

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Efectos de la implementación del paso a desnivel en el tránsito vehicular en
el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur
en la ciudad de Cajamarca - 2024**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

PRESENTADA POR:

Bach. Yessenia Giovana Nuñez Huamán

ASESOR:

M. en I. José Benjamín Torres Tafur

CAJAMARCA – PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. **Investigador:** YESSENIA GIOVANA NUÑEZ HUAMÁN

DNI: 74869228

Escuela Profesional: INGENIERÍA CIVIL

2. **Asesor:** M. en I. JOSÉ BENJAMÍN TORRES TAFUR

Facultad: DE INGENIERÍA

3. **Grado académico o título profesional**

Bachiller

Título profesional

Segunda especialidad

Maestro

Doctor

4. **Tipo de Investigación:**

Tesis

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

5. **Título de Trabajo de Investigación:**

"Efectos de la implementación del paso a desnivel en el tránsito vehicular en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca – 2024"

6. **Fecha de evaluación:** 03/02/2025

7. **Software antiplagio:**

TURNITIN

URKUND (OURIGINAL) (*)

8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 11%

9. **Código Documento: Oid:** 3117:425322407

10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**

APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 03/02/2025



FIRMA DEL ASESOR

M. en I. JOSÉ BENJAMÍN TORRES TAFUR
DNI: 26678955



Firmado digitalmente por:

BAZAN DIAZ Laura Sofia

FAU 20148258601 soft

Motivo: En señal de
conformidad

Fecha: 03/02/2025 15:12:46-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : "EFECTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PASO A DESNIVEL EN EL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL CRUCE DE LA AVENIDA ATAHUALPA Y LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2024"

ASESOR : M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0111-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 04 de febrero de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **seis días del mes de febrero de 2025**, siendo las diez horas con treinta minutos (10:30 a.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A – Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

- Presidente : M.Cs. Ing. Sergio Manuel Huamán Sangay.
- Vocal : M. en T. Ing. Alejandro Cubas Becerra.
- Secretario : M.Cs. Ing. Manuel Rafael Urteaga Toro.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada: "EFECTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PASO A DESNIVEL EN EL TRÁNSITO VEHICULAR EN EL CRUCE DE LA AVENIDA ATAHUALPA Y LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2024", presentada por la Bachiller en Ingeniería Civil **YESSENIA GIOVANA NUÑEZ HUAMÁN**, asesorada por el M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur, para la obtención del Título Profesional.

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : 06 PTS.
 EVALUACIÓN PÚBLICA : 11 PTS.
 EVALUACIÓN FINAL : 17 PTS DIECISIETE (En letras)

En consecuencia, se lo declara APROBADA con el calificativo de DIECISIETE acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 12:30 horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.


 M.Cs. Ing. Sergio Manuel Huamán Sangay.
 Presidente


 M. en T. Ing. Alejandro Cubas Becerra.
 Vocal


 M.Cs. Ing. Manuel Rafael Urteaga Toro.
 Secretario


 M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur.
 Asesor



EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

Bachiller en Ingeniería Civil: *YESSENIA GIOVANA NUÑEZ HUAMÁN.*

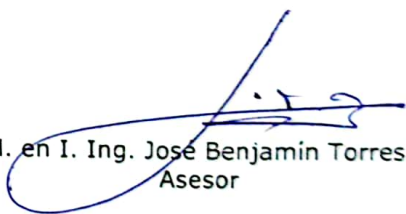
RUBRO	PUNTAJE
	Máximo/Calificación
1. DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	
1.1. Capacidad de síntesis	3.0
1.2. Dominio del tema	3.0
1.3. Consistencia de las alternativas presentadas	3.0
1.4. Precisión y seguridad en las respuestas	2.0
PUNTAJE TOTAL (MÁXIMO 12 PUNTOS)	11.0

Cajamarca, 06 de febrero de 2025


M.Cs. Ing. Sergio Manuel Huamán Sangay.
Presidente


M. en T. Ing. Alejandro Cubas Becerra.
Vocal


M.Cs. Ing. Manuel Rafael Urteaga-Toro.
Secretario


M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur.
Asesor



EVALUACIÓN FINAL DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS.

Bachiller en Ingeniería Civil: *YESSENIA GIOVANA NUÑEZ HUAMÁN.*

RUBRO	PUNTAJE
A.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PRIVADA	<i>06</i>
B.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	<i>11</i>
EVALUACIÓN FINAL	
EN NÚMEROS (A + B)	<i>17</i>
EN LETRAS (A + B)	<i>DIECISIETE.</i>
- Excelente 20 - 19	
- Muy Bueno 18 - 17	
- Bueno 16 - 14	
- Regular 13 a 11	
- Desaprobado 10 a menos	

Cajamarca, 06 de febrero de 2025


M.Cs. Ing. Sergio Manuel Huamán Sangay.
Presidente


M. en T. Ing. Alejandro Cubas Becerra.
Vocal


M.Cs. Ing. Manuel Rafael Urteaga Toro.
Secretario


M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur.
Asesor

Copyright © 2024 by
Yessenia Giovana Nuñez Huamán
Todos los derechos reservados

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme fortaleza, sabiduría y paciencia durante esta investigación. Gracias por iluminar mi camino, por darme fe para no desfallecer antes los retos presentados y permitirme ver más allá de cada dificultad.

A mi madre, padre, hermanos y amigos, por su guía constante y su apoyo para poder ser un profesional de bien, para contribuir con el desarrollo de mi familia y de mi país. Gracias por ser mi inspiración y fortaleza en los momentos más difíciles.

Agradezco profundamente a mi asesor de tesis M. en I. José Benjamín Torres Tafur, por su apoyo continuo y desinteresado en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional y por enseñarme en valor del esfuerzo y la perseverancia; a mis docentes y mentores, por compartir su conocimiento y dedicación para guiarme a lo largo de este camino académico y sobre todo a Dios, por darme la vida, la fuerza y la fe necesaria para superar cada obstáculo presentado en el camino.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Hipótesis	2
1.4. Variables	2
1.5. Operacionalización de variables	2
1.6. Matriz de consistencia.....	4
1.7. Justificación de la investigación	5
1.8. Alcances o delimitación de la investigación.....	5
1.9. Limitaciones.....	5
1.10. Objetivos.....	6
1.11. Organización de la investigación.....	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes teóricos	8
2.2. Bases teóricas.....	10

2.3. Definición de términos básicos	26
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1. Ubicación de la investigación	28
3.2. Tipo, nivel, diseño y método de investigación	29
3.3. Población, muestra, unidad de análisis y unidad de observación	30
3.4. Procedimiento	33
3.5. Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados.....	43
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	76
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
5.1. CONCLUSIONES	96
5.2. RECOMEDACIONES.....	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
ANEXOS	104
Anexo 1: Aforo vehicular	104
Anexo 2: Panel fotográfico	132
Anexo 3: Planos	149

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Paso a desnivel del cruce de la avenida Atahualpa y avenida Vía de Evitamiento Sur	10
Figura 2: Semáforo en sus tres fases.....	15
Figura 3: Niveles de servicio para los segmentos básicos de las autopistas.....	18
Figura 4: Ubicación del cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur	28
Figura 5: Metodología propuesta para la realización del proyecto.....	30
Figura 6: E1 de la zona de estudio.....	38
Figura 7: E2 de la zona de estudio.....	39
Figura 8: E3 de la zona de estudio.....	40
Figura 9: E4 de la zona de estudio.....	41
Figura 10: Levantamiento topográfico de la zona de estudio.....	44
Figura 11: Sección transversal 1-1 de la avenida Atahualpa.....	45
Figura 12: Sección transversal 2-2 de la avenida Vía de Evitamiento Sur.....	46
Figura 13: Sección transversal 3-3 de la avenida Atahualpa.....	47
Figura 14: Sección transversal 4-4 de la avenida Vía de Evitamiento Sur.....	48
Figura 15: Paso a desnivel en planta – Propuesta de implementación por la MPC.....	50
Figura 16: Sección transversal 1-1 con el paso a desnivel.....	51
Figura 17: Sección transversal 2-2 proyectada de la zona de estudio.....	52
Figura 18: Sección transversal 3-3 con el paso a desnivel.....	53
Figura 19: Sección transversal 4-4 proyectada de la zona de estudio.....	54
Figura 20: Sincronización y duración de los 4 semáforos.....	56
Figura 21: Porcentaje de vehículos por giro con la situación actual.....	58
Figura 22: Porcentaje de vehículos por giro con la implementación del paso a desnivel.....	59

Figura 23: Volúmenes de tráfico.....	70
Figura 24: Tiempos de sincronización para los semáforos de las avenidas.....	70
Figura 25: Selección de la ruta de la situación actual.....	71
Figura 26: Selección de la ruta con la implementación del paso a desnivel.....	71
Figura 27: Simulación de la situación actual.....	72
Figura 28: Resultados del Software PTV Vissim de la situación actual.....	73
Figura 29: Simulación de la implementación del paso a desnivel.....	74
Figura 30: Resultados del Software PTV Vissim con la implementación del paso a desnivel.....	75
Figura 31: Composición de vehículos de la E1.....	80
Figura 32: Composición de vehículos de la E2.....	80
Figura 33: Composición de vehículos de la E3.....	81
Figura 34: Composición de vehículos de la E4.....	81
Figura 35: Aforo de vehículos en la E1.....	132
Figura 36: Aforo de vehículos en la E2.....	132
Figura 37: Aforo de vehículos en la E3.....	133
Figura 38: Aforo de vehículos en la E3.....	133
Figura 39: Calzada de la avenida Atahualpa.....	134
Figura 40: Separador de la avenida Atahualpa.....	134
Figura 41: Separador principal de la avenida Atahualpa.....	135
Figura 42: Vereda de la avenida Atahualpa.....	135
Figura 43: Estacionamiento de la avenida Atahualpa.....	136
Figura 44: Ciclo vía de la avenida Atahualpa.....	136
Figura 45: Calzada de la avenida Atahualpa.....	137
Figura 46: Paradero de la avenida Atahualpa.....	137
Figura 47: Vereda de la avenida Vía de Evitamiento Sur.....	138

Figura 48: Cuneta izquierda de la avenida Vía de Evitamiento Sur	138
Figura 49: Separador central de la avenida Vía de Evitamiento Sur	139
Figura 50: Calzada de la avenida Vía de Evitamiento Sur	139
Figura 51: Cuneta de la avenida Vía de Evitamiento Sur	140
Figura 52: Separador principal de la avenida Vía de Evitamiento Sur	140
Figura 53: Calzada izquierda de la avenida Vía de Evitamiento Sur	141
Figura 54: Óvalo de la zona en estudio.....	141
Figura 55: Equipo de trabajo para el aforo de vehículos de la E1, E2 y E4	142
Figura 56: Equipo de trabajo para el aforo de vehículos de la E2, E3 y E4	142
Figura 57: Estacionamiento de vehículos en la avenida Vía de Evitamiento Sur	143
Figura 58: Estancamiento en el óvalo	143
Figura 59: Avenida Atahualpa	144
Figura 60: Vehículos en la avenida Atahualpa a la 1pm	144
Figura 61: Colas largas en la avenida Atahualpa a la 1pm	145
Figura 62: Levantamiento topográfico.....	145
Figura 63: Levantamiento topográfico en la avenida Vía de Evitamiento Sur.....	146
Figura 64: Levantamiento topográfico desde el centro del óvalo	146
Figura 65: Equipo para el levantamiento topográfico.....	147
Figura 66: Longitud de cola en la avenida Vía de Evitamiento Sur	147
Figura 67: Vehículos en circulación	148
Figura 68: Circulación vehicular en la avenida Atahualpa.....	148
Figura 69: Largas colas en la avenida Vía de Evitamiento Sur	149
Figura 70: Asesor y tesista.....	149

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Operacionalización de variables	3
Tabla 2: Matriz de consistencia	4
Tabla 3: Ventajas y desventajas de un paso a desnivel.....	11
Tabla 4: Parámetros de diseño vinculados a la clasificación de vías urbanas	24
Tabla 5: Ficha de aforo vehicular	32
Tabla 6: Formato de recolección de datos	33
Tabla 7: Aforo de vehículos de la estación 1 (va a Baños del Inca).....	37
Tabla 8: Aforo de vehículos de la estación 2 (viene del Hospital Regional Docente)	38
Tabla 9: Aforo de vehículos de la estación 3 (viene de Baños del Inca).....	39
Tabla 10: Aforo de vehículos de la estación 4 (va al Hospital Regional Docente)	40
Tabla 11: Volumen de vehículos por hora de las 4 estaciones.	56
Tabla 12: Composición vehicular en la situación actual	60
Tabla 13: Composición vehicular que transitaran por debajo del paso a desnivel	61
Tabla 14: Composición vehicular que transitarán por el paso a desnivel.....	62
Tabla 15: Cálculo del IMDa de los que giran a la derecha de la E1	63
Tabla 16: Cálculo del IMDa de los que van de frente de la E1	64
Tabla 17: Cálculo del IMDa de los que giran a la izquierda de la E1	65
Tabla 18: Cálculo del IMDa de los que giran a la derecha de la E2.....	65
Tabla 19: Cálculo del IMDa de los que van de frente de la E2	66
Tabla 20: Cálculo del IMDa de los que giran a la izquierda de la E2	66
Tabla 21: Cálculo del IMDa de los que giran a la derecha de la E3.....	67
Tabla 22: Cálculo del IMDa de los que van de frente de la E3	67
Tabla 23: Cálculo del IMDa de los que giran a la izquierda de la E3	68

Tabla 24: Cálculo del IMDa de los que giran a la derecha de la E4.....	68
Tabla 25: Cálculo del IMDa de los que van de frente de la E4	69
Tabla 26: Cálculo del IMDa de los que giran a la izquierda de la E4	69
Tabla 27: Clasificación de las avenidas	76
Tabla 28: Características geométricas de la avenida Atahualpa que va a los Baños del Inca .	77
Tabla 29: Características geométricas de la avenida Vía de Evitamiento Sur que viene del Hospital Regional Docente	77
Tabla 30: Características geométricas de la avenida Atahualpa que viene de los Baños del Inca.....	78
Tabla 31: Características geométricas de la avenida Vía de Evitamiento Sur que va al Hospital Regional Docente	79
Tabla 32: Longitud de cola promedio (QLen)	82
Tabla 33: Porcentaje de mejora por avenida de longitud de cola promedio (QLen)	84
Tabla 34: Nivel de servicio (LOS).....	84
Tabla 35: Demora vehicular (Veh. Delay).....	86
Tabla 36: Porcentaje de mejora por avenida de demora vehicular (Veh. Delay)	87
Tabla 37: Demora en detención (Stop Delay).....	87
Tabla 38: Porcentaje de mejora por avenida de demora en detención (Stop Delay)	89
Tabla 39: Detención promedio (Stop).....	89
Tabla 40: Porcentaje de mejora por avenida de detención promedio (Stop)	91
Tabla 41: Emisiones de CO	91
Tabla 42: Porcentaje de mejora por avenida de emisiones de CO.....	93
Tabla 43: Aforo vehicular de la E1 del día lunes 12 de agosto del 2024	104
Tabla 44: Aforo vehicular de la E1 del día martes 13 de agosto del 2024	105
Tabla 45: Aforo vehicular de la E1 del día miércoles 14 de agosto del 2024	106

Tabla 46: Aforo vehicular de la E1 del día jueves 15 de agosto del 2024.....	107
Tabla 47: Aforo vehicular de la E1 del día viernes 16 de agosto del 2024	108
Tabla 48: Aforo vehicular de la E1 del día sábado 17 de agosto del 2024.....	109
Tabla 49: Aforo vehicular de la E1 del día domingo 18 de agosto del 2024.....	110
Tabla 50: Aforo vehicular de la E2 del día lunes 12 de agosto del 2024	111
Tabla 51: Aforo vehicular de la E2 del día martes 13 de agosto del 2024	112
Tabla 52: Aforo vehicular de la E2 del día miércoles 14 de agosto del 2024	113
Tabla 53: Aforo vehicular de la E2 del día jueves 15 de agosto del 2024.....	114
Tabla 54: Aforo vehicular de la E2 del día viernes 16 de agosto del 2024	115
Tabla 55: Aforo vehicular de la E2 del día sábado 17 de agosto del 2024.....	116
Tabla 56: Aforo vehicular de la E2 del día domingo 18 de agosto del 2024.....	117
Tabla 57: Aforo vehicular de la E3 del día lunes 12 de agosto del 2024	118
Tabla 58: Aforo vehicular de la E3 del día martes 13 de agosto del 2024	119
Tabla 59: Aforo vehicular de la E3 del día miércoles 14 de agosto del 2024	120
Tabla 60: Aforo vehicular de la E3 del día jueves 15 de agosto del 2024.....	121
Tabla 61: Aforo vehicular de la E3 del día viernes 16 de agosto del 2024	122
Tabla 62: Aforo vehicular de la E3 del día sábado 17 de agosto del 2024.....	123
Tabla 63: Aforo vehicular de la E3 del día domingo 18 de agosto del 2024.....	124
Tabla 64: Aforo vehicular de la E4 del día lunes 12 de agosto del 2024	125
Tabla 65: Aforo vehicular de la E4 del día martes 13 de agosto del 2024	126
Tabla 66: Aforo vehicular de la E4 del día miércoles 14 de agosto del 2024	127
Tabla 67: Aforo vehicular de la E4 del día jueves 15 de agosto del 2024.....	128
Tabla 68: Aforo vehicular de la E4 del día viernes 16 de agosto del 2024	129
Tabla 69: Aforo vehicular de la E4 del día sábado 17 de agosto del 2024.....	130
Tabla 70: Aforo vehicular de la E4 del día domingo 18 de agosto del 2024.....	131

ÍNDICE DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1: Flujo	13
Ecuación 2: Índice medio diario anual.....	41
Ecuación 3: Índice medio diario semanal	42

ABREVIATURAS

B2: Bus de dos ejes

B3: Bus de tres ejes

BM: Bench Mark

C2: Camión de dos ejes

C3: Camión de tres ejes

CO: Monóxido de carbono

DG: Diseño geográfico

FC: Factor de corrección

IMDa: Índice medio diario anual

IMDs: Índice medio diario semanal

MPC: Municipalidad Provincial de Cajamarca

MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

T3S2: Tractor de tres ejes y semitractor de dos ejes

T3S3: Tractor de tres ejes y semitractor de tres ejes

2T2: Dos tractor de dos ejes

2T3: Dos tractor de tres ejes

RESUMEN

La presente investigación se centra en responder la siguiente interrogante: ¿Cómo afecta la implementación del paso a desnivel en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca – 2024, en la congestión vehicular?, por ello se formuló como objetivo evaluar los efectos de la implementación del paso a desnivel en la congestión vehicular en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca, durante los meses de junio a noviembre del 2024; utilizando simulaciones en el software PTV Vissim. Donde, se analizó indicadores tales como la longitud de cola, demora vehicular, nivel de servicio, demoras en detención, detención promedio y emisiones de CO. A través de la comparación entre la situación actual y el escenario con el paso a desnivel, se buscó determinar si la implementación de esta infraestructura mejora la fluidez del tráfico, reduce los congestionamientos y contribuye a una disminución de las emisiones contaminantes. Los resultados obtenidos al realizar la comparación de las simulaciones indican que hay una reducción significativa del flujo vehicular, optimización del desempeño del sistema vial, disminución de los tiempos de espera mejorando la fluidez vehicular, reducción de la interrupción del flujo vehicular, aumento de la continuidad del flujo y un impacto ambiental positivo. En consecuencia, la implementación del paso a desnivel reducirá significativamente la congestión vehicular en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca.

Palabras clave: Paso a desnivel, congestión vehicular, fluidez de tráfico.

ABSTRACT

This research focuses on answering the following question: How does the implementation of the overpass at the intersection of Atahualpa avenue and Vía de Evitamiento Sur avenue in the city of Cajamarca - 2024 affect traffic congestion? The objective was therefore to evaluate the effects of the implementation of the overpass on traffic congestion at the intersection of Atahualpa Avenue and Vía de Evitamiento Sur Avenue in the city of Cajamarca, during the months of June to November 2024, using simulations in the PTV Vissim software. Indicators such as queue length, vehicle delay, level of service, stopping delays, average stopping time and CO emissions were analysed. Through the comparison between the current situation and the scenario with the overpass, we sought to determine whether the implementation of this infrastructure improves traffic flow, reduces congestion and contributes to a reduction in pollutant emissions. The results obtained by comparing the simulations indicate that there is a significant reduction in traffic flow, optimisation of the performance of the road system, reduction of waiting times, improved traffic flow, reduced interruption of traffic flow, increased continuity of traffic flow and a positive environmental impact. Consequently, the implementation of the overpass will significantly reduce traffic congestion at the junction of Atahualpa avenue and Vía de Evitamiento Sur avenue in the city of Cajamarca.

Key words: Overpass, traffic congestion, traffic flow.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

TomTom Traffic Index (2023) da a conocer el congestionamiento vehicular registrado en el mundo, donde se tiene un aumento del número de vehículos debido a una planificación urbana ineficiente, la falta de opciones de transporte público eficiente y el incremento acelerado de la población; siendo Londres la ciudad con más congestión vehicular en el mundo.

En el Perú las horas perdidas por año en embotellamiento se debe a que la demanda de autos se ha incrementado, pero los caminos siguen teniendo su misma geometría por el cual las horas de viaje son largas, ocupando Lima el quinto lugar en el ranking 2023 de congestionamiento vehicular (TomTom Traffic Index, 2023)

Cabe mencionar que, en nuestro país la ciudad de Cajamarca enfrenta desafíos significativos relacionados con la congestión vehicular debido al aumento de la población vehicular, el cual afecta significativamente la movilidad de sus habitantes, tal es el caso del cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur, donde el constante aumento de tráfico genera largas colas, demora de vehículos considerables de tiempo de viaje y también un impacto negativo en la calidad de vida de la población debido al exceso de CO que emiten los vehículos.

Ante la presencia de la congestión vehicular debido al crecimiento acelerado del parque automotor, la limitada capacidad de las vías existentes y el aumento de la demanda de movilidad urbana; las autoridades locales han propuesto mitigar dicha congestión con la implementación de un paso a desnivel, que concibe una solución para redistribuir el flujo de los vehículos, reducir tiempos de viaje y mejorar la movilidad vehicular de la zona. Pero antes de proceder con esta intervención, es de vital importancia hacer un análisis exhaustivo de: ¿Cómo afecta la implementación del paso a desnivel en el tránsito vehicular en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca - 2024?

Por lo tanto, tomando en cuenta lo expuesto, la presente investigación busca evaluar los efectos a través de la comparación de un escenario actual y con la implementación del paso a desnivel en dicho cruce, donde dicha investigación se realizó durante los meses de junio a noviembre del 2024. Se busca entender como esta nueva infraestructura influirá en la mitigación del congestionamiento de tráfico, haciendo uso del software PTV Vissim que permite analizar indicadores claves como longitud de cola, nivel de servicio, demoras vehiculares, demora de detención, detención promedio y emisiones de CO, permitiendo cuantificar los efectos de la intervención del paso a desnivel.

De esta manera la investigación no solo busca la efectividad del paso a desnivel, sino también proponer recomendaciones para optimizar su uso y garantizar beneficios sólidos para ofrecer un mejor desarrollo de estrategias para la gestión del tránsito en la ciudad de Cajamarca.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema Central

¿Cómo afecta la implementación del paso a desnivel en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca – 2024, en la congestión vehicular?

1.3. Hipótesis

La implementación del paso a desnivel en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca – 2024, reduce significativamente la congestión vehicular.

1.4. Variables

Variable independiente: Paso a desnivel

Variable dependiente: Tránsito vehicular

1.5. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Título: “Efectos de la implementación del paso a desnivel en el tránsito vehicular en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca - 2024”					
Hipótesis	Definición conceptual de las variables	Definición operacional de las variables/categorías			
		Variables	Dimensiones	Indicadores	Fuente
La implementación del paso a desnivel en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca – 2024, reduce significativamente la congestión vehicular.	Es una solución de diseño geométrico, para posibilitar el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas en niveles diferentes, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos posibles de cambios de trayectoria de una carretera a otra, con el mínimo de puntos de conflicto posible.	Variable independiente: Paso a desnivel	Características geométricas de la situación actual	Perfil longitudinal y secciones transversal	Levantamiento topográfico
			Características del paso a desnivel	Secciones transversales	Planos existentes
			Aforo vehicular	Volumen de máxima demanda, IMDa	Fichas de aforo vehicular del MTC
			Flujo vehicular	Longitud de cola	
	Es el movimiento de vehículos que a lo largo de un tramo específico se desplazan durante un tiempo determinado	Variable dependiente: Tránsito vehicular	Desempeño del sistema vial	Nivel de servicio	
			Tiempos de espera y fluidez vehicular	Demora vehicular	Software PTV Vissim
			Interrupción del flujo vehicular	Demora de detención	
			Continuidad del flujo	Detención promedio	
		Impacto ambiental.	Emisiones de CO		

1.6. Matriz de consistencia

Tabla 2

Matriz de consistencia

Título: “Efectos de la implementación del paso a desnivel en el tránsito vehicular en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca - 2024”								
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables/ categorías	Dimensiones/ factores	Fuente	Metodología	Población y muestra	
¿Cómo afecta la implementación del paso a desnivel en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca – 2024, en la congestión vehicular?	Evaluar los efectos de la implementación del paso a desnivel en la congestión vehicular, en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca – 2024.	La implementación del paso a desnivel en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca – 2024, reduce significativamente la congestión vehicular.	Paso a desnivel	Características geométricas	Levantamiento topográfico	Método de investigación: Deductivo Tipo de investigación: Aplicada Nivel de investigación: Descriptivo Tipo de muestra: No probabilístico. Técnicas de recolección de datos: Observación directa, análisis documental y levantamiento topográfico. Instrumento de recolección de datos: Fichas de aforo vehicular, planos informativos y formato de recolección de datos del levantamiento topográfico.	Cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca	
				Características del paso a desnivel	Planos existentes			
			Aforo vehicular	Fichas de aforo vehicular del MTC				
¿Qué características topográficas presenta el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca?	Realizar el levantamiento topográfico en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca.				Eficiencia del flujo vehicular			
¿Cuál es el volumen de vehículos que circula en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca?	Determinar el aforo vehicular en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca.			Tránsito vehicular	Desempeño del sistema vial			
¿En qué día, hora y con qué composición de vehículos (según el giro y tipo) se presenta el máximo volumen de tránsito en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca?	Determinar el día, hora, porcentaje de vehículos de acuerdo al giro y composición vehicular de máximo volumen de vehículos en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca.				Reducción en los tiempos de espera y fluidez vehicular			
¿Cuál es el impacto de la implementación del paso a desnivel en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca, según los indicadores de tráfico generados por el software PTV Vissim, como la longitud de cola, nivel de servicio, demora vehicular, demora en detención, detención promedio y emisiones de CO (Monóxido de carbono)?	Analizar los indicadores que da como resultado en el software PTV Vissim como longitud de cola, nivel de servicio, demora vehicular, demora en detención, detención promedio y emisiones de CO (Monóxido de carbono)			Interrupción del flujo vehicular	Software PTV Vissim			
¿Cómo se pueden optimizar el uso del paso a desnivel y maximizar los beneficios en el tránsito y en la calidad ambiental en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca?	Proponer recomendaciones para optimizar el uso del paso a desnivel y maximizar los beneficios en el tránsito y en la calidad ambiental en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca.			Continuidad del flujo				
				Reducción del impacto ambiental.				

1.7. Justificación de la investigación

La presente investigación se justifica ya que, en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur, ubicado en la ciudad de Cajamarca; la problemática del tráfico vehicular en esta zona ha sido debido al constante crecimiento acelerado del parque automotor, la limitada capacidad de las vías existentes y el aumento de la demanda de movilidad urbana, lo que genera congestión, demoras y mayor contaminación ambiental; por ello la exigencia de evaluar los efectos que va a traer la implementación de un paso a desnivel a través de la simulación del software PTV Vissim que permitió evaluar los efectos antes y después de la implementación del paso a desnivel, proporcionando la variación que se va a dar en la longitud de cola, nivel de servicio y demora vehicular, demora de detención, detención promedio y emisiones de CO. De esta manera la investigación no solo busca la efectividad del paso a desnivel, sino también proponer recomendaciones para optimizar su uso y garantizar beneficios sólidos para ofrecer un mejor desarrollo de estrategias para la gestión del tránsito en la ciudad de Cajamarca.

1.8. Alcances o delimitación de la investigación

La presente investigación se centra en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur, ubicado en la ciudad de Cajamarca, Perú. El periodo de investigación se realizó de junio a noviembre del año 2024, periodo en el cual se evaluará los efectos de la situación actual y la implementación del paso a desnivel en el tránsito vehicular, donde se modeló y simuló mediante el software PTV Vissim, evaluando indicadores como longitud de cola, nivel de servicio y demora vehicular, demora de detención, detención promedio y emisiones de CO.

1.9. Limitaciones

La investigación se desarrolla en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur, en la ciudad de Cajamarca.

No existe ninguna restricción para el desarrollo de la presente tesis.

1.10. Objetivos

1.10.1. Objetivo general

Evaluar los efectos de la implementación del paso a desnivel en la congestión vehicular, en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca – 2024.

1.10.2. Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento topográfico en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca.
- Determinar el aforo vehicular en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca.
- Determinar el día, hora, porcentaje de vehículos de acuerdo al giro y composición de máximo volumen vehicular en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca.
- Analizar los indicadores que da como resultado en el software PTV Vissim como longitud de cola, nivel de servicio, demora vehicular, demora en detención, detención promedio y emisiones de CO (Monóxido de carbono)
- Proponer recomendaciones para optimizar el uso del paso a desnivel y maximizar los beneficios en el tránsito y en la calidad ambiental en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca.

1.11. Organización de la investigación

En el primer capítulo se plantea el contexto general de la investigación, permitiendo determinar cuáles son los fundamentos sobre los que se desarrolla, es decir, los objetivos, justificación, hipótesis, etc. En el segundo capítulo, se presenta el marco teórico que respaldará y fundamentará todo lo que se evaluará a posteriormente, tomando en cuenta información que

se encuentre validada y publicada en diversas fuentes académicas que brinden un mayor nivel de confiabilidad a la investigación. En el tercer capítulo se procedió a detallar el procedimiento y todos los métodos, técnicas e instrumentos empleados; además de los resultados obtenidos. En el cuarto capítulo, los resultados y la discusión de los mismos, para posteriormente poder plantear las conclusiones y recomendaciones. Finalmente, en el quinto capítulo se encuentran las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó con la investigación; mientras que en las referencias bibliográficas se encuentra una lista detallada de la información empleada para el desarrollo del presente trabajo de investigación y en los anexos se encuentra las fichas usadas para el aforo vehicular, el panel fotográfico y los planos de ubicación, topográfico, secciones transversales y paso a desnivel.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos

2.1.1. Antecedentes internacionales

Ortiz & Briceño (2021), en su tesis realizaron el estudio y diseño de un paso a desnivel en la intersección de la Avenida Caracas con Calle 63 en la ciudad de Bogotá, Colombia el cual permita que el semáforo existente sea descartado y así el flujo vehicular sea más eficiente; donde utilizó la recopilación de la información existente, trabajo en campo y oficina; teniendo como resultado el diseño en planta perfil de la intersección con el paso a desnivel y la actualización del levantamiento altímetro de la zona.

Ashhad, Cabrera, & Roa (2020), en su proyecto de investigación analizaron alternativas que permitan mejorar el nivel de servicio de la vía principal en Guayaquil, utilizando el método de toma de datos que consistió en la observación en campo de las intersecciones, concluyendo que la solución para la congestión vehicular es la actualización y ajuste adecuado del sistema semaforico, la apertura de una vía de salida preexistente antes de llegar a la intersección y el control del atascamiento por las unidades de la metrovía.

Mejía (2017), en su tesis propone una solución integral al congestionamiento vehicular de la intersección de la Av. 24 de mayo y camino el Valle, usando el método del aforo vehicular, llegando a la conclusión que dicho congestionamiento se genera porque el parque automotor crece constantemente y dicha intersección es muy concurrida debido a sus 15 años de servicio por el cual dicho congestionamiento se debe también por la falta de distribución adecuada del espacio de los grupos de carriles en estudio.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Asencios (2018), en su tesis determinó en qué medida favorece la aplicación del paso a desnivel para mejorar el tránsito vehicular en la Carretera Central y Minería-Lima, usando el método HCM de las condiciones del nivel de servicio y la norma técnica GH. 020 para diseño

de vías, teniendo como resultado que la aplicación del paso a desnivel mejorará significativamente el transporte vehicular en la carretera Central y Minería-Lima.

Espinoza & Sarmiento (2023), en su tesis identificó los problemas que afectan a los conductores, peatones y ciclistas la construcción de un bypass donde utilizó la recolección de datos a través de la encuesta, la entrevista y la observación, teniendo como resultado que la implementación del paso a desnivel mejoro el congestionamiento de manera momentánea ya que pasado las semanas la demanda vehicular creció.

Morales (2021), en su tesis determinó si la intersección de flujo continuo es más eficiente técnicamente que un paso a desnivel donde utilizó el análisis documental y la experimentación, teniendo como resultado favorable respecto al indicador de nivel de servicio con respecto al flujo continuo, siendo el más eficiente.

2.1.3. Antecedentes locales

Perez & Perez (2022), en su tesis analizó y planteó una propuesta de mejoramiento en seguridad vial para la reducción de accidentes de tránsito en la intersección de las Avenidas Vía de Evitamiento Sur y Atahualpa en la ciudad de Cajamarca donde se utilizó la técnica de observación in situ y la aplicación de modelos de micro simulación vehicular, teniendo como resultado que los accidentes se deben a las deficiencias en la seguridad e infraestructura deteriorada por el cual se propuso medidas ingenieriles y patrones de conducta para los usuarios de las vías que contribuirían con la mejora de la seguridad vial.

Cusquisibán (2023), en su proyecto de investigación determinó la capacidad vehicular y el nivel de servicio de la Av. De Evitamiento Sur, la investigación se limitó a estudiar el tramo comprendido entre la Av. Atahualpa y la Av. Andrés Zevallos, y se utilizó la metodología del Manual de capacidad de carreteras (HCM-2010), teniendo como resultado que el flujo vehicular está compuesto en mayor parte por mototaxis con un 37,19%.

Hernández & Torres (2019), en su trabajo de investigación determinó el número de servicio peatonal en el cruce del Jr. Zoilo León Ordoñez y la Av. Andrés Zevallos de la ciudad de Cajamarca donde se usó la recolección de datos a través de la observación directa y una ficha para aforo de peatones usando la metodología de niveles de servicios HMC, teniendo como resultado que la capacidad de los paso peatonal es un poco restringido para la circulación o desplazamiento de los peatones.

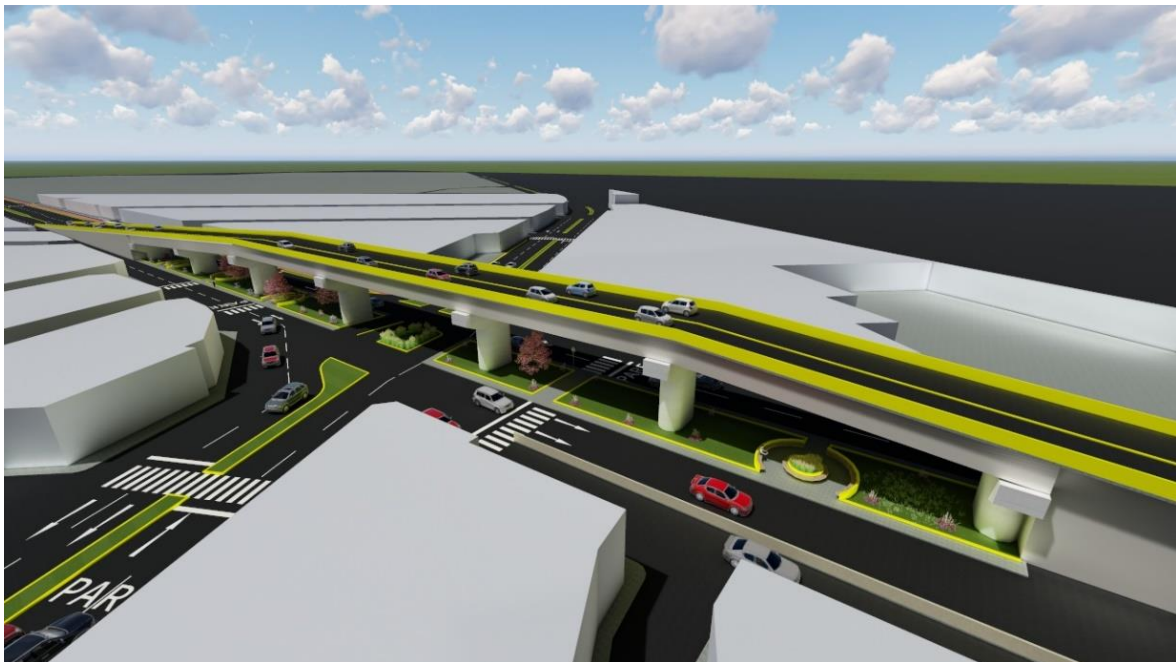
2.2. Bases teóricas

2.2.1. Paso a desnivel

Es aquella solución de diseño geométrico, que se utiliza para conectar dos o más carreteras o vías férreas en diferentes niveles, con el objetivo de permitir que los vehículos se muevan o haya posibles cambios de trayectoria de una vía a otra, como sea posible minimizando los puntos de conflicto posible. (Manual de Carreteras: DG, 2018)

Figura 1

Paso a desnivel del cruce de la avenida Atahualpa y Avenida Vía de Evitamiento Sur



Nota: Municipalidad Provincial de Cajamarca

Los pasos a desnivel son adaptaciones que son construidas con la finalidad de solucionar un problema donde no haya congestión, haya un gran potencial de beneficio en la fluidez del tránsito, eficiencia y seguridad.

Tabla 3

Ventajas y desventajas de un paso a desnivel

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - El volumen del tráfico sea distribuido una parte que circula por encima y otra parte de vehículos circula por debajo. - Es una alternativa donde el flujo vehicular mejore y no se interfiera con otras vías. - Ofrece una mejor fluidez y los semáforos son evitados debido a su configuración. - El tiempo de viaje es mejor ya que permite velocidades mayores. - Hay ahorro de combustible y disminución de demoras en los vehículos. 	<ul style="list-style-type: none"> - El costo de construcción es elevado. - La gran magnitud de la construcción afecta la vista paisajística. - La ocupación de suelo es mayor debido a la gran magnitud de la estructura, lo que puede haber impacto en recursos naturales. - Los problemas de congestionamiento son trasladados a otros puntos. - La población crece y por ello solo es una solución a corto plazo, ya que con el tiempo superará la capacidad del paso a desnivel y la congestión puede empeorar.

Nota: Fuente: Intersecciones a desnivel - Rosario Leython

2.2.2. Topografía

La topografía es una ciencia que se encarga de determinar el contorno y dimensiones de la superficie terrestre; midiendo distancias, direcciones y elevaciones. Las líneas y niveles son usadas para la construcción de caminos, presas, edificios, etc. Las actividades de la topografía es el levantamiento que abarca para recolectar datos en campo para la representación de un terreno y el trazo es el replanteo sobre el terreno que ya está establecido en un plano.

También incluye cálculos de áreas, volúmenes entre otras cuantificaciones y la elaboración de planos. (McCormac, 2006)

- **Levantamiento topográfico:** Es una técnica usada que determina ubicación y altitud de la superficie terrestre que se usa para la construcción de edificios, carreteras, etc. Mide y registra datos del terreno como la posición horizontal y vertical que la elevación y la pendiente del terreno. Para la realización se pueden usar diferentes técnicas tal como teodolito, estación total y también las tecnologías actuales tal como GPS diferencial y los drones. (Ingenium, 2023)

2.2.3. Tránsito vehicular

Es el movimiento de vehículos que a lo largo de un tramo específico se desplazan durante un tiempo determinado. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

2.2.4. Congestión vehicular

La congestión vehicular es una condición que ocurre cuando un vehículo se integra al flujo de tránsito el cual aumenta el tiempo de viaje de otros vehículos. (Thomson & Bull, 2001)

2.2.5. Estudio de tráfico

Es cuantificar y clasificar para conocer el volumen de vehículos que se movilizan por la autopista, se determina las características de diseño y su origen – destino del tráfico vehicular que es fundamental para la evaluación económica del proyecto que nos proporciona como diseñar cada ruta específica. (MTC, 2018)

2.2.6. Teoría del flujo vehicular

La teoría de flujo del tránsito consiste en el desarrollo de las relaciones matemáticas entre los elementos primarios del flujo vehicular tales como flujo, densidad y velocidad. (Pérez de los Santos, 2004)

Mediante el análisis de flujo vehicular se puede entender las características y el comportamiento del tránsito y se describe la forma como circulan los vehículos en cualquier

sistema vial. La teoría de flujo vehicular es aplicada en la simulación en la cual se utilizan complejos algoritmos matemáticos, para estudiar la interrelación que existe entre los elementos de un flujo vehicular y para estimar el efecto de los cambios en el flujo de tránsito. Las tres características fundamentales son representadas por las variables principales velocidad, densidad y flujo. (Pérez de los Santos, 2004)

- **Principios fundamentales de la teoría del tránsito vehicular**

Flujo (q): Número de vehículos que pasan por un punto de la vía durante un tiempo específico. Se expresa en vehículos/hora.

Fórmula:

$$q = k \cdot v \dots \dots \dots \text{Ecuación 1}$$

Donde:

q: flujo (veh/h),

k: densidad (veh/km),

v: velocidad promedio (km/h).

Densidad (k): Número de vehículos por unidad de longitud de una carretera en un instante específico. (Pérez de los Santos, 2004)

A medida que la densidad aumenta, la velocidad promedio disminuye.

Velocidad (v): Distancia recorrida por unidad de tiempo. Es un parámetro clave para determinar la eficiencia vial. (Pérez de los Santos, 2004)

Relación entre flujo, velocidad y densidad: La relación entre estas tres variables se explica mediante la curva fundamental del flujo del tráfico, desarrollada a partir de estudios empíricos y teóricos.

Capacidad de la vía:

Es el flujo máximo que puede soportar una carretera bajo condiciones específicas. Está determinada por factores como:

- El ancho de carriles
- Pendientes de la vía
- Control de tráfico (semaforización)
- Composición vehicular

2.2.7. Tipo de vehículos

Los vehículos de diseño son significativos para el proceso de diseño geométrico de las carreteras, ya que con este diseño se basará la clasificación de vehículos y las características específicas tal como peso y dimensiones; para garantizar una adecuada vía. (MTC, 2018)

- **Vehículos ligeros:** Son vehículos acondicionado para transporte de mercancías cuyo máximo peso no exceda las 6 toneladas y son aquellos de mayor circulación; tales como autos, camionetas, combis y micros.

- **Vehículos pesados:** Son vehículos acondicionado para transporte de mercancías cuyo máximo peso excede las 6 toneladas y cuya circulación es mínima; tales como camión, semi tráiler y tráiler.

2.2.8. Aforos

El aforo es el proceso de medir la cantidad de vehículos que pasan por un punto de una carretera en un tiempo dado que sirve para obtener el estudio de tráfico, clasificación vehicular, etc. (González Lucero, 2001)

2.2.8.1. Tipos de aforo vehicular

- **Método manual:** Los datos obtenidos es a través de personas en campo llamados aforadores de tránsito, es el método más común. Se logra obtener la clasificación vehicular y movimientos direccionales. Son usados para comprobar la exactitud de los contadores mecánicos. (González Lucero, 2001)

- **Aforo mecánico:** Se selecciona los puntos de aforo mecánico, el detector empleado es neumático o electrónico. En carretas de baja velocidad se hace uso del equipo neumático

debido a la limitación de su registro y para carreteras de alta velocidad un equipo electrónico.
(González Lucero, 2001)

2.2.9. Semafización

2.2.9.1. Semáforos

El semáforo es un dispositivo electromagnético y electrónico que controla el tráfico donde se regula el flujo de vehículos y peatones en intersecciones, el cual su estructura es equipada con luces de color rojo, amarillo y verde. La luz con mayor prioridad es de color verde. Los semáforos son señales luminosas que indican quien debe pasar o detenerse; de tal manera que sea fundamental para la seguridad vial y la prevención de accidentes. (Cárdenas Grisales & Cal y Mayor Reyes Spíndola, 2018)

Fase: Parte de un ciclo de un semáforo durante la cual se efectúa un determinado movimiento; por ejemplo, la fase es el tiempo permanece en rojo. (Cárdenas Grisales & Cal y Mayor Reyes Spíndola, 2018)

Ciclo: Tiempo completo para que se de los movimientos en un determinado orden, es el resultado de la suma de sus fases. (Cárdenas Grisales & Cal y Mayor Reyes Spíndola, 2018)

Figura 2

Semáforo en sus tres fases



Nota: Fuente: <https://www.pinterest.com/pin/718676053060231276/>

Color rojo: Detenerse.

Color amarillo: Prevención.

Color verde: Puede pasar.

2.2.10. Longitud de cola

la longitud de cola es la extensión de la fila de vehículos que se forman como resultado de la congestión en las intersecciones o en tramos viales de alta demanda, dicha medida es importante para evaluar el rendimiento del tráfico, ya que una mayor longitud de cola suele asociarse con mayores tiempos de espera y una circulación más lenta, lo cual afecta la eficiencia del sistema de transporte. (Meyer & Beenhakker, 2009)

2.2.11. Nivel de servicio

El nivel de servicio se utiliza para medir la calidad de flujo vehicular. Se mide de manera cualitativa a partir de la velocidad de operación que permiten y la densidad. El cual se han clasificado en seis niveles: A, B, C, D, E y F; que va de mejor a peor. (HCM, 2010)

Nivel A: Sus condiciones es de libre flujo vehicular. Los vehículos realizan maniobras de conducción que no son afectadas por ningún otro vehículo, pero si condicionada por las características geométricas de la carretera. (HCM, 2010)

Nivel B: Sus condiciones es de libre flujo vehicular. Los vehículos que van en una velocidad menor influyen en los vehículos que se desplazan con mayor velocidad. (HCM, 2010)

Nivel C: La densidad de tráfico determina la velocidad en la circulación vehicular. La presencia de vehículos reduce la capacidad de maniobra y adelantamiento de vehículos. La presencia de interrupciones menores es causa de deterioro en el nivel de servicio y habrá colas de vehículos cuando la interrupción sea significativa. (HCM, 2010)

Nivel D: Las maniobras se restringen severamente por la congestión de tránsito y puede haber detención. La velocidad de los vehículos se reduce debido al incremento de densidad vehicular, y forman colas impidiendo el adelantamiento de los vehículos. Solo las interrupciones pequeñas son absorbibles el cual evita la formación de colas y el deterioro del servicio. (HCM, 2010)

Nivel E: El espacio entre vehículos es el mínimo, el cual la intensidad de la circulación es cercana a la capacidad vehicular de la carretera. Una interrupción mínima no es disipada de inmediato y causa colas, el cual genera que se deteriore el nivel de servicio. (HCM, 2010)

Nivel F: El flujo vehicular es forzado y la congestión es alta; por ello la demanda de vehículos es mayor a la capacidad vehicular de la carretera. Se forman colas en determinados periodos con movimientos cortos. Este nivel se emplea cuando se encuentra en el punto de colapso. (HCM, 2010)

Figura 3

Niveles de servicio para los segmentos básicos de las autopistas



NIVEL DE SERVICIO A



NIVEL DE SERVICIO B



NIVEL DE SERVICIO C



NIVEL DE SERVICIO D



NIVEL DE SERVICIO E



NIVEL DE SERVICIO F

Nota: HCM, 2010

2.2.12. Demora vehicular

La demora vehicular se define como el tiempo adicional que los vehículos deben esperar o estar detenidos debido a la congestión del tráfico que afecta la capacidad de desplazarse libremente. Este tiempo adicional impacta negativamente la eficiencia del sistema de tránsito y, en general, contribuye a mayores tiempos de viaje y una menor calidad del servicio. (M. Papageorgiou, Y. Wang, & H. Hadj-Salem, 2003)

2.2.13. Demora en detención

Se refiere al tiempo adicional que un vehículo permanece detenido debido a factores como semáforos, congestión en la intersección, o cualquier otro obstáculo que impida su movimiento. Este tipo de demora ocurre específicamente cuando los vehículos deben detenerse completamente en una intersección o en un tramo de carretera, y mide el impacto de esos momentos de inactividad en el flujo general del tráfico. (*Ortúzar & Willumsen, 2011*)

2.2.14. Detención promedio

Es el tiempo medio que un vehículo pasa detenido en una intersección o sección de la carretera debido a factores como semáforos, congestión, o cualquier otro obstáculo que cause una interrupción en el flujo vehicular. Es un indicador de la eficiencia del tránsito, ya que muestra cuánto tiempo, en promedio, un vehículo debe esperar antes de poder continuar su marcha. (*Ortúzar & Willumsen, 2011*)

2.2.15. Emisiones de CO

Las emisiones de CO (monóxido de carbono) se refieren a la liberación de monóxido de carbono al medio ambiente, como resultado de la combustión incompleta de combustibles fósiles en motores de vehículos, como automóviles, camiones y motocicletas. El CO es un gas tóxico que, en altas concentraciones, puede afectar la salud humana y la calidad del aire. (*Glover, 2011*)

El monóxido de carbono se emite principalmente cuando los vehículos están detenidos o circulando a baja velocidad, ya que estos escenarios favorecen la combustión incompleta del combustible. La medición de las emisiones de CO es un indicador importante para evaluar el impacto ambiental del tráfico vehicular, especialmente en áreas urbanas donde el tránsito intenso puede generar niveles elevados de contaminación. (*Glover, 2011*)

2.2.16. Prioridades de paso en una intersección

Las prioridades de paso en una intersección son las reglas o normas que determinan qué vehículo debe ceder el paso a otro para evitar accidentes y asegurar la fluidez del tráfico. Estas reglas varían dependiendo de la señalización, el tipo de intersección y la normativa de tránsito vigente. En términos generales, las prioridades de paso en intersecciones incluyen lo siguiente:

- Intersección sin señalización: Si no existe señal de tránsito, la norma general es que los vehículos que circulan por la vía principal tienen prioridad sobre los que circulan por la vía secundaria. Los vehículos en la vía secundaria deben ceder el paso.
- Intersección con señal de "Ceda el paso": El vehículo que se encuentra en una intersección con esta señal debe ceder el paso a los vehículos que circulan por la vía principal.
- Intersección con semáforos: En las intersecciones controladas por semáforos, el paso está determinado por el color de la luz:
 - Luz verde: Los vehículos pueden continuar su circulación.
 - Luz roja: Los vehículos deben detenerse.
 - Luz amarilla: Los vehículos deben prepararse para detenerse.
- Óvalo: Generalmente, en los óvalos, los vehículos que circulan dentro del óvalo tienen prioridad sobre los que están ingresando. Sin embargo, en algunos casos puede existir señalización específica que altere esta norma.

- Intersecciones con señalización de "Alto": El vehículo que se encuentra ante una señal de "Alto" debe detenerse completamente y ceder el paso a cualquier vehículo que se acerque a la intersección. (*MTC, 2018*)

2.2.17. PTV Vissim

PTV Vissim es un software de simulación multimodal del tráfico que reduce digitalmente los patrones de tráfico de todos los usuarios de las vías públicas. Logra planificar el transporte y tiene como principal objetivo evaluar y mejorar el rendimiento de las infraestructuras de transporte donde dichos resultados sirven de base para la toma de decisiones en la planificación del transporte el cual responde a los retos del tráfico rodado como la congestión y las emisiones. (PTV GROUP, 2024)

2.2.17.1. Principios de la micro simulación

- Es un instrumento indispensable para planificar el transporte.
- Permite evaluar comparar casos hipotéticos sin tener la implementación en la vida real.
- Permite que escenarios teóricos tenga una optimización de la operación en el sistema de tránsito.
- Permite determinar el rendimiento del sistema, cuellos de botella y el potencial de mejora de la infraestructura.

2.2.18. Normativa legal

Para poder hacer una clasificación y diseño adecuado de las vías, se tomará en cuenta con la Norma DG-2018.

2.2.18.1. Manual de carreteras: Diseño geométrico 2018

1. Autopistas de primera clase

Estas vías tienen un IMDA (Índice Promedio Diario) de más de 6 000 vehículos por día, y los carriles están separados por un separador central de 6,00 m; cada vía deberá tener dos

o más carriles, de al menos 3,60 m de ancho y con pleno control de accesos (entradas y salidas) para garantizar un flujo continuo del tráfico, sin intersecciones ni cruces o bypass ni puentes peatonales en las zonas urbanas. La superficie rodante de estas vías deberá estar pavimentada. (Manual de Carreteras: DG, 2018)

2. Autopistas de segunda clase

Se trata de vías con una IMDA de 6 000 a 4 001 vehículos/día, con carriles divididos por medianas que varían entre 6,00 m y 1,00 m. En este caso, se instala un sistema de retención del vehículo. Cada vía deberá tener al menos dos carriles con un ancho mínimo de 3,60 m y contar con controles de acceso parciales (entrada y salida) para asegurar el tránsito vehicular continuo. En las zonas urbanas pueden existir intersecciones, cruces o pasos vehiculares y puentes peatonales para vehículos. La calzada de estas vías deberá estar pavimentada. (Manual de Carreteras: DG, 2018)

3. Carreteras de primera clase

Son carreteras con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (Manual de Carreteras: DG, 2018)

4. Carreteras de segunda clase

Son carreteras con IMDA entre 2 000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (Manual de Carreteras: DG, 2018)

5. Carreteras de tercera clase

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3,00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2,50 m, contando con el sustento técnico correspondiente. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase. (Manual de Carreteras: DG, 2018)

6. Trochas carrozables

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4,00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar. (Manual de Carreteras: DG, 2018)

2.2.8.2. Manual de diseño geométrico de vías urbanas-2002-VCHI

Manual de diseño geométrico de vías urbanas (2005), caracteriza a las grandes ciudades por la confusión entre peatones y vehículos que se estacionan y circulan; y para ello es necesario especializar las vías destinándolas a su función específica tomando como primer criterio la capacidad y nivel de servicio, como segundo criterio a la seguridad y por último un criterio funcional.

Para ello se ha clasificado las vías urbanas de la siguiente manera:

Tabla 4*Parámetros de diseño vinculados a la clasificación de vías urbanas*

Atributos y restricciones	Vías expresas	Vías arteriales	Vías colectoras	Vías locales
Velocidad de diseño	-Entre 80 y 100 Km/h -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/h -Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	-Entre 30 y 40 Km/h -Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.
Características del flujo	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.
Control de accesos y relación con otras vías	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	Los cruces peatonales y vehiculares deben realizarse en pasos a desnivel o en intersecciones o cruces semaforizados. Se conectan a vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras. Eventual uso de pasos a desnivel	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	Se conectan a nivel entre ellas y con las vías colectoras.

	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	y/o intercambios. Las intersecciones a nivel con otras vías arteriales y/o colectoras deben ser necesariamente semaforizadas y considerarán carriles adicionales para volteo.	volúmenes de vehículos y/o peatones de magnitud apreciable	
Número de carriles	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 Prestan servicio a las propiedades adyacentes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio generado
Servicio a propiedades adyacentes	Vías auxiliares laterales	Deberán contar preferentemente con vías de servicio laterales.	Prestan servicio a las propiedades adyacentes.	
Servicio de transporte público	En caso se permita debe desarrollarse por buses, preferentemente en " Carriles Exclusivos " o "Carriles Solo Bus " con paraderos diseñados al exterior de la vía.	El transporte público autorizado deber desarrollarse por buses, preferentemente en "Carriles Exclusivos " o "Carriles Solo Bus " 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
Estacionamiento, carga y descarga de mercaderías	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

Nota. Fuente: Manual de diseño geométrico de vía urbanas – 2005 - VCHI

2.3. Definición de términos básicos

- **Implementación:** Proceso de introducir o poner en práctica una medida específica, en este caso, la construcción del paso a desnivel. (Real Academia Española, 2014)
- **Intersección vial:** Se refiere al punto de dos o más vías que se encuentran y cuya función es posibilitar el cambio de dirección en la ruta. (Navarro, 2008)
- **Fluidez de tráfico:** La capacidad de los vehículos para moverse de manera eficiente por un punto determinado en un tiempo dado y sin obstrucciones en una vía determinada. (Real Academia de Ingeniería, 2014)
- **Tiempo de viaje:** Se refiere al período de tiempo transcurrido desde el punto origen de viaje para recorrer una distancia específica para llegar a su destino, siendo un valor variable debido a distintas causas por ejemplo el tráfico vehicular. (Real Academia de Ingeniería, 2014)
- **Planificación urbana:** Proceso de diseño y organización de espacios urbanos para lograr un desarrollo sostenible y crear entornos urbanos con infraestructura urbana funcional. (Argentina, Ingeniería y Arquitectura, 2023)
- **Índice medio diario anual:** Representa el promedio aritmético de los volúmenes diario de tráfico a lo largo de todo un año en una sección específica de una vía, además de brindar una información necesaria para su debida clasificación, características de diseño de la carretera siendo dicho valores esenciales para evaluar la seguridad vial y medir el nivel de servicio proporcionado por el transporte en la carretera. (Manual de Carreteras: DG, 2018)
- **Hora punta:** Referido a periodos específicos en el aumento del número de vehículos donde la circulación es mayor generando un tráfico intenso, por el cual al haber mayor flujo de vehículos da como resultado la congestión vehicular y tiempos de espera prolongados. (López, Pérez, & Camacho, 2019)

- **Avenida:** Es una calle ancha que por lo general es de doble sentido con calzadas y separadas por una berma central. Pueden ser de diversas vías y según su clasificación son del tipo arterial y colectoras. (Manual de diseño geométrico de vías urbanas, 2005)

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

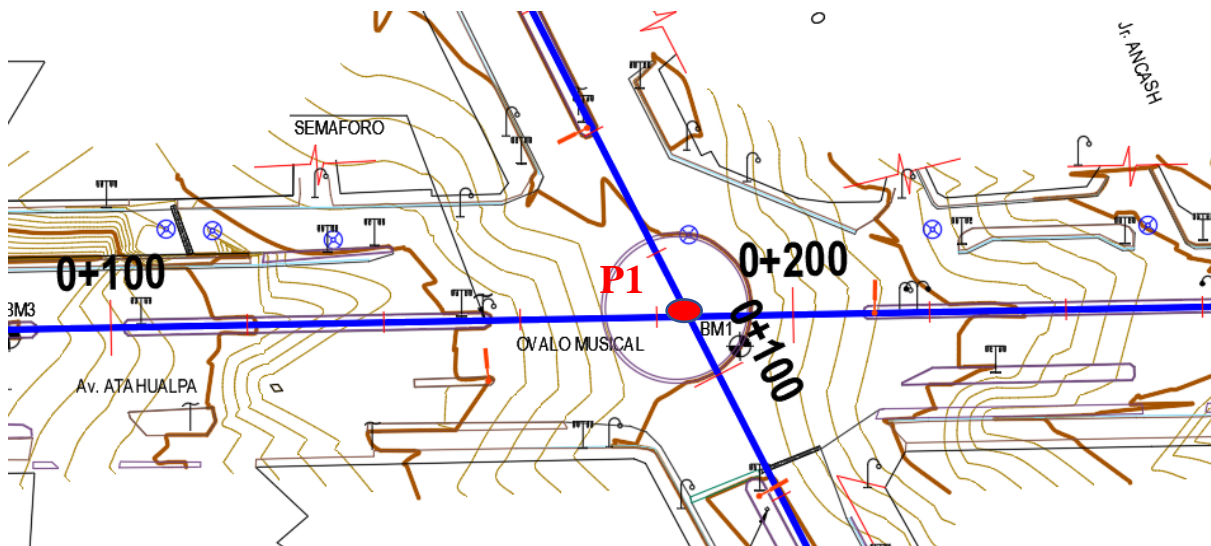
3.1. Ubicación de la investigación

3.1.1. Ubicación y localización

La presente investigación se llevó a cabo en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur. El cruce pertenece al distrito de Cajamarca, provincia de Cajamarca, región de Cajamarca, con código ubigeo 060101.

Figura 4

Ubicación del cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur



El presente estudio se contempla la siguiente ubicación:

- Ubicación geográfica de P1

Las coordenadas geográficas en WGS-84 del proyecto son las siguientes:

Latitud : 7° 09' 56,28" S

Longitud : 78° 30' 9,19" O

- Ubicación cartográfica de P1

Las coordenadas UTM en WGS-84 promedio del proyecto son las siguientes:

Este : 775 832,51 – En la zona 17M

Norte : 9 207 190,60 – En la zona 17M

3.1.2. Ubicación temporal

La presente investigación ha sido realizada de junio a noviembre del año 2024.

Los aforos vehiculares han sido realizados por 7 días, desde las 7 a.m. hasta 8p.m. que ha comenzado el día lunes 12 de agosto al domingo 18 de agosto; donde dichos aforos se han realizado a través de fichas de aforo de vehículos.

El levantamiento topográfico se realizó del sábado 26 de octubre al domingo 3 noviembre

3.2. Tipo, nivel, diseño y método de investigación

3.2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, cuya finalidad es dar alternativas de solución para la problemática presente en esta investigación desde la medición y el análisis.

3.2.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es descriptivo, puesto que permite describir la situación actual y los efectos de la implementación del paso a desnivel en el tránsito vehicular en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca.

3.2.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación es no experimental con enfoque cuantitativo y cualitativo, ya que mediante la observación y toma de datos obtenidos en campo, tales como por ejemplo el número de vehículos en el cruce ya mencionado, incluidos las dimensiones de las secciones transversales y la información del levantamiento topográfico, que fueron procesados y analizados para su posterior interpretación. Se utilizó herramientas de software adecuadas con fin de analizar los efectos de la implementación del paso a desnivel en el tránsito vehicular.

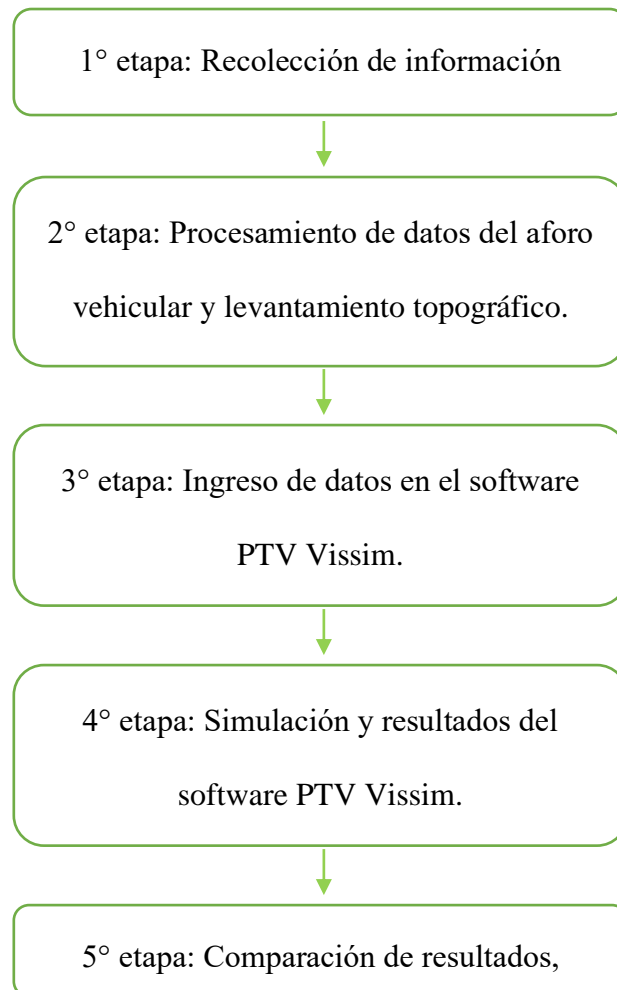
3.2.4. Método de investigación

En el presente estudio, el método de investigación es deductivo, ya que parte de la identificación de un problema que está demostrado a lo largo de la investigación, se analizó la

propuesta a la pregunta que se realiza en la investigación para llegar a las conclusiones y recomendaciones y así dar propuestas adecuadas sobre los efectos de la implementación del paso a desnivel en el tránsito a desnivel.

Figura 5

Metodología propuesta para la realización del proyecto



3.3.Población, muestra, unidad de análisis y unidad de observación

3.3.1. Población de estudio

Teniendo en cuenta los objetivos de dicha investigación, se consideró como población al cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca.

3.3.2. Muestra

La técnica de muestreo es no probabilística por conveniencia puesto que la muestra es la misma población.

3.3.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis es la longitud de cola, nivel de servicio, demora vehicular, demora en detención, detención promedio y emisiones de CO.

3.3.4. Unidad de observación

La unidad de observación son los vehículos que transitan en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca.

3.3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

➤ Las técnicas utilizadas en el desarrollo de la presente investigación se muestran a continuación:

1. Observación directa: Se recopiló la información correspondiente en el cruce en estudio, donde se determinó que el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca presenta mayor congestión vehicular y donde se efectuará la infraestructura del paso a desnivel.
2. Análisis documental: Se revisó y recolectó la información dada por la MPC (Municipalidad Provincial de Cajamarca), en este caso los planos del paso a desnivel del presente cruce.
3. Levantamiento topográfico: Se recopiló los puntos de la superficie del terreno para representar las características físicas como es la elevación y las distancias, luego se procesó los datos y se generó el plano topográfico.

➤ Los instrumentos de recolección de datos usados son los siguientes:

1. Fichas de aforo vehicular: En estas fichas se registró el aforo vehicular, se ha tomado el criterio de realizar el aforo con un intervalo de cada 15 minutos desde las 7:00 a.m.














hasta las 8:00 p.m. durante 7 días en 2 estaciones en la avenida Atahualpa (va a los Baños del Inca y viene de los Baños del Inca) y en 2 estaciones en la avenida Vía de Evitamiento Sur (va al Hospital Regional Docente y viene del Hospital Regional Docente)

Tabla 5

Ficha de aforo vehicular

AFORO VEHICULAR

INTERSECCIÓN
UBICACIÓN
ESTACIÓN
FECHA

														
		↶ ↷	↶ ↷	↶ ↷	↶ ↷	↶ ↷	↶ ↷	↶ ↷	↶ ↷	↶ ↷	↶ ↷	↶ ↷	↶ ↷	↶ ↷
07:00	07:15													
07:15	07:30													
07:30	07:45													
07:45	08:00													
08:00	08:15													
08:15	08:30													
08:30	08:45													
08:45	09:00													
09:00	09:15													
09:15	09:30													
09:30	09:45													
09:45	10:00													
10:00	10:15													
10:15	10:30													
10:30	10:45													
10:45	11:00													
11:00	11:15													
11:15	11:30													
11:30	11:45													
11:45	12:00													
12:00	12:15													
12:15	12:30													
12:30	12:45													
12:45	13:00													
13:00	13:15													
13:15	13:30													
13:30	13:45													
13:45	14:00													
14:00	14:15													
14:15	14:30													
14:30	14:45													
14:45	15:00													
15:00	15:15													
15:15	15:30													
15:30	15:45													
15:45	16:00													
16:00	16:15													
16:15	16:30													
16:30	16:45													
16:45	17:00													
17:00	17:15													
17:15	17:30													
17:30	17:45													
17:45	18:00													
18:00	18:15													
18:15	18:30													
18:30	18:45													
18:45	19:00													
19:00	19:15													
19:15	19:30													
19:30	19:45													
19:45	20:00													

Nota. Ficha tomada del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

2. Formato de recolección de datos del levantamiento topográfico: En este formato se registra el número de punto, la coordenada este y norte, la cota y su descripción.

Tabla 6

Formato de recolección de datos

N° de punto	Coordenada X (Este)	Coordenada Y (Norte)	Cota (Z)	Descripción

3.3.6. Técnicas de procesamiento de datos

Para el procesamiento de datos recolectados, se empleó los siguientes programas:

- Civil 3D: Se usó para mostrar como luce el paso a desnivel finalizado, análisis topográfico de la zona, generar planos precisos y secciones transversales antes y después de la implementación del paso a desnivel.
- PTV Vissim: Se usó para la simulación de escenarios de tráfico (antes y después de la implementación del paso a desnivel) para observar y comparar los efectos en el flujo vehicular. Lo cual permite diferenciar el comportamiento del tráfico en términos de reducción y mejora en la movilidad.
- Microsoft Excel: A través de formatos donde se permitió identificar y cuantificar de manera eficaz y rápida los diferentes parámetros evaluados.
- Microsoft Word: Se presentó los cálculos, resultados y conclusiones.

3.4. Procedimiento

Para evaluar los efectos de la implementación del paso a desnivel en el tránsito vehicular en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca, se realizó de la siguiente manera:

3.4.1. Levantamiento topográfico:

Etapas de levantamiento

Paso 1: Montaje de la estación total

El procedimiento de montaje de la estación total se puede diferenciar en 3 partes:

1. Elección y marcado del punto de control topográfico: Esta elección no tiene más complicación que la de tener en cuenta unas recomendaciones básicas:

- Buena visibilidad, ya que mover e instalar repetidamente el aparato resulta muchas veces pesado, por lo que se debe escoger una ubicación desde la que se puedan avistar la mayor cantidad de puntos posibles.
- Seguridad, tanto del operario como del equipo, sobre todo en calles con mucho tráfico, para prevenir accidentes.

2. Montaje y ajuste de la estación total: El correcto montaje facilitará el trabajo a realizar.

- Montaje del trípode, cogiéndolo con las patas plegadas y apoyándolo de pie sobre el punto. Luego habrá que soltar los seguros para que las patas se extiendan y levantarlo desde la base superior hasta aproximadamente el nivel de la barbilla del operario. Por último, cerrar los seguros para fijar la longitud de las patas.
- Se separarán las patas del trípode, cerciorándose de que están a la misma distancia y que la cabeza del trípode se encuentra nivelada.
- Se coloca el trípode de manera que la cabeza esté por encima del punto topográfico y después se fijan bien las patas al suelo.

3. Nivelación de la estación total: Una vez realizados los pasos anteriores, se procedió a la nivelación del aparato. Esto se consigue de dos maneras diferentes:

- La primera consiste en ajustar la altura de las patas provocando movimientos bruscos en el nivel.

- La segunda consiste en mover los tornillos de la estación total para conseguir movimientos más finos, siempre buscando la horizontalidad del aparato. Dichos tornillos se moverán con cuidado hasta llevar la burbuja del nivel al centro del ojo de buey.

Una vez hecho esto, se gira 90 grados para cotejar la nivelación en el aparato.

Paso 2: Selección del archivo de trabajo

Se enciende el aparato pulsando “ON” en el teclado. Una vez encendido se busca el menú principal, el cual está dividido en tres categorías básicas:

- Medición: Con la que se realiza cualquier tipo de medición
- Memoria: Para administrar los archivos con los que se está trabajando.
- Configuración: Con la que se podrá modificar la configuración del aparato.

Dentro del menú configuración se puede elegir el archivo de trabajo que se estaba utilizando y que tenía el nombre que le habíamos dado, o se puede empezar de cero empezando a grabar datos nuevos.

Paso 3: Toma de dato: N° punto-Este-Norte-Elevación-Descripción

Una vez establecidos los parámetros anteriores, se procedió a realizar la toma de datos para el levantamiento topográfico, para esto colocamos el prisma encima del punto y en dirección a la estación y procedemos a anotar sus coordenadas y guardarlas.

Este procedimiento lo repetimos todas las veces que fue necesario (cuantas más mejor), para así tener un buen número de coordenadas.

Para leer los puntos en otra ubicación, se coloca un nuevo punto donde más nos convenga y le damos un nombre, el cual recibe el nombre de BM (también es recomendable marcarlo con pintura o con una estaca de madera).

Con los datos tomados, posteriormente dan forma al plano topográfico.

Levantamiento topográfico y localización de todos los elementos existentes en el terreno.

- Se determinó los puntos bases, en función a los datos que se tiene para poder iniciar los trabajos.
- Se realizó las mediciones teniendo claro los puntos del terreno y los ambientes construidos y poder así tener la mayor información para el procesamiento de datos.

Procesamiento de la información topográfica y descripción de la metodología del software utilizado.

El procesamiento de la información topográfica se desarrolló con el software Auto CAD Civil 3D 2021, el cual es un software que trabaja en entorno CAD, en cuanto a la metodología de trabajo, se describe a continuación:

- Se importó al programa Excel la información topográfica en formato de puntos delimitados por comas (CSV).
- Seguidamente se procedió a generar y editar las mallas de triangulación (TIN) generada en función a las coordenadas y cotas de los puntos, tomando como criterio dicha edición la forma del terreno observada en campo.
- Se procedió a dibujar con ayuda de los croquis de campos los detalles de la planimetría ayudándonos de los puntos obtenidos del colector de datos.
- Posteriormente se logró obtener las curvas de nivel, con sus respectivas cotas según como el terreno se encuentra.

Plano topográfico

Todos los resultados de los levantamientos topográficos se presentan a través de planos. Para esta presente investigación se ha obtenido el plano topográfico.

3.4.2. *Tiempos de sincronización de los semáforos*

Se registró los tiempos de duración de las luces del semáforo (verde, amarillo y rojo) de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur y se verificó la sincronización de los semáforos.

3.4.3. *Aforo vehicular:*

El aforo vehicular se realizó en de la siguiente manera:

- Se ubicó 4 estaciones, dentro de estas se consideró el giro que dan los vehículos para determinar el día y la hora de máximo volumen vehicular, asimismo el IMDA de cada estación.
- La lectura se realizó durante una semana, el cual contó con el apoyo de 3 personas debidamente capacitadas y ubicadas en las estaciones respectivas.

Los días para el aforo de vehículos fue desarrollado de la siguiente manera:

Tabla 7

Aforo de vehículos de la estación 1 (va a Baños del Inca)

N° de días de aforo	Día de la semana
1° día de aforo	lunes, 12 de agosto del 2 024
2° día de aforo	martes, 13 de agosto del 2 024
3° día de aforo	miércoles, 14 de agosto del 2 024
4° día de aforo	jueves, 15 de agosto del 2 024
5° día de aforo	viernes, 16 de agosto del 2 024
6° día de aforo	sábado, 17 de agosto del 2 024
7° día de aforo	domingo, 18 de agosto del 2 024

Figura 6

E1 de la zona de estudio.

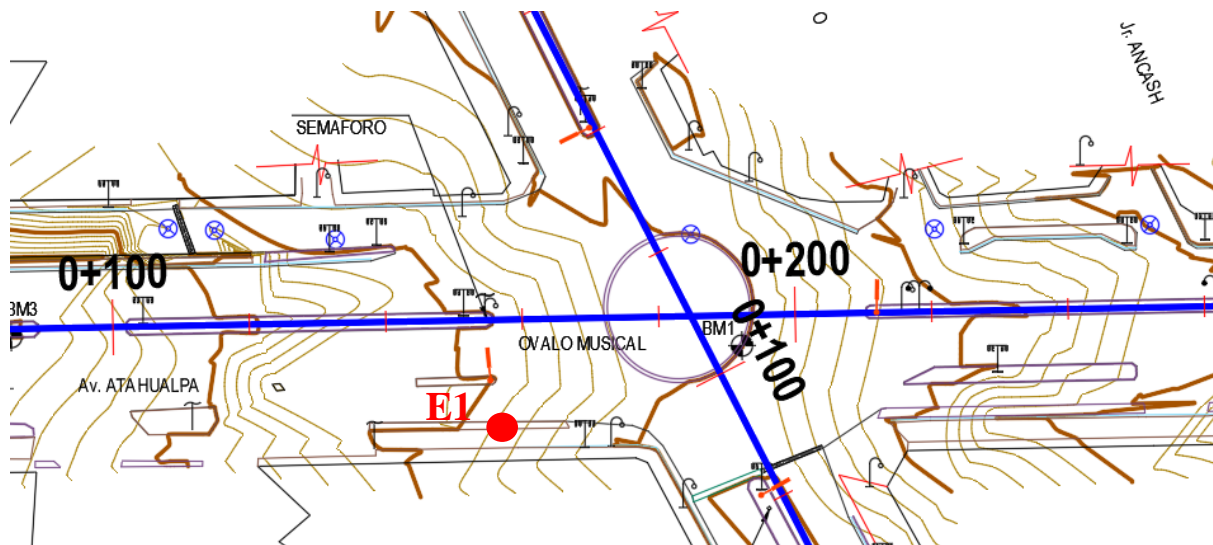


Tabla 8

Aforo de vehículos de la estación 2 (viene del Hospital Regional Docente)

N° de días de aforo	Día de la semana
1° día de aforo	lunes, 12 de agosto del 2 024
2° día de aforo	martes, 13 de agosto del 2 024
3° día de aforo	miércoles, 14 de agosto del 2 024
4° día de aforo	jueves, 15 de agosto del 2 024
5° día de aforo	viernes, 16 de agosto del 2 024
6° día de aforo	sábado, 17 de agosto del 2 024
7° día de aforo	domingo, 18 de agosto del 2 024

Figura 7

E2 de la zona de estudio.

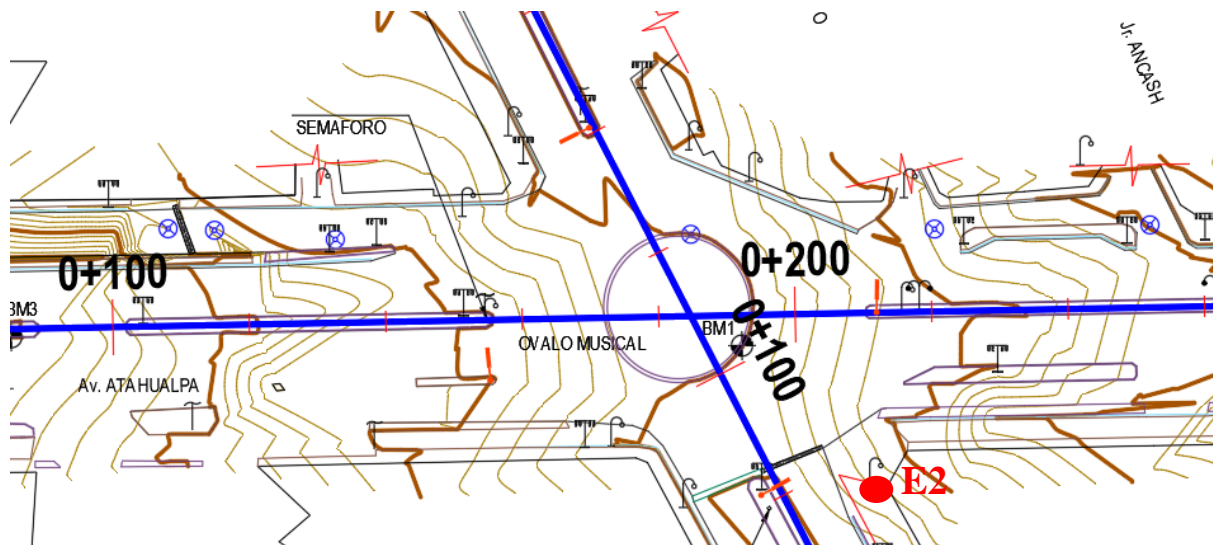


Tabla 9

Aforo de vehículos de la estación 3 (viene de Baños del Inca)

N° de días de aforo	Día de la semana
1° día de aforo	lunes, 12 de agosto del 2 024
2° día de aforo	martes, 13 de agosto del 2 024
3° día de aforo	miércoles, 14 de agosto del 2 024
4° día de aforo	jueves, 15 de agosto del 2 024
5° día de aforo	viernes, 16 de agosto del 2 024
6° día de aforo	sábado, 17 de agosto del 2 024
7° día de aforo	domingo, 18 de agosto del 2 024

Figura 8

E3 de la zona de estudio.

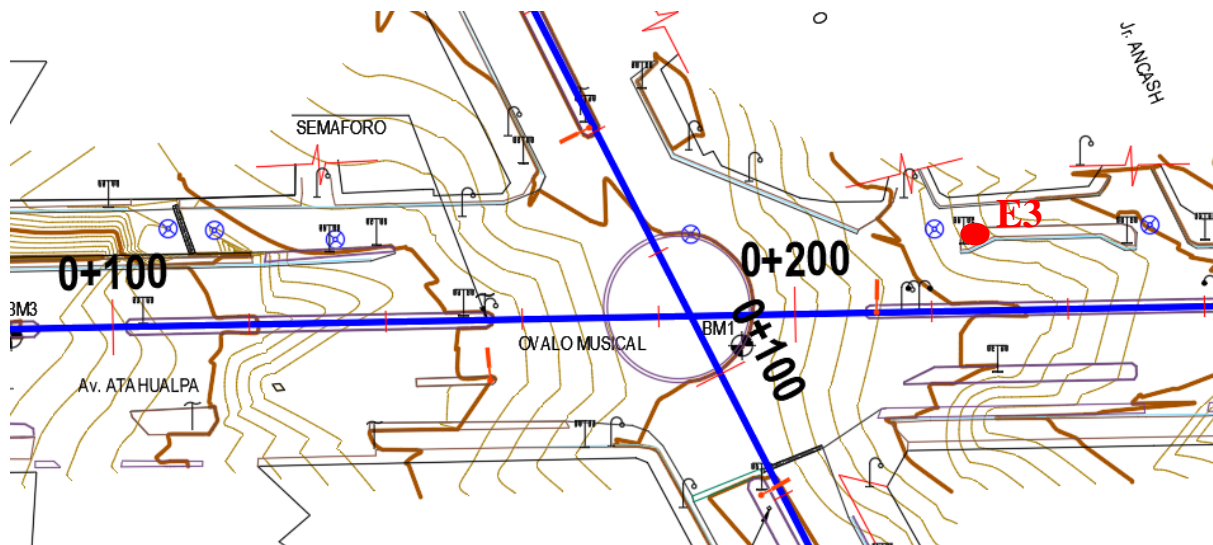


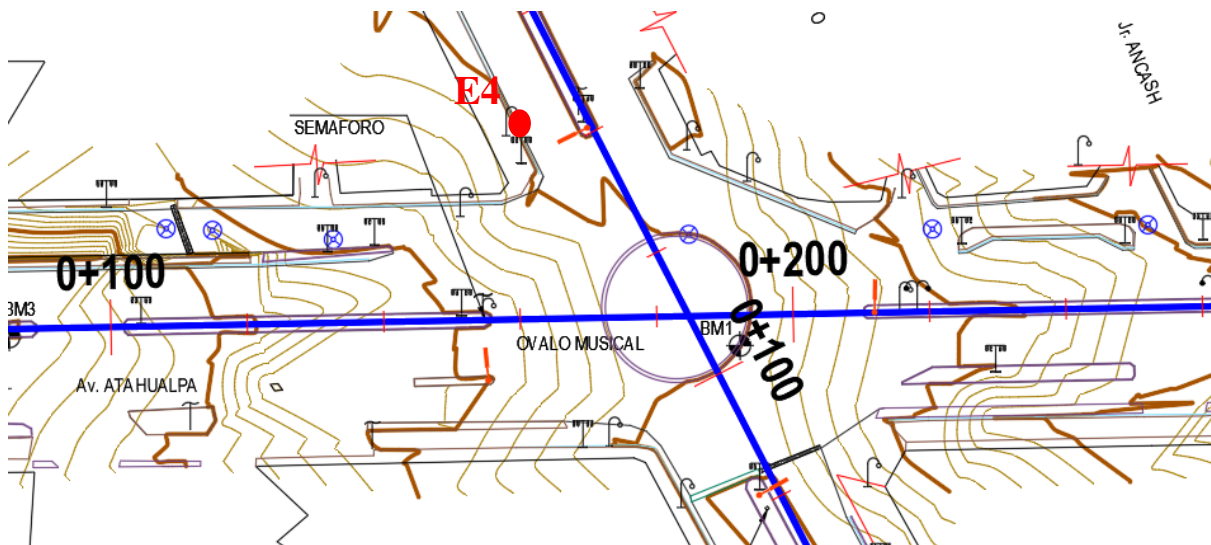
Tabla 10

Aforo de vehículos de la estación 4 (va al Hospital Regional Docente)

N° de días de aforo	Día de la semana
1° día de aforo	lunes, 12 de agosto del 2 024
2° día de aforo	martes, 13 de agosto del 2 024
3° día de aforo	miércoles, 14 de agosto del 2 024
4° día de aforo	jueves, 15 de agosto del 2 024
5° día de aforo	viernes, 16 de agosto del 2 024
6° día de aforo	sábado, 17 de agosto del 2 024
7° día de aforo	domingo, 18 de agosto del 2 024

Figura 9

E4 de la zona de estudio



- Luego de haber realizado el aforo vehicular, se procesó la información el cual se registró por tipo de vehículo y de acuerdo a los giros que realiza en cada estación con la duración de una semana descrita anteriormente.
- Se analizó los datos recolectados durante la semana de aforo para identificar el día y la hora con mayor volumen vehicular registrado, usando esta información para realizar la simulación bajo condiciones de máxima demanda.
- Se identificó la distribución de vehículos que giran en diferentes direcciones (a la derecha, de frente o a la izquierda)
- Se identificó la composición de vehículos que circulan en dicha área según su tipo.
- Se analizó la información recolectada para calcular el IMDa para clasificar los tipos de vía que están en estudio, utilizando la siguiente fórmula:

Ecuación 2

$$IMDa = IMDs * FCm..... \text{Ecuación 2}$$

Ecuación 3

$$IMDs = \frac{\sum V_l + V_s + V_d}{7}, \text{ estaciones de 7 días} \dots \dots \dots \text{Ecuación 3}$$

Donde:

IMDa: Índice medio diario anual

IMDs: Índice medio diario semanal

Vl: Volumen clasificado día laboral (lunes a viernes)

Vnl: Volumen clasificado día no laboral (*Vs*: sábado y *Vd*: domingo)

FCm: Factor de corrección según el mes que se efectuó el aforo.

FCm: El factor de corrección se ha considerado tanto de vehículos ligeros y pesados por unidad de peaje – promedio (2010-2020) el cual se ha considerado el peaje de Ciudad de Dios del mes de agosto.

Finalmente, se definió la clasificación de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur el cual se indicó en qué avenida se ubicará el paso a desnivel de acuerdo a lo establecido en la norma DG-2018.

3.4.4. Ingreso de datos en el software PTV Vissim

Se modeló el comportamiento de tráfico en el software PTV Vissim para obtener resultados.

1. Se diseñó la geometría del cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur.
2. Se configuró el modelo de tráfico en software PTV Vissim utilizando los datos de aforo de la hora de máxima demanda, los porcentajes de los vehículos por giro, la composición vehicular y los tiempos de duración de las luces (verde, amarillo y rojo) para cada avenida y la sincronización de los semáforos.

3.4.5. Ejecución de la simulación del software PTV Vissim

Se simuló el comportamiento del tráfico bajo las condiciones de máxima demanda vehicular con la situación actual y la implementación del paso a desnivel donde se obtuvo los resultados de la longitud de cola para el análisis de congestión y eficiencia del flujo vehicular; nivel de servicio para analizar el desempeño del sistema vial; demora vehicular para analizar tiempo de espera y fluidez del tráfico; demora de detención para analizar la interrupción del flujo vehicular; la detención promedio para analizar la continuidad del flujo vehicular; y las emisiones de CO para analizar el impacto ambiental.

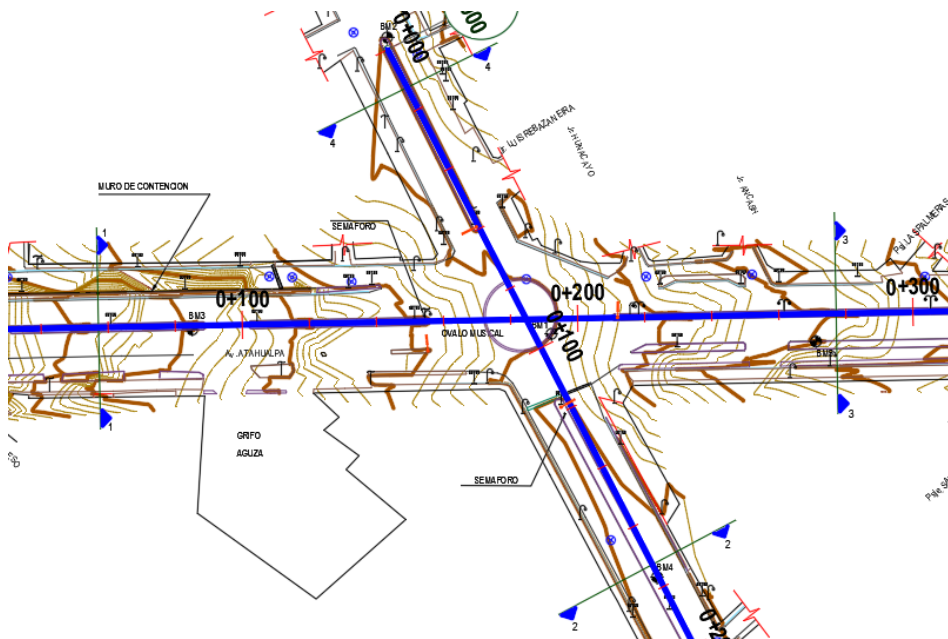
3.5.Tratamiento, análisis de datos y presentación de resultados

3.5.1. Levantamiento topográfico

Con los puntos procesados se tuvo las curvas de nivel, el cual sirvió para obtener los perfiles longitudinales y secciones transversales de acuerdo a las avenidas.

Figura 10

Levantamiento topográfico de la zona de estudio



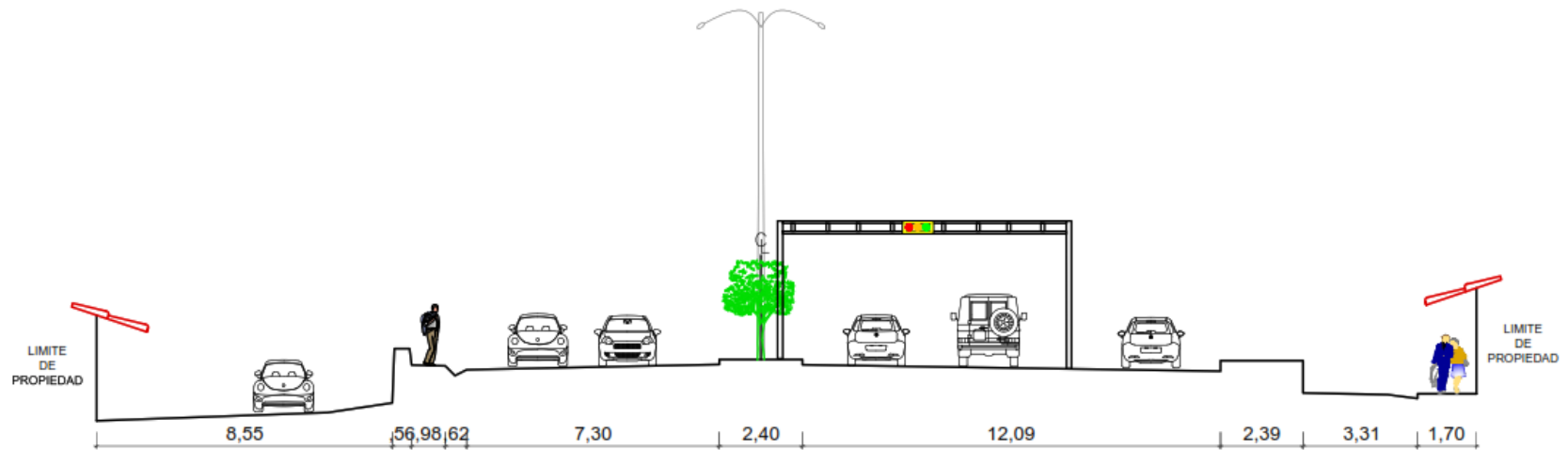
Teniendo en cuenta el levantamiento topográfico, se tiene 4 secciones transversales ubicadas dos en la avenida Atahualpa y dos en la avenida Vía de Evitamiento Sur, las cuales se muestran a continuación.

- **Ovalo musical:**
 - Diámetro = 21,80 m (El sardinel con material de concreto y con plantas en su interior)

- **Avenida Atahualpa**

Figura 11

Sección transversal 1-1 de la avenida Atahualpa



SECC: 1-1

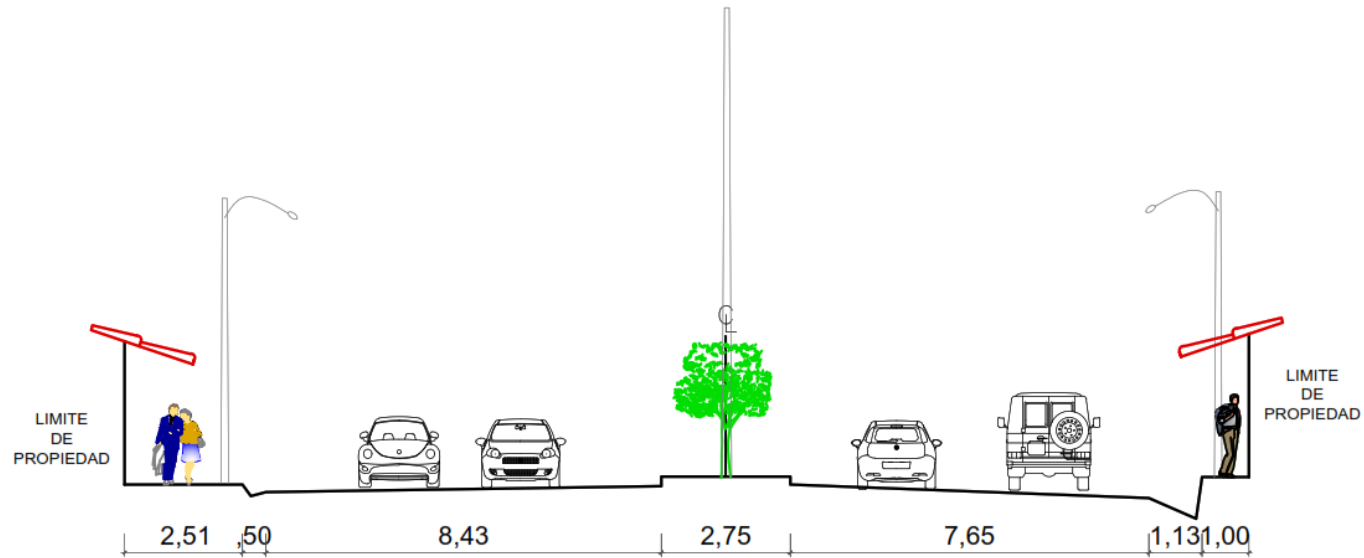
Donde:

- Calzada = 8,55 (Pavimento Empedrado)
- Muro de contención: 0,56 (Material Concreto)
- Vereda = 0,98 (Material Concreto)
- Cuneta = 0,62 m (Material Concreto)
- Calzada = 7,30 m (Pavimento Flexible)
- Separador central = 2,40 m (Material de concreto)
- Calzada = 12,09 m (Pavimento Flexible)
- Separador = 2,39 m (Material de concreto)
- Vereda = 3,31 m (Material de concreto)
- Vereda = 1,70 m (Material de concreto)

- Avenida Vía de Evitamiento Sur

Figura 12

Sección transversal 2-2 de la avenida Vía de Evitamiento Sur



SECC: 2-2

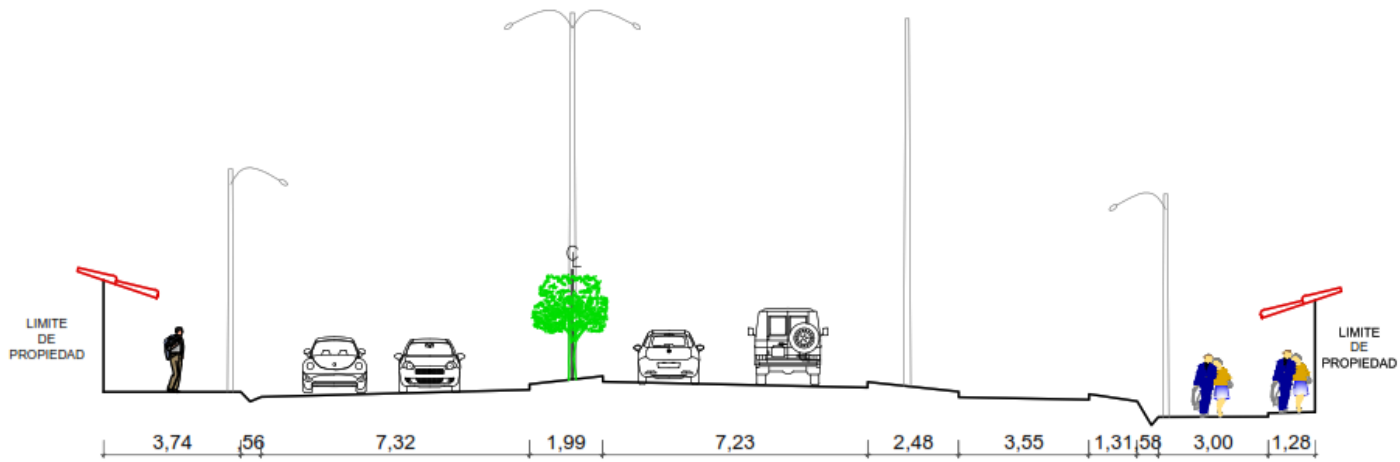
Donde:

- Vereda = 2,51 m (Material Concreto)
- Cuneta = 0,50 m (Material Concreto)
- Calzada = 8,43 m (Pavimento Flexible)
- Separador central = 2,75 m (Material concreto)
- Calzada = 7,65 m (Pavimento Flexible)
- Cuneta = 1,31 m (Material de concreto)
- Vereda = 1,00 m (Material de concreto)

- Avenida Atahualpa

Figura 13

Sección transversal 3-3 de la avenida Atahualpa



SECC: 3-3

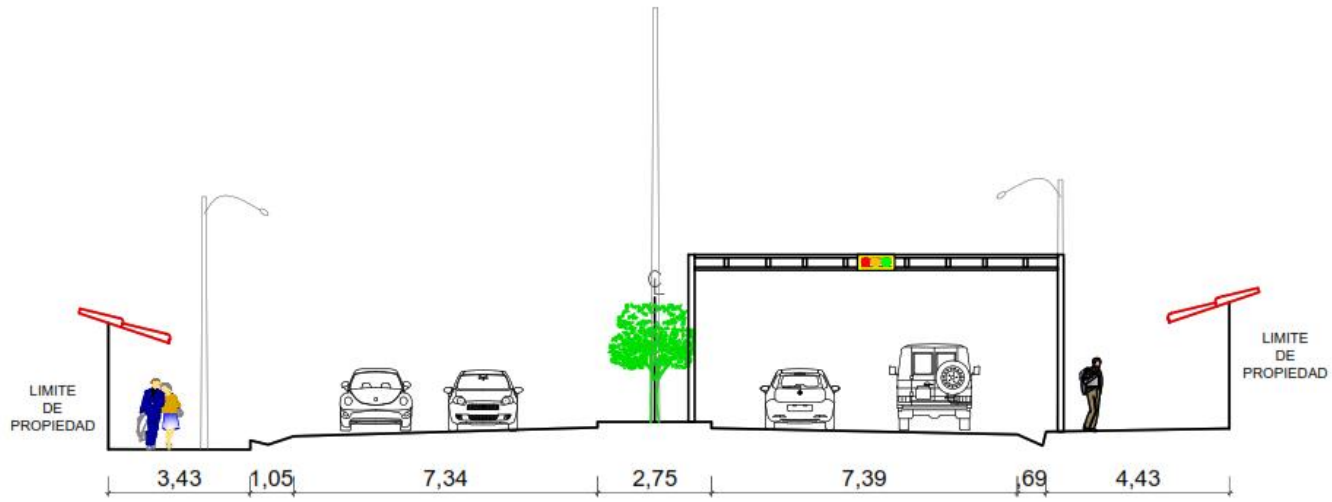
Donde:

- Vereda = 3,74 m (Material Concreto)
- Cuneta = 0,56 m (Material Concreto)
- Calzada = 7,32 m (Pavimento Flexible)
- Separador central = 1,99 m (Material concreto)
- Calzada = 7,23 m (Pavimento Flexible)
- Separador = 2,48 m (Sardineles de concreto, interior con vegetación)
- Ciclovía = 3,55 m (Pavimento Flexible)
- Separador = 1,31 m (Sardineles de concreto, interior con vegetación)
- Cuneta = 0,58 m (Material de concreto)
- Vereda = 3,00 m (Material de concreto)
- Vereda = 1,28 m (Material de concreto)

- Avenida Vía de Evitamiento Sur

Figura 14

Sección transversal 4-4 de la avenida Vía de Evitamiento Sur



SECC: 4-4

Donde:

- Vereda = 3,43 m (Material Concreto)
- Cuneta = 1,05 m (Material Concreto)
- Calzada = 7,34 m (Pavimento Flexible)
- Separador central = 2,75 m (Material concreto)
- Calzada = 7,39 m (Pavimento Flexible)
- Cuneta = 0,69 m (Material de concreto)
- Vereda = 4,43 m (Material de concreto)

3.5.2. *Propuesta del paso a desnivel*

Dimensionamiento del paso a desnivel:

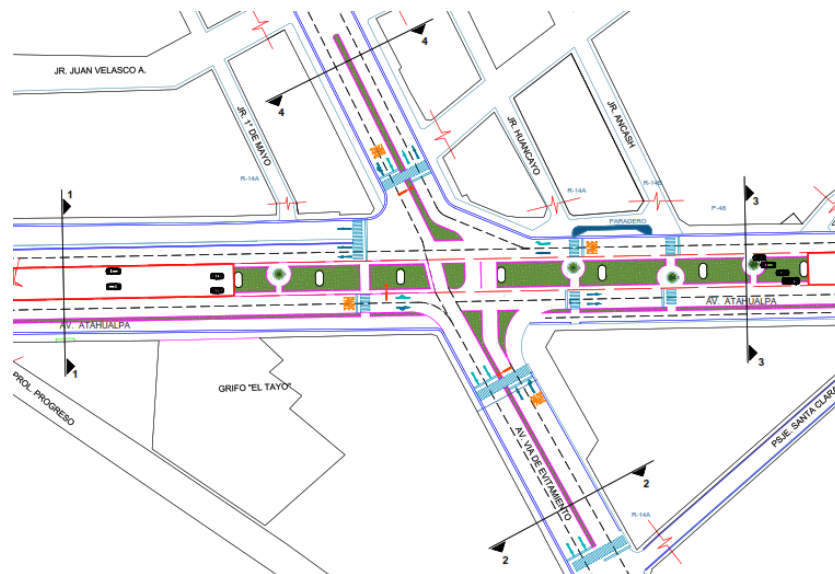
- Sentido: Avenida Atahualpa
- Longitud del tablero: 184,79 m
- Longitud de la rampa de inicio: 87,21 m
- Longitud de la rampa final: 129,04 m
- Ancho del tablero = 10,6 m
- N° de carriles = 02
- Ancho de carril = 2,5
- N° de sentidos = 02

La longitud del paso a desnivel que se ha proyectado es de 401,04 m desde el tramo de inicio hasta el final.

3.5.3. *Secciones transversales con paso a desnivel*

Figura 15

Paso a desnivel en planta – Propuesta de implementación por la MPC



Nota. Fuente: Municipalidad Provincial de Cajamarca

Teniendo en cuenta el plano de la propuesta de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, se tiene 4 secciones transversales ubicadas dos en la avenida Atahualpa y dos en la avenida Vía de Evitamiento Sur, las cuales se muestran a continuación.

- Avenida Atahualpa

Figura 16

Sección transversal 1-1 con el paso a desnivel



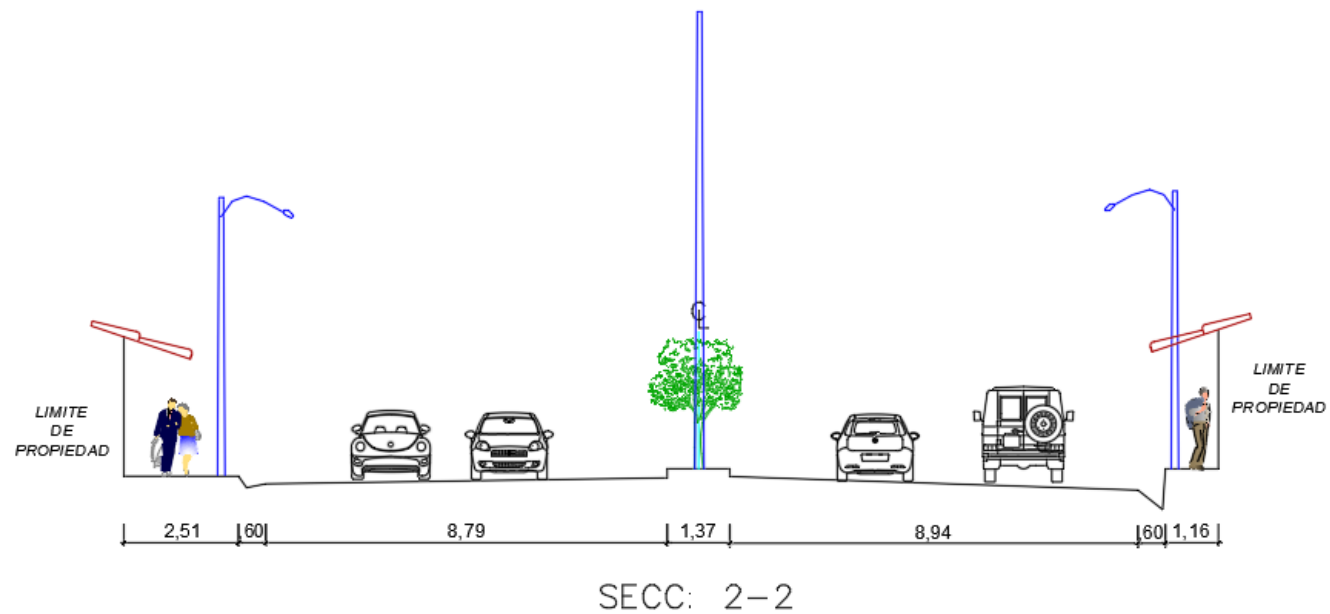
Donde:

- Vereda = 2,00 m (Material de concreto)
- Cuneta = 0,6 m (Material de concreto)
- Calzada = 6,00 m (Pavimento Flexible)
- Vereda y muro de contención = 1,15 m (Material de concreto)
- Cuneta = 0,30 (Material de concreto)
- Calzada = 5,7 m (Pavimento Flexible)
- Paso a desnivel = 10,60 m (Pavimento Flexible)
- Calzada = 6,10 m (Pavimento Flexible)
- Calzada = 4,30 m (Pavimento Flexible)
- Cuneta = 0,60 m (Material Concreto)
- Vereda = 2,50 m (Material Concreto)

- Avenida Vía de Evitamiento Sur

Figura 17

Sección transversal 2-2 proyectada de la zona de estudio



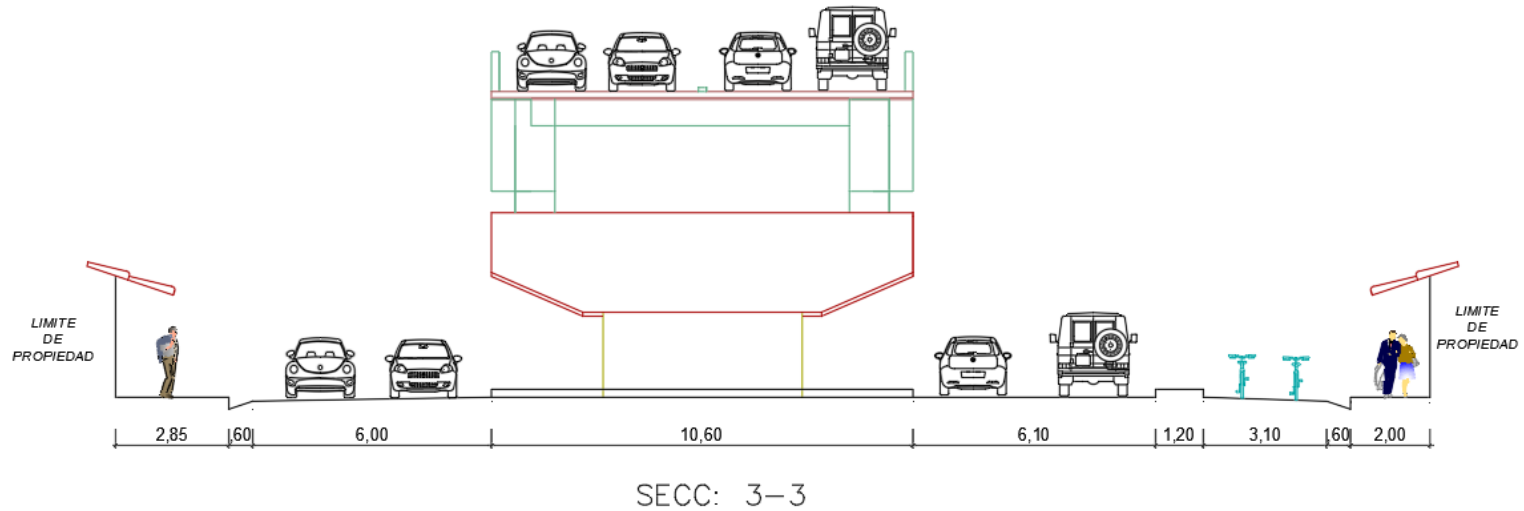
Donde:

- Vereda = 2,51 m (Material Concreto)
- Cuneta = 0,60 m (Material Concreto)
- Calzada = 8,79 m (Pavimento Flexible)
- Separador central = 1,37 m (Material concreto)
- Calzada = 8,94 m (Pavimento Flexible)
- Cuneta = 0,60 m (Material de concreto)
- Vereda = 1,16 m (Material de concreto)

- Avenida Atahualpa

Figura 18

Sección transversal 3-3 con el paso a desnivel



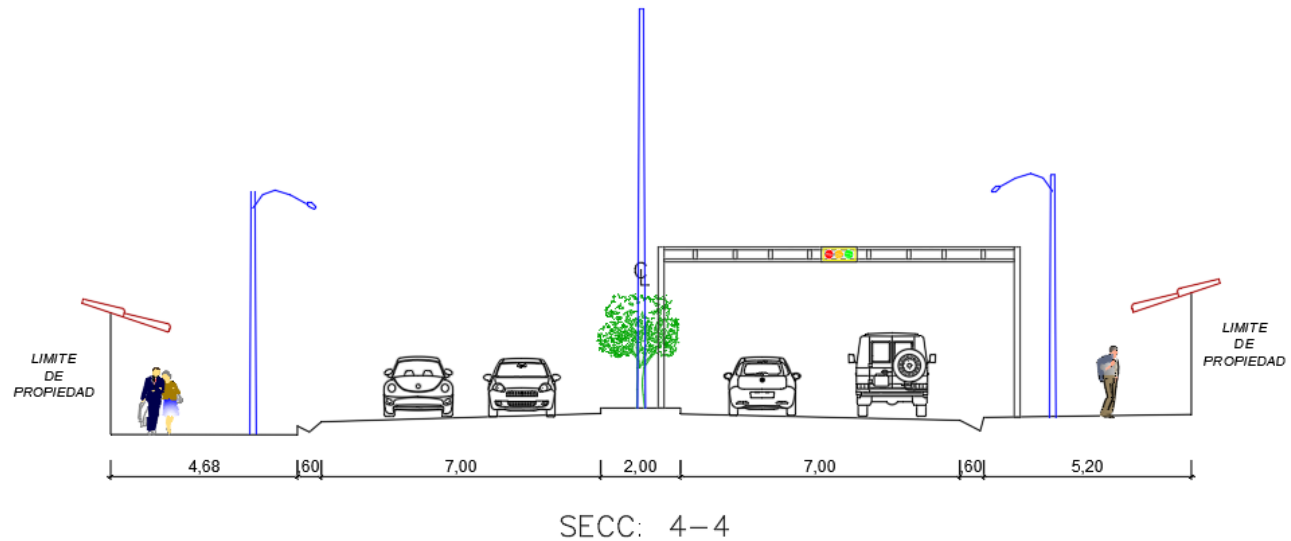
Donde:

- Vereda = 1,20 m (Material de concreto)
- Cuneta = 0,60 m (Material Concreto)
- Calzada = 6,00 m (Pavimento Flexible)
- Paso a desnivel = 10,60 m (Pavimento Flexible)
- Calzada = 6,10 m (Pavimento Flexible)
- Separador = 1,20 m (Sardineles de concreto, interior con vegetación)
- Ciclovía = 3,10 m (Pavimento Flexible)
- Cuneta = 0,60 m (Material de concreto)
- Vereda = 2,00 m (Material de concreto)

- **Avenida Vía de Evitamiento Sur**

Figura 19 Sección transversal 4-4 proyectada de la zona de estudio

Sección transversal 4-4 proyectada de la zona de estudio



Donde:

- Vereda = 4,68 m (Material de concreto)
- Cuneta = 0,60 m (Material de concreto)
- Calzada = 7,00 m (Pavimento Flexible)
- Separador central = 2,00 m (Material concreto)
- Calzada = 7,00 m (Pavimento Flexible)
- Cuneta = 0,60 m (Material Concreto)
- Vereda = 5,20 m (Material Concreto)

3.5.4. Tiempos de duración de las luces del semáforo

Los tiempos tomados de acuerdo a las luces del semáforo (verde, amarillo y rojo) y de acuerdo a su sincronización en los 4 semáforos se muestra a continuación, que será usado para la situación actual y para la implementación del paso a desnivel:

- **Avenida Atahualpa**

En la Estación: E1, el semáforo cuenta con un tiempo total de 153 segundos.

Rojo: 100 segundos

Ámbar: 3 segundos

Verde: 50 segundos

En la Estación: E3, el semáforo cuenta con un tiempo total de 153 segundos.

Rojo: 100 segundos

Ámbar: 3 segundos

Verde: 50 segundos

- **Avenida Vía de Evitamiento Sur**

En la Estación: E2, el semáforo cuenta con un tiempo total de 153 segundos.

Rojo: 80 segundos

Ámbar: 3 segundos

Verde: 70 segundos

En la Estación: E4, el semáforo cuenta con un tiempo total de 153 segundos.

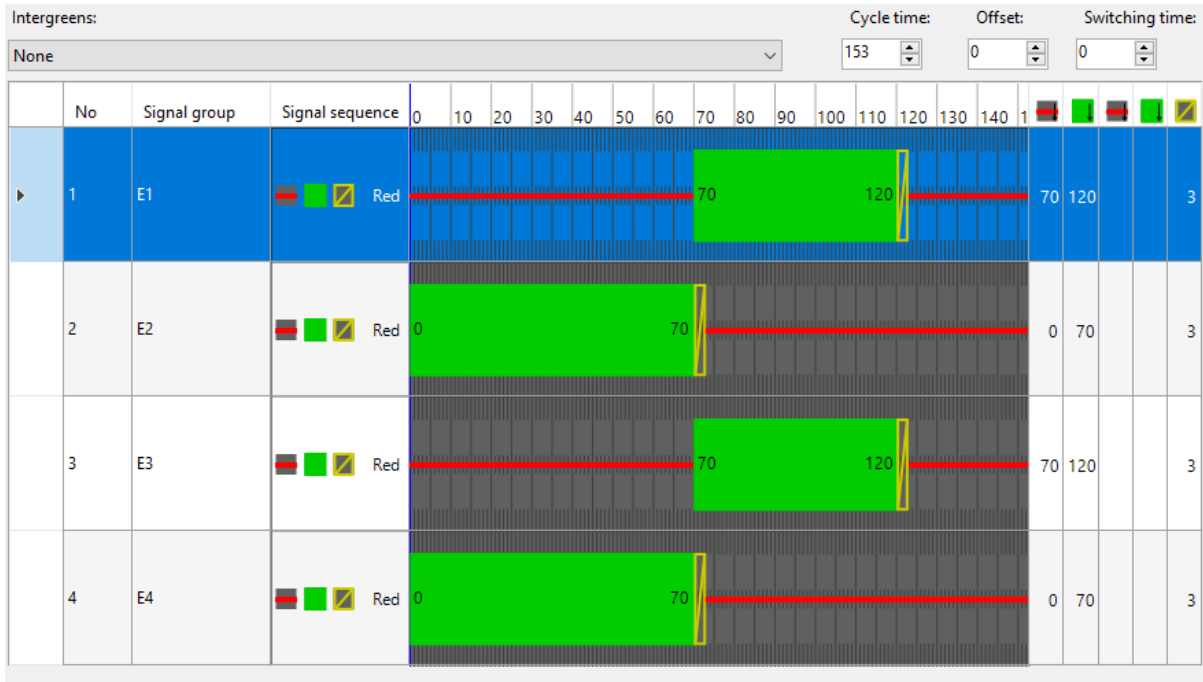
Rojo: 80 segundos

Ámbar: 3 segundos

Verde: 70 segundos

Figura 20

Sincronización y duración de los 4 semáforos



3.5.5. Aforo vehicular

- **Volumen de máxima demanda**

Se realizó el aforo vehicular del lunes 12 al domingo 18 de agosto de año 2024 de 7:00 a.m. a 8:00 p.m. con intervalos de 15 minutos, en 4 estaciones de acuerdo a su giro (derecha, de frente e izquierda), de las cuales se aprecian el volumen de máxima demanda que es el día viernes 16 de agosto del año 2024 de la cual se presenta el resultado por total de giros con intervalos de 1 hora de las cuatro estaciones.

Tabla 11

Volumen de vehículos por hora de las 4 estaciones.

Hora	E1	E2	E3	E4	Total
07:00-08:00	925	986	1 014	1 939	4 864
08:00-09:00	944	1 009	821	1 765	4 539
09:00-10:00	781	846	788	1 569	3 984
10:00-11:00	636	855	826	1 462	3 779

11:00-12:00	941	825	710	1 651	4 127
12:00-13:00	1 175	818	760	1 935	4 688
13:00-14:00	1 234	866	812	2 046	4 958
14:00-15:00	813	757	707	1 520	3 797
15:00-16:00	680	678	750	1 430	3 538
16:00-17:00	634	672	681	1 315	3 302
17:00-18:00	743	657	688	1 431	3 519
18:00-19:00	1 366	819	696	2 062	4 943
19:00-20:00	1 497	750	651	2 148	5 046

Con el total de vehículos por hora de las 4 estaciones se identificó la hora máxima con el mayor volumen de vehículos que es de las 19:00 a las 20:00 horas del día con un total de 5046 vehículos.

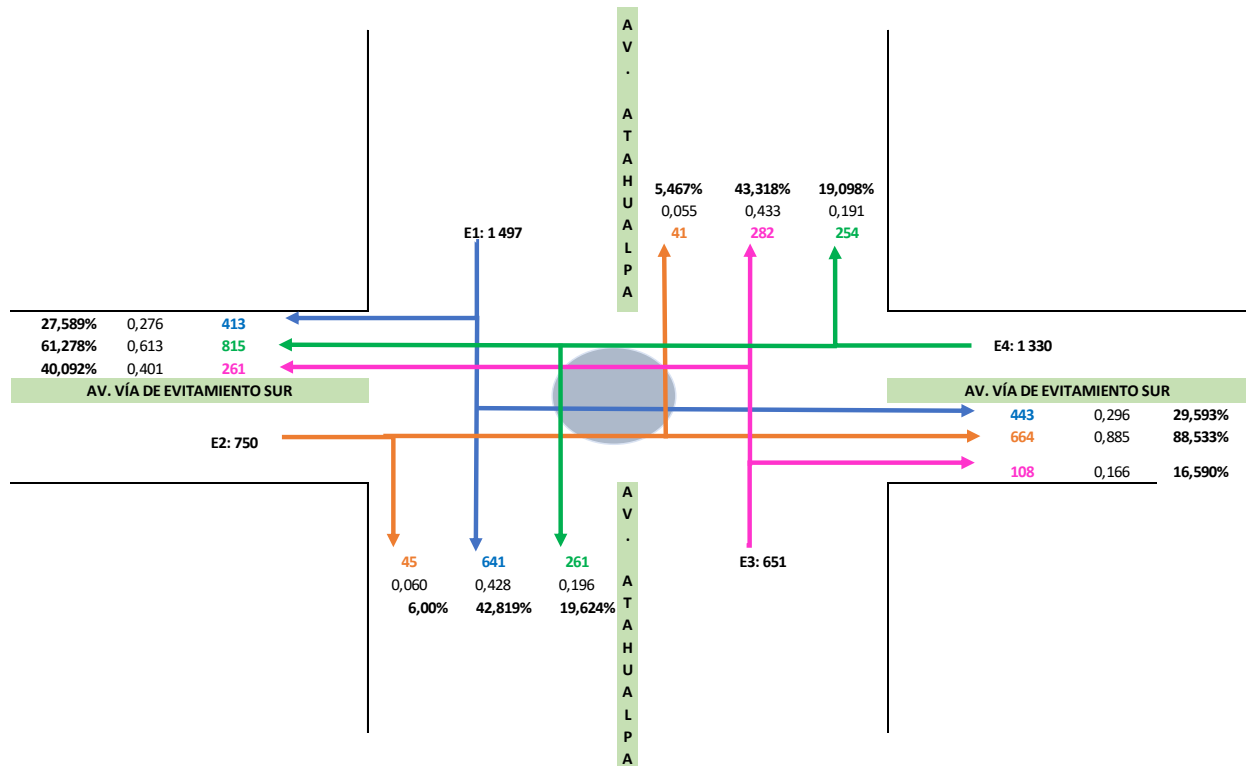
- **Distribución de vehículos por giro**

Los resultados del porcentaje de los vehículos de acuerdo al volumen de máxima demanda de acuerdo a su giro (derecha, de frente e izquierda) se presenta a continuación:

- Situación actual: Se ha considerado los datos actuales tomados en campo de la hora de volumen de máxima demanda.

Figura 21

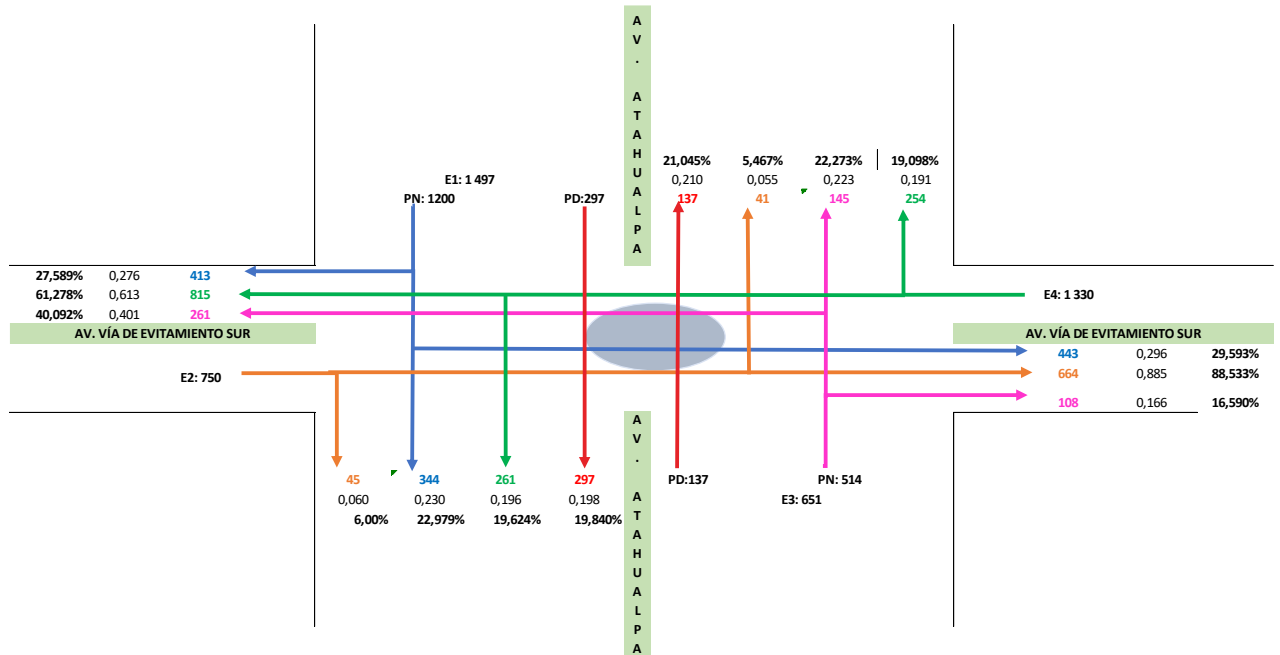
Porcentaje de vehículos por giro con la situación actual



- Implementación del paso a desnivel: Se ha considerado el porcentaje considerando que solo Autos / S. Wagon y Pick Up – Panel transitarán en el paso a desnivel.

Figura 22

Porcentaje de vehículos por giro con la implementación del paso a desnivel



- Composición vehicular**

Los resultados de la composición vehicular ha sido la suma del volumen de todos los vehículos de los 3 giros (derecha, de frente e izquierda)

- Situación actual: Se ha considerado los datos actuales de la hora de volumen de máxima demanda.

Tabla 12

Composición vehicular en la situación actual

Tipo de vehículo	E1			E2			E3			E4		
	N° Veh.	% Veh.	Dist. PTV Vissim	N° Veh.	% Veh.	Dist. PTV Vissim	N° Veh.	% Veh.	Dist. PTV Vissim	N° Veh.	% Veh.	Dist. PTV Vissim
Mototaxi	21 071	29,18 %	0,292	25 494	33,65 %	0,336	23 222	34,60 %	0,346	33 485	38,66 %	0,387
Autos / S. Wagon	19 468	26,96 %	0,270	21 765	28,73 %	0,287	26 582	39,60 %	0,396	27 631	31,90 %	0,319
Pick Up - Panel	17 066	23,63 %	0,236	13 698	18,08 %	0,181	8 011	11,94 %	0,119	12 357	14,27 %	0,143
Microbus	30	0,04 %	0,000	27	0,04 %	0,000	1 378	2,05 %	0,021	1 881	2,17 %	0,022
Rural Combi	13 727	19,01 %	0,190	11 757	15,52 %	0,155	6 945	10,35 %	0,103	2 033	2,35 %	0,023
B2	80	0,11 %	0,001	370	0,49 %	0,005	133	0,20 %	0,002	382	0,44 %	0,004
B3	59	0,08 %	0,001	311	0,41 %	0,004	133	0,20 %	0,002	242	0,28 %	0,003
C2	233	0,32 %	0,003	959	1,27 %	0,013	281	0,42 %	0,004	6 046	6,98 %	0,070
C3	148	0,20 %	0,002	709	0,94 %	0,009	152	0,23 %	0,002	1 748	2,02 %	0,020
T3S2	116	0,16 %	0,002	252	0,33 %	0,003	88	0,13 %	0,001	274	0,32 %	0,003
T3S3	104	0,14 %	0,001	199	0,26 %	0,003	83	0,12 %	0,001	365	0,42 %	0,004
2T2	74	0,10 %	0,001	127	0,17 %	0,002	62	0,09 %	0,001	98	0,11 %	0,001
2T3	38	0,05 %	0,001	95	0,13 %	0,001	48	0,07 %	0,001	76	0,09 %	0,001
Total	72 214	100 %	1	75 763	100 %	1	67 118	100 %	1	86 618	100 %	1

- Implementación del paso a desnivel: Se ha considerado el porcentaje considerando que solo Autos / S. Wagon y Pick Up – Panel transitarán en el paso a desnivel.

Tabla 13

Composición vehicular que transitaran por debajo del paso a desnivel

Tipo de vehículo	E1			E2			E3			E4		
	N° Veh.	% Veh.	Dist. PTV Vissim	N° Veh.	% Veh.	Dist. PTV Vissim	N° Veh.	% Veh.	Dist. PTV Vissim	N° Veh.	% Veh.	Dist. PTV Vissim
Mototaxi	21 071	59,06 %	0,591	25 494	33,65 %	0,336	23 222	71,40 %	0,346	33 485	38,66 %	0,387
Autos / S. Wagon	0	0,00 %	0,000	21 765	28,73 %	0,287	0	0,00 %	0,000	27 631	31,90 %	0,319
Pick Up - Panel	0	0,00 %	0,000	13 698	18,08 %	0,181	0	0,00 %	0,000	12 357	14,27 %	0,143
Microbus	30	0,08 %	0,001	27	0,04 %	0,000	1 378	4,24 %	0,021	1 881	2,17 %	0,022
Rural Combi	13 727	38,47 %	0,385	11 757	15,52 %	0,155	6 945	21,35 %	0,103	2 033	2,35 %	0,023
B2	80	0,22 %	0,002	370	0,49 %	0,005	133	0,41 %	0,002	382	0,44 %	0,004
B3	59	0,17 %	0,002	311	0,41 %	0,004	133	0,41 %	0,002	242	0,28 %	0,003
C2	233	0,65 %	0,007	959	1,27 %	0,013	281	0,86 %	0,004	6 046	6,98 %	0,070
C3	148	0,41 %	0,004	709	0,94 %	0,009	152	0,47 %	0,002	1 748	2,02 %	0,020
T3S2	116	0,33 %	0,003	252	0,33 %	0,003	88	0,27 %	0,001	274	0,32 %	0,003
T3S3	104	0,29 %	0,003	199	0,26 %	0,003	83	0,26 %	0,001	365	0,42 %	0,004
2T2	74	0,21 %	0,002	127	0,17 %	0,002	62	0,19 %	0,001	98	0,11 %	0,001
2T3	38	0,11 %	0,001	95	0,13 %	0,001	48	0,15 %	0,001	76	0,09 %	0,001
Total	35 680	100 %	1	75 763	100 %	1	32 525	100 %	1	86 618	100 %	1

Tabla 14

Composición vehicular que transitarán por el paso a desnivel

Tipo de Vehículo	E1			E2			E3			E4		
	N° Veh.	% Veh.	Dist. PTV Vissim	N° Veh.	% Veh.	Dist. PTV Vissim	N° Veh.	% Veh.	Dist. PTV Vissim	N° Veh.	% Veh.	Dist. PTV Vissim
Autos / S. Wagon	19 468	53,29 %	0,533				26 582	76,84 %	0,768			
Pick Up - Panel	17 066	46,71 %	0,467				8 011	23,16 %	0,119			
Total	36 534	100 %	1	0	0	0	34 593	100 %	1	0	0	0

- **IMDa**

Los resultados de todo el aforo vehicular realizado por los 7 días de la semana ya antes mencionado para la clasificación de la vía, de acuerdo a su giro de las 4 estaciones se presenta el cálculo siguiente:

- E1

Tabla 15

Cálculo del IMDa de los que giran a la derecha de la E1

CÁLCULO DEL IMDA DE LOS GIRAN A LA DERECHA

ESTACION : E1
INTERSECCIÓN : CRUCE DE LA AVENIDA ATAHUALPA Y LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR

DIA														TOTAL
	Mototaxi	Autos / S. Wagon	Pick Up - Panel	Microbus	Rural Combi	B2	B3	C2	C3	T3S2	T3S3	2T2	2T3	
LUNES	1159	1080	780	1	91	3	2	5	7	7	7	6	1	3149
MARTES	1010	911	626	0	52	3	4	5	3	5	3	2	1	2625
MIÉRCOLES	942	830	679	2	53	2	2	11	7	14	11	1	5	2559
JUEVES	1071	884	728	2	49	2	1	16	7	3	3	2	0	2768
VIERNES	1235	1202	1014	1	60	3	2	23	8	6	1	4	1	3560
SÁBADO	974	907	906	0	58	2	2	12	11	10	6	4	1	2893
DOMINGO	804	641	525	0	69	6	2	2	6	2	2	1	0	2060
TOTAL SEMANA	7195	6455	5258	6	432	21	15	74	49	47	33	20	9	19614
IMDs	1028	922	751	1	62	3	2	11	7	7	5	3	1	2803
IMDA	-	841	685	1	57	3	2	11	7	7	5	3	1	1623

Nota. Cálculo del IMDa de los que giran a la derecha. Tomado de Ministerio de transportes y comunicaciones

Índice medio diario semanal: No es tomado en cuenta los mototaxis y el promedio diarios se ha calculado en función a los 7 días que se ha realizado el aforo de acuerdo al tipo de vehículo.

$$IMDs = \frac{\sum Vl + Vs + Vd}{7}$$

- Para vehículos ligeros

$$IMDs = \frac{6\ 455 + 5\ 258 + 6 + 432 + 21 + 15}{7} = 1\ 741$$

- Para vehículos pesados

$$IMDs = \frac{74 + 49 + 47 + 33 + 20 + 9}{7} = 33$$

Índice medio diario anual:

$$MDa = IMDs * FCm$$

Fc veh. Ligeros = 0.912 293

Fc veh. Pesados = 1.026 060

- Para vehículos ligeros

$$IMDa = 1\,741 * 0.912\,293 = 1\,589$$

- Para vehículos pesados

$$IMDa = 33 * 1.026\,060 = 34$$

- El IMDa= 1 589+34=1 623 veh/día

Tabla 16

Cálculo del IMDa de los que van de frente de la E1

CALCULO DEL IMDA DE LOS VAN DEFRENTE

ESTACION : E 1
INTERSECCIÓN : CRUCE DE LA AVENIDA ATAHUALPA Y LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR

DIA														TOTAL
	Mototaxi	Autos / S. Wagon	Pick Up - Panel	Microbus	Rural Combi	B2	B3	C2	C3	T3S2	T3S3	2T2	3T2	
LUNES	1091	1035	1026	2	1922	11	12	16	10	6	4	9	2	5146
MARTES	855	907	886	1	1917	5	4	5	3	5	6	4	2	4600
MIÉRCOLES	924	793	732	1	1902	5	2	13	11	10	7	2	5	4407
JUEVES	1063	894	831	2	1929	6	2	18	16	3	4	1	1	4770
VIERNES	1174	1163	1083	3	1932	4	2	17	4	4	5	4	2	5397
SÁBADO	1048	1047	1046	2	1892	6	4	7	6	3	3	6	5	5075
DOMINGO	868	640	491	2	1547	6	5	7	2	1	5	4	2	3580
TOTAL SEMANA	7023	6479	6095	13	13041	43	31	83	52	32	34	30	19	32975
IMDs	1003	926	871	2	1863	6	4	12	7	5	5	4	3	4711
IMDA	-	845	795	2	1700	5	4	12	7	5	5	4	3	3387

Nota. Cálculo del IMDa de los que van de frente. Tomado de Ministerio de transportes y comunicaciones

Tabla 17

Cálculo del IMDa de los que giran a la izquierda de la E1

CÁLCULO DEL IMDA DE LOS GIRAN A LA IZQUIERDA

ESTACION : E 1
INTERSECCIÓN : CRUCE DE LA AVENIDA ATAHUALPA Y LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR

DIA														TOTAL
	Mototaxi	Autos / S. Wagon	Pick Up - Panel	Microbus	Rural Combi	B2	B3	C2	C3	T3S2	T3S3	2T2	2T3	
LUNES	1024	1131	899	2	57	7	1	12	4	3	7	2	3	3152
MARTES	992	894	731	1	23	2	5	3	5	5	5	4	0	2670
MIÉRCOLES	1018	890	759	2	40	2	1	18	10	11	6	1	1	2759
JUEVES	970	935	869	2	38	1	0	21	9	6	7	5	0	2863
VIERNES	1084	1190	1063	3	36	2	2	18	7	2	2	3	0	3412
SÁBADO	952	761	760	1	32	0	2	2	6	5	6	4	5	2536
DOMINGO	813	733	632	0	28	2	2	2	6	5	4	5	1	2233
TOTAL SEMANA	6853	6534	5713	11	254	16	13	76	47	37	37	24	10	19625
IMDs	979	933	816	2	36	2	2	11	7	5	5	3	1	2802
IMDA	-	851	744	2	33	2	2	11	7	5	5	3	1	1666

Nota. Cálculo del IMDa de los que giran a la izquierda. Tomado de Ministerio de transportes y comunicaciones

- E2

Tabla 18

Cálculo del IMDa de los que giran a la derecha de la E2

CÁLCULO DEL IMDA DE LOS GIRAN A LA DERECHA

ESTACION : E 2
INTERSECCIÓN : CRUCE DE LA AVENIDA ATAHUALPA Y LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR

DIA														TOTAL
	Mototaxi	Autos / S. Wagon	Pick Up - Panel	Microbus	Rural Combi	B2	B3	C2	C3	T3S2	T3S3	2T2	2T3	
LUNES	124	120	121	0	91	7	4	20	16	4	0	2	0	509
MARTES	158	150	159	0	135	8	0	4	3	1	1	0	0	619
MIÉRCOLES	167	169	133	0	142	0	0	1	10	2	0	0	1	625
JUEVES	200	204	183	0	120	4	7	13	7	5	4	0	0	747
VIERNES	151	139	120	0	81	3	5	5	2	3	3	0	0	512
SÁBADO	125	110	103	0	85	1	4	8	4	1	2	0	1	444
DOMINGO	145	136	148	0	139	1	0	0	0	0	0	1	1	571
TOTAL SEMANA	1070	1028	967	0	793	24	20	51	42	16	10	3	3	4027
IMDs	153	147	138	0	113	3	3	7	6	2	1	0	0	573
IMDA	-	134	126	0	103	3	3	7	6	2	1	0	0	385

Nota. Cálculo del IMDa de los que giran a la derecha. Tomado de Ministerio de transportes y comunicaciones

Tabla 19

Cálculo del IMDa de los que van de frente de la E2

CALCULO DEL IMDA DE LOS VAN DEFRENTE

ESTACION : E 2
 INTERSECCIÓN : CRUCE DE LA AVENIDA ATAHUALPA Y LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR

DIA														TOTAL
	Mototaxi	Autos / S. Wagon	Pick Up - Panel	Microbus	Rural Combi	B2	B3	C2	C3	T3S2	T3S3	2T2	3T2	
LUNES	3438	2702	1498	9	1407	68	62	199	155	42	21	13	11	9625
MARTES	3115	2955	2206	2	1672	26	29	109	56	22	23	18	14	10247
MIÉRCOLES	3786	3292	1576	2	1432	24	24	38	59	23	22	13	17	10308
JUEVES	3504	2996	1641	5	1232	58	43	109	100	27	39	16	5	9775
VIERNES	3565	2693	1451	2	1203	48	40	160	118	32	27	18	13	9370
SÁBADO	2146	1899	1624	1	1547	34	37	150	76	34	25	12	11	7596
DOMINGO	3639	3031	1674	1	1628	19	22	50	74	41	24	23	16	10242
TOTAL SEMANA	23193	19568	11670	22	10121	277	257	815	638	221	181	113	87	67163
IMDs	3313	2795	1667	3	1446	40	37	116	91	32	26	16	12	9594
IMDA	-	2550	1521	3	1319	36	34	119	93	33	27	16	12	5763

Nota. Cálculo del IMDa de los que van de frente. Tomado de Ministerio de transportes y comunicaciones

Tabla 20

Cálculo del IMDa de los que giran a la izquierda de la E2

CALCULO DEL IMDA DE LOS GIRAN A LA IZQUIERDA

ESTACION : E 2
 INTERSECCIÓN : CRUCE DE LA AVENIDA ATAHUALPA Y LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR

DIA														TOTAL
	Mototaxi	Autos / S. Wagon	Pick Up - Panel	Microbus	Rural Combi	B2	B3	C2	C3	T3S2	T3S3	2T2	2T3	
LUNES	144	148	115	1	111	8	6	11	10	2	1	2	0	559
MARTES	149	164	154	1	140	6	1	4	0	0	1	1	2	623
MIÉRCOLES	170	165	141	1	114	8	2	10	0	1	1	2	0	615
JUEVES	306	255	232	1	136	17	8	16	7	6	0	2	1	987
VIERNES	178	153	147	0	130	18	9	10	5	2	1	2	1	656
SÁBADO	142	139	118	0	100	12	6	14	5	3	2	2	0	543
DOMINGO	142	145	154	1	112	0	2	28	2	1	2	0	1	590
TOTAL SEMANA	1231	1169	1061	5	843	69	34	93	29	15	8	11	5	4573
IMDs	176	167	152	1	120	10	5	13	4	2	1	2	1	654
IMDA	-	152	139	1	109	9	5	13	4	2	1	2	1	438

Nota. Cálculo del IMDa de los que giran a la izquierda. Tomado de Ministerio de transportes y comunicaciones

Tabla 21

Cálculo del IMDa de los que giran a la derecha de la E3

CÁLCULO DEL IMDA DE LOS GIRAN A LA DERECHA

ESTACION : E 3
INTERSECCIÓN : CRUCE DE LA AVENIDA ATAHUALPA Y LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR

DIA														TOTAL
	Mototaxi	Autos / S. Wagon	Pick Up - Panel	Microbus	Rural Combi	B2	B3	C2	C3	T3S2	T3S3	2T2	2T3	
LUNES	1463	1728	445	171	53	5	3	10	4	4	5	1	1	3893
MARTES	1474	1683	427	175	48	5	2	9	1	1	2	2	2	3831
MIÉRCOLES	1447	1664	409	150	47	6	3	7	10	1	3	3	1	3751
JUEVES	1424	1733	468	194	48	5	2	5	4	3	4	3	3	3896
VIERNES	1420	1736	433	184	46	8	2	10	10	1	4	2	1	3857
SÁBADO	1405	1605	406	155	48	4	1	6	3	2	4	2	0	3641
DOMINGO	1308	1533	382	141	39	5	4	3	5	3	2	1	1	3427
TOTAL SEMANA	9941	11682	2970	1170	329	38	17	50	37	15	24	14	9	26296
IMDs	1420	1669	424	167	47	5	2	7	5	2	3	2	1	3754
IMDA	-	1523	387	152	43	5	2	7	5	2	3	2	1	2132

Nota. Cálculo del IMDa de los que giran a la derecha. Tomado de Ministerio de transportes y comunicaciones

Tabla 22

Cálculo del IMDa de los que van de frente de la E3

CÁLCULO DEL IMDA DE LOS VAN DEFRENTE

ESTACION : E 3
INTERSECCIÓN : CRUCE DE LA AVENIDA ATAHUALPA Y LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR

DIA														TOTAL
	Mototaxi	Autos / S. Wagon	Pick Up - Panel	Microbus	Rural Combi	B2	B3	C2	C3	T3S2	T3S3	2T2	3T2	
LUNES	1342	1662	408	23	920	14	14	30	16	11	4	4	4	4452
MARTES	1356	1595	400	18	911	5	16	25	12	8	6	5	5	4362
MIÉRCOLES	1298	1604	383	16	929	8	14	19	12	8	8	3	2	4304
JUEVES	1348	1601	422	9	975	6	11	21	9	8	4	4	3	4421
VIERNES	1327	1612	399	9	963	11	14	29	9	3	6	4	4	4390
SÁBADO	1296	1447	353	19	841	7	4	13	10	5	3	3	3	4004
DOMINGO	1219	1382	344	14	793	7	12	7	6	3	4	3	2	3796
TOTAL SEMANA	9186	10903	2709	108	6332	58	85	144	74	46	35	26	23	29729
IMDs	1312	1558	387	15	905	8	12	21	11	7	5	4	3	4248
IMDA	-	1421	353	14	826	7	11	22	11	7	5	4	3	2684

Nota. Cálculo del IMDa de los que van de frente. Tomado de Ministerio de transportes y comunicaciones

Tabla 23

Cálculo del IMDa de los que giran a la izquierda de la E3

CÁLCULO DEL IMDA DE LOS GIRAN A LA IZQUIERDA

ESTACION : E 3
 INTERSECCIÓN : CRUCE DE LA AVENIDA ATAHUALPA Y LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR

DIA														TOTAL
	Mototaxi	Autos / S. Wagon	Pick Up - Panel	Microbus	Rural Combi	B2	B3	C2	C3	T3S2	T3S3	2T2	2T3	
LUNES	639	607	348	17	41	9	5	23	4	5	3	4	3	1708
MARTES	622	612	348	18	44	7	4	11	5	4	3	3	2	1683
MIÉRCOLES	629	611	351	14	47	6	7	14	12	3	4	4	3	1705
JUEVES	598	582	367	9	48	3	3	12	5	5	7	4	3	1646
VIERNES	592	612	356	16	37	4	6	11	9	5	3	4	2	1657
SÁBADO	528	502	310	16	45	5	1	12	4	3	3	0	2	1431
DOMINGO	487	471	252	10	22	3	5	4	2	2	1	3	1	1263
TOTAL SEMANA	4095	3997	2332	100	284	37	31	87	41	27	24	22	16	11093
IMDs	585	571	333	14	41	5	4	12	6	4	3	3	2	1583
IMDA	-	521	304	13	37	5	4	12	6	4	3	3	2	914

Nota. Cálculo del IMDa de los que giran a la izquierda. Tomado de Ministerio de transportes y comunicaciones

- E4

Tabla 24

Cálculo del IMDa de los que giran a la derecha de la E4

CÁLCULO DEL IMDA DE LOS GIRAN A LA DERECHA

ESTACION : E 4
 INTERSECCIÓN : CRUCE DE LA AVENIDA ATAHUALPA Y LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR

DIA														TOTAL
	Mototaxi	Autos / S. Wagon	Pick Up - Panel	Microbus	Rural Combi	B2	B3	C2	C3	T3S2	T3S3	2T2	2T3	
LUNES	1213	1075	322	5	57	8	3	159	22	15	12	0	0	2891
MARTES	639	574	375	7	102	7	8	50	10	6	6	6	5	1795
MIÉRCOLES	896	495	166	7	38	5	7	54	6	15	13	5	9	1716
JUEVES	1026	984	223	7	27	9	12	128	16	13	11	6	4	2466
VIERNES	1039	949	325	2	84	12	5	165	72	7	11	1	0	2672
SÁBADO	982	930	575	5	33	6	1	156	47	6	9	2	0	2752
DOMINGO	585	583	194	8	20	6	1	113	7	8	2	2	0	1529
TOTAL SEMANA	6380	5590	2180	41	361	53	37	825	180	70	64	22	18	15821
IMDs	911	799	311	6	52	8	5	118	26	10	9	3	3	2261
IMDA	-	729	284	5	47	7	5	121	27	10	9	3	3	1250

Nota. Cálculo del IMDa de los que giran a la derecha. Tomado de Ministerio de transportes y comunicaciones

Tabla 25

Cálculo del IMDa de los que van de frente de la E4

CALCULO DEL IMDA DE LOS VAN DEFRENTE

ESTACION : E 4
INTERSECCIÓN : CRUCE DE LA AVENIDA ATAHUALPA Y LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR

DIA														TOTAL
	Mototaxi	Autos / S. Wagon	Pick Up - Panel	Microbus	Rural Combi	B2	B3	C2	C3	T3S2	T3S3	2T2	3T2	
LUNES	4007	2996	1156	10	172	22	16	913	256	32	43	3	2	9628
MARTES	2576	2324	1005	6	154	29	17	467	257	18	18	6	4	6881
MIÉRCOLES	2179	1558	1080	5	165	28	17	475	130	28	41	9	12	5727
JUEVES	3411	2903	1340	5	210	40	28	579	183	25	52	7	6	8789
VIERNES	3573	3046	1228	4	226	42	21	807	302	19	42	8	3	9321
SÁBADO	3000	2474	1127	5	151	47	30	706	192	27	45	3	0	7807
DOMINGO	2189	1610	1042	6	228	38	30	174	89	7	5	2	1	5421
TOTAL SEMANA	20935	16911	7978	41	1306	246	159	4121	1409	156	246	38	28	53574
IMDs	2991	2416	1140	6	187	35	23	589	201	22	35	5	4	7654
IMDA	-	2204	1040	5	171	32	21	604	206	23	36	5	4	4351

Nota. Cálculo del IMDa de los que van de frente. Tomado de Ministerio de transportes y comunicaciones

Tabla 26

Cálculo del IMDa de los que giran a la izquierda de la E4

CALCULO DEL IMDA DE LOS GIRAN A LA IZQUIERDA

ESTACION : E 4
INTERSECCIÓN : CRUCE DE LA AVENIDA ATAHUALPA Y LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR

DIA														TOTAL
	Mototaxi	Autos / S. Wagon	Pick Up - Panel	Microbus	Rural Combi	B2	B3	C2	C3	T3S2	T3S3	2T2	2T3	
LUNES	1054	926	340	252	46	9	4	144	36	5	1	3	1	2821
MARTES	855	625	371	258	96	12	11	167	11	9	8	5	8	2436
MIÉRCOLES	858	471	223	259	35	9	2	123	7	7	18	8	11	2031
JUEVES	998	918	196	259	36	14	9	126	24	8	14	9	5	2616
VIERNES	1009	907	393	259	75	15	10	220	35	10	6	10	3	2952
SÁBADO	835	790	518	255	45	11	5	145	39	2	6	1	1	2653
DOMINGO	561	493	158	257	33	13	5	175	7	7	2	2	1	1714
TOTAL SEMANA	6170	5130	2199	1799	366	83	46	1100	159	48	55	38	30	17223
IMDs	881	733	314	257	52	12	7	157	23	7	8	5	4	2460
IMDA	-	669	286	234	47	11	6	161	24	7	8	5	4	1462

Nota. Cálculo del IMDa de los que giran a la izquierda. Tomado de Ministerio de transportes y comunicaciones

3.5.6. Ingreso de datos en el software PTV Vissim

- Se ha agregado los volúmenes de tráfico de las avenidas y los tiempos de semáforo de cada avenida con su respectiva sincronización.

Figura 23

Volúmenes de tráfico

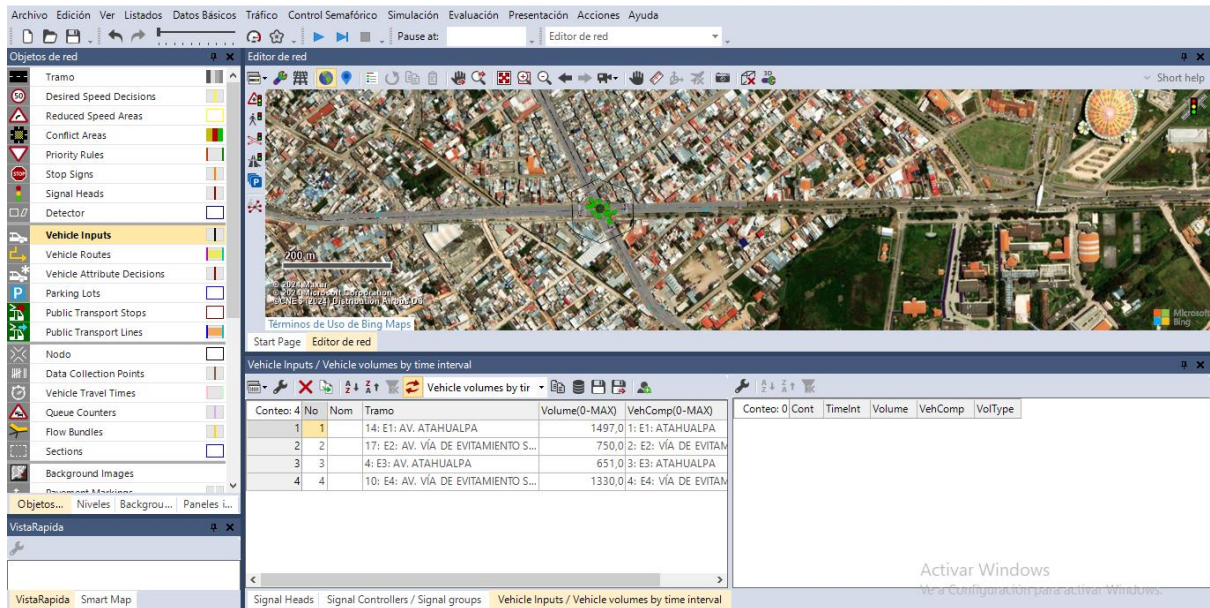
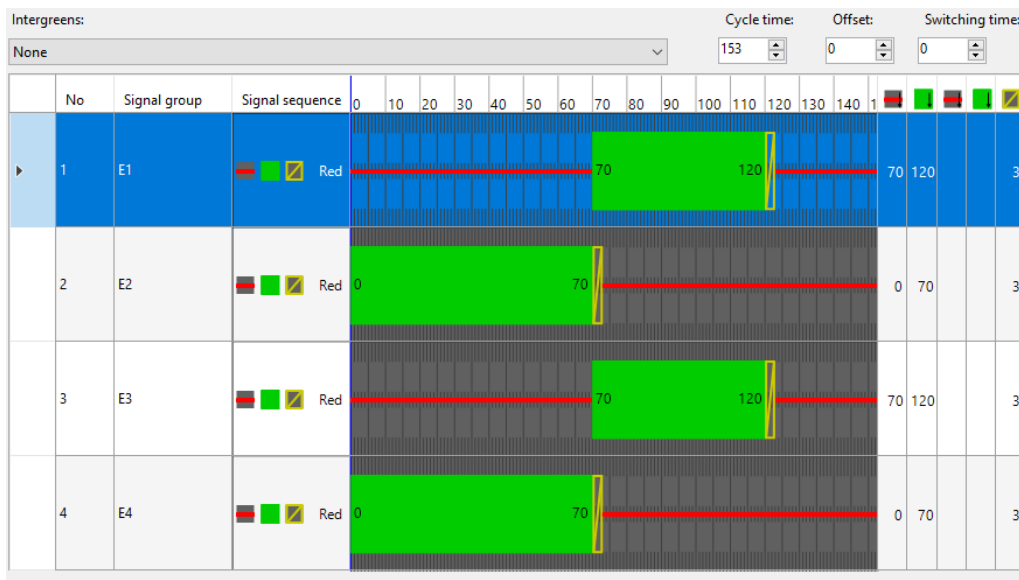


Figura 24

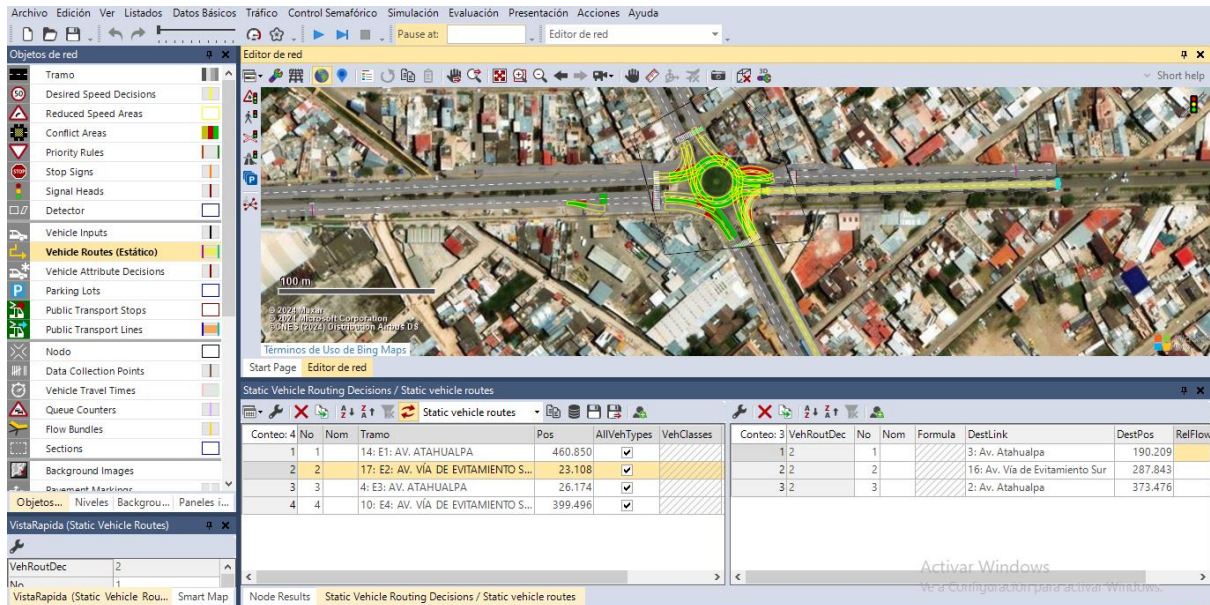
Tiempos de sincronización para los semáforos de las avenidas



- Situación actual: Se ha agregado la composición de vehículos, tipo de giro, porcentajes de acuerdo al giro y prioridad de pase.

Figura 25

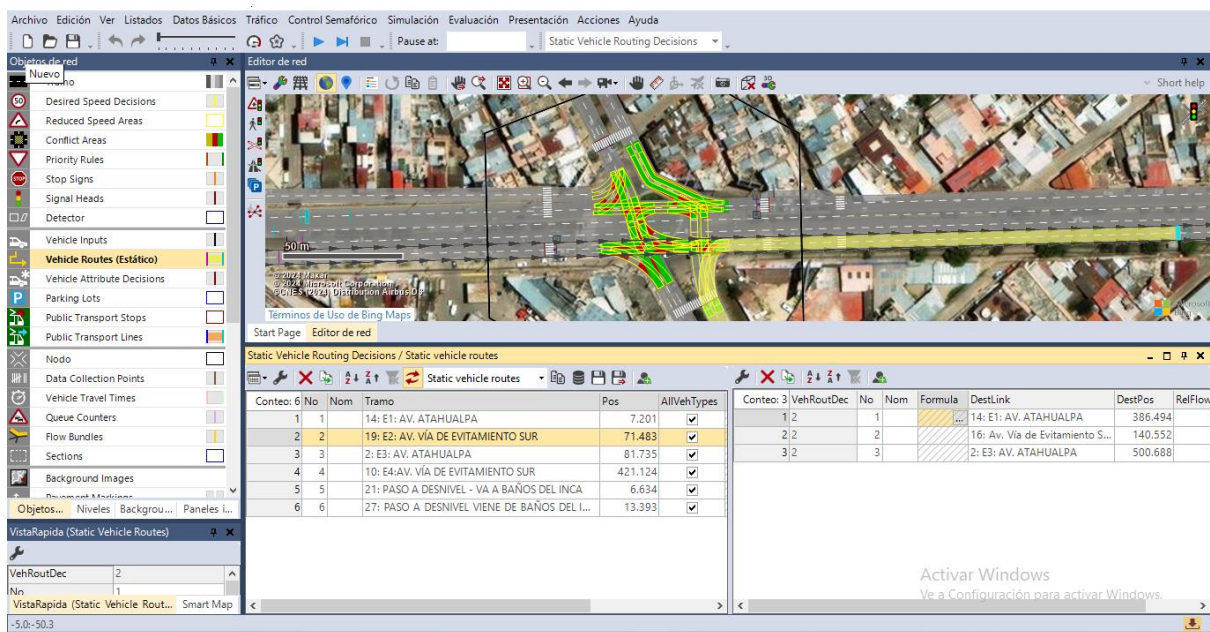
Selección de la ruta de la situación actual



- Implementación del paso a desnivel: Se ha agregado la composición de vehículos, tipo de giro, porcentajes de acuerdo al giro y prioridad de pase.

Figura 26

Selección de la ruta con la implementación del paso a desnivel



3.5.7. Ejecución para los resultados del software PTV Vissim

- Para la simulación en el software PTV Vissim en la situación actual

Figura 27

Simulación de la situación actual



Figura 28

Resultados del Software PTV Vissim de la situación actual

01. VIDEO.inpx - PTV Vissim 2024 (SP 07) - Versión de estudiante

Archivo Edición Ver Listados Datos Básicos Tráfico Control Semafórico Simulación Evaluación Presentación Acciones Ayuda

Objetos de red

- Tramo
 - Desired Speed Decisions
 - Reduced Speed Areas
 - Conflict Areas
 - Priority Rules
 - Stop Signs
 - Signal Heads
 - Detector
- Vehicle Inputs
- Vehicle Routes
- Vehicle Attribute Decisions
- Parking Lots
- Public Transport Stops
- Public Transport Lines
- Nodo
- Data Collection Points
- Vehicle Travel Times
- Queue Counters
- Flow Bundles
- Sections
- Background Images
- Pavement Markings

Editor de red

Node Results

Conteo	S...	TimeInt	Movement	QLen	LOS(todos)	VehDelay(todos)	StopDelay(todos)	Paradas(todos)	EmissionsCO
1	1	0-3600	2: NODO 1 - 4: E3: AV. ATAHUALPA @156.8 - 2: Av. Atahualpa@26.3	23,84	LOS_D	54,59	36,73	2,07	90,559
2	1	0-3600	2: NODO 1 - 4: E3: AV. ATAHUALPA @156.8 - 3: Av. Atahualpa@32.4	23,84	LOS_A				
3	1	0-3600	2: NODO 1 - 4: E3: AV. ATAHUALPA @156.8 - 6: Av. Vía de Evitamiento Sur@...	23,84	LOS_E	62,13	42,69	2,09	75,472
4	1	0-3600	2: NODO 1 - 4: E3: AV. ATAHUALPA @156.8 - 16: Av. Vía de Evitamiento Sur...	23,84	LOS_D	44,21	27,73	1,73	19,645
5	1	0-3600	2: NODO 1 - 10: E4: AV. VÍA DE EVITAMIENTO SUR@581.9 - 2: Av. Atahualpa...	262,59	LOS_F	131,85	91,71	4,11	35,711
6	1	0-3600	2: NODO 1 - 10: E4: AV. VÍA DE EVITAMIENTO SUR@581.9 - 3: Av. Atahualpa...	262,59	LOS_F	118,04	81,89	4,12	68,840
7	1	0-3600	2: NODO 1 - 10: E4: AV. VÍA DE EVITAMIENTO SUR@581.9 - 6: Av. Vía de Evit...	262,59	LOS_F	156,35	108,57	6,35	250,672
8	1	0-3600	2: NODO 1 - 10: E4: AV. VÍA DE EVITAMIENTO SUR@581.9 - 16: Av. Vía de Evi...	262,59	LOS_A				
9	1	0-3600	2: NODO 1 - 14: E1: AV. ATAHUALPA @668.2 - 2: Av. Atahualpa@26.3	234,42	LOS_A				
10	1	0-3600	2: NODO 1 - 14: E1: AV. ATAHUALPA @668.2 - 3: Av. Atahualpa@32.4	234,42	LOS_F	150,53	116,92	4,15	210,876
11	1	0-3600	2: NODO 1 - 14: E1: AV. ATAHUALPA @668.2 - 6: Av. Vía de Evitamiento Sur...	234,42	LOS_F	104,28	80,72	3,15	72,104
12	1	0-3600	2: NODO 1 - 14: E1: AV. ATAHUALPA @668.2 - 16: Av. Vía de Evitamiento Sur...	234,42	LOS_F	147,80	108,41	4,59	171,422
13	1	0-3600	2: NODO 1 - 17: E2: AV. VÍA DE EVITAMIENTO SUR@348.4 - 2: Av. Atahualpa...	64,40	LOS_F	83,57	63,59	2,60	14,550
14	1	0-3600	2: NODO 1 - 17: E2: AV. VÍA DE EVITAMIENTO SUR@348.4 - 3: Av. Atahualpa...	64,40	LOS_E	63,10	44,02	1,60	10,810
15	1	0-3600	2: NODO 1 - 17: E2: AV. VÍA DE EVITAMIENTO SUR@348.4 - 6: Av. Vía de Evit...	64,40	LOS_A				
16	1	0-3600	2: NODO 1 - 17: E2: AV. VÍA DE EVITAMIENTO SUR@348.4 - 16: Av. Vía de Evi...	64,40	LOS_E	71,29	45,38	3,30	233,236
17	1	0-3600	2: NODO 1	146,31	LOS_F	99,12	70,56	3,52	1148,146

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

216.9--48.7

- Para la simulación en el software PTV Vissim con la implementación del paso a desnivel

Figura 29

Simulación de la implementación del paso a desnivel



Figura 30

Resultados del Software PTV Vissim con la implementación del paso a desnivel

02. VIDEO.inpx - PTV Vissim 2024 (SP 07) - Versión de estudiante

Archivo Edición Ver Listados Datos Básicos Tráfico Control Semafórico Simulación Evaluación Presentación Acciones Ayuda

Objetos de red Editor de red

Tramo

- Desired Speed Decisions
- Reduced Speed Areas
- Conflict Areas
- Priority Rules
- Stop Signs
- Signal Heads
- Detector
- Vehicle Inputs
- Vehicle Routes
- Vehicle Attribute Decisions
- Parking Lots
- Public Transport Stops
- Public Transport Lines
- Nodo
- Data Collection Points
- Vehicle Travel Times
- Queue Counters
- Flow Bundles
- Sections
- Background Images
- Pavement Markings

VistaRapida

VistaRapida Smart Map

113.8.233.0

Node Results

Conteo:	SimRun	TimeInt	Movement	QLen	LOS(todos)	VehDelay(todos)	StopDelay(todos)	Paradas(todos)	EmissionsCO
1	1	0-3600	2: NODO 01 - 2: E3: AV. ATAHUALPA@291.1 - 2: E3: AV. ATAHUALPA...	16,39	LOS_C	29,66	23,84	1,07	17,482
2	1	0-3600	2: NODO 01 - 2: E3: AV. ATAHUALPA@291.1 - 14: E1: AV. ATAHUALPA...	16,39	LOS_A				
3	1	0-3600	2: NODO 01 - 2: E3: AV. ATAHUALPA@291.1 - 20: Av. Vía de Evitami...	16,39	LOS_D	46,21	37,10	1,22	54,679
4	1	0-3600	2: NODO 01 - 2: E3: AV. ATAHUALPA@291.1 - 37: VÍA DE EVITAMIEN...	16,39	LOS_C	26,24	22,06	0,50	11,219
5	1	0-3600	2: NODO 01 - 10: E4:AV. VÍA DE EVITAMIENTO SUR@444.4 - 2: E3: A...	200,04	LOS_E	78,39	56,05	1,85	28,910
6	1	0-3600	2: NODO 01 - 10: E4:AV. VÍA DE EVITAMIENTO SUR@444.4 - 14: E1: A...	200,04	LOS_F	106,49	70,71	3,39	60,737
7	1	0-3600	2: NODO 01 - 10: E4:AV. VÍA DE EVITAMIENTO SUR@444.4 - 18@44.3	200,04	LOS_A				
8	1	0-3600	2: NODO 01 - 10: E4:AV. VÍA DE EVITAMIENTO SUR@444.4 - 20: Av...	200,04	LOS_F	118,18	79,59	3,82	230,778
9	1	0-3600	2: NODO 01 - 10: E4:AV. VÍA DE EVITAMIENTO SUR@444.4 - 37: VÍA...	200,04	LOS_A				
10	1	0-3600	2: NODO 01 - 14: E1: AV. ATAHUALPA @447.8 - 14: E1: AV. ATAHUAL...	148,34	LOS_F	101,30	75,83	2,40	73,931
11	1	0-3600	2: NODO 01 - 14: E1: AV. ATAHUALPA @447.8 - 20: Av. Vía de Evitami...	148,34	LOS_E	75,90	59,63	1,14	55,433
12	1	0-3600	2: NODO 01 - 14: E1: AV. ATAHUALPA @447.8 - 37: VÍA DE EVITAMIE...	148,34	LOS_F	120,10	95,67	3,06	61,484
13	1	0-3600	2: NODO 01 - 19: E2: AV. VÍA DE EVITAMIENTO SUR@273.4 - 2: E3: A...	45,99	LOS_D	46,71	37,43	0,80	7,518
14	1	0-3600	2: NODO 01 - 19: E2: AV. VÍA DE EVITAMIENTO SUR@273.4 - 14: E1:...	45,99	LOS_A	17,09	14,92	0,20	3,296
15	1	0-3600	2: NODO 01 - 19: E2: AV. VÍA DE EVITAMIENTO SUR@273.4 - 20: Av...	45,99	LOS_A				
16	1	0-3600	2: NODO 01 - 19: E2: AV. VÍA DE EVITAMIENTO SUR@273.4 - 37: VÍA...	45,99	LOS_D	37,46	22,94	0,93	122,542
17	1	0-3600	2: NODO 01 - 21: PASO A DESNIVEL - VA A BAÑOS DEL INCA@86.0...	0,00	LOS_A	0,01	0,00	0,00	16,863
18	1	0-3600	2: NODO 01 - 25: PASO A DESNIVEL - VIENE DE BAÑOS DEL INCA@...	0,00	LOS_A	0,00	0,00	0,00	6,905
19	1	0-3600	2: NODO 01	68,46	LOS_E	63,76	45,22	1,78	880,540

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- **Para el aforo de vehículos**

La siguiente tabla exponen la clasificación de la carretera de acuerdo al aforo que se ha realizado para sacar el IMDa.

Tabla 27

Clasificación de las avenidas

Estación	Avenida	Giro	IMDa	Clasificación de carretera
E1	Avenida Atahualpa	Derecha	1 623	- IMDA=3 387 Carretera de 1° clase
		De frente	3 387	
		Izquierda	1 666	
E3	Avenida Atahualpa	Derecha	2 132	- IMDA=2 684 Carretera de 1° clase
		De frente	2 684	
		Izquierda	914	
E2	Avenida Vía de Evitamiento	Derecha	385	- IMDA=5 763 Autopista de 2° clase
		De frente	5 763	
		Izquierda	438	
E4	Sur	Derecha	1 250	- IMDA=4 151 Autopista de 2° clase
		De frente	4 351	
		Izquierda	1 462	

De la tabla se observa que la avenida Atahualpa una carretera de primera clase y la avenida Vía de Evitamiento Sur es una autopista de segunda clase de acuerdo a la DG-2018.

- **Características geométricas de la vía en estudio**

Las siguientes tablas exponen las características geométricas de las avenidas en estudio observadas en campo y determinadas en el levantamiento topográfico.

Tabla 28*Características geométricas de la avenida Atahualpa que va a los Baños del Inca*

Sección 1-1: Avenida Atahualpa		
Características geométricas	Situación actual	Implementación del paso a desnivel
Calzada	8,55	6,00
Muro de contención	0,56	1,15
Vereda	0,98	
Cuneta	0,62	0,30
Calzada	7,30	5,70
Separador central o paso a desnivel	2,40	10,60
Calzada	12,09	6,10
Separador	2,39	4,30
Estacionamiento	3,31	0,60
Vereda	1,70	2,50

De la tabla se observa que al ser la avenida Atahualpa una Carretera de primera clase de acuerdo a la DG-2018 la calzada de 2 carriles de 3,60 m de ancho min si cumple ya que sus calzadas principales son de 7,30 m y 12,09 m, y se puede agregar un paso a desnivel. Y después de la implementación del paso a desnivel sus calzadas principales no cumplen con la DG-2018 que la calzada de 2 carriles de 3,60 m de ancho min. ya que sus calzadas principales disminuyen a 5,70 m y 6,10 m.

Tabla 29

Características geométricas de la avenida Vía de Evitamiento Sur que viene del Hospital Regional Docente

Sección 2-2: Avenida Vía de Evitamiento Sur		
Características geométricas	Situación actual	Implementación del paso a desnivel
Vereda	2,51	2,51
Cuneta	0,50	0,60
Calzada	8,43	8,79
Separador central	2,75	1,37
Calzada	7,65	8,94

Cuneta	1,31	0,60
Vereda	1,00	1,16

De la tabla se observa que al ser la avenida Vía de Evitamiento Sur una Autopista de segunda clase de acuerdo a la DG-2018 el separador central es de 1m a 6 m donde si cumple ya que dicho separador mide 2,75 m y la calzada de 2 carriles de 3,60 m de ancho min si cumple ya que sus calzadas son de 8,43 m y 7,65 m. Y donde dicha avenida ha tenida mejorías después de agregar un paso a desnivel en la avenida Atahualpa, su separador central sigue cumpliendo con la DG-2018 ya que mide 1,37 m y sus calzadas miden 8,79 m y 8,94 m.

Tabla 30

Características geométricas de la avenida Atahualpa que viene de los Baños del Inca

Sección 3-3: Avenida Atahualpa		
Características geométricas	Situación actual	Implementación del paso a desnivel
Vereda	3,74	1,20
Cuneta	0,56	0,60
Calzada	7,32	6,00
Separador central o paso a desnivel	1,99	10,60
Calzada	7,23	6,10
Separador	2,48	1,20
Ciclovia	3,55	3,10
Separador	1,31	-
Cuneta	0,58	0,60
Estacionamiento	3,00	-
Vereda	1,28	2,00

De la tabla se observa que al ser la avenida Atahualpa una Carretera de primera clase de acuerdo a la DG-2018 la calzada de 2 carriles de 3,60 m de ancho min si cumple ya que sus calzadas principales son de 7,32 m y 7,23 m, y se puede agregar un paso a desnivel. Y después de la implementación del paso a desnivel sus calzadas principales no cumplen con la DG-2018 que la calzada de 2 carriles de 3,60 m de ancho min. ya que sus calzadas principales disminuyen a 6,00 m y 6,10 m.

Tabla 31

Características geométricas de la avenida Vía de Evitamiento Sur que va al Hospital Regional Docente

Sección 4-4: Avenida Vía de Evitamiento Sur		
Características geométricas	Situación actual	Implementación del paso a desnivel
Vereda	3,43	4,68
Cuneta	1,05	0,60
Calzada	7,34	7,00
Separador central	2,75	2,00
Calzada	7,39	7,00
Cuneta	0,69	0,60
Vereda	4,43	5,20

De la tabla se observa que al ser la avenida Vía de Evitamiento Sur una Autopista de segunda clase de acuerdo a la DG-2018 el separador central es de 1m a 6 m donde si cumple ya que dicho separador mide 2,75 m y la calzada de 2 carriles de 3,60 m de ancho min si cumple ya que sus calzadas son de 7,34 m y 7,39 m. Y donde dicha avenida ha tenido mejoras después de agregar un paso a desnivel en la avenida Atahualpa, su separador central sigue cumpliendo con la DG-2018 ya que mide 2,00 m y sus calzadas miden 7,00 m y 7,00 m respectivamente.

- **Para la composición de vehículos**

Los siguientes gráficos exponen la composición vehicular de las 4 estaciones con la totalidad de sus giros de acuerdo al aforo que se ha realizado.

Figura 31

Composición de vehículos de la E1

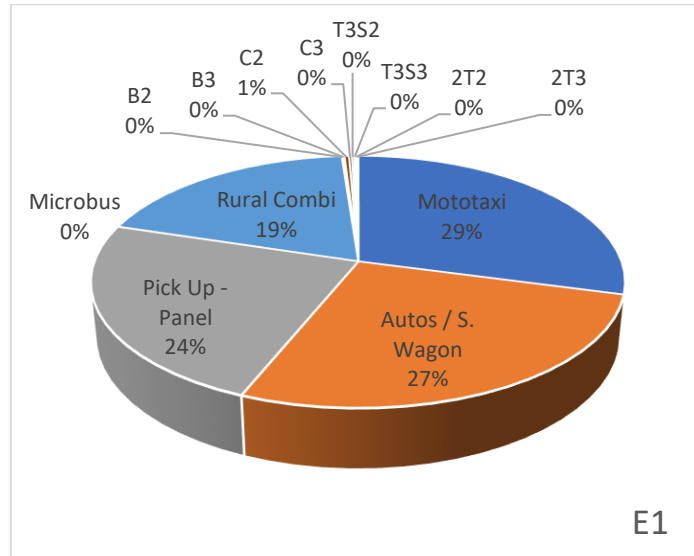


Figura 32

Composición de vehículos de la E2

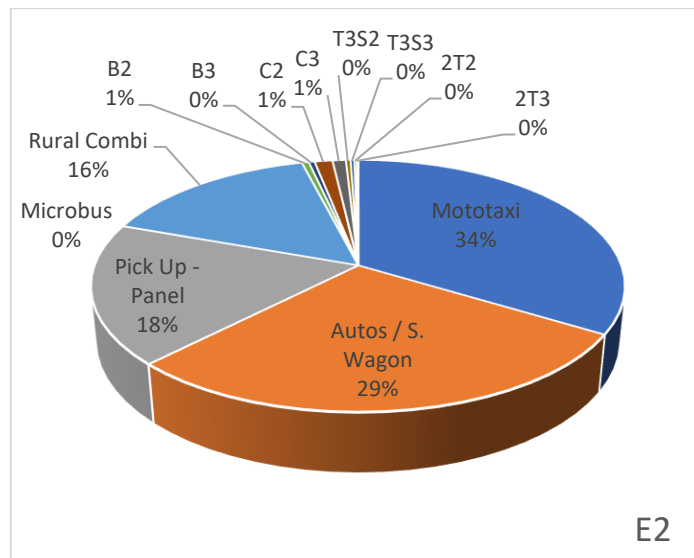


Figura 33

Composición de vehículos de la E3

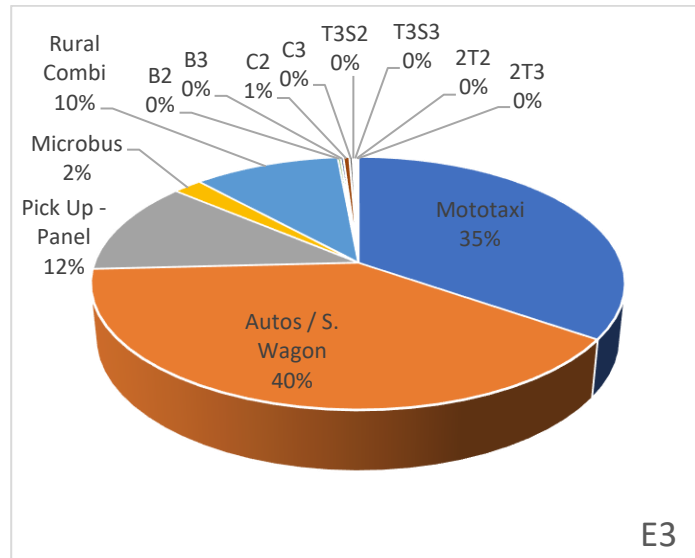
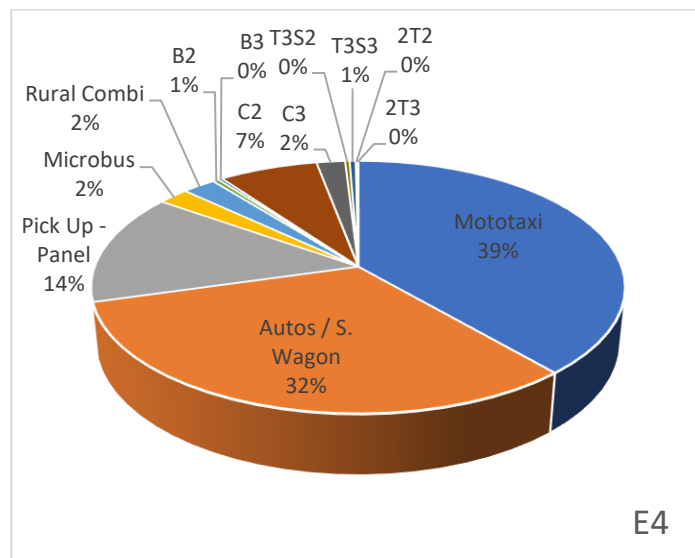


Figura 34

Composición de vehículos de la E4



De los gráficos se observa que en la E1 el mayor porcentaje de vehículos es del 29% en el caso de mototaxis y el 27% de autos/ S. Wagon, de la E2 el mayor porcentaje de vehículos

es del 34% de mototaxis y el 29% de autos/ S. Wagon, para la E3 el mayor porcentaje de vehículos es del 40% de autos/ S. Wagon y el 35% de mototaxis, y para la E4 el mayor porcentaje de vehículos es del 39% de mototaxis y el 32% de autos/ S. Wagon.

- **Para las longitudes de cola**

Los resultados de las longitudes de cola se tuvieron en cuenta de acuerdo de la estación de la que partía que representa la avenida de partida y hacia la avenida que se dirigían y se determinada el giro. Se tomaron valores de cada una de ellos antes y después de la implementación del paso a desnivel. A continuación, se muestran los resultados obtenidos para cada acceso.

Tabla 32

Longitud de cola promedio (QLen)

Indicador	Acceso a la intersección	Giro	Situación actual	Implementación del paso a desnivel	% mejora
Longitud de cola promedio (m) (QLen)	E1 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Derecha	234,420	148,340	36,72%
	E1 - Av. Atahualpa	De frente	234,420	148,340	36,72%
	E1 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Izquierda	234,420	148,340	36,72%
	E2-Av. Atahualpa	Derecha	64,400	45,990	28,59%
	E2 - Av. Vía de Evitamiento Sur	De frente	64,400	45,990	28,59%
	E2 - Av. Atahualpa	Izquierda	64,400	45,990	28,59%
	E3 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Derecha	23,840	16,390	31,25%
	E3 - Av. Atahualpa	De frente	23,840	16,390	31,25%
	E3 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Izquierda	23,840	16,390	31,25%
	E4 - Av. Atahualpa	Derecha	262,590	200,040	23,82%
	E4 - Av. Vía de Evitamiento Sur	De frente	262,590	200,040	23,82%
	E4 - Av. Atahualpa	Izquierda	262,590	200,040	23,82%

Se puede apreciar en la tabla lo siguiente:

- Para el acceso de la E1 (Av. Atahualpa) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce una longitud de cola promedio con un valor de 234,420 respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel disminuye la longitud de cola promedio en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda con un valor de 148,340 respectivamente.

- Para el acceso de la E2 (Av. Vía de Evitamiento Sur) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce una longitud de cola promedio con un valor de 64,400 respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel disminuye la longitud de cola promedio en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda con un valor de 45,990 respectivamente.

- Para el acceso de la E3 (Av. Atahualpa) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce una longitud de cola promedio con un valor de 23.840 respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel disminuye la longitud de cola promedio en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda con un valor de 16,390 respectivamente.

- Para el acceso de la E4 (Av. Vía de Evitamiento Sur) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce una longitud de cola promedio con un valor de 262,590 respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel disminuye la longitud de cola promedio en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda con un valor de 200,040 respectivamente.

Tabla 33

Porcentaje de mejora por avenida de longitud de cola promedio (QLen)

Avenida Atahualpa	33,99%
Avenida Vía de Evitamiento Sur	26,20%

En la tabla se observa el promedio porcentual de mejora de las estaciones E1 y E3 para la avenida Atahualpa y el promedio porcentual de las estaciones E2 y E4 para la avenida Vía de Evitamiento Sur, donde hay una mejora del 33,99% y del 26,20% respectivamente.

- **Para el nivel de servicio**

Tabla 34

Nivel de servicio (LOS)

Indicador	Acceso a la intersección	Giro	Situación actual	Implementación del paso a desnivel	Mejora de nivel
Nivel de servicio (LOS)	E1 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Derecha	F	E	1
	E1 - Av. Atahualpa	De frente	F	F	0
	E1 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Izquierda	F	F	0
	E2-Av. Atahualpa	Derecha	E	A	4
	E2 - Av. Vía de Evitamiento Sur	De frente	E	D	1
	E2 - Av. Atahualpa	Izquierda	F	D	2
	E3 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Derecha	D	C	1
	E3 - Av. Atahualpa	De frente	D	C	1
	E3 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Izquierda	E	D	1
	E4 - Av. Atahualpa	Derecha	F	E	1
	E4 - Av. Vía de Evitamiento Sur	De frente	F	F	0
	E4 - Av. Atahualpa	Izquierda	F	F	0

Se puede apreciar en la tabla lo siguiente:

- Para el acceso de la E1 (Av. Atahualpa) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce un nivel de servicio de F, F y F respectivamente en la situación actual;

y cuando se implementa el paso a desnivel el nivel de servicio en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda es E, F y F respectivamente. El cual tiene una mejora de nivel de 1, 0 y 0 respectivamente por giro.

- Para el acceso de la E2 (Av. Vía de Evitamiento Sur) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce un nivel de servicio de E, E y F respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel el nivel de servicio en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda es A, D y D respectivamente. El cual tiene una mejora de nivel de 4, 1 y 2 respectivamente por giro.

- Para el acceso de la E3 (Av. Atahualpa) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce un nivel de servicio de D, D y D respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel el nivel de servicio en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda es C, C y D respectivamente. El cual tiene una mejora de nivel de 1, 1 y 1 respectivamente por giro.

- Para el acceso de la E4 (Av. Vía de Evitamiento Sur) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce un nivel de servicio de F, F y F respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel el nivel de servicio en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda es E, F y F respectivamente. El cual tiene una mejora de nivel de 1, 0 y 0 respectivamente por giro.

- Para la demora vehicular

Tabla 35

Demora vehicular (Veh. Delay)

Indicador	Acceso a la intersección	Giro	Situación actual	Implementación del paso a desnivel	% mejora
Demora vehicular (s) (Veh Delay)	E1 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Derecha	104,280	75,900	27,22%
	E1 - Av. Atahualpa	De frente	150,530	101,300	32,70%
	E1 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Izquierda	147,800	120,100	18,74%
	E2-Av. Atahualpa	Derecha	63,100	17,090	72,92%
	E2 - Av. Vía de Evitamiento Sur	De frente	71,290	37,460	47,45%
	E2 - Av. Atahualpa	Izquierda	83,570	46,710	44,11%
	E3 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Derecha	44,210	26,240	40,65%
	E3 - Av. Atahualpa	De frente	54,590	29,660	45,67%
	E3 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Izquierda	62,130	46,210	25,62%
	E4 - Av. Atahualpa	Derecha	131,850	78,390	40,55%
	E4 - Av. Vía de Evitamiento Sur	De frente	156,350	118,180	24,41%
	E4 - Av. Atahualpa	Izquierda	118,040	106,490	9,78%

Se puede apreciar en la tabla lo siguiente:

- Para el acceso de la E1 (Av. Atahualpa) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce la demora vehicular con un valor de 104,280; 150,530 y 147,800 respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel disminuye la demora vehicular en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda con un valor de 75,900; 101,300 y 120,100 respectivamente.
- Para el acceso de la E2 (Av. Vía de Evitamiento Sur) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce la demora vehicular con un valor de 63,100; 71,290 y 83,570 respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel

disminuye la demora vehicular en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda con un valor de 17,090; 37,460 y 46,710 respectivamente.

- Para el acceso de la E3 (Av. Atahualpa) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce la demora vehicular con un valor de 44,210; 54,590 y 62,130 respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel disminuye la demora vehicular en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda con un valor de 26,240; 29,660 y 46,210 respectivamente.

- Para el acceso de la E4 (Av. Vía de Evitamiento Sur) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce la demora vehicular con un valor de 131,850; 156,350 y 118,040 respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel disminuye la demora vehicular en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda con un valor de 78,390; 118,180 y 106,490 respectivamente.

Tabla 36

Porcentaje de mejora por avenida de demora vehicular (Veh. Delay)

Avenida Atahualpa	31,77%
Avenida Vía de Evitamiento Sur	39,87%

En la tabla se observa el promedio porcentual de mejora de las estaciones E1 y E3 para la avenida Atahualpa y el promedio porcentual de las estaciones E2 y E4 para la avenida Vía de Evitamiento Sur, teniendo una mejora del 31,77% y del 39,87% respectivamente.

- **Para la demora en detención**

Tabla 37

Demora en detención (Stop Delay)

Indicador	Acceso a la intersección	Giro	Situación actual	Implementación del paso a desnivel	% mejora
Demora en detención (s) (Stop Delay)	E1 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Derecha	80,720	59,630	26,13%
	E1 - Av. Atahualpa	De frente	116,920	75,830	35,14%
	E1 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Izquierda	108,410	95,670	11,75%
	E2-Av. Atahualpa	Derecha	44,020	14,920	66,11%
	E2 - Av. Vía de Evitamiento Sur	De frente	45,380	22,940	49,45%
	E2 - Av. Atahualpa	Izquierda	63,590	37,430	41,14%
	E3 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Derecha	27,730	22,060	20,45%
	E3 - Av. Atahualpa	De frente	36,730	23,840	35,09%
	E3 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Izquierda	42,690	37,100	13,09%
	E4 - Av. Atahualpa	Derecha	91,710	56,050	38,88%
	E4 - Av. Vía de Evitamiento Sur	De frente	108,570	79,590	26,69%
	E4 - Av. Atahualpa	Izquierda	81,890	70,710	13,65%

Se puede apreciar en la tabla lo siguiente:

- Para el acceso de la E1 (Av. Atahualpa) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce la demora de detención con un valor de 80,720; 116,920 y 108,410 respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel disminuye la demora de detención en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda con un valor de 59,630; 75,830 y 95,670 respectivamente.

- Para el acceso de la E2 (Av. Vía de Evitamiento Sur) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce la demora de detención con un valor de 44,020; 45,380 y 63,590 respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel disminuye la demora de detención en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda con un valor de 14,920; 22,940 y 37,430 respectivamente.

- Para el acceso de la E3 (Av. Atahualpa) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce la demora de detención con un valor de 27,730; 36,730 y 42,690

respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel disminuye la demora de detención en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda con un valor de 22,060; 23,840 y 37,100 respectivamente.

- Para el acceso de la E4 (Av. Vía de Evitamiento Sur) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce la demora de detención con un valor de 91,710; 108,570 y 81,890 respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel disminuye la demora de detención en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda con un valor de 56,050; 79,590 y 70,710 respectivamente.

Tabla 38

Porcentaje de mejora por avenida de demora en detención (Stop Delay)

Avenida Atahualpa	23,61%
Avenida Vía de Evitamiento Sur	39,32%

En la tabla se observa el promedio porcentual de mejora de las estaciones E1 y E3 para la avenida Atahualpa y el promedio porcentual de las estaciones E2 y E4 para la avenida Vía de Evitamiento Sur, donde hay una mejora del 23,61% y del 39,32% respectivamente.

- **Para la detención promedio**

Tabla 39

Detención promedio (Stop)

Indicador	Acceso a la intersección	Giro	Situación actual	Implementación del paso a desnivel	% mejora
Detención promedio (Paradas)	E1 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Derecha	3,150	1,140	63,81%
	E1 - Av. Atahualpa	De frente	4,150	2,400	42,17%
	E1 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Izquierda	4,590	3,060	33,33%
	E2-Av. Atahualpa	Derecha	1,600	0,200	87,50%

E2 - Av. Vía de Evitamiento Sur	De frente	3,300	0,930	71,82%
E2 - Av. Atahualpa	Izquierda	2,600	0,800	69,23%
E3 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Derecha	1,730	0,500	71,10%
E3 - Av. Atahualpa	De frente	2,070	1,070	48,31%
E3 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Izquierda	2,090	1,220	41,63%
E4 - Av. Atahualpa	Derecha	4,110	1,850	54,99%
E4 - Av. Vía de Evitamiento Sur	De frente	6,350	3,820	39,84%
E4 - Av. Atahualpa	Izquierda	4,120	3,390	17,72%

Se puede apreciar en la tabla lo siguiente:

- Para el acceso de la E1 (Av. Atahualpa) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce una detención promedio con un valor de 3,150; 4,150 y 4,590 respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel disminuye la detención promedio en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda con un valor de 1,140; 2,400 y 3,060 respectivamente.

- Para el acceso de la E2 (Av. Vía de Evitamiento Sur) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce una detención promedio con un valor de 1,600; 3,300 y 2,600 respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel disminuye la detención promedio en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda con un valor de 0,20; 0,930 y 0,800 respectivamente.

- Para el acceso de la E3 (Av. Atahualpa) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce una detención promedio con un valor de 1,730; 2,070 y 2,090 respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel disminuye la detención promedio en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda con un valor de 0,500; 1,070 y 1,220 respectivamente.

- Para el acceso de la E4 (Av. Vía de Evitamiento Sur) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce una detención promedio con un valor de 4,110; 6,350 y 4,120 respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel disminuye la detención promedio en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda con un valor de 1,850; 3,820 y 3,390 respectivamente.

Tabla 40

Porcentaje de mejora por avenida de detención promedio (Stop)

Avenida Atahualpa	50,06%
Avenida Vía de Evitamiento Sur	56,85%

En la tabla se observa el promedio porcentual de mejora de las estaciones E1 y E3 para la avenida Atahualpa y el promedio porcentual de las estaciones E2 y E4 para la avenida Vía de Evitamiento Sur, teniendo una mejora del 50,06% y del 56,85% respectivamente.

- **Para las emisiones de CO**

Tabla 41

Emisiones de CO

Indicador	Acceso a la intersección	Giro	Situación actual	Implementación del paso a desnivel	% mejora
Emisiones de CO (g/km)	E1 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Derecha	72,104	55,433	23,12%
	E1 - Av. Atahualpa	De frente	210,876	73,931	64,94%
	E1 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Izquierda	171,422	61,484	64,13%
	E2-Av. Atahualpa	Derecha	10,810	3,296	69,51%
	E2 - Av. Vía de Evitamiento Sur	De frente	233,236	122,542	47,46%
	E2 - Av. Atahualpa	Izquierda	14,550	7,518	48,33%
	E3 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Derecha	19,645	11,219	42,89%
	E3 - Av. Atahualpa	De frente	90,559	17,482	80,70%

E3 - Av. Vía de Evitamiento Sur	Izquierda	75,472	54,679	27,55%
E4 - Av. Atahualpa	Derecha	35,711	28,910	19,04%
E4 - Av. Vía de Evitamiento Sur	De frente	250,672	230,778	7,94%
E4 - Av. Atahualpa	Izquierda	68,840	60,737	11,77%

Se puede apreciar en la tabla lo siguiente:

- Para el acceso de la E1 (Av. Atahualpa) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce la emisión de CO (monóxido de carbono) con un valor de 72,104; 210,876 y 171,422 respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel disminuye la emisión de CO (monóxido de carbono) en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda con un valor de 55,433; 73,931 y 61,484 respectivamente.

- Para el acceso de la E2 (Av. Vía de Evitamiento Sur) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce la emisión de CO (monóxido de carbono) con un valor de 10,810; 233,236 y 14,550 respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel disminuye la emisión de CO (monóxido de carbono) en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda con un valor de 3,296; 122,542 y 7,518 respectivamente.

- Para el acceso de la E3 (Av. Atahualpa) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce la emisión de CO (monóxido de carbono) con un valor de 19,645; 90,559 y 75,472 respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel disminuye la emisión de CO (monóxido de carbono) en sus giros hacia la derecha, de frente e izquierda con un valor de 11,219; 17,482 y 54,679 respectivamente.

- Para el acceso de la E4 (Av. Vía de Evitamiento Sur) con sus respectivos giros hacia la derecha, de frente e izquierda se produce la emisión de CO (monóxido de carbono) con un valor de 35,711; 250,672 y 68,840 respectivamente en la situación actual; y cuando se implementa el paso a desnivel disminuye la emisión de CO (monóxido de carbono) en sus giros

hacia la derecha, de frente e izquierda con un valor de 28,910; 230,778 y 60,737 respectivamente.

Tabla 42

Porcentaje de mejora por avenida de emisiones de CO

Avenida Atahualpa	50,56%
Avenida Vía de Evitamiento Sur	34,01%

En la tabla se observa el promedio porcentual de mejora de las estaciones E1 y E3 para la avenida Atahualpa y el promedio porcentual de las estaciones E2 y E4 para la avenida Vía de Evitamiento Sur, dando una mejora del 50,56% y del 34,01% respectivamente.

- **Interpretación comparativa:**

En el presente estudio, los resultados obtenidos sobre los efectos de la implementación del paso a desnivel en el tránsito vehicular, han demostrado ser favorables. Se evidenció una disminución en la longitud de cola lo que refleja una menor congestión y una mayor eficiencia del flujo vehicular; así mismo se observó una mejora en el nivel de servicio indicando un desempeño más eficiente del sistema vial; además se registró una reducción en la demora vehicular lo que optimiza los tiempo de espera y favorece la fluidez del tráfico; también se identificó una disminución de la demora de detención lo cual evidencia una menor interrupción del flujo vehicular; del mismo modo la reducción de la detención promedio mostró una mejora en la continuidad del flujo vehicular; y finalmente la disminución de las emisiones de CO confirmo un impacto ambiental positivo en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur. Estos resultados con los hallazgos de la tesis de Asencios Mallqui (2 018) titulada “Aplicación del paso a desnivel para mejorar el transporte vehicular; Carretera Central y Minería-Lima”, donde la implementación del paso a desnivel generó una mejora significativamente el transporte vehicular de la Carretera Central y Minería – Lima, logrando

un flujo más estable y eficiente. Por lo tanto, en ambos estudios, la implementación de un paso a desnivel demuestra ser una solución efectiva para optimizar el tránsito vehicular y reducir problemas asociados con la congestión vehicular.

- **Contrastación de hipótesis:**

Luego del análisis y procesamiento de datos del levantamiento topográfico, aforo vehicular, y simulación del tráfico en el programa PTV Vissim con la situación actual y la implementación del paso a desnivel, se acepta la hipótesis planteada que indica que la implementación del paso a desnivel el tránsito vehicular en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca, mejorará significativamente reduciendo la longitudes de cola, el nivel de servicio, la demora vehicular, demora en detención, detención promedio y emisión de CO(Monóxido de carbono).

- **Medidas para mejorar el tránsito vehicular:**

Se tienen las siguientes medidas para mejorar el tránsito vehicular en el cruce de la avenida Atahualpa y avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca:

- **Optimización del sistema de semáforos:** Ajustar y optimizar el ciclo de los semáforos en función de los volúmenes de tráfico reales y las horas pico, mediante la instalación de semaforización inteligente o semáforos adaptativos que ajusten su ciclo de acuerdo con la demanda del flujo vehicular; esto ayudará a reducir los tiempos de espera, mejorará la sincronización de los semáforos y minimizará la longitud de cola.
- **Mantenimiento y monitoreo constante:** Para asegurar el correcto funcionamiento del paso a desnivel, es necesario un mantenimiento periódico y un monitoreo constante de la infraestructura. Esto incluye el chequeo de los sistemas de señalización, iluminación y el estado físico de la vía.
- **Educación vial y concientización:** Una de las medidas más efectivas para maximizar los beneficios de la infraestructura es a través de campañas de educación vial para

promover la correcta utilización del paso a desnivel y el respeto a las normas de tránsito. Esto también puede incluir el fomento de conducir de manera eficiente, reduciendo la aceleración y frenado brusco, lo que contribuye a menores emisiones de contaminantes.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.CONCLUSIONES

- Se evaluó los efectos de la implementación del paso a desnivel en la congestión vehicular en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca – 2 024; reduciendo significativamente el flujo vehicular, optimizando el desempeño del sistema vial, disminuyendo los tiempos de espera, mejorando la fluidez vehicular, reduciendo la interrupción del flujo vehicular, aumentando la continuidad del flujo y evidenciando un impacto ambiental positivo.
- Se realizó el levantamiento topográfico en la zona de estudio, proporcionando una base precisa y detallada del terreno, incluyendo las características de la intersección y geometría de la vía en su estado actual.
- Se determinó el aforo vehicular en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca del 12 al 18 de agosto del 2024.
- Se determinó que el día viernes de 19:00 a 20:00 horas es el periodo máximo de volumen vehicular, registrando con un total de 5 046 veh/día en el cruce; la distribución de giros por entrada para la E1 a la derecha es del 27,589%, de frente de 42,819% y a la izquierda del 29,593%; para la E2 a la derecha es del 6,00%, de frente de 88,533% y a la izquierda del 5,467%, para la E3 a la derecha es del 16,590 %, de frente de 43,318% y a la izquierda del 40,092%, y para la E4 a la derecha es del 19,098 %, de frente de 61,278% y a la izquierda del 19,624%; y la composición vehicular para la E1 es del 29% de mototaxis y el 27% de autos/ S. Wagon, de la E2 es del 34% de mototaxis y el 29% de autos/ S. Wagon, para la E3 es del 40% de autos/ S. Wagon y el 35% de mototaxis y para la E4 es del 39% de mototaxis y el 32% de autos/ S. Wagon.
- Se analizó los indicadores del modelamiento vehicular en el software PTV Vissim comparando la situación actual con la implementación del paso a desnivel, donde los

resultados muestran una mejora promedio para la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur. Para la longitud de cola un 33,99% y 26,20% por avenida; en el nivel de servicio hay una mejora de 0 a 4 niveles en ambas avenidas, en la demora vehicular un 31,77% y 39,87%; en la demora en detención un 23,61% y 39,32%; en la detención promedio un 50,06% y 56,85% y para las emisiones de CO un 50,56% y 34,01% por avenida respectivamente.

- Se propuso recomendaciones para optimizar el uso del paso a desnivel y maximizar los beneficios en el tránsito y en la calidad ambiental en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca, tales como la optimización de la señalización y sincronización de los tiempos de semáforo para mejorar la fluidez del tránsito y reducir las detenciones; la implementación de un programa de mantenimiento y monitoreo constante para el correcto funcionamiento del paso a desnivel a largo plazo; y la realización de campañas de educación vial para fomentar el uso adecuado del paso a desnivel y el respeto a las normas de tránsito.

5.2.RECOMEDACIONES

- Se recomienda para la mejora de esta presente investigación ampliar el análisis con escenarios alternativos en el software PTV Vissim por ejemplo incluir un análisis de volumen de máxima demanda en días especiales, como feriados o eventos masivos, para evaluar la capacidad del paso a desnivel bajo condiciones extremas.
- Se recomienda a las Autoridades de la Municipalidad Provincial de Cajamarca, a través de las oficinas de desarrollo territorial, tomar en cuenta la integración de transporte público para mejorar la conectividad con la nueva infraestructura, como la instalación de paradas de buses y rutas que conecten eficientemente con el paso a desnivel, el cual puede promover una movilidad más sostenible.
- Se recomienda que los profesionales dedicados a las propuestas de diseños urbanísticos respeten los derechos de vía para posibles implementaciones de estructuras o mejoramiento de diseño de vías en un futuro.
- Se recomienda la adecuada planificación urbana permitiendo el diseño vías adecuadas no solo dando preferencia al auto sino también al peatón.
- Se recomienda mejorar en la parametrización de los comportamientos de los conductores del PTV Vissim para que así las simulaciones sean más realistas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argenia, Ingeniería y Arquitectura. (2023). *La planificación urbana: claves para una mejor integración de los edificios en el entorno*. Obtenido de <https://grupoargenia.com/planificacion-urbana/>
- Asencios Mallqui, M. E. (2018). *Aplicación del Paso a Desnivel para Mejorar el Transporte Vehicular; Carretera Central y Minería-Lima*. Obtenido de <https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/772/ASENCIOS%20MALLQUI%20MIULLER%20EDUARDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ashhad Verdezoto, T. Z., Cabrera Montes, F. F., & Roa Medina, O. B. (2020). Análisis del congestionamiento vehicular para el mejoramiento de vía principal en Guayaquil-Ecuador. *Gaceta Técnica*, 23.
- Cárdenas Grisales, J., & Cal y Mayor Reyes Spíndola, R. (2018). *Ingeniería de tránsito-Fundamentos y Aplicaciones*. México : Alfaomega Colombiana S.A.
- Cusquisibán Del Campo, J. F. (2023). *Nivel de servicio y capacidad vehicular de la av. Vía de Evitamiento Sur, tramo comprendido entre la av. Atahualpa y la av. Andrés Zevallos*. Obtenido de Universidad Nacional de Cajamarca: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5519/TESIS%20CUSQUISIBAN%20DEL%20CAMPO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Espinoza Rizkallah, A. S., & Sarmiento Atachagua, R. A. (2023). *Efectos de la implementación de un bypass para mitigar la congestión vehicular en el óvalo Monitor Huáscar*. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Perú: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/26221/caceres_alban_jose_luis_martin.pdf?sequence=7&isAllowed=y

- Glover, B. (2011). *Air Pollution and Traffic: Environmental Impacts and Modeling*. Chichester, Reino Unido.: Wiley-Blackwell.
- González Lucero, L. N. (2001). *Estudios de ingeniería de tránsito*. Obtenido de <http://www.bidi.uson.mx/TesisIndice.aspx?tesis=11155>
- HCM. (2010). *Highway Capacity Manual*. Washington, DC: National Academy of Sciences.
- Hernández Solís, W. E., & Torres Castañeda, W. W. (2019). *Determinación del nivel de servicio peatonal en el cruce de la av. Andrés Zevallos y jr. Zoilo León Ordoñez de la ciudad de Cajamarca*. Obtenido de Universidad Nacional de Cajamarca: chrome-extension://https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21953/Hern%c3%a1ndez%20Solis%20Wilder%20Enrique%20-%20Torres%20Casta%c3%b1eda%20Wilman%20Willam.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Ingenium. (10 de Abril de 2023). *¿Qué es un levantamiento topográfico y cuáles son sus etapas?* Obtenido de <https://ingenium.edu.pe/blog/mineria/que-es-el-levantamiento-topografico/>
- López, G., Pérez, A. M., & Camacho, F. J. (2019). *Variables Fundamentales del Tráfico: Intensidad, Velocidad y Densidad*. Obtenido de Universitat Politècnica de Valencia: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/121203/L%20C3%B3pez%20BP%20C3%A9rez%20Camacho%20-%20Variables%20Fundamentales%20del%20Tr%20C3%A1fico%20Intensidad%20C%20Velocidad%20y%20Densidad.pdf?sequence=1>
- M. Papageorgiou, Y. Wang, & H. Hadj-Salem. (2003). Traffic Flow Theory and Control: A Review of the State-of-the-Art. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 53-57.

Manual de Carreteras: DG. (2018). *Intersecciones a desnivel*.

Manual de diseño geométrico de vías urbanas. (2005). *Clasificación del sistema vial urbano*.

Instituto de la construcción y gerencia .

McCormac, J. (2006). *Topografía*. México : México Limusa.

Mejía Regalado , I. A. (2017). *Análisis y propuesta de solución integral al congestionamiento vehicular que se produce en la Av. 24 de Mayo y Vía al Valle, de la ciudad de Cuenca*.

Obtenido de Universidad de Cuenca:
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28111/1/Trabajo%20de%20titulacion.pdf>

Meyer , M., & Beenhakker, A. (2009). *Traffic Flow Theory: A State-of-the-Art Report*.

Washington, D.C: National Research Council, Transportation Research Board.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. Obtenido de

https://www.proviasdes.gob.pe/Prog_incentivos/Normatividad/Norm_sectorial_vinc_meta_40/Glosario_Terminos_Uso_Frecuente_jun13.pdf

Morales Guevara, L. H. (2021). *Análisis comparativo de una intersección de flujo continuo y un bypass - óvalo Monitor Huáscar, Santiago de Surco, Lima, 2020*". Obtenido de

Universidad César Vallejo :
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/79659/Morales_GLH-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MTC. (2018). *Estudio de tráfico vehicular*. Obtenido de

<https://ofi5.mef.gob.pe/invierte/general/downloadArchivo?idArchivo=23f77be2-97f5-48f6-86a6-209cafe82c4c.pdf>

- Navarro, S. J. (2008). *Intersecciones*. Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/intersecciones1.pdf>
- Ortiz Rivas, S. A., & Briceño Gonzalez, D. A. (2021). *Propuesta de mejoramiento vial por medio de un paso a desnivel de la intersección de la avenida Caracas con Calle 63 en Bogotá*. Obtenido de Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/26336/OrtizSantiagoBrice%C3%B1oDaniel2021.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Ortúzar, J., & Willumsen, L. (2011). *Modelling Transport (4ª ed.)*. Chichester, Reino Unido: Wiley-Blackwell.
- Perez Cardenas, H. F., & Perez Rojas, J. A. (2022). *Análisis y propuesta de mejoramiento de la seguridad vial y reducción de los accidentes de tránsito en la intersección de las avenidas Vía de Evitamiento Sur y Atahualpa, Cajamarca - 2021*. Obtenido de Universidad Privada del norte: https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/32071/TESIS%20FINAL-HFPC_JAPR_Oct%202022_PDF_TOTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pérez de los Santos, A. (2004). *Metodología para el análisis de capacidad y niveles de servicio en vialidades urbanas*. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/417/A4.pdf>
- PTV GROUP. (2024). *PTV Planung Transport Verkehr GmbH 2024*. Obtenido de <https://www.ptvgroup.com/es/productos/ptv-vissim>
- Real Academia de Ingeniería. (2014). *Diccionario Español de Ingeniería*. Obtenido de <https://diccionario.raing.es/es/lema/tiempo-de-viaje>

Real Academia Española. (2014). *Diccionario de lengua española* . Obtenido de <https://dle.rae.es/implementar>

Thomson, I., & Bull, A. (2001). *La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/c7b69c09-8fdb-4633-8950-05abc459c15c/content>

TomTom Traffic Index. (2023). *Ranking 2023*. Obtenido de <https://www.tomtom.com/traffic-index/ranking/>

Tabla 47

Aforo vehicular de la E1 del día viernes 16 de agosto del 2024

AFORO VEHICULAR

INTERSECCIÓN : CRUCE DE LA AVENIDA ATAHUALPA Y LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR
 UBICACIÓN : CIUDAD DE CAJAMARCA
 ESTACIÓN : E 1
 FECHA : VIERNES 16 DE AGOSTO DEL 2024

		Autos / S. Wagon			Pick Up - Panel	Microbus	Rural Combi	B2	B3	C2	C3	T3S2	T3S3	2T2	2T3																									
		↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↔																								
07:00	07:15	14	10	9	23	16	18	20	15	19	0	0	0	0	0	0																								
07:15	07:30	14	23	19	30	17	22	26	20	27	0	0	0	0	0	0																								
07:30	07:45	11	23	24	17	35	26	16	22	24	0	0	0	1	35	3																								
07:45	08:00	25	23	30	33	20	35	21	24	15	0	0	0	0	0	0																								
08:00	08:15	19	18	21	20	35	29	14	16	32	0	1	0	0	33	0																								
08:15	08:30	13	15	21	22	34	31	24	19	27	0	0	0	0	37	1																								
08:30	08:45	17	10	27	19	26	31	20	25	18	1	0	0	0	39	2																								
08:45	09:00	11	20	15	20	25	31	15	27	18	0	0	0	0	34	0																								
09:00	09:15	27	22	21	18	20	26	20	21	33	0	0	0	3	38	0																								
09:15	09:30	13	20	14	14	13	17	19	23	10	0	0	0	0	35	0																								
09:30	09:45	13	14	14	12	11	10	13	25	13	1	0	0	1	40	2																								
09:45	10:00	12	16	13	11	19	12	14	19	24	0	0	0	1	38	2																								
10:00	10:15	13	20	9	18	9	11	13	19	14	0	0	0	0	37	2																								
10:15	10:30	22	17	11	15	9	13	10	12	8	0	0	0	0	40	1																								
10:30	10:45	17	20	16	10	9	10	16	4	14	0	0	0	2	38	1																								
10:45	11:00	14	13	16	12	11	15	8	14	10	0	0	0	0	36	3																								
11:00	11:15	18	11	7	14	5	14	11	9	5	0	1	0	1	38	0																								
11:15	11:30	19	10	33	17	17	15	21	17	17	0	0	0	0	38	0																								
11:30	11:45	17	28	33	35	30	36	31	25	23	0	0	0	1	39	0																								
11:45	12:00	30	33	30	30	33	36	17	26	20	0	0	0	0	37	0																								
12:00	12:15	20	27	37	42	29	24	21	21	14	0	0	0	1	37	3																								
12:15	12:30	32	22	21	28	32	22	28	36	20	0	0	0	0	35	2																								
12:30	12:45	27	26	38	48	40	24	22	31	32	0	0	0	0	37	0																								
12:45	13:00	38	22	21	28	30	31	20	25	27	0	0	0	0	37	1																								
13:00	13:15	32	37	24	20	39	41	23	20	33	0	0	0	0	36	2																								
13:15	13:30	36	42	35	31	39	38	17	22	22	0	1	0	2	36	2																								
13:30	13:45	29	26	32	19	32	30	29	32	46	0	0	0	0	33	0																								
13:45	14:00	33	30	17	36	29	19	28	16	20	0	0	0	0	37	1																								
14:00	14:15	28	25	28	21	18	13	32	18	8	0	0	0	0	34	3																								
14:15	14:30	27	20	25	18	13	15	23	17	10	0	0	0	0	37	0																								
14:30	14:45	14	16	23	13	16	16	19	16	16	0	0	0	0	38	2																								
14:45	15:00	16	18	21	17	18	11	17	18	14	0	0	0	2	37	0																								
15:00	15:15	17	21	14	11	18	14	10	16	10	0	0	0	1	37	2																								
15:15	15:30	18	23	18	16	18	9	16	8	10	0	0	0	0	37	0																								
15:30	15:45	12	18	14	9	13	15	15	11	22	0	0	0	1	39	2																								
15:45	16:00	7	19	14	22	6	17	13	21	7	0	0	0	0	35	1																								
16:00	16:15	8	16	16	20	12	23	13	12	15	0	0	0	0	34	2																								
16:15	16:30	14	10	19	18	10	19	9	10	16	0	0	0	0	38	0																								
16:30	16:45	15	14	22	18	8	16	14	11	9	0	0	0	4	35	2																								
16:45	17:00	11	10	16	20	4	8	20	0	8	0	0	0	2	32	0																								
17:00	17:15	11	12	10	16	16	13	13	13	7	0	0	0	0	40	0																								
17:15	17:30	23	17	19	19	16	12	15	5	15	0	0	0	0	38	0																								
17:30	17:45	13	10	17	15	13	15	25	15	13	0	0	0	1	41	2																								
17:45	18:00	23	19	34	18	22	24	23	20	10	0	0	0	0	38	0																								
18:00	18:15	28	29	44	27	31	34	26	31	28	0	0	0	2	39	2																								
18:15	18:30	27	38	41	31	28	29	27	30	29	0	0	0	0	42	3																								
18:30	18:45	37	21	46	34	29	36	30	27	20	0	0	1	0	41	1																								
18:45	19:00	23	41	49	40	43	32	39	49	30	0	0	0	0	37	1																								
19:00	19:15	30	57	53	41	57	44	32	42	39	0	0	0	4	38	2																								
19:15	19:30	37	44	31	39	41	45	39	43	45	0	0	0	2	42	1																								
19:30	19:45	23	44	24	34	21	34	34	31	27	0	0	0	0	38	0																								
19:45	20:00	36	34	29	31	28	41	22	34	21	1	0	0	2	41	1																								
		1084	1174	1235	1190	1163	1202	1063	1083	1014	3	3	1	36	1932	60																								
		3493			3555			3160			7			2028			9			6			58			19			12			8			11			3		













Nota. Aforo vehicular. Ficha tomada del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Tabla 48

Aforo vehicular de la E1 del día sábado 17 de agosto del 2024

AFORO VEHICULAR

INTERSECCIÓN : CRUCE DE LA AVENIDA ATAHUALPA Y LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR
 UBICACIÓN : CIUDAD DE CAJAMARCA
 ESTACIÓN : E 1
 FECHA : SÁBADO 17 DE AGOSTO DEL 2024

																																								
		Mototaxi	Autos / S. Wagon	Pick Up - Panel	Microbus	Rural Combi	B2	B3	C2	C3	T3S2	T3S3	2T2	2T3																										
		↶ ↷ ↸	↶ ↷ ↸	↶ ↷ ↸	↶ ↷ ↸	↶ ↷ ↸	↶ ↷ ↸	↶ ↷ ↸	↶ ↷ ↸	↶ ↷ ↸	↶ ↷ ↸	↶ ↷ ↸	↶ ↷ ↸	↶ ↷ ↸																										
07:00	07:15	15	17	17	19	12	10	19	11	12	0	0	0	0																										
07:15	07:30	12	15	17	17	23	13	17	23	13	0	0	0	0																										
07:30	07:45	15	22	15	22	14	11	22	14	11	0	0	0	0																										
07:45	08:00	19	30	19	15	23	11	15	23	11	0	0	0	0																										
08:00	08:15	19	20	18	12	18	16	12	18	16	0	0	0	0																										
08:15	08:30	24	18	23	18	19	23	18	19	23	0	0	0	0																										
08:30	08:45	19	25	15	9	16	25	9	16	25	0	0	0	0																										
08:45	09:00	18	20	15	8	25	33	8	25	33	0	0	0	0																										
09:00	09:15	20	19	11	15	16	11	15	16	11	0	0	0	0																										
09:15	09:30	16	15	15	18	22	11	18	22	11	0	0	0	0																										
09:30	09:45	12	23	18	13	18	6	13	18	6	0	0	0	0																										
09:45	10:00	11	22	20	24	21	12	24	21	12	0	0	0	0																										
10:00	10:15	20	15	14	14	28	9	14	28	9	0	0	0	0																										
10:15	10:30	24	14	22	9	20	11	9	20	11	0	0	0	0																										
10:30	10:45	17	22	16	15	23	15	15	23	15	0	0	0	0																										
10:45	11:00	17	21	11	13	27	11	13	27	11	0	0	0	0																										
11:00	11:15	12	20	13	8	19	10	8	19	10	0	1	0	0																										
11:15	11:30	14	8	8	7	23	13	7	23	13	0	0	0	0																										
11:30	11:45	18	16	12	12	28	8	12	28	8	0	0	0	0																										
11:45	12:00	15	25	18	10	15	12	9	15	10	0	0	0	0																										
12:00	12:15	10	20	23	20	10	11	20	10	11	0	0	0	0																										
12:15	12:30	14	23	13	22	10	16	22	10	16	0	0	0	0																										
12:30	12:45	20	21	24	16	13	20	16	13	20	0	0	0	0																										
12:45	13:00	29	23	18	15	19	12	15	19	13	0	0	0	0																										
13:00	13:15	26	22	18	18	22	15	18	22	15	0	0	0	0																										
13:15	13:30	20	20	15	12	29	22	12	29	22	0	1	0	0																										
13:30	13:45	21	19	28	14	28	25	14	28	25	0	0	0	0																										
13:45	14:00	16	27	18	9	17	18	9	17	18	0	0	0	0																										
14:00	14:15	21	13	16	6	16	17	6	16	17	0	0	0	0																										
14:15	14:30	20	26	15	6	22	26	6	22	26	0	0	0	0																										
14:30	14:45	17	20	20	8	27	22	8	27	22	0	0	0	0																										
14:45	15:00	21	14	13	21	22	21	21	22	21	0	0	0	0																										
15:00	15:15	13	17	15	13	28	19	13	28	19	0	0	0	0																										
15:15	15:30	8	20	11	8	19	24	8	19	24	0	0	0	0																										
15:30	15:45	14	18	29	11	13	17	11	13	17	0	0	0	0																										
15:45	16:00	9	17	11	11	15	19	11	15	19	0	0	0	0																										
16:00	16:15	25	15	20	10	22	23	10	22	23	0	0	0	0																										
16:15	16:30	19	12	9	12	10	18	12	10	18	0	0	0	0																										
16:30	16:45	9	14	15	9	14	22	9	14	22	0	0	0	0																										
16:45	17:00	17	12	17	9	14	18	9	14	18	0	0	0	0																										
17:00	17:15	20	21	20	13	17	14	13	17	14	0	0	0	0																										
17:15	17:30	15	18	19	19	20	18	19	20	18	0	0	0	0																										
17:30	17:45	19	21	29	15	22	19	15	22	18	0	0	0	0																										
17:45	18:00	33	23	36	26	21	27	26	21	27	0	0	0	0																										
18:00	18:15	27	21	21	23	16	21	23	16	21	0	0	0	0																										
18:15	18:30	23	17	17	21	16	16	21	16	16	0	0	0	0																										
18:30	18:45	18	28	28	25	22	29	25	22	29	0	0	0	0																										
18:45	19:00	24	32	32	20	21	35	20	21	35	0	0	0	0																										
19:00	19:15	31	25	27	22	38	30	22	38	29	0	0	0	0																										
19:15	19:30	20	36	35	23	33	15	23	33	15	0	0	0	0																										
19:30	19:45	16	20	24	10	21	11	10	21	11	0	0	0	0																										
19:45	20:00	20	26	21	16	20	16	16	20	16	1	0	0	0																										
		952	1048	974	761	1047	907	760	1046	906	1	2	0	32	1892	58	0	6	2	2	4	2	2	7	12	6	6	11	5	3	10	6	3	6	4	6	4	5	5	1
		2974			2715			2712			3			1982			8			8			21			23			18			15			14			11		

Nota. Aforo vehicular. Ficha tomada del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Tabla 49*Aforo vehicular de la E1 del día domingo 18 de agosto del 2024***AFORO VEHICULAR**

INTERSECCIÓN : CRUCE DE LA AVENIDA ATAHUALPA Y LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR
 UBICACIÓN : CIUDAD DE CAJAMARCA
 ESTACIÓN : E 1
 FECHA : DOMINGO 18 DE AGOSTO DEL 2024

	Mototaxi	Autos / S. Wagon	Pick Up - Panel	Microbus	Rural Combi	B2	B3	C2	C3	T3S2	T3S3	2T2	2T3		
		↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	
07:00	07:15	11	7	17	14	10	8	11	2	8	0	0	0	0	
07:15	07:30	21	22	9	7	14	7	4	12	7	0	0	0	0	
07:30	07:45	14	20	9	17	16	13	7	11	14	0	0	0	0	
07:45	08:00	22	23	19	15	11	21	13	15	9	0	0	0	0	
08:00	08:15	23	16	14	9	10	15	10	2	9	0	0	0	0	
08:15	08:30	16	13	14	8	8	8	16	9	3	0	0	0	0	
08:30	08:45	9	10	12	8	9	9	9	13	11	0	0	0	0	
08:45	09:00	11	17	20	12	3	10	5	7	8	0	0	0	0	
09:00	09:15	14	15	18	19	9	6	13	9	12	0	0	0	0	
09:15	09:30	16	13	21	17	10	11	13	9	8	0	1	0	0	
09:30	09:45	13	20	15	20	5	9	14	5	8	0	0	0	0	
09:45	10:00	19	19	12	11	14	13	8	3	6	0	0	0	0	
10:00	10:15	15	16	13	14	9	9	12	12	1	0	0	0	0	
10:15	10:30	16	14	14	18	15	16	11	6	0	0	0	0	0	
10:30	10:45	14	15	14	10	14	17	14	8	16	0	0	0	0	
10:45	11:00	11	16	14	14	10	13	11	7	7	0	0	0	0	
11:00	11:15	7	17	8	14	10	7	11	5	2	0	1	0	0	
11:15	11:30	10	19	12	7	10	8	5	4	2	0	0	0	0	
11:30	11:45	4	13	10	10	13	14	11	10	18	0	0	0	0	
11:45	12:00	7	14	12	10	17	18	14	9	11	0	0	0	0	
12:00	12:15	14	10	13	12	15	17	9	8	14	0	0	0	0	
12:15	12:30	6	13	19	13	10	19	16	11	9	0	0	0	0	
12:30	12:45	17	20	19	17	11	10	13	13	11	0	0	0	0	
12:45	13:00	22	26	19	12	10	15	11	16	12	0	0	0	0	
13:00	13:15	22	32	22	15	14	14	12	10	16	0	0	0	0	
13:15	13:30	24	23	28	21	25	12	14	9	12	0	0	0	0	
13:30	13:45	15	13	19	14	20	13	16	3	12	0	0	0	0	
13:45	14:00	7	18	7	9	11	6	11	6	7	0	0	0	0	
14:00	14:15	18	14	10	7	0	3	11	7	8	0	0	0	0	
14:15	14:30	15	14	14	15	9	12	15	12	12	0	0	0	0	
14:30	14:45	13	10	10	13	11	10	9	15	6	0	0	0	0	
14:45	15:00	12	22	16	13	10	15	13	12	16	0	0	0	0	
15:00	15:15	13	15	12	11	11	11	10	13	9	0	0	0	0	
15:15	15:30	13	5	11	7	10	13	2	10	7	0	0	0	0	
15:30	15:45	15	2	9	7	11	9	9	13	11	0	0	0	0	
15:45	16:00	7	18	16	6	7	11	13	9	7	0	0	0	0	
16:00	16:15	9	25	17	11	9	12	11	9	12	0	0	0	0	
16:15	16:30	6	22	17	15	10	11	12	8	15	0	0	0	0	
16:30	16:45	11	13	11	11	10	8	14	9	9	0	0	0	0	
16:45	17:00	9	16	10	8	11	12	10	13	15	0	0	0	0	
17:00	17:15	9	9	8	10	11	8	10	2	8	0	0	0	0	
17:15	17:30	9	10	8	9	13	10	10	7	9	0	0	0	0	
17:30	17:45	16	13	8	10	13	5	8	5	11	0	0	0	0	
17:45	18:00	24	15	16	13	14	13	13	9	12	0	0	0	0	
18:00	18:15	24	12	24	33	19	15	20	9	13	0	0	0	0	
18:15	18:30	27	23	29	28	20	16	11	10	11	0	0	0	0	
18:30	18:45	31	19	22	35	23	18	12	10	14	0	0	0	0	
18:45	19:00	30	26	22	30	12	22	19	16	14	0	0	0	0	
19:00	19:15	24	14	23	17	22	15	13	14	16	0	0	0	0	
19:15	19:30	33	30	28	22	18	19	26	15	10	0	0	0	0	
19:30	19:45	28	26	21	24	20	19	26	19	14	0	0	0	0	
19:45	20:00	23	21	19	11	13	16	21	11	13	0	0	0	0	
		813	868	804	733	640	641	632	491	525	0	2	0	0	
		2485	2014			1648	2		28	1547	69	14		9	11
					14			8		11		10		3	














Nota. Aforo vehicular. Ficha tomada del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Tabla 56

Aforo vehicular de la E2 del día domingo 18 de agosto del 2024

AFORO VEHICULAR

INTERSECCIÓN : CRUCE DE LA AVENIDA ATAHUALPA Y LA AVENIDA VÍA DE EVITAMENTO SUR
 UBICACIÓN : CIUDAD DE CAJAMARCA
 ESTACIÓN : E 2
 FECHA : DOMINGO 18 DE AGOSTO DEL 2024

													
	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗	↖ ↗
07:00 07:15	5	60	4	2	46	4	4	27	5	0	0	0	0
07:15 07:30	1	63	4	2	67	1	6	31	2	0	0	0	0
07:30 07:45	2	73	5	6	49	3	7	28	0	0	0	0	0
07:45 08:00	5	78	4	5	51	3	4	27	3	0	0	0	0
08:00 08:15	2	72	4	2	56	3	4	32	3	0	0	0	0
08:15 08:30	4	75	2	3	57	2	2	26	3	0	0	0	0
08:30 08:45	2	63	1	0	46	2	2	27	4	0	0	0	0
08:45 09:00	5	69	0	3	45	3	0	34	3	0	0	0	0
09:00 09:15	3	64	3	5	41	4	4	39	4	0	0	0	0
09:15 09:30	4	71	4	2	4	0	2	31	1	0	0	0	0
09:30 09:45	2	75	4	3	56	1	2	26	4	0	0	0	0
09:45 10:00	3	69	4	3	55	2	5	30	2	0	0	0	0
10:00 10:15	3	64	2	4	50	2	1	21	1	0	0	0	0
10:15 10:30	1	71	3	5	59	1	1	34	1	0	0	0	0
10:30 10:45	6	62	4	4	52	5	5	25	5	0	0	0	0
10:45 11:00	3	69	4	4	64	2	5	23	3	0	0	0	0
11:00 11:15	1	67	2	1	49	0	0	30	2	0	1	0	0
11:15 11:30	0	59	0	1	53	1	2	31	0	0	0	0	0
11:30 11:45	2	56	3	0	56	4	2	34	4	0	0	0	0
11:45 12:00	1	49	3	3	48	0	4	30	0	0	0	0	0
12:00 12:15	3	65	6	1	62	4	4	35	3	0	0	0	0
12:15 12:30	5	72	3	3	47	5	2	40	5	0	0	0	0
12:30 12:45	3	80	3	3	43	3	5	24	3	0	0	0	0
12:45 13:00	4	81	3	2	51	3	1	36	4	0	0	0	0
13:00 13:15	2	85	4	3	51	3	3	38	2	0	0	0	0
13:15 13:30	2	90	6	5	59	3	4	42	2	0	0	0	0
13:30 13:45	2	77	1	1	51	3	2	42	2	0	0	0	0
13:45 14:00	0	74	2	2	57	0	3	31	2	0	0	0	0
14:00 14:15	0	66	0	1	46	1	0	27	0	0	0	0	0
14:15 14:30	1	62	2	3	61	4	5	25	3	0	0	0	0
14:30 14:45	3	64	2	3	55	2	7	24	2	0	0	0	0
14:45 15:00	5	67	5	5	48	4	4	23	5	0	0	0	0
15:00 15:15	4	66	4	4	79	4	4	20	3	0	0	0	0
15:15 15:30	3	66	0	0	69	3	0	20	3	0	0	0	0
15:30 15:45	3	61	0	2	74	4	0	23	2	0	0	0	0
15:45 16:00	3	70	1	3	66	4	2	24	2	0	0	0	0
16:00 16:15	5	75	3	2	65	3	1	23	3	0	0	0	0
16:15 16:30	1	61	4	3	63	1	3	21	2	0	0	0	0
16:30 16:45	2	62	1	1	57	0	1	30	1	0	0	0	0
16:45 17:00	0	64	2	2	51	1	0	33	0	0	0	0	0
17:00 17:15	1	67	5	0	57	0	3	27	11	0	0	0	0
17:15 17:30	3	60	2	3	51	1	1	34	2	0	0	0	0
17:30 17:45	1	56	4	2	50	1	2	31	1	0	0	0	0
17:45 18:00	2	59	4	5	55	4	1	31	3	0	0	0	0
18:00 18:15	3	77	2	2	72	5	5	38	4	0	0	0	0
18:15 18:30	4	79	3	3	80	6	3	41	5	0	0	0	0
18:30 18:45	2	81	1	2	80	4	4	44	2	0	0	0	0
18:45 19:00	3	86	1	5	85	4	3	48	6	0	0	0	0
19:00 19:15	3	90	2	5	88	4	5	49	4	0	0	0	0
19:15 19:30	3	81	3	4	84	2	6	51	3	0	0	0	0
19:30 19:45	5	87	2	3	82	4	5	56	5	0	0	0	0
19:45 20:00	6	79	4	4	88	3	3	57	3	1	0	0	0
TOTAL	142	3639	145	145	3031	136	154	1674	148	1	1	0	0
	3926				3312			1976		2			1879
										20			24
													78
													76
													42
													26
													24
													18

Nota. Aforo vehicular. Ficha tomada del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Tabla 69

Aforo vehicular de la E4 del día sábado 17 de agosto del 2024

AFORO VEHICULAR

INTERSECCIÓN : CRUCE DE LA AVENIDA ATAHUALPA Y LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR
UBICACIÓN : CIUDAD DE CAJAMARCA
ESTACIÓN : E 4
FECHA : SÁBADO 17 DE AGOSTO DEL 2024

Table with 15 columns representing vehicle types (Mototaxi, Autos / S. Wagon, Pick Up - Panel, Microbus, Rural Combi, B2, B3, C2, C3, T3S2, T3S3, 2T2, 2T3) and 24 rows representing time intervals from 07:00 to 20:00. Each cell contains numerical data for vehicle counts. The table includes a header with icons and a final summary row at the bottom.

Nota. Aforo vehicular. Ficha tomada del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Anexo 2: Panel fotográfico

Figura 35

Aforo de vehículos en la E1



Nota. El aforo de vehículos se da por una persona especializada en la avenida Atahualpa

Figura 36

Aforo de vehículos en la E2



Nota. El aforo de vehículos se da por una persona especializada en la avenida Vía de Evitamiento Sur

Figura 37

Aforo de vehículos en la E3



Nota. El aforo de vehículos se da por una persona especializada en la avenida Atahualpa pasando

Figura 38

Aforo de vehículos en la E3



Nota. El aforo de vehículos se da por una persona especializada en la avenida Vía de Evitamiento Sur antes

Figura 39

Calzada de la avenida Atahualpa



Nota. Medida de la calzada menor de la avenida Atahualpa

Figura 40

Separador de la avenida Atahualpa



Nota. Medida del separador de la avenida Atahualpa

Figura 41

Separador principal de la avenida Atahualpa



Nota. Medida del separador principal de la avenida Atahualpa

Figura 42

Vereda de la avenida Atahualpa



Nota. Medida de la vereda derecha de la avenida Atahualpa

Figura 43

Estacionamiento de la avenida Atahualpa



Nota. Medida del estacionamiento de la avenida Atahualpa.

Figura 44

Ciclo vía de la avenida Atahualpa



Nota. Medida de la ciclo vía de la avenida Atahualpa

Figura 45

Calzada de la avenida Atahualpa



Nota. Medida de la calzada de la avenida Atahualpa

Figura 46

Paradero de la avenida Atahualpa



Nota. Medida del ancho del paradero de la avenida Atahualpa

Figura 47

Vereda de la avenida Vía de Evitamiento Sur



Nota. Medida de la vereda izquierda de la avenida Vía de Evitamiento Sur

Figura 48

Cuneta izquierda de la avenida Vía de Evitamiento Sur



Nota. Medida de la cuneta izquierda de la avenida Vía de Evitamiento Sur

Figura 49

Separador central de la avenida Vía de Evitamiento Sur



Nota. Medida del separador central la avenida Vía de Evitamiento Sur

Figura 50

Calzada de la avenida Vía de Evitamiento Sur



Nota. Medida de la calzada de la avenida Vía de Evitamiento Sur

Figura 51

Cuneta de la avenida Vía de Evitamiento Sur



Nota. Medida de la cuneta de la avenida Vía de Evitamiento Sur

Figura 52

Separador principal de la avenida Vía de Evitamiento Sur



Nota. Medida del separador principal de la avenida Vía de Evitamiento Sur

Figura 53

Calzada izquierda de la avenida Vía de Evitamiento Sur



Nota. Medida de la calzada de la avenida Vía de Evitamiento Sur

Figura 54

Óvalo de la zona en estudio



Nota. Presencia de un gran volumen de vehículos.

Figura 55

Equipo de trabajo para el aforo de vehículos de la E1, E2 y E4



Nota. Equipo especializado para el aforo de vehículos

Figura 56

Equipo de trabajo para el aforo de vehículos de la E2, E3 y E4



Nota. Equipo especializado para el aforo de vehículos

Figura 57

Estacionamiento de vehículos en la avenida Vía de Evitamiento Sur



Nota. Vehículos estacionados infringiendo en zona rígida ya que impide el flujo continuo de vehículos.

Figura 58

Estancamiento en el óvalo



Nota. Vehículos deben detenerse para poder dar el pase

Figura 59

Avenida Atahualpa



Nota. Vehículos en hora punta con largas colas en la avenida Atahualpa

Figura 60

Vehículos en la avenida Atahualpa a la 1pm



Nota. Vehículos haciendo largas colas en la avenida Atahualpa

Figura 61

Colas largas en la avenida Atahualpa a la 1pm



Nota. Vehículos en hora punta generando largas colas

Figura 62

Levantamiento topográfico



Nota. Levantamiento topográfico en centro del óvalo.

Figura 63

Levantamiento topográfico en la avenida Vía de Evitamiento Sur



Nota. Levantamiento topográfico en el separador central

Figura 64

Levantamiento topográfico desde el centro del óvalo



Nota. Levantamiento topográfico a la avenida Atahualpa

Figura 65

Equipo para el levantamiento topográfico



Nota. Equipo para el levantamiento topográfico en el centro del óvalo.

Figura 66

Longitud de cola en la avenida Vía de Evitamiento Sur



Nota. La longitud de cola en la avenida Vía de Evitamiento Sur es bastante extensa en horas de la mañana.

Figura 67

Vehículos en circulación



Nota. En el óvalo se observa el tránsito de los vehículos

Figura 68

Circulación vehicular en la avenida Atahualpa



Nota. Los vehículos que transitan en la avenida Atahualpa justo cuando la luz del semáforo empieza en verde.

Figura 69

Largas colas en la avenida Vía de Evitamiento Sur



Nota. Las largas colas que se observa se dan en el horario de la 1:50 pm

Figura 70

Asesor y tesista



Nota. Asesor y tesista de la tesis Efectos de la implementación del paso a desnivel en el tránsito vehicular en el cruce de la avenida Atahualpa y la avenida Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca - 2024

Anexo 3: Planos