clasificación de vías urbanas**

<b>ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES</b>	<b>VÍAS EXPRESAS</b>	<b>VÍAS ARTERIALES</b>	<b>VÍAS COLECTORAS</b>	<b>VÍAS LOCALES</b>
<b>Velocidad de Diseño</b>	Entre 80 y 100 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del Reglamento Nacional de Tránsito (RNT) vigente.	Entre 50 y 80 Km/h. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 40 y 60 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 30 y 40 Km/hora. Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.
<b>Características del flujo</b>	Flujo ininterrumpido. Presencia mayoritaria de vehículos livianos. Cuando es permitido, también por vehículos pesados. No se permite la circulación de vehículos menores, bicicletas, ni circulación de peatones.	Debe minimizarse las interrupciones del tráfico. Los semáforos cercanos deberán sincronizarse para minimizar interferencias. Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos, correspondiendo el flujo mayoritario a vehículos livianos. Las bicicletas están permitidas en ciclovías	Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos y el flujo es interrumpido frecuentemente por intersecciones a nivel. En áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Se permite el tránsito de bicicletas recomendándose la implementación de ciclovías.	Está permitido el uso por vehículos livianos y el tránsito peatonal es irrestricto. El flujo de vehículos semipesados es eventual. Se permite el tránsito de bicicletas.
<b>Control de Accesos y relación con otras vías</b>	Control total de los accesos. Los cruces peatonales y vehiculares se realizan a desnivel o con intercambios especialmente diseñados. Se conectan solo con otras vías expresas o vías arteriales en puntos distantes y mediante enlaces. En casos especiales, se puede prever algunas conexiones con vías colectoras, especialmente en el área Central de la ciudad, a través de vías auxiliares	Los cruces peatonales y vehiculares deben realizarse en pasos a desnivel o en intersecciones o cruces semaforizadas. Se conectan a vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras. Eventual uso de pasos a desnivel y/o intercambios. Las intersecciones a nivel con otras vías arteriales y/o colectoras deben ser necesariamente semaforizadas y considerarán carriles adicionales para volteo.	Incluyen intersecciones semaforizadas en cruces con vías arteriales, y solo señalizadas en los cruces con otras vías colectoras o vías locales. Reciben soluciones especiales para los cruces donde existían volúmenes de vehículos y/o peatones de magnitud apreciable	Se conectan a nivel entre ellas y con las vías colectoras.

Fuente: Manual de diseño geométrico de vías urbanas – VCHI (2005)

<b>ATRIBUTOS Y RESTRIC.</b>	<b>VÍAS EXPRESAS</b>	<b>VÍAS ARTERIALES</b>	<b>VÍAS COLECTORAS</b>	<b>VÍAS LOCALES</b>
<b>Número de carriles</b>	Bidireccionales: 3 o más carriles/sentido	Unidireccionales: 2 o 3 carriles Bidireccionales: 2 o 3 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 o 3 carriles Bidireccionales: 1 o 2 carriles/sentido	Unidireccionales: 2 carriles Bidireccionales: 1 carril/sentido
<b>Servicio a propiedades adyacentes</b>	Vías auxiliares laterales	Deberán contar preferentemente con vías de servicio laterales.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio generado.
<b>Servicio de Transporte público</b>	En caso se permita debe desarrollarse por buses, preferentemente en " <i>Carriles Exclusivos</i> " o " <i>Carriles Solo Bus</i> " con paraderos diseñados al exterior de la vía.	El transporte público autorizado debe desarrollarse por buses, preferentemente en " <i>Carriles Exclusivos</i> " o " <i>Carriles Solo Bus</i> " con paraderos diseñados al exterior de la vía o en bahía.	El transporte público, cuando es autorizado, se da generalmente en carriles mixtos, debiendo establecerse paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.	No permitido
<b>Estacionamiento, Carga y descarga de mercaderías</b>	No permitido salvo en emergencias.	No permitido salvo en emergencias o en las vías de servicio laterales diseñadas para tal fin. Se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes, especialmente destinadas para este objeto. Se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente.	El estacionamiento está permitido y se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente

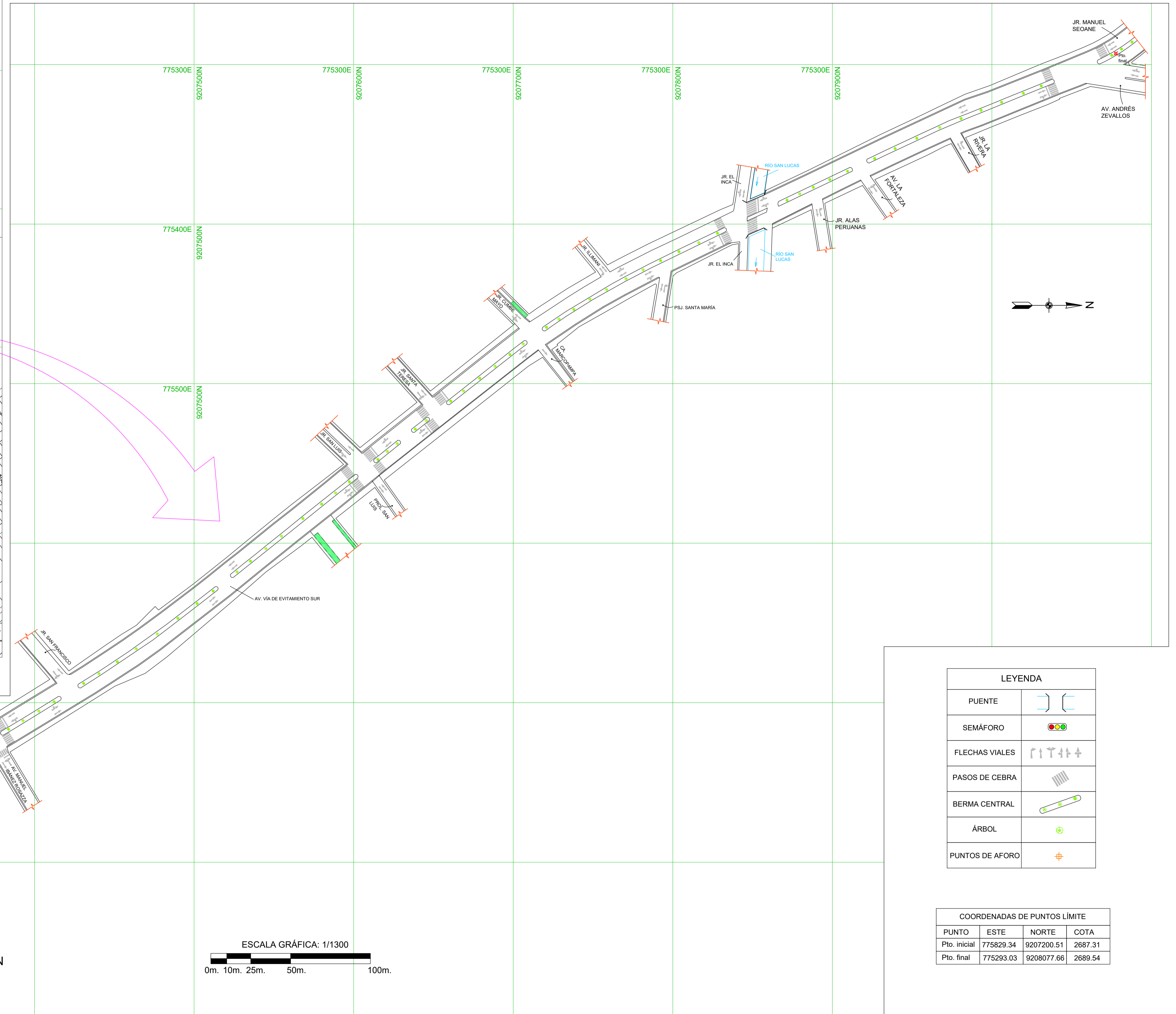
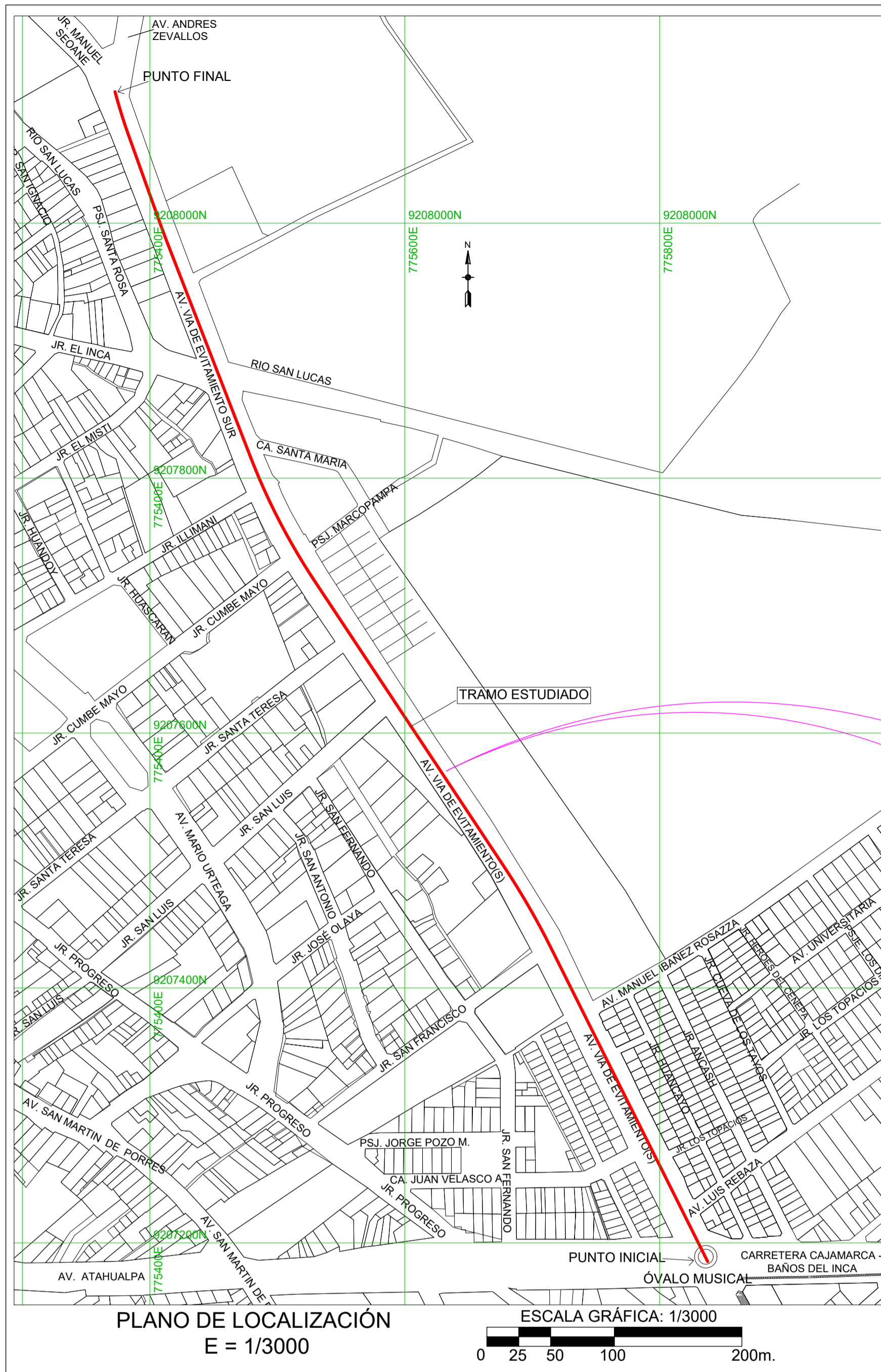
Fuente: Manual de diseño geométrico de vías urbanas – VCHI (2005)



**Tabla A. 13: Ancho de carriles**

CLASIFICACIÓN DE VIAS		Velocidad (Km/h)	Ancho recomendable (m)	Ancho mínimo de carril en pista normal (m)	Ancho mínimo de carril único del tipo solo Bus (m)	Ancho de dos carriles juntos (m)
	LOCAL	30 a 40	3.00	2.75	3.50	6.50
	COLECTORA	40 a 50	3.30	3.00	3.50	6.50
		50 a 60	3.30	3.25	3.50	6.75
ARTERIAL		60 a 70	3.50	3.25	3.75	6.75
		70 a 80	3.30	3.50	3.75	7.00
EXPRESAS		80 a 90	3.60	3.50	3.75	7.25
		90 a 100	3.60	3.50	No aplicable	No aplicable

Fuente: Manual de diseño geométrico de vías urbanas – VCHI (2005)

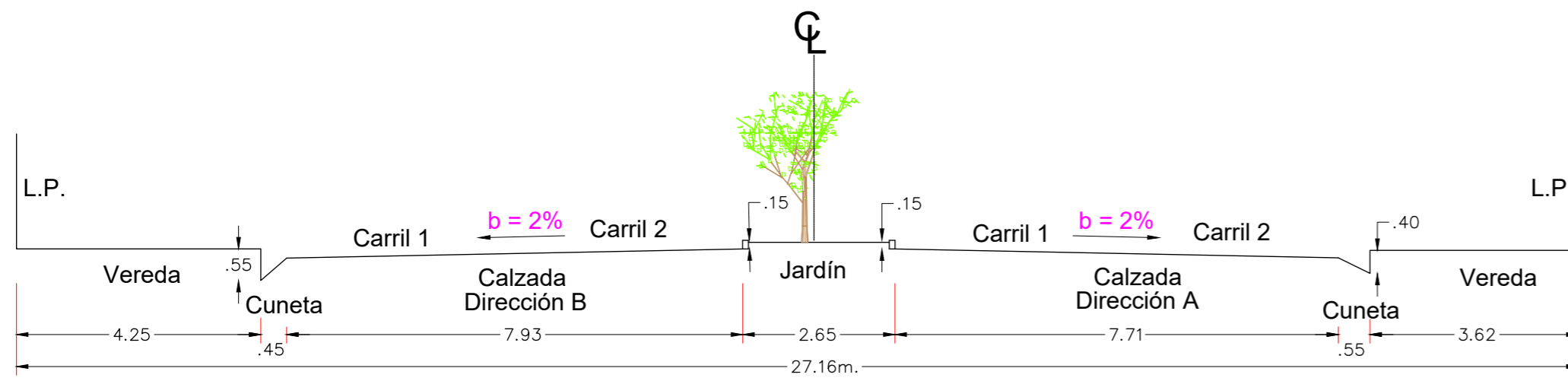


**LEYENDA**

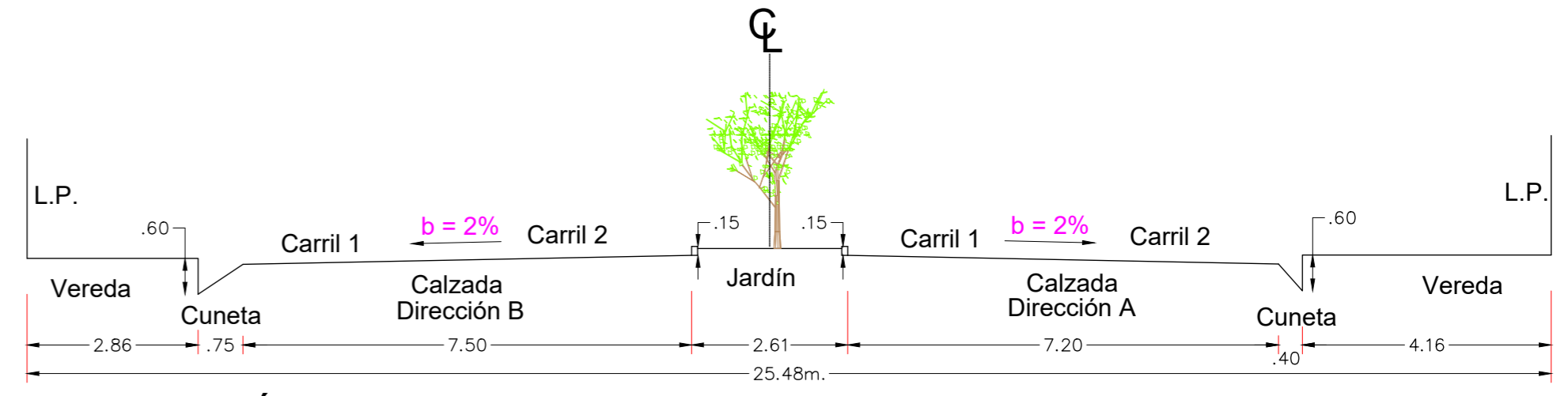
PUENTE	
SEMÁFORO	
FLECHAS VIALES	
PASOS DE CEBRA	
BERMA CENTRAL	
ÁRBOL	
PUNTOS DE AFORO	

**COORDENADAS DE PUNTOS LÍMITE**

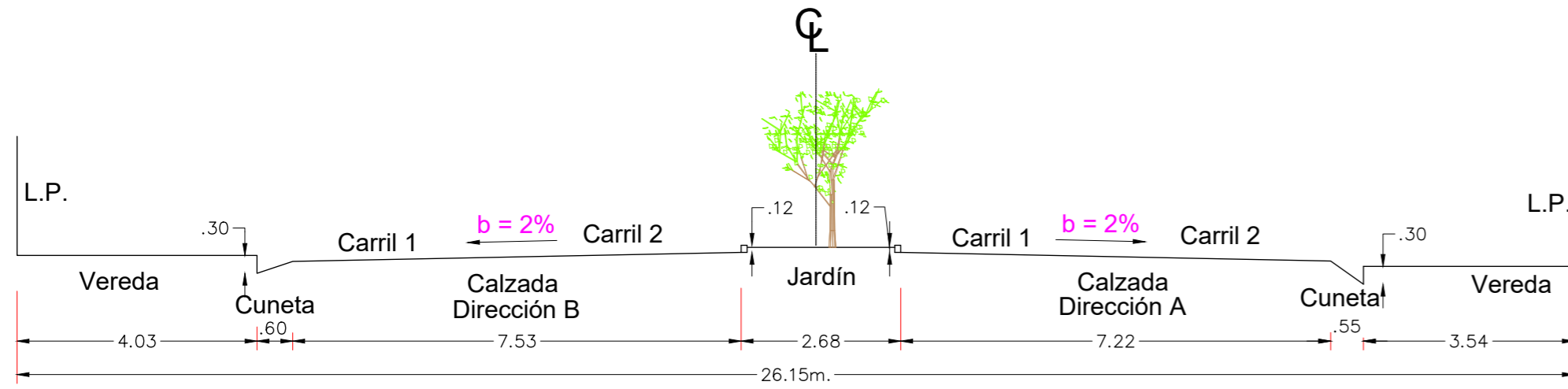
PUNTO	ESTE	NORTE	COTA
Pto. inicial	775829.34	9207200.51	2687.31
Pto. final	775293.03	9208077.66	2689.54



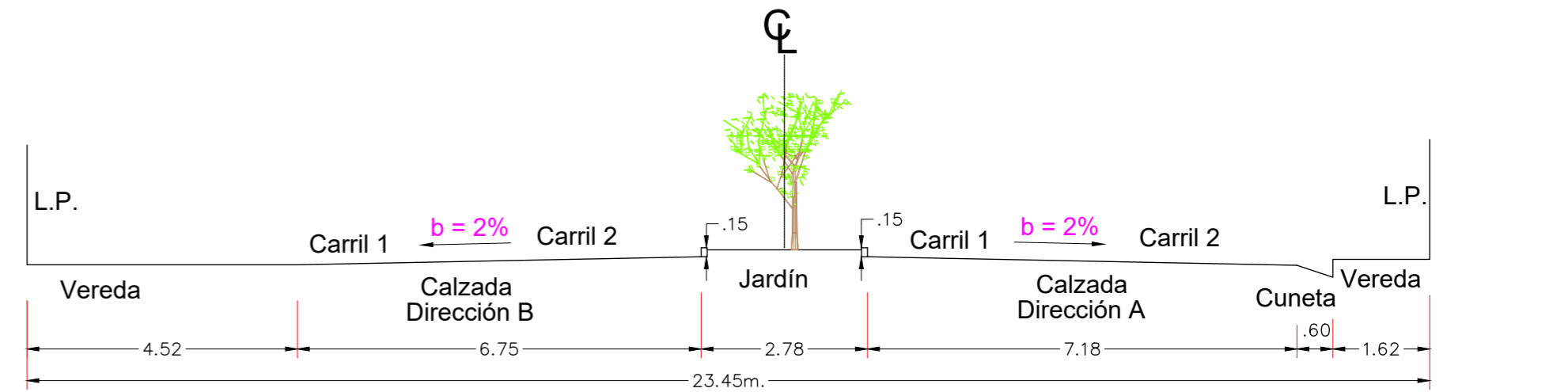
SECCIÓN A-A



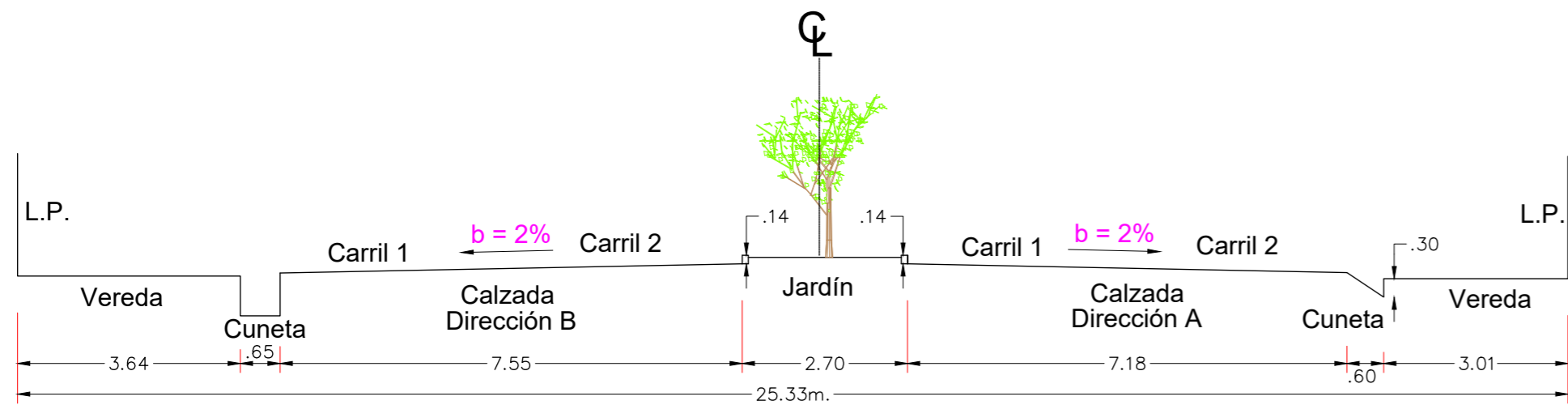
SECCIÓN E-E



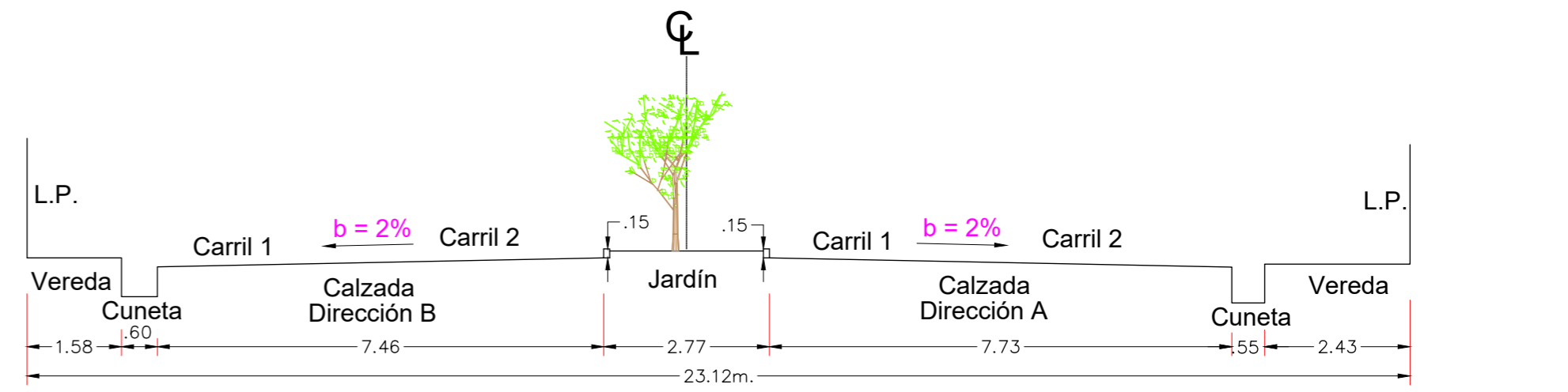
SECCIÓN B-B



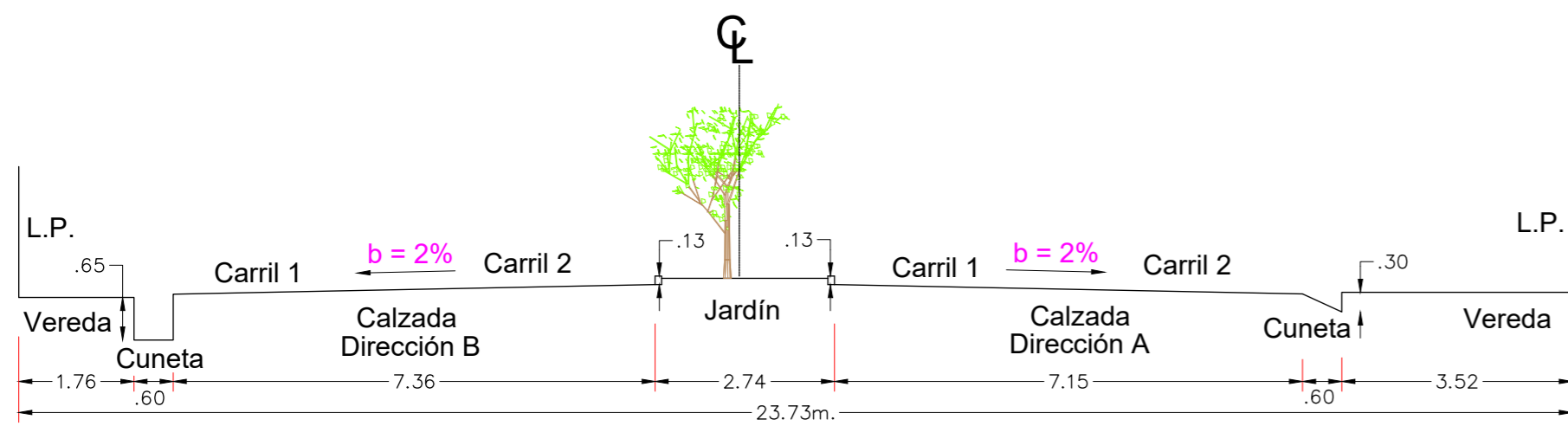
SECCIÓN F-F



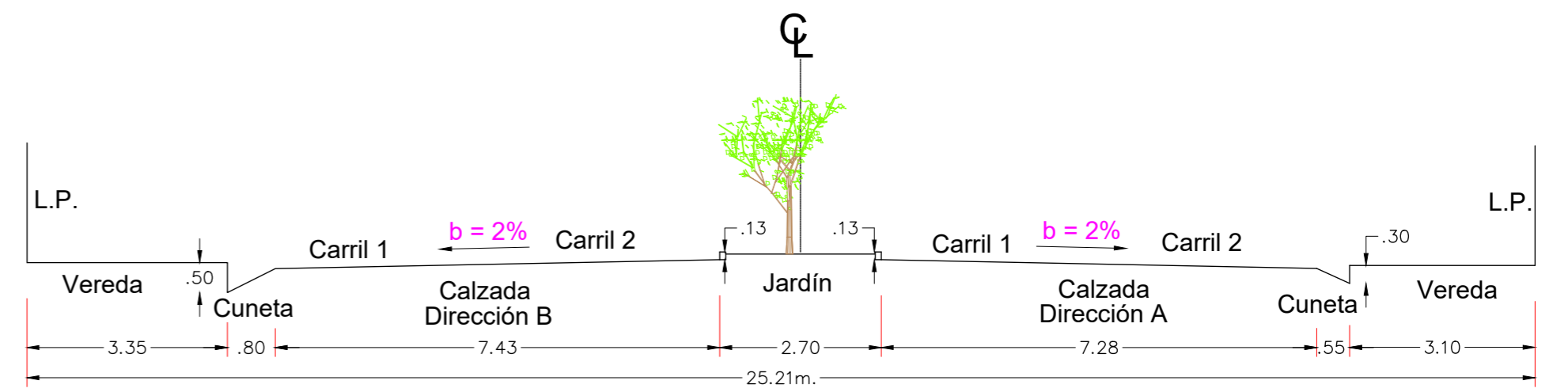
SECCIÓN C-C



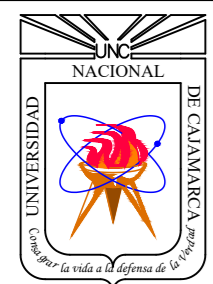
SECCIÓN G-G



SECCIÓN D-D



SECCIÓN H-H



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:  
NIVEL DE SERVICIO Y CAPACIDAD VEHICULAR DE LA AV. VÍA DE EVITAMIENTO SUR, TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LA AV. ATAHUALPA Y LA AV. ANDRÉS ZEVALLOS

ASESOR:  
M. en T. Ing. Alejandro Cubas Becerra

TESISTA:  
Bach. en Ing. Jesús Fernando Cusquisibón Del Campo

PLANO:  
SECCIONES TRANSVERSALES DEL TRAMO ESTUDIADO

ESCALA:  
1/100

FECHA:  
DICIEMBRE-2022

PLANO N°:  
ST-01