

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Introducción

La ingeniería de tráfico es una rama de la ingeniería del transporte que trata sobre la planificación, diseño y operación de tráfico en las calles, carreteras y autopistas, sus redes, infraestructuras, áreas colindantes y su relación con los diferentes medio de transporte consiguiendo una movilidad segura, eficiente y conveniente tanto de personas como de mercancías.

Los estudios de tráfico se constituyen en el instrumento de que sirve a la ingeniera de tráfico para cumplir con sus objetivos definidos como la red viaria y la circulación del tránsito vehicular.

En el departamento de Tarija debido al alto volumen tráfico vehicular que existe últimamente, generando muchas irregularidades en la descongestión y eso genera dificultades en la conducción de dicha avenida a estudiar, esto hace que analicemos el volumen y velocidad utilizando dichas metodologías.

Se realizará el análisis de volumen y velocidad con dichas normas existentes y no inventar, cabe recalcar que se hará mediante aforos manuales como indica el Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito, el cual indica realizar aforos durante días representativos de la semana (Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes) a menos que se requiera día de fin de semana (Sábado y Domingo), el cual nos indica que los aforos se deben realizar en horas picos.

En la realización del proyecto se hará la obtención de información sobre el tema, así también el procesamiento de datos para el análisis de velocidades y volúmenes, mediante aforos respetando la metodología correspondiente ya que es elección el escoger la norma más conveniente analizando las ventajas y desventajas que presentan cada una.

Se espera tener resultados muy cercanos a la exactitud para así tener un proyecto de mucha importancia y utilidad, con la ayuda de los objetivos específicos podremos realizar de la mejor manera el presente proyecto en la avenida Víctor Paz en la ciudad de Tarija.

Los resultados que se esperan tener de la variación y volumen que existe en el presente tramo a estudiar son para poder solucionar un problema, con la intención de que sea de mucha utilidad para la sociedad y así también poder saber en qué situación de tráfico vehicular se encuentra la vía y poder tener datos y resultados para un nuevo estudio futuro ya con una idea de resultados cercanos a la exactitud.

1.2 Justificación

El presente proyecto es parte de la Ingeniería de Tráfico, el cual se hará el análisis de velocidad y volumen con la modalidad de aforos para obtener datos de aforo y seguidamente poder analizarlos y procesarlos teniendo mucho cuidado al momento de la obtención de datos para así tener mejores resultados cercanos a la exactitud.

El cálculo de volumen en ingeniería de tráfico es muy importante en etapa de planeación de vías urbanas donde se puede analizar el comportamiento que tiene el tráfico en dichas vías a ser estudiado.

El tráfico en vías urbanas, carreteras en los últimos años se vio un incremento de vehículos en grandes cantidades lo cual no se esperaba, esto genero mayor volumen de lo que se esperaba causando así congestión vehicular, disminución de velocidades y accidentes en la vía.

Para tener certeza de mayor confiabilidad en información sobre aforos es conveniente tener un conocimiento previo de metodologías de aforos, para evitar obtener resultados malos, es importante realizar un estudio más a profundidad sobre estos aspectos de tal manera que el encargado de estudio del proyecto tenga la certeza que se está realizando un análisis coherente.

Se realizará el análisis de velocidades y volúmenes mediante aforos en vías multicarriles en la ciudad de Tarija utilizando metodologías ya escritas y no así inventar, dicho proyecto será de beneficio al tráfico vehicular como así también al tráfico peatonal.

Lo que se pretende aportar con este proyecto es también evitar accidentes de tránsito, pero también a la vez poder evitar el tráfico en horas pico, últimamente en el departamento de Tarija se incrementó la cantidad de vehículos provocando congestión en dicha avenida a estudiar.

También se aportará con los datos obtenidos en campo y con los resultados analizados tener una base de datos que sirvan para que en futuros estudios de aforos de ambos parámetros en el tramo de estudio se pueda tener conocimientos previos y así ver cómo se va incrementando el volumen y velocidad o viceversa.

Los resultados obtenidos se pretenden que sean los más exactos posibles, pero si es lo contrario se puede recomendar realizar los aforos con mucho más cuidado para así evitar resultados erróneos y de poca utilidad, si en caso sería así se podría realizar disminución de volúmenes restricciones de reductores de velocidades para así evitar congestión y accidentes.

1.3 Determinación del problema

1.3.1 Situación problemática

El diseño y la planificación de vías multicarriles tienen mucha importancia el volumen de tráfico y velocidad que existe en esa vía, por el cual es necesario que en la etapa de diseño de la vía como en ya en servicio se realicen aforos dependiendo la metodología a utilizar como ser los parámetros que tienen, se sabe que cada norma existente no tienen el mismo criterio o metodología para la realización de aforos manuales ya que en nuestro país no existe estudios de aforos de volúmenes de tráfico como también en nuestro departamento de Tarija no hay registros de estudios por el cual se dificulta poder tener información, los aforos en nuestro país se realiza solamente cuando se necesita saber algo referido a volumen y velocidades en un dicho tramo o cuando las instituciones se dan con un problema el cual se tiene que solucionar, el cual realizan aforos manuales ya que no existe aquí en Bolivia algún aparato electrónico para poder hacer más rápido los aforos y solucionar más rápidos los problemas de volúmenes y velocidades.

Para eso se debe realizar aforos horarios o diarios dependiendo la norma a utilizar existiendo diferencias y contradicciones en las normas además que se debe realizar aforos

en horas picos del día, todo el día o por jornadas el cual al realizar el aforamiento siempre existe error al conteo que no se sabe cuánto afectaría al estudio y eso hace que los resultados finales que obtengamos no sean precisos.

1.3.2 Problema

¿Será que en vías multicarriles con alto volumen de tránsito con conteo de tránsito no invasivo se puede realizar el análisis de la variación de volúmenes y velocidades en el tramo de estudio de la Av. Jaime Paz Zamora desde la rotonda de la Universidad Juan Misael Saracho hasta el Portillo, para así poder tener el conocimiento de la situación actual del flujo vehicular que existe?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Analizar la variación de velocidad y volumen puntual en vías multicarriles con alto volumen de tránsito utilizando conteo de tránsito no invasivo, conforme al Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito, esto permitirá evaluar el comportamiento que presenta el tráfico vehicular por calzadas en relación a los parámetros críticos y mínimos de velocidad y volumen en la avenida Jaime Paz Zamora de la ciudad de Tarija.

1.4.2 Objetivos específicos

- Obtener información sobre el marco teórico del presente proyecto.
- Determinar, seleccionar los distintos puntos de aforo para la realización del presente proyecto.
- Realizar planos de todo el tramo para obtener las coordenadas, progresivas y geometría de cada punto a ser aforado.
- Aplicar el Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito para la variación de volúmenes y velocidades.
- Calcular velocidades para luego analizar la variación que tengan en distintas horas picos en la zona de estudio establecida.

- Calcular volúmenes para luego analizar la variación que tengan en distintas horas picos en la zona de estudio establecida.
- Realizar el análisis de velocidades y volúmenes en vía multicarril con procedimiento no invasivo que muestre el comportamiento vehicular del tramo de estudio por carriles.
- Con el análisis de resultados obtenidos podremos obtener la propuesta de metodologías, propuesta de acciones, conclusiones y recomendaciones provechosas del proyecto.

1.5 Hipótesis

Si realizamos los aforos manuales como indican las normas vigentes de velocidad y volúmenes en vías multicarriles utilizando el Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito (El número de horas de aforo varia con el método usado y el propósito. Los contadores mecánicos pueden estar contando las 24 horas del día. Es conveniente que los aforos manuales en intersecciones, se lleven a cabo por un mínimo de 12 horas, incluyendo en este espacio de tiempo las horas de mayor demanda. Aforos por periodos de tiempo de 16 horas, proveen más información. Por lo general, para la mayoría de los propósitos de ingeniería de tránsito, los aforos deben ser efectuados durante días representativos de un día de la semana típico (martes, miércoles y jueves) a menos que el objetivo del estudio requiera días de fin de semana. Por lo general aforos realizados con incrementos de tiempo de 15 minutos son suficientes), realizando aforos en horas picos para la recolección de datos de volumen y velocidades entonces se podrá realizar un análisis de la variación que se presenta en el tramo de volúmenes y velocidades a partir de eso se planteen propuestas el cual mejoren la condición de circulación en las calzadas del tramo de estudio de la Av. Jaime Paz Zamora.

1.6 Variables

Tenemos las siguientes variables:

1.6.1 Variable independiente

Las variables independientes son los factores que el investigador quiere poner a prueba para demostrar una hipótesis. También son características, condiciones, cualidades o

hechos que tienen la potencialidad de alterar otras variables dependientes. En otras palabras, es la que se modifica y manipula sistemáticamente para analizar cómo afecta a la variable dependiente.

Operacionalización de variables

Tabla 1 Variables Independiente

Variable	Concepto	Medición	Unidad	Relación
Vías Multicarriles	Son las que, sin ser autopistas o autovías, tienen al menos dos carriles destinados a la circulación para cada sentido, con separación o delimitación de los mismos, pudiendo tener accesos o cruces a nivel.	m Km	m km	Geometría o Física Ancho, Longitud, Pendiente Operacional Volumen Velocidad

Fuente: Elaboración propia

1.6.2 Variable dependiente

Se trata del factor que se ve modificado o influenciado por una variable independiente. Pueden ser características, cualidades, hechos, etc. En todos los casos, es una variable inestable y es la que el investigador pretende medir. En este sentido, el objetivo es estudiar cómo se comporta frente a diferentes estímulos e influencias que surgen a partir del manejo de las variables independientes.

Operacionalización de variables

Tabla 2 Variables Dependientes

Variable	Concepto	Medición	Unidad	Relación
Velocidad	Se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo.	<ul style="list-style-type: none"> • Invasiva • No invasiva 	Km/h	Distancia / Tiempo
Volumen	Es el número de vehículos que pasa por un punto a lo largo de una carretera.	<ul style="list-style-type: none"> • Invasiva • No invasiva 	Veh/h	Veh / Tiempo

Fuente: Elaboración propia

1.7 Alcance

El alcance de dicho proyecto será de la siguiente manera:

Obtener información sobre la revisión bibliográfica referida al tema donde hace referencia a conceptos fundamentales que ayuda sobre el proyecto a estudiar ya que es de mucha importancia el tener referencias sobre lo que es la ingeniería de tráfico para poder realizar el análisis de variaciones de velocidad y volúmenes.

Mediante la justificación, objetivo general, objetivo específico, variables, hipótesis y determinación del problema podremos ver el alcance de todo el proceso al cual queremos realizar y llegar del presente proyecto y así poder realizar de una manera clara y satisfactoria que mediante esta introducción podamos realizar los cálculos de la mejor manera.

La teoría adquirida de dicha bibliografía podremos realizar conceptos claros y entendibles, podemos obtener información sobre lo que es la Ingeniería de tráfico, partiendo de ese concepto podremos ver en el presente proyecto lo que es la clasificación de las carreteras y el cómo varía las velocidades y volúmenes en un dicho tramo.

A partir de las velocidades y volúmenes se podrá ver lo que es características de volumen y velocidades de tránsito y poder ver la demanda que existe en un tramo y realizar análisis

comparativos que nos brinden datos correctos para poder hacer cálculos que sean de mucha importancia para el estudio.

Existen distintas metodologías para la aplicación de tráfico vehicular, en este caso se aplicará el manual normativo Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito, el cual indica (el número de horas de aforo varia con el método usado y el propósito. Los contadores mecánicos pueden estar contando las 24 horas del día. Es conveniente que los aforos manuales en intersecciones, se lleven a cabo por un mínimo de 12 horas, incluyendo en este espacio de tiempo las horas de mayor demanda. Aforos por periodos de tiempo de 16 horas, proveen más información. Por lo general, para la mayoría de los propósitos de ingeniería de tránsito, los aforos deben ser efectuados durante días representativos de un día de la semana típico (martes, miércoles y jueves) a menos que el objetivo del estudio requiera días de fin de semana el cual como proyectista realice el aforo un día de fin de semana para ver como es el comportamiento.

Los métodos de aforo que se realizara son manuales el cual es la idea del proyecto que el estudiante pueda realizar manualmente para luego poner en práctica el conocimiento adquirido en nuestra vida profesional por el cual los aforos se realizaran como indica la norma en horarios picos del día y durante el tiempo establecido el cual esto servirá para luego procesar los datos y realizar la variación de volúmenes y velocidades.

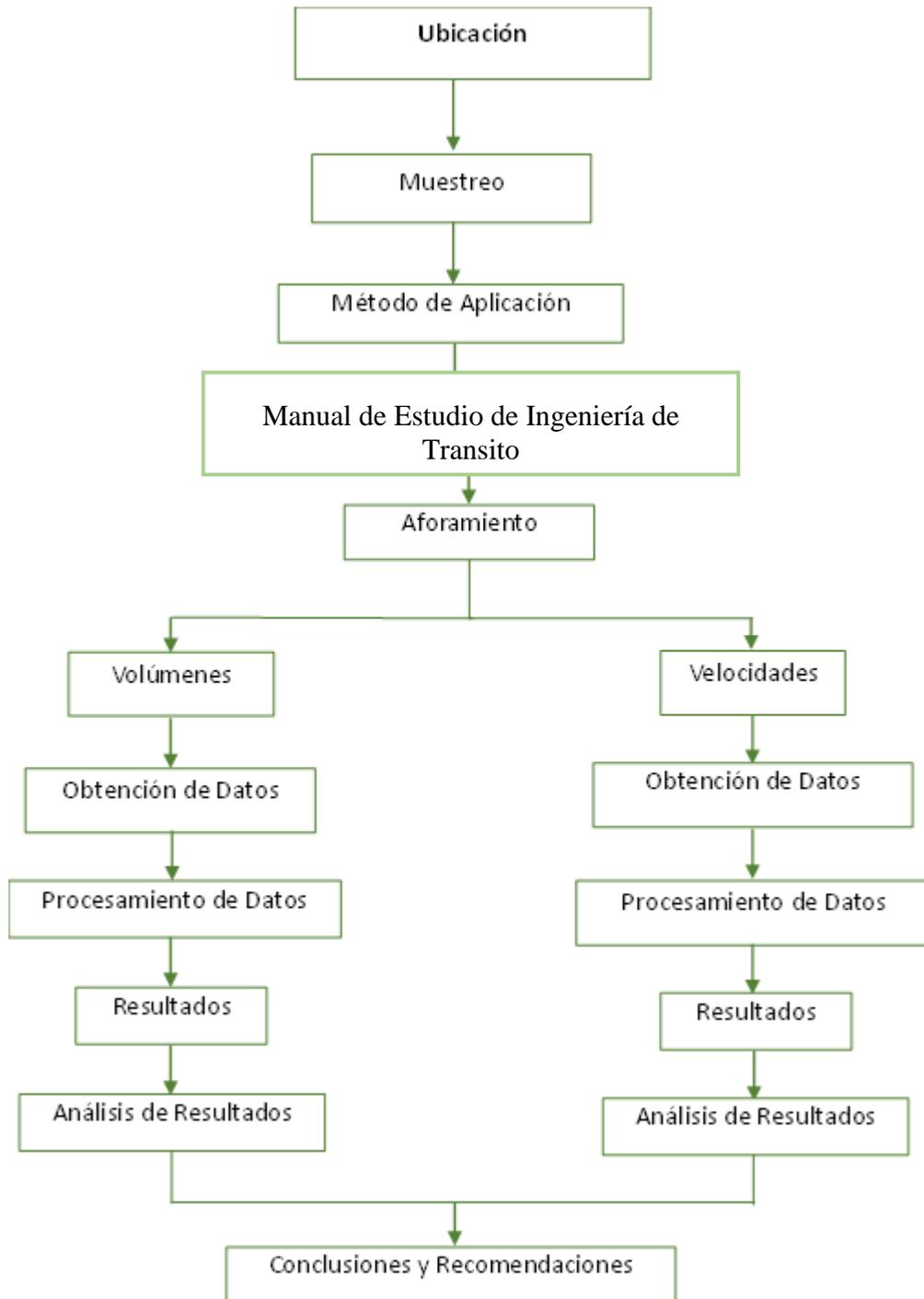
Realizar un diseño de la metodología mostrando el lugar de estudio, métodos, técnicas y procedimientos, también la recolección de datos mediante aforo manual (observando personalmente) de volumen y velocidades en vías multicarriles, donde se aplicará metodologías ya escritas y vigentes.

Una vez obtenido los datos de aforo se procederá a realizar el análisis de variación de velocidades y volúmenes en vías multicarriles y así obtener buenos resultados que es lo que uno como proyectista busca durante el estudio, a través del análisis de resultados se pueda plantear posibles soluciones para que en un futuro se pueda tomar en cuenta para un nuevo estudio de tráfico vehicular en el tramo estudiado.

Finalmente, con el análisis de resultados y las posibles soluciones que se planteen de acuerdo a la experiencia vivida durante la realización del proyecto en el tramo estudiado

se llegue a dar conclusiones y también dar algunas recomendaciones que ayuden en un futuro para un nuevo estudio sobre análisis de variación de volúmenes y velocidades.

El proyecto se realizará de la siguiente manera mediante un flujograma:



Realizado el flujograma se sabe cómo realizare el proyecto ya que esto ayuda a poder ordenarse y saber cuándo realizar cierta actividad. Al saber la ubicación, población, muestra y muestreo del proyecto podemos ver qué puntos tomar para poder realizar el aforamiento de volúmenes y velocidades el cual se realizará en el tramo Universidad Juan Misael Saracho hasta la Zona El Portillo.

Se realizará el proceso de aplicación en 30 puntos de la avenida multicarril donde se hará 10 puntos en cada carril según el Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito el cual se utilizará para realizar los aforamientos de volúmenes y velocidades,

Una vez realizado la obtención de datos se procede a realizar el procesamiento de datos el cual indica realizar la depuración de datos erróneos para luego poder obtener resultados muy cercanos a la exactitud, se realiza el análisis de resultados aplicando la estadística descriptiva con todos sus parámetros que la componen.

Una vez realizado el análisis de resultados esto lleva a que el estudiante tenga una mayor claridad sobre los resultados y pueda brindar conclusiones y recomendaciones del presente proyecto para poder tener un proyecto de mucha relevancia e importancia para nuestro entorno y así poder tener la satisfacción de brindar un proyecto bien realizado.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LA INGENIERÍA DEL TRÁFICO VEHICULAR

2.1 Definición y evolución de la ingeniería de tráfico vehicular

2.1.1 Definición

La Ingeniería de tráfico o de tránsito es una rama de la ingeniería del transporte que trata sobre la planificación, diseño y operación de tráfico en las calles, carreteras y autopistas, sus redes, infraestructuras, tierras colindantes y su relación con los diferentes medio de transporte consiguiendo una movilidad segura, eficiente y conveniente tanto de personas como de mercancías.¹

Se entiende por ingeniería de transportes y vías, el conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas, prácticas profesionales, principios y valores, necesarios para satisfacer las necesidades sociales sobre movilidad de personas y bienes.¹

El ingeniero de tráfico, en vez de tratar con la construcción de una nueva infraestructura, está encargado del dimensionamiento y diseño de la infraestructura para lograr un flujo de tráfico eficiente y de la evaluación de los sistemas de tráfico para optimizar el uso de esa infraestructura vial. Dentro de los elementos de control de tráfico están las Señales de tráfico, semáforos, paneles, sensores, etc., con el fin de lograr una operación segura y eficiente en la infraestructura vial.¹

Actualmente el incremento en número y velocidad del tráfico motorizado contribuye a satisfacer los deseos y las necesidades de los habitantes de las ciudades, sin detenerse a analizar que ese es también el causante de uno de los aspectos más conflictivos del sistema urbano en función a su sostenibilidad: la contaminación ambiental en sus diferentes formas, la ocupación extensiva del suelo y la seguridad del tráfico.¹

¹ Tapia Aranda Juan Gabriel (2006) Bolivia “Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico” (pg4)

Figura 1 Tráfico vehicular

Fuente: Elaboración propia

2.1.2 Evolución de la ingeniería de tránsito

A través de los siglos se pueden observar la evolución que ha tenido el tránsito a medida que también evolucionan tanto el camino como el vehículo. En el siglo X iniciación de la edad media registra un incremento en la población y comercio, como consecuencia mayor tránsito.²

En el siglo XII las ciudades crecen extraordinariamente, emergiendo muchas nuevas vinculadas en forma estrecha con el comercio; su trazo es básicamente el de calles angostas agrupadas según una cuadrícula geométrica.²

La invención del vehículo puede considerarse reciente, en comparación al desarrollo de la civilización, en las últimas décadas del siglo XIX ven la aparición del motor de gasolina y renacen el deseo de conservar los caminos que habían sido abandonados.²

La importancia adquirida requirió en años anteriores que se dé una atención preferente a los programas de construcción de calles y carreteras, resaltando sobre todo el aspecto estructural de las mismas. Sin embargo, en el transcurso del tiempo, se verificó también un crecimiento paulatino de los problemas de tráfico, induciendo a los técnicos al estudio de otro aspecto del sistema de transporte².

² Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg4)

Figura 2 Evoluciones de los autos



Fuente: <https://images.app.goo.gl/WWpn4ax4x2nmT48h8>

2.2 Elementos de la ingeniería de tráfico

2.2.1 Usuario

El usuario está relacionado con los peatones y conductores, que son los elementos principales a ser estudiados para mantener el orden y seguridad de las calles y carreteras.³

2.2.1.1 El Peatón

Se puede considerar como peatón potencial a la población en general, desde personas de un año hasta de cien años. Prácticamente todos somos peatones, por lo tanto, a todos nos interesa este aspecto. También puede decirse, que el número de peatones en un país casi equivale al censo de la población.⁴

En la mayoría de los casos las calles y carreteras son compartidos por los peatones y vehículos, excepto en la Autopistas el tráfico de los peatones es prohibido. Los accidentes sufridos por peatones se deben a que no respetan las zonas destinadas a ellos, ya sea por falta de conocimiento u otro factor. Por lo tanto, se deberá estudiar al peatón no solamente por ser víctima, sino porque también es una de las causas, para la cual es necesario conocer las características del movimiento de los peatones y la influencia que tienen ciertas características como ser la edad, sexo, motivo de recorrido, etc.⁴

³ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 7ª edición (pg44)

⁴ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 7ª edición (pg45)

2.2.1.2 El Conductor

El conductor constituye el elemento de tránsito más importante, ya que el movimiento y calidad de circulación de los vehículos dependerá fundamentalmente de ellos para adaptarse a las características de la carretera y de la circulación. Para el estudio de los conductores es necesario conocer el comportamiento o factores que influyen en sus condiciones físicas y psíquicas, sus conocimientos, su estado de ánimo, etc.⁵

El individuo que maneja un automóvil, la mayor parte de las veces no se da cuenta de que con un leve movimiento del pedal puede acabar con la vida de varias personas en pocos instantes. A través del tiempo, sin embargo, el hombre ha demostrado una gran adaptabilidad a los cambios de la vida moderna. Se ha visto como el individuo es capaz de conducir carretas y rápidamente cambiar a la conducción de diligencias, de mayor velocidad, para posteriormente adaptarse a las condiciones del vehículo de motor. Según ha ido cambiando y evolucionando el vehículo, el hombre se ha ido adaptando con facilidad, y así como conducía antes vehículos con una velocidad máxima de 30 km/h, en pocos años ha conducido vehículos que pasan de 1,000 km/h.⁵

2.2.1.3 El Ciclista

Otro usuario, elemento importante del tránsito y el transporte, es el *ciclista*, que de alguna manera, ya sea en el desarrollo de una actividad de recreación, trabajo, compras o estudio, debe desplazarse de un lugar a otro, sobre facilidades exclusivas o mezcladas con el tránsito peatonal y vehicular. Independientemente de cómo lo realice, siempre ha sido vulnerable a muchos factores tales como: a la accidentalidad producida por la interacción con los vehículos motorizados. Sin embargo, con el crecimiento de las ciudades y el aumento de la contaminación ambiental debida a los vehículos automotores, es necesario, y ya se están comenzando a implantar, sistemas de transporte alternativos que utilizan medios no motorizados, ambientalmente inofensivos y sostenibles que no usen carburantes; y uno de esos es la *bicicleta*. Para que esto se logre, las ciclovías y los carriles

⁵ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg53)

para los ciclistas deberán llenar todos los requisitos necesarios, en su diseño y operación, de tal manera que su vulnerabilidad sea la más mínima posible.⁶

2.2.2 El vehículo

En números redondos, según estos registros mundiales de automóviles, en el año 1939 existían alrededor de 45 millones de automóviles y ya en el año 2014 alrededor de 907 millones, prácticamente 20 veces más, los cuales se han venido incorporado a nuestra civilización desde los inicios del siglo XX hasta los inicios del siglo XXI.⁷

El elemento vehículo es el que más ha evolucionado desde su aparición y ha ido cambiando al pasar el tiempo adquiriendo mayores velocidades, mayor potencia, mayor maniobrabilidad, etc. En conclusión, es indispensable que cada país facilite su transporte, que lo mecanice al máximo para que progrese, para que puedan transportarse los bienes de consumo, desde las fuentes de producción hasta los mercados; para que los bienes manufacturados puedan ir a los pueblos más apartados; para que las comodidades se puedan distribuir en todo el país, etc. Aún se puede reducir más la actual relación de habitantes por vehículo en la mayoría de los países. Entonces, no sólo es inevitable que aumente el número de vehículos cada año, sino que es lo deseable, lo conveniente. Por lo tanto, el segundo elemento componente del tránsito, El Vehículo, irremediablemente seguirá en aumento.⁷

2.2.2.1 Características de los vehículos de proyecto

Vehículo de proyecto es aquel tipo de vehículo hipotético, cuyo peso, dimensiones y características de operación son utilizados para establecer los lineamientos que guiaran el proyecto geométrico de las carreteras, calles e intersecciones.⁷

En general, los vehículos se clasifican en ligeros, pesados y vehículos especiales.

- Los **vehículos ligeros** son vehículos de pasajeros y/o carga, que tienen dos ejes y cuatro ruedas. Se incluyen en esta denominación los automóviles, camperos, camionetas y las unidades ligeras de pasajeros y carga.⁷

⁶ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg50)

⁷ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg88)

- Los **vehículos pesados** son unidades destinadas al transporte masivo de pasajeros o carga, de dos o más ejes y de seis o más ruedas. En esta denominación se incluyen los autobuses y los camiones.⁸
- Los **vehículos especiales** son aquellos que eventualmente transitan y/o cruzan las carreteras y calles, tales como: camiones y remolques especiales para el transporte de troncos, minerales, maquinaria pesada, maquinaria agrícola, bicicletas y motocicletas, y en general, todos los demás vehículos no clasificados anteriormente, tales como vehículos deportivos y vehículos de tracción animal.⁸

2.3 Vía o Viabilidad

El factor vía por donde circulan, son esencialmente objeto de la técnica. Si bien es cierto que tienen una importante influencia en los accidentes y, por consiguiente, en la seguridad vial. Las cuestiones relativas a las vías, tales como amplitud, trazado, anchura, intersecciones, firmes, etc., deben enfocarse y resolverse con subordinación a las necesidades del tráfico que por ellas discurre, es decir, atendiendo al número, categoría y características técnicas de los vehículos que por ellas circulan, a fin de que, de esta adecuación de la vía al vehículo, resulte un tráfico técnicamente fluido y seguro, y a su vez, que los problemas relativos a los vehículos, tales como pesos y dimensiones, capacidad de carga, velocidad, órganos de seguridad (frenos, dirección, luces, etc.), revisión periódica de éstos, etc., sean contemplados y regulados en aras de la mayor rapidez, comodidad y, sobre todo, seguridad del ser humano que los utiliza.⁹

2.3.1 Clasificación funcional

Dentro de un criterio amplio de planeación, la red vial, tanto rural como urbana, se debe clasificar de tal manera que se puedan fijar funciones específicas a las diferentes carreteras y calles, para así atender a las necesidades de movilidad de personas y mercancías, de una manera rápida, confortable y segura, y a las necesidades de accesibilidad a las distintas propiedades o usos del área colindante. Para facilitar la movilidad es necesario disponer de carreteras y calles rápidas, y para tener acceso es indispensable contar con carreteras y

⁸ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg96)

⁹ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg110)

calles lentas. Naturalmente entre estos dos extremos aparecen todo el sistema de carreteras (rurales) y calles (urbanas).⁹

Las carreteras y calles principales son de accesos controlados, destinadas a proveer alta movilidad a grandes volúmenes de tránsito de paso y de poco o nulo acceso a la propiedad lateral; mientras que las carreteras y calles locales son de accesos no controlados, que proveen fácil acceso a la propiedad lateral, de volúmenes de tránsito menores y raramente utilizadas por el tránsito de paso.¹⁰

2.3.2 Sistema vial urbano

En términos de movilidad y accesibilidad, la clasificación de un sistema vial urbano, y que está de acuerdo con el esquema de jerarquía. Con el propósito de unificar y simplificar la nomenclatura, se sugiere la siguiente clasificación:¹¹

- **Autopistas y vías rápidas:** las autopistas son las que facilitan el movimiento expedito de grandes volúmenes de tránsito entre áreas, a través o alrededor de la ciudad o área urbana. Son divididas, con control total de sus accesos y sin comunicación directa con las propiedades colindantes.¹¹
- **Carreteras multicarriles:** Se considera que las carreteras multicarriles regionales deben construirse cuando los volúmenes de tránsito para diseño resultan mayores de 20,000 vehículos promedio diario. La demanda de este tipo de instalaciones de primera categoría en exigencias de calidad y elevación de costos por kilómetro, se encuentra usualmente situada en un entorno suburbano, a la salida de las ciudades principales de Centroamérica, o como soluciones para circunvalar con anillos perimetrales las mismas. Las paradas de transporte público no se permiten en este tipo de vías, por lo que es recomendable prever su desplazamiento a través de calles marginales a la pista principal. Los cruces peatonales deben localizarse en aquellos puntos de mayor movimiento de peatones y construirse a desnivel, ya sea sobre la carretera multicarriles o subterráneos, aprovechando en lo posible su integración con propuestas de atractivos comerciales y servicios sanitarios.¹²

¹⁰ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg111)

¹¹ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg112)

¹² Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg113)

Figura 3 Carretera Multicarriles



Fuente: Elaboración propia

- **Calles principales:** son las que permiten el movimiento del tránsito entre áreas o partes de la ciudad. Dan servicio directo a los generadores principales de tránsito, y se conectan con el sistema de autopistas y vías rápidas. Con frecuencia son divididas y pueden tener control parcial de sus accesos. Las calles principales se combinan entre sí para formar un sistema que mueve el tránsito en toda la ciudad, en todas las direcciones.¹³
- **Calles colectoras:** son las que ligan las calles principales con las calles locales, proporcionando a su vez acceso a las propiedades colindantes.¹³
- **Calles locales:** proporcionan acceso directo a las propiedades colindantes, sean éstas residenciales, comerciales, industriales o de algún otro uso; además de facilitar el tránsito local hacia las residencias. Se conectan directamente con las calles colectoras y/o con las calles principales.¹³

2.3.3 Sistema de carreteras

Se pueden distinguir varias clasificaciones del tipo de carreteras, algunas de las cuales coinciden con la clasificación usada en otros países. Se tienen los siguientes tipos de carreteras:¹⁴

¹³ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg114)

¹⁴ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg115)

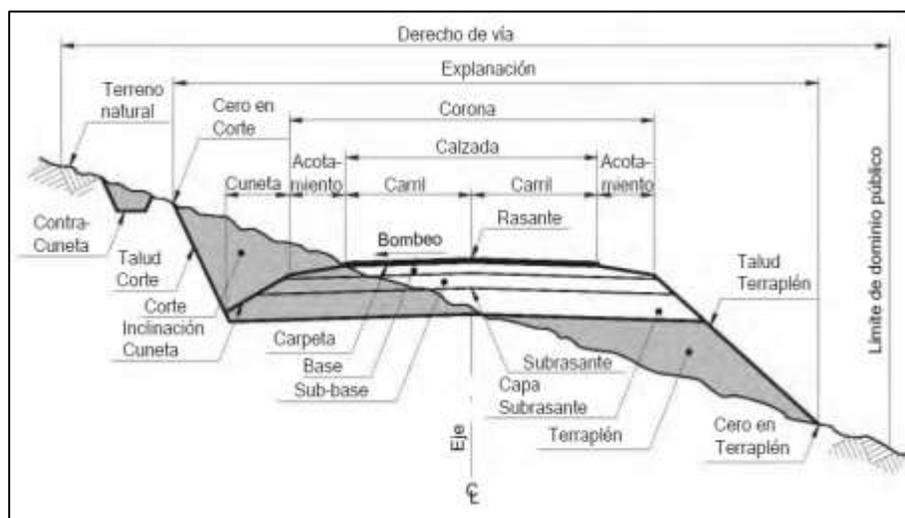
2.3.3.1 Clasificación de transitabilidad

- **Carretera de tierra o en terracerías:** su superficie de rodamiento es en tierra. En la mayoría de los casos solo es transitable en tiempos secos.¹⁴
- **Carretera revestida:** aquella a cuya superficie de rodamiento se le ha colocado un tipo de revestimiento diferente a una capa de pavimento. Es transitable en todo tiempo.¹⁴
- **Carretera pavimentada:** aquella cuya superficie de rodamiento corresponde a una capa de tratamiento superficial, de asfalto o de concreto.¹⁵

2.4 Estructura de una carretera

Geoméricamente, la sección transversal de una carretera está compuesta por el ancho de la zona o derecho de vía, el ancho de explanación, la corona, la calzada, los carriles, los acotamientos, las cunetas, las contra cunetas, los taludes laterales, los ceros, la rasante, la subrasante, la subcorona, las terracerías y otros elementos complementarios.¹⁶

Figura 4 Sección transversal típica mixta, pavimentada en recta



Fuente: Rafael Cal y Mayor R. S. (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9a edición (pg128)

¹⁵ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg116)

¹⁶ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg128)

- **Calzada o superficie de rodamiento:** Es aquella faja que se ha acondicionado especialmente para el tránsito de los vehículos, en las carreteras de primera categoría esta superficie es pavimentada.¹⁶
- **2.4.2 El carril:** Es aquella parte de la calzada o superficie de rodamiento, de ancho suficiente para la circulación de una sola fila de vehículos.¹⁶
- **Acotamientos:** Son fajas laterales que sirven de confinamiento lateral de la superficie de rodamiento y que eventualmente se pueden utilizar como estacionamiento provisional para alojar vehículos en casos de emergencia.¹⁶
- **La corona:** Es la superficie terminada de una carretera, comprendida entre sus hombros, por lo que incluye la calzada más los acotamientos.¹⁶
- **El hombro:** Es el punto de intersección de las líneas definidas por el talud del terraplén y la corona, o por ésta y el talud interior de la cuneta.¹⁶
- **Cunetas:** Son las que están destinadas a facilitar el drenaje superficial longitudinal de la carretera.¹⁶
- **Contra cunetas:** En aquellos tramos donde se prevea la necesidad de desviar las corrientes de agua y evitar que invadan la carretera, son zanjas de sección trapezoidal, que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural.¹⁷
- **El talud:** Es la superficie lateral inclinada, que en cortes queda comprendida entre la línea de ceros y el fondo de la cuneta; y en terraplenes, la que queda comprendida entre la línea de ceros y el hombro correspondiente.¹⁷
- **El cero o punto extremo de talud:** Es el punto donde el talud de corte o terraplén encuentra el terreno natural.¹⁷
- **Pendiente transversal:** Es el que está representada por el bombeo en recta o por la sobreelevación en curva, es la pendiente que se le da a la corona, normal a su eje.¹⁷

¹⁷ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg129)

- **La subcorona:** Es la superficie que limita a las terracerías y sobre las que se apoyan las capas de pavimento.¹⁷
- **Terracería:** Es el volumen de material que hay que cortar o terraplenar para formar la carretera hasta la subcorona.¹⁷
- **Pavimento:** Se denomina así a la capa o capas de material seleccionado y/o tratado, comprendidas entre la subcorona y la corona, que tiene por objeto soportar las cargas inducidas por el tránsito y repartirlas de manera que los esfuerzos transmitidos a la capa de terracerías subyacente a la subcorona, no le causen deformaciones perjudiciales; al mismo tiempo proporciona una superficie de rodamiento adecuada al tránsito.¹⁷
- **La rasante:** Es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona de la carretera. En la sección transversal está representada por un punto.¹⁷
- **La subrasante:** Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. En la sección transversal es un punto cuya diferencia de elevación con la rasante, está determinada por el espesor del pavimento y cuyo desnivel con respecto al terreno natural, sirve para determinar el espesor de corte o terraplén.¹⁷
- **El derecho de vía:** Es la faja de terreno destinada a la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación, protección, y en general, para el uso adecuado de esa vía y de sus servicios auxiliares. A esta zona no se le podrá dar uso privado.¹⁸

¹⁸ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg130)

2.5 Problemas que existen en el tráfico vehicular

2.5.1. Factores que afectan el tráfico

Dentro de una ciudad existen diferentes factores que se deben tomar en cuenta, como calles operando arriba de su capacidad, cantidad de tránsito de vehículos pesados, etc., originando problemas en el tránsito. Entre estos factores se puede nombrar.¹⁹

2.5.1.1 Diferentes tipos de vehículos en la misma vialidad

- Diferentes dimensiones, velocidades y características de aceleración.
- Camiones y autobuses de alta velocidad.
- Camiones pesados de baja velocidad.
- Motocicletas y bicicletas transitando.¹⁹

2.5.1.2 Superposición de tránsito motorizado en vialidades inadecuadas.

- Calles angostas, torcidas y pronunciadas pendientes.
- Aceras insuficientes.
- Calles que no han sufrido una evolución acorde a las necesidades.
- Relativamente pocos cambios en el trazo urbano.¹⁹

2.5.1.3 Falta de planificación en el tránsito

- Calles, carreteras y puentes que se sigue construyendo con especificaciones antiguas.
- Intersecciones proyectadas sin base técnica.
- Previsión casi nula para el estacionamiento.¹⁹
- Localización inapropiada de zonas residenciales en relación con zonas industriales o comerciales.¹⁹

¹⁹ Tapia Aranda Juan Gabriel (2006) Bolivia “Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico” (pg6)

2.5.1.4 El automóvil no considerado como una necesidad pública.

- Falta de apreciación de las autoridades sobre la necesidad el vehículo dentro de la economía del transporte.¹⁹
- Falta de apreciación del público en general a la importancia del vehículo automotor.¹⁹

2.5.1.5 Falta de responsabilidad y asimilación del problema por parte de las entidades de gobierno y del usuario.

- Legislación y reglamentos de tránsito anacrónicos que tienden a forzar al usuario antes, que adaptarse sus necesidades.
- Falta de educación vial del conductor y del peatón.²⁰

2.5.2. Tipos de solución

Cualquier solución que se dé a los problemas de tráfico, debe estar basado en tres elementos:

- La ingeniería de tráfico
- La educación vial
- La legislación y vigilancia policiaca²⁰

Aquel medio que carezca de uno de estos tres elementos no estará exento de accidentes y de problemas de tránsito por las calles:

Existen tres tipos de soluciones que se pueden dar al problema de tráfico.

2.5.2.1 Solución integral

Si a partir de un análisis se comprueba que no existe relación entre los vehículos y las calles o carreteras físicamente construidas hace muchos años una solución integral

²⁰ Tapia Aranda Juan Gabriel (2006) Bolivia “Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico” (pg7)

significaría retirar toda la parte física planificar una nueva estructura acorde a las necesidades actuales, eso por su puesto es prácticamente imposible porque implicaría nuevas carreteras y crear ciudades de trazo urbano nuevo, como ejemplo se tiene lo que se ha hecho en la ciudad de Brasilia que prácticamente es la creación de una nueva ciudad cuyo trazo urbano es acorde a las condiciones de circulación actual con avenidas anchas de altas velocidades, visibilidad total, facilidad de circulación peatonal. Esta solución por el alto costo que significaría en la mayoría de los casos no es viable, aunque se considere la mejor solución.²¹

2.5.2.2. Solución parcial de alto costo

Este tipo de solución parte del hecho de mantener lo más posible las condiciones físicas actuales realizando modificaciones parciales que mejoran la circulación vehicular y peatonal como el ensanchamiento de calles y carreteras, modificación de intersecciones, creación de intersecciones a desnivel, instalar un sistema de semáforos, crear estacionamientos públicos y privados, etc. sin embargo todas estas soluciones requieren fuertes inversiones por lo tanto es una solución de alto costo.²¹

2.5.2.3. Solución parcial de bajo costo

Consiste en el aprovechamiento máximo de las condiciones físicas existentes tratando de realizar la menor obra física posible y plantear o proyectar lo máximo en cuanto a regulación funcional del tráfico vehicular y la circulación peatonal, entre otras cosas esta solución involucra una readecuación de las normas y reglamentos de tránsito medidas de educación vial, readecuación del número de carriles y sentidos de circulación señalización adecuada aprovechamiento óptimo de las zonas de estacionamiento, etc. Sin duda por las características de nuestro país económicamente es esta la última solución más viable a lo que se debe responder a través de un estudio y análisis a partir de la ingeniería de tráfico.²¹

²¹ Tapia Aranda Juan Gabriel (2006) Bolivia “Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico” (pg8)

2.5.3. Bases para una solución

Para poder encontrar una solución y que esta sea la más adecuada de menor costo económico se tienen pilares importantes que son las bases de esta solución como ser:²²

- **La ingeniería de tráfico:** Es la parte que está obligada a realizar los estudios técnicos necesarios y a partir de los análisis de estos se plantean soluciones reales y adecuadas. Es aquí donde participa en forma decidida el ingeniero de tráfico quien deberá recabar la mayor información posible de las condiciones de circulación actual.²²
- **Educación vial:** Es un pilar importante porque el conjunto de los usuarios ya sean estos peatones o conductores particulares o públicos deben tener un mínimo de educación vial que les permita un mejor accionar de cada uno de sus actividades la falta de educación vial ha hecho que los usuarios frecuentemente cometan errores o infracciones a reglamentos que en algunos casos causan accidentes y por lo general perjudican la normal circulación vehicular y peatonal en las calles y carreteras. En realidad, la educación vial es una obligación de todos por lo tanto los medios de comunicación, organismos relacionados con el transporte, instituciones referidas al ámbito vial, empresas, organismos policiales de tránsito, deben aunar criterios y esfuerzos y establecer una planificación sobre la educación vial regional y nacional como ingenieros de tránsito también será importante la participación en ayudar a diagramar la metodología adecuada de los aspectos más relevantes del tráfico.²²
- **Normas y reglamentos adecuados:** La circulación vehicular y peatonal requiere de normas y reglamentos que sean adecuados a las condiciones físicas actuales a las condiciones de los vehículos que circulan y a las condiciones de necesidad del usuario. Estas normas deben ser revisadas periódicamente de acuerdo a la evolución que vaya teniendo el tráfico en una ciudad o una carretera para tratar en lo posible de que obedezca a condiciones reales y actualizadas.²²

²² Tapia Aranda Juan Gabriel (2006) Bolivia “Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico” (pg9)

- **Vigencia y control policial:** Para hacer cumplir las normas y reglamentos vigentes y hacer que la planificación ingeniero cumpla sus objetivos se hace necesario un control policial cuya labor es recomendada a los organismos operativos de tránsito dependientes de la policía nacional.²³

Segmentos en dos sentidos

La metodología para segmentos de dos sentidos estima medidas de operaciones de tráfico para segmentos definidos de carretera, considerando el tipo de terreno, el diseño geométrico, y las condiciones de tráfico. El terreno está clasificado en dos categorías, plano y ondulado. El terreno montañoso se describe en el análisis operacional de rampas específicas ascendentes y descendentes. La metodología aplica para secciones de carreteras de por lo menos de 3.0 km, los datos de tráfico necesarios para aplicar la metodología de segmentos de dos sentidos son el volumen horario total, el factor de hora pico, y la distribución direccional del flujo de tráfico.²⁴

2.6 Parámetros fundamentales de la ingeniería de tráfico

Generalidades

La velocidad se ha manifestado siempre como una respuesta al deseo del humano de comunicarse rápidamente desde el momento en que él mismo inventó los medios de transporte. En este sentido, la velocidad se ha convertido en uno de los principales indicadores utilizados para medir la calidad de la operación a través de un sistema de transporte. A su vez, los conductores, considerados de una manera individual, miden parcialmente la calidad de su viaje por su habilidad y libertad en conservar uniformemente la velocidad deseada.²⁵

Se sabe, además, por experiencia que el factor más simple a considerar en la selección de una ruta específica para ir de un origen a un destino, consiste en la minimización de las demoras, lo cual obviamente se logrará con una velocidad buena y sostenida y que ofrezca

²³ Tapia Aranda Juan Gabriel (2006) Bolivia “Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico” (pg10)

²⁴ Tapia Aranda Juan Gabriel (2006) Bolivia “Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico” (pg11)

²⁵ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg254)

seguridad. Esta velocidad está bajo el control del conductor, y su uso determinará la distancia de recorrido, el tiempo de recorrido y el ahorro de tiempo, según la variación de ésta. La importancia de la velocidad, como elemento básico para el proyecto de un sistema vial, queda demostrada por ser el parámetro de cálculo de la mayoría de los demás elementos del proyecto.²⁵

2.6.1 Velocidad

En general, el término velocidad se define como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Es decir, para un vehículo representa su relación de movimiento, usualmente expresada en kilómetros por hora (km/h).²⁶

La importancia de la velocidad, como elemento básico para el proyecto de un sistema vial, queda establecida por ser un parámetro de cálculo de la mayoría de los demás elementos de un proyecto. Finalmente, es un factor muy importante en el tránsito, es que la velocidad de los vehículos actuales ha sobrepasado los límites para los que fueron diseñadas las carreteras y calles.²⁶

Para el caso de una velocidad constante, ésta se define como una función lineal de la distancia y el tiempo, expresada por la fórmula:²⁶

$$v = \frac{d}{t} \quad \text{Ecuación (2-1)}$$

Dónde:

V= Velocidad constante (km/hr)

d= Distancia recorrida (kilómetros)

t= tiempo de recorrido (horas)

2.6.1.1 Velocidad de punto

La velocidad de punto de un vehículo, es la velocidad a su paso por un determinado punto o sección transversal de una carretera o de una calle.²⁷

²⁶ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg257)

²⁷ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg259)

2.6.1.2 Velocidad instantánea

La velocidad instantánea de un vehículo, es la velocidad cuando se encuentra circulando a lo largo de un tramo de una carretera o de una calle en un instante dado.²⁷

2.6.1.3 Velocidad media temporal

Es la media aritmética de las velocidades de punto de todos los vehículos, o parte de ellos, que pasan por un punto específico de una carretera o calle durante un intervalo de tiempo seleccionado. Se dice entonces, que se tiene una distribución temporal de velocidades de punto.²⁸

2.6.1.4 Velocidad de recorrido

Llamada también velocidad *global* o de *viaje*, es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde el inicio hasta el fin del viaje, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla. En el tiempo total de recorrido están incluidas todas aquellas demoras operacionales por reducciones de velocidad y paradas provocadas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control, ajenos a la voluntad del conductor. No incluye aquellas demoras fuera de la vía, como pueden ser las correspondientes a detenciones en gasolineras, restaurantes, lugares de recreación, etc.²⁹

2.6.2 Estudios de velocidad

Uno de los indicadores que más se utiliza para medir la eficiencia de un sistema vial es la velocidad de los vehículos. Desde este punto de vista, para medir la calidad del movimiento del tránsito se utilizan la velocidad de punto, en sus dos componentes media temporal y media espacial, la velocidad de recorrido, y la velocidad de marcha.³⁰

2.6.2.1 Estudios de velocidad de punto

La mayor parte de los estudios de velocidad se refieren a la velocidad de los vehículos en determinado punto de una carretera o de una calle. Los estudios de velocidad de punto están diseñados para medir las características de la velocidad en un lugar específico, bajo

²⁸ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg260)

²⁹ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg270)

³⁰ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg274)

las condiciones prevalecientes del tránsito y del estado del tiempo en el momento de llevar a cabo el estudio.³⁰

Las características de la velocidad de punto tienen las siguientes aplicaciones:

- **Tendencias de velocidades:** Se determinan mediante la recolección de datos a través de muestreos periódicos en lugares seleccionados. Pueden ser especificadas por tipo de vehículo.³⁰
- **Lugares con problemas de velocidad:** Mediante un estudio de velocidades es posible determinar si ellas son muy altas y si las quejas recibidas, a este respecto, son justas.³⁰
- **Planeación de la operación del tránsito, regulación y control:** La magnitud en la dispersión de las velocidades afecta tanto la capacidad como la seguridad, ya que todos los vehículos no viajan a la misma velocidad. De allí que, si todos los vehículos viajaran a igual velocidad, la capacidad sería máxima y los accidentes serían minimizados.³⁰
- **Análisis de accidentes:** Determinación de la relación existente entre la velocidad y los accidentes, que pueda ser utilizada para tomar medidas correctivas.³¹

2.6.3 Estudios de velocidad de recorrido

Para determinar la velocidad de recorrido es necesario tener los tiempos de recorrido, los que a su vez están asociados con las demoras. Los propósitos del estudio de tiempos de recorrido y demoras son: evaluar la calidad del movimiento vehicular a lo largo de una ruta y determinar la ubicación, tipo y magnitud de las demoras del tránsito. La calidad del flujo se mide por las velocidades de recorrido y de marcha.³²

2.6.3.1 Determinación de la velocidad de flujo libre (FFS)

Una clave en la valoración de los niveles de servicio de las carreteras de dos carriles es determinar la velocidad a flujo libre (FFS). La FFS es medida utilizando la velocidad promedio de tráfico bajo condiciones de flujo de hasta 200 vehículos/hora en los dos

³¹ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) "Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones" 9ª edición (pg275)

³² Rafael Cal y Mayor R.S (2018) "Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones" 9ª edición (pg289)

sentidos, si los volúmenes obtenidos en campo superan ese límite, debe realizarse un ajuste de volumen cuando se calcule la FFS.³³

La FFS puede ser valorada de dos formas, velocidad de flujo libre medida en campo y estimada. Puede utilizarse cualquier procedimiento de medición de campo ya sea manual o automáticamente, mediante el uso de dispositivos mecánicos a los que se les incorpora programas de monitoreo de velocidad. Las medidas de campo no son necesarias para un análisis operacional, además la FFS puede ser estimada por experticia del usuario basado en las condiciones y características de la carretera.³³

Factores que afectan la velocidad a flujo libre (FFS)

La velocidad a flujo libre en una autopista depende del tráfico y de las características de la vía, los cuales se describen a continuación:³⁴

- **Ancho de carril y espacio lateral.** – Cuando el ancho de carril es menor a 12 pies (3.65 m.), los conductores están forzados a viajar más juntos el uno al otro de lo que ellos desearían. El efecto de un espacio lateral restringido es similar. Cuando se colocan objetos muy cerca del borde de las vías, los conductores en esas vías estarán bastante cautelosos de ellos, posicionándose los mismos lejanos al borde de la vía. Es mayor el efecto causado por dichos objetos sobre los conductores del carril derecho que del carril central o izquierdo. A los conductores del carril próximo a la medianera, los espacios laterales no les afectan cuando existe un espacio mínimo de 2 pies (0.60 m.), los conductores del carril próximo a la berma son afectados cuando el espacio lateral es menor a 6 pies (1.80 m).³⁴
- **Número de vías.** - En la medida que el número de vías incrementa, se incrementa la oportunidad de los conductores de posicionarse los mismos evitando el tráfico de movimiento lento. Por lo general, el tráfico en los carriles del medio o medios se mueven a mayor velocidad que las vías del lado derecho. Una autopista de

³³ Brito Galarza Cesar Fernando (2017) Ecuador “Efecto de la condición de superficie de rodamiento en la estimación de la capacidad vial y el nivel de servicio” (pg40)

³⁴ Tapia Aranda Juan Gabriel (2006) Bolivia “Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico” (pg95)

cuatro carriles (dos en cada dirección) provee menor oportunidad a los vehículos de moverse evitando el tráfico lento que en una autopista de seis u ocho carriles.³⁴

- **Intercambio de densidad.** – Las secciones de autopista con intercambios espaciados muy cercanos, como aquellos desarrollados en áreas urbanas, operan a más bajas velocidades de flujo libre que las secciones de autopistas suburbanas o rurales donde los intercambios son menos frecuentes. El promedio ideal de espacio entre intercambios en una sección larga de 5 a 6 millas (8 a 10 km) es de por lo menos 2 millas (3 km). El menor promedio de espacio de intercambio que puede ser considerado posible a lo largo de la autopista es de ½ milla (0.8 km).³⁵
- **Equivalencia de vehículos.** - El concepto de equivalencia de vehículos está basado en condiciones de observación de autopistas en los cuales la presencia de vehículos pesados, incluyendo camiones, buses y vehículos recreacionales, crean condiciones menores a las ideales, estas condiciones no ideales incluyen más largas y más frecuentes brechas de excesivo espacio tanto delante como detrás del vehículo pesado. El espacio ocupado por un vehículo grande es dos a tres veces más grande que el de un automóvil común. Para la estimación de capacidad de una autopista, cada vehículo pesado es convertido a su equivalente en número de vehículos ligeros. El factor de conversión usado depende de la proporción de vehículos pesados presentes en el flujo, así como la longitud y severidad de las subidas y bajadas.³⁵
- **Población de conductores.** - Una población de conductores familiarizada con la vía repercute en un mayor flujo en comparación con conductores del tipo recreacional.³⁵

2.6.3.2 Velocidad a Flujo Libre Medida en Campo

La FFS de una carretera puede ser determinada directamente mediante un estudio de velocidad conducido en el campo. No se requieren ajustes para los datos obtenidos. El

³⁵ Tapia Aranda Juan Gabriel (2006) Bolivia “Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico” (pg96)

estudio de velocidad debe ser realizado en un tramo representativo dentro del segmento de la carretera que está siendo analizado.³⁶

El estudio de campo debe ser realizado en periodos de baja circulación de tráfico y debe ser medida la velocidad de vehículos livianos que tengan flujo libre, y si hay vehículos en pelotón.³⁶

solo se mide al primero. La FFS puede ser calculada con base en los datos de campo.

$$FFS = S_{FM} + 0.0125 \frac{V_f}{f_{HV}} \quad \text{Ecuación (2-2)}$$

Dónde

FFS = Velocidad a flujo libre estimada (km/h)

S_{fm} = Velocidad media del tráfico medición en campo (km/h)

V_f = Tasa de flujo observada en el periodo en que el dato del campo fue obtenido (veh/h)

F_{hv} = Factor de ajuste de vehículo – pesado, determinado según ecuación

2.6.3.3 Velocidad a Flujo Libre Estimada, FFS

Para las carreteras de dos carriles es particularmente difícil la estimación de la velocidad de flujo libre debido a que existe un amplio rango de velocidades en los cuales se movilizan, generalmente de 70 a 110 km/h. Entonces para estimar una velocidad de flujo libre el punto de partida es una velocidad de flujo libre asumida o base (BFFS) la misma que debe reflejar las características geométricas y de tráfico de la vía, para asumir esta BFFS sirven datos de carreteras similares, la velocidad límite permitida en la zona o incluso los conocimientos locales de las condiciones de operación. Una vez que la BFFS sea asumida, los ajustes pueden realizarse por la influencia del ancho del carril, ancho de berma, y densidad de punto de acceso.³⁷

³⁶ Brito Galarza Cesar Fernando (2017) Ecuador “Efecto de la condición de superficie de rodamiento en la estimación de la capacidad vial y el nivel de servicio” (pg41)

³⁷ Brito Galarza Cesar Fernando (2017) Ecuador “Efecto de la condición de superficie de rodamiento en la estimación de la capacidad vial y el nivel de servicio” (pg42)

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A \quad \text{Ecuación (2-3)}$$

Dónde:

FFS = Velocidad a flujo libre estimada (km/h)

BFFS = Velocidad de flujo libre asumida o base (km/h)

f_{LS} = Ajuste por ancho de carril y el ancho de berma

f_A = Ajuste por puntos de acceso

El primer ajuste a la FFS estimada, relaciona los efectos del carril y el ancho de la berma. Las condiciones bases para carretera de dos carriles requiere 3.6 m de ancho de carril y 1.8 m de ancho de berma. La Tabla 2-5 (EXHIBIT 20-5) indica los ajustes para la FFS estimada para carriles y bermas desde 2.7 m hasta mayores a 3.6 m (HCM2000).³⁷

Métodos de mediciones

Para medir la velocidad de punto se pueden utilizar varios métodos en los que se tiene:

- **El método del cronómetro.** - Es aquel que utiliza generalmente dos operadores, una a la entrada provisto de algún dispositivo para dar la señal en el momento que el vehículo ingresa a la línea de entrada para que el segundo operador ubicado en la línea de parada final pueda accionar el cronómetro y detener el mismo en el momento que cruza la línea de salida.³⁸

³⁸ Brito Galarza Cesar Fernando (2017) Ecuador “Efecto de la condición de superficie de rodamiento en la estimación de la capacidad vial y el nivel de servicio” (pg74)

Figura 5 Cronómetro



Fuente: Elaboración propia

- **El método del radar métrico.** - Es el método menos utilizado, pero mucho más preciso para cuya determinación de velocidades utiliza un transmisor incorporado en un vehículo que emite ondas de longitud media que son captadas por un radar y puedan ser transformadas en distancias de la diferencia de las longitudes emitidas en el momento de ingreso de la línea de entrada y el ingreso a la línea de salida.³⁹

Figura 6 Radar Métrico



Fuente:<https://images.app.goo.gl/SXqsrBduVn5hjynAA>

³⁹ Brito Galarza Cesar Fernando (2017) Ecuador “Efecto de la condición de superficie de rodamiento en la estimación de la capacidad vial y el nivel de servicio” (pg75)

2.6.4 Volumen

Al igual que muchos sistemas dinámicos, los medios físicos y estáticos del tránsito, tales como las carreteras, las calles, las intersecciones, las terminales, etc., están sujetos a ser solicitados y cargados por volúmenes de tránsito, los cuales poseen características espaciales (ocupan un lugar) y temporales (consumen tiempo). Las distribuciones espaciales de los volúmenes de generalmente resultan del deseo de la gente de efectuar viajes entre determinados orígenes y destinos. Las distribuciones temporales de los volúmenes de tránsito son el producto de los estilos y formas de vida que hacen que las gentes sigan determinados patrones de viaje basados en el tiempo, realizando sus desplazamientos durante ciertas épocas del año, en determinados días de la semana o en horas específicas del día.⁴⁰

2.6.5 Características de los volúmenes de tránsito

Los volúmenes de tránsito siempre deben ser considerados como dinámicos, por lo que solamente son precisos para el período de duración de los aforos. Sin embargo, debido a que sus variaciones son generalmente rítmicas y repetitivas, es importante tener un conocimiento de sus características, para así programar aforos, relacionar volúmenes en un tiempo y lugar con volúmenes de otro tiempo y lugar, y prever con la debida anticipación la actuación de las fuerzas dedicadas al control del tránsito y labor preventiva, así como las de conservación.⁴¹

Es fundamental, en la planeación y operación de la circulación vehicular, conocer las variaciones periódicas de los volúmenes de tránsito dentro de las horas de máxima demanda, en las horas del día, en los días de la semana y en los meses del año. Aún más, es también importante conocer las variaciones de los volúmenes de tránsito en función de su distribución por carriles, su distribución direccional y su composición.⁴¹

⁴⁰ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg180)

⁴¹ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg191)

2.6.5.1 Distribución y composición del volumen de tránsito

La distribución de los volúmenes de tránsito por carriles debe ser considerada, tanto en el proyecto como en la operación de calles y carreteras. Tratándose de tres o más carriles de operación en un sentido, el flujo se asemeja a una corriente hidráulica. Así, al medir los volúmenes de tránsito por carril, en zona urbana, la mayor velocidad y capacidad, generalmente se logran en el carril del medio. Las fricciones laterales, como paradas de autobuses y taxis y las vueltas izquierdas y derechas causan un flujo más lento en los carriles extremos, llevando el menor volumen el carril cercano a la acera. En carretera, a volúmenes bajos y medios suele ocurrir lo contrario. en los estudios de volúmenes de tránsito muchas veces es útil conocer la composición y variación de los distintos tipos de vehículos. La composición vehicular se mide en términos de porcentajes con respecto al volumen total.⁴¹

2.6.5.2 Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda

En zonas urbanas, la variación de los volúmenes de tránsito dentro de una misma hora de máxima demanda, para una calle o intersección específica, puede llegar a ser repetitiva y consistente durante varios días de la semana. Sin embargo, puede ser bastante diferente de un tipo de calle o intersección a otro, para el mismo período máximo.⁴²

Un volumen horario de máxima demanda, a menos que tenga una distribución uniforme, no necesariamente significa que se conserve la misma frecuencia del flujo durante toda la hora. Esto quiere decir que existen períodos cortos dentro de la hora con tasas de flujo mucho mayores a las de la hora misma.⁴²

2.6.5.3 Variación horaria del volumen de tránsito

Las variaciones de los volúmenes de tránsito a lo largo de las horas del día, dependen del tipo de ruta, según las actividades que prevalezcan en ella, puesto que hay rutas de tipo turístico, agrícola, comercial, industrial, etc.⁴³

En las ciudades se tiene una variación típica de la siguiente manera: la madrugada empieza con bajo volumen de vehículos, el cual se va incrementando hasta alcanzar cifras máximas

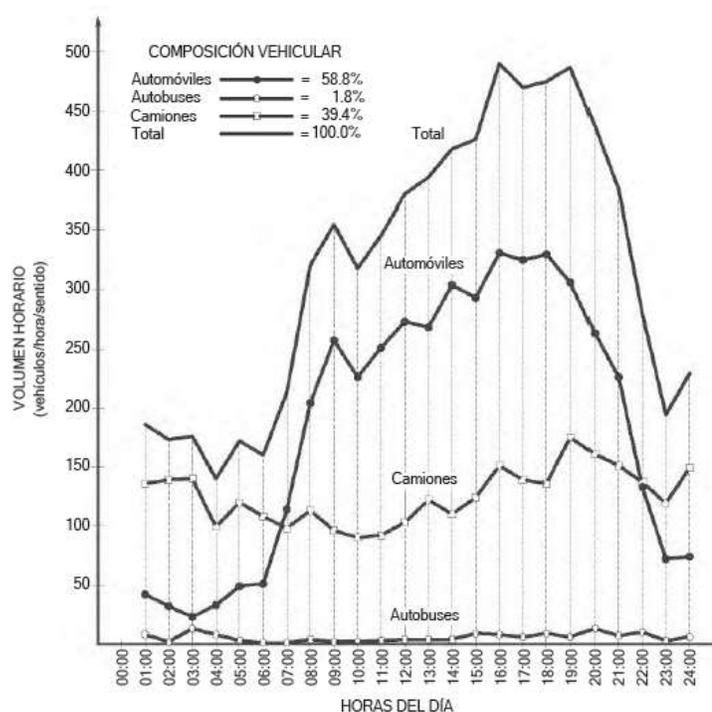
⁴² Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg192)

⁴³ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg192)

entre las 7:30 y las 9:30 horas. De las 9:30 a las 13:00 horas vuelve a bajar y empieza a ascender para llegar a otro máximo entre las 14:00 y las 15:00 horas. Vuelve de nuevo a disminuir entre las 14:00 y las 18:00 horas, en que asciende otra vez para alcanzar un tercer valor máximo entre las 18:00 y las 20:00 horas. De esta hora en adelante tiende a bajar al mínimo en la madrugada.⁴³

Se presenta la variación horaria a lo largo de las 11 horas en las respectivas ramas de esta intersección, y en la figura 6 la variación horaria de los volúmenes en toda la intersección. Donde se observa, que en la mañana la hora de máxima demanda en la intersección ocurre de las 07:00 a la 08:00 horas, con un volumen total en la intersección de 2,875 vehículos. A las 08:00 horas decrece prácticamente a la mitad, pero de allí en adelante comienza a crecer hasta llegar al volumen de máxima demanda en la tarde entre las 17:00 y 18:00 horas alcanzando un máximo de 3,308 vehículos.⁴³

Figura 7 Variación horaria del volumen de tránsito



Fuente: Rafael Cal y Mayor R. S. (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9a edición (pg200).

2.6.5.4 Variación diaria del volumen de tránsito

Se han estudiado cuáles son los días de la semana que llevan los volúmenes normales de tránsito. Así para carreteras principales de lunes a viernes los volúmenes son muy estables; los máximos, generalmente se registran durante el fin de semana ya sea el sábado o el domingo, debido a que durante estos días por estas carreteras circula una alta demanda de usuarios de tipo turístico y recreacional.⁴⁴

En carreteras secundarias de tipo agrícola, los máximos volúmenes se presentan entre semana. En las calles de la ciudad, la variación de los volúmenes de tránsito diario no es muy pronunciada entre semana, esto es, están más o menos distribuidos en los días laborales; sin embargo, los más altos volúmenes ocurren el viernes.⁴⁴

2.6.5.5 Variación mensual del volumen de tránsito

Hay meses que las calles y carreteras llevan mayores volúmenes que otros, presentando variaciones notables. Los más altos volúmenes de tránsito se registran en Semana Santa, en las vacaciones escolares y a fin de año por las fiestas y vacaciones navideñas del mes de diciembre. Por esta razón los volúmenes de tránsito promedio diarios que caracterizan cada mes son diferentes, dependiendo también, en cierta manera, de la categoría y del tipo de servicio que presten las calles y carreteras. Sin embargo, el patrón de variación de cualquier vialidad no cambia grandemente de año a año, a menos que ocurran cambios importantes en su diseño, en los usos de la tierra, o se construyan nuevas calles o carreteras que funcionen como alternas.⁴⁵

2.6.6 Factor de hora pico (FHP)

Indica la variación en el flujo de tráfico en el lapso de una hora. El análisis de carreteras de dos carriles se fundamenta en los volúmenes de demanda para un pico de un periodo de 15 min dentro de la hora pico. Para análisis operacional, los volúmenes de demanda de

⁴⁴ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg202)

⁴⁵ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg203)

hora completa deben ser convertidos a tasa de flujo con base en el periodo pico de 15 min.⁴⁶

2.6.7 Tipos de volúmenes

2.6.7.1 Volúmenes de tráfico absolutos o totales

Es el número total de vehículos que pasan durante un lapso de tiempo determinado. Dependiendo de la duración del lapso de tiempo, se tienen los siguientes volúmenes de tránsito.⁴⁷

- Tránsito anual (TA) Es el número total de vehículos que pasan durante un año. En este caso $t=1$ año.⁴⁷
- Tránsito mensual (TM) Es el número total de vehículos que pasan durante un mes. En este caso $t=1$ mes.⁴⁷
- Tránsito semanal (TS) Es el número total de vehículos que pasan durante una semana. En este caso $t=1$ semana.⁴⁷
- Tránsito diario (TD) Es el número total de vehículos que pasan durante un día. En este caso $t=1$ día.⁴⁷
- Tránsito horario (TH) Es el número total de vehículos que pasan durante una hora. En este caso $t=1$ hora.⁴⁷

2.6.7.2 Volúmenes de tráfico promedio diarios (TPD)

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un período dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido por el número de días del período.⁴⁸

⁴⁶ Brito Galarza Cesar Fernando (2017) Ecuador “Efecto de la condición de superficie de rodamiento en la estimación de la capacidad vial y el nivel de servicio” (pg43)

⁴⁷ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg183)

⁴⁸ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg184)

2.6.7.3. Volúmenes de tránsito horarios (VH)

Con base en la hora seleccionada, se definen los siguientes volúmenes de tránsito horarios, dados en vehículos por hora:⁴⁹

- **Volumen horario máximo anual (VHMA).** - Es el máximo volumen horario que pasa por un punto o sección transversal de una vía durante un año; es decir, 1 de 8760 horas en la que se registra el mayor volumen de tráfico.⁴⁹
- **Volumen horario de máxima demanda (VHIMD).** - Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección transversal de una vía durante 60 minutos consecutivos; representa el periodo de máxima demanda que se registra durante un día.⁴⁹
- **Volumen horario-décimo (10 VH), vigésimo (20 VH), trigésimo anual (30 VH).** - Se define el volumen horario décimo anual como aquel que es excedido por 9 volúmenes horarios durante un año determinado. Así mismo el volumen horario vigésimo anual es aquel que es excedido por 19 volúmenes horarios y el volumen horario trigésimo anual que es excedido por 29 volúmenes horarios.⁴⁹
- **Volumen horario de proyecto o diseño.** – Es el volumen de tránsito horario que servirá de base para determinar las características geométricas de la vialidad. Fundamentalmente se proyecta con un volumen horario pronosticado. No se trata de considerar el máximo número de vehículos por hora que se puede presentar dentro de un año, ya que exigiría inversiones demasiado cuantiosas, sino un volumen horario que se pueda presentar un número máximo de veces en el año, previa convención al respecto.⁴⁹

2.7 Tipos de aforos

2.7.1. Manuales

Este método de aforo consiste en el llenado de planillas que pueden ser hojas de papel marcando cada vehículo hasta contadores electrónicos con teclados. Ambos métodos son manuales, dichas planillas son elaboradas de acuerdo al tipo de datos a recabar en la vía.

⁴⁹ Rafael Cal y Mayor R.S (2018) “Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones” 9ª edición (pg185)

Los tipos de datos pueden ser: volúmenes totales, Composición vehicular, Flujo direccional y/o por carriles.⁵⁰

El tiempo de aforo pueden ser periodos de una hora o menos, un día, una semana, un mes o un año de acuerdo al propósito del aforo. Durante periodos de tráfico alto, es necesario más de una persona para efectuar los aforos. La exactitud y confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada persona.⁵⁰

Figura 8 Conteo de vehículos manuales



Fuente: Elaboración propia

2.7.2. Mecánicos

Se realiza mediante dispositivos Automáticos instalados en la vía, estos dispositivos son:

- Detectores neumáticos: consiste en un tubo neumático colocado en forma transversal sobre la calzada que registra mediante impulsos causados por las ruedas de los vehículos el conteo de los ejes del mismo.⁵¹

⁵⁰ Tapia Aranda Juan Gabriel (2006) Bolivia “Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico” (pg67)

⁵¹ Tapia Aranda Juan Gabriel (2006) Bolivia “Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico” (pg68)

- Contacto eléctrico: consiste en una placa de acero recubierta por una capa de hule que contiene una tira de acero flexible, que al accionar de las ruedas del vehículo cierra circuito y procede al conteo respectivo, con este dispositivo se pueden realizar conteos por carril y sentido.⁵²
- Fotoeléctrico: consiste en una fuente emisora de luz colocada a un lado de la vía, realiza el conteo de vehículos cuando estos interfieren con la luz del dispositivo.⁵²
- Radar: lanza ondas que al ser interceptadas por un vehículo en movimiento cambian de frecuencia, realizando así el conteo.⁵²

Figura 9 Conteo de vehículos automáticos



Fuente: <https://images.app.goo.gl/Ejiymf5Aej9oxFHF7>

⁵² Tapia Aranda Juan Gabriel (2006) Bolivia “Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico” (pg69)

2.8 Conteo invasivos y no invasivos

2.8.1 Conteo de tránsito invasivo

Cuando se habla de conteo de tránsito invasivo hace referencia cuando se interviene al tráfico vehicular haciendo que varíe el flujo vehicular como también las velocidades, esto se da cuando el personal de la policía u otra institución requiere hacer la revisión de soat, licencia de conducir, control de placas, etc. ⁵³

Figura 10 Conteo de tránsito invasivo



Fuente: Elaboración propia

2.8.2 Conteo de tránsito no invasivo

Cuando se habla de conteo de tránsito no invasivo hace referencia cuando no se interviene al tráfico vehicular, el cual no afecta a que varíe el flujo vehicular como también las velocidades, esto se da cuando el personal de la policía realiza el control de volúmenes o velocidades mediante aparatos electrónicos. ⁵³

⁵³ <https://roadconteo-de-traffic-y-control-de-evasion/Los%20de%20Conteo%20Velocidad>

Figura 11 Conteo de tránsito no invasivo



Fuente: Elaboración propia

2.9 Estadística

La estadística que se aplicara en el presente proyecto es la descriptiva el cual la estadística descriptiva es una disciplina que se encarga de recoger, almacenar, ordenar, realizar tablas o gráficos y calcular parámetros básicos sobre el conjunto de datos.⁵⁴

Para poder aplicar esta estadística debemos calcular los siguientes parámetros:

2.9.1 Media

La media, también conocida como promedio, es el valor que se obtiene al dividir la suma de un conglomerado de números entre la cantidad de ellos. La media representa el punto de equilibrio de la distribución y está influida por los valores extremos. Proporciona una medida de la tendencia general o valor medio de los datos. Se calcula sumando todos los valores del conjunto de datos y dividiendo la suma por el número total de puntos de datos.⁵⁴

⁵⁴ Ronald E. Walpole, Raymond H. Myers, Sharon L. Myers y Keying Ye (2012) "Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias" 9a edición (pg228).

Se calcula con la siguiente formula:

$$\bar{X} = \frac{x_1+x_2+x_3+\dots+x_n}{N} \quad \text{Ecuación (2-4)}$$

2.9.2 Mediana

La mediana es un conjunto es un valor que se encuentra a la mitad de los otros valores, es decir, que, al ordenar los números de menor a mayor, éste se encuentra justamente en medio entre los que están por arriba. La media representa el punto de equilibrio de la distribución y está influida por los valores extremos. Proporciona una medida de la tendencia general o valor medio de los datos.⁵⁵

Se calcula sumando todos los valores del conjunto de datos y dividiendo la suma por el número total de puntos de datos.

$$\text{Mediana} = L + \frac{\frac{n}{2}-FA}{f} \quad \text{Ecuación (2-5)}$$

Donde:

L = límite inferior de la clase

FA= frecuencia acumulada menor (mediana)

n = número total de frecuencia

i = amplitud de la clase

f = frecuencia de la clase

2.9.3 Moda

La moda es el valor que aparece con mayor frecuencia en un conjunto de datos. Esto va en forma de una columna cuando encontremos dos modas, es decir, dos datos que tengan la misma frecuencia absoluta máxima. Una distribución trimodal de los datos es en la que encontramos tres modas. En el caso de la distribución uniforme discreta, cuando todos los datos tienen una misma frecuencia, se puede definir las modas como indicado, pero estos valores no tienen utilidad.⁵⁵

$$Mo = Xmo \quad \text{Ecuación (2-6)}$$

⁵⁵ Ronald E. Walpole, Raymond H. Myers, Sharon L. Myers y Keying Ye (2012) "Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias" 9a edición (pg229).

Donde:

Xmo = valor que más se repite

2.9.4 Desviación Estándar

La desviación estándar es una medida de extensión o variabilidad en la estadística descriptiva. Se utiliza para calcular la variación o dispersión en la que los puntos de datos individuales difieren de la media.⁵⁶

Una desviación baja indica que los puntos de datos están muy cerca de la media, mientras que una desviación alta muestra que los datos están dispersos en un rango mayor de valores.⁵⁶

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x-X)^2}{n-1}} \quad \text{Ecuación (2-7)}$$

Donde:

S= Desviación estándar

\sum =suma de

X= Cada valor

X raya= Media aritmética

⁵⁶ Ronald E. Walpole, Raymond H. Myers, Sharon L. Myers y Keying Ye (2012) "Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias" 9a edición (pg229).

2.9.5 Varianza

La varianza es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media. Formalmente se calcula como la suma de los residuos al cuadrado divididos entre el total de observaciones.⁵⁷

$$Var (X) = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad \text{Ecuación (2-8)}$$

Donde:

X = variable sobre la que se pretenden calcular la varianza

X_i = observación número i de la variable X, i puede tomar valores entre 1 y n

n = Numero de observaciones

\bar{x} = Es la media la variable X

⁵⁷ Ronald E. Walpole, Raymond H. Myers, Sharon L. Myers y Keying Ye (2012) "Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias" 9a edición (pg230).

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

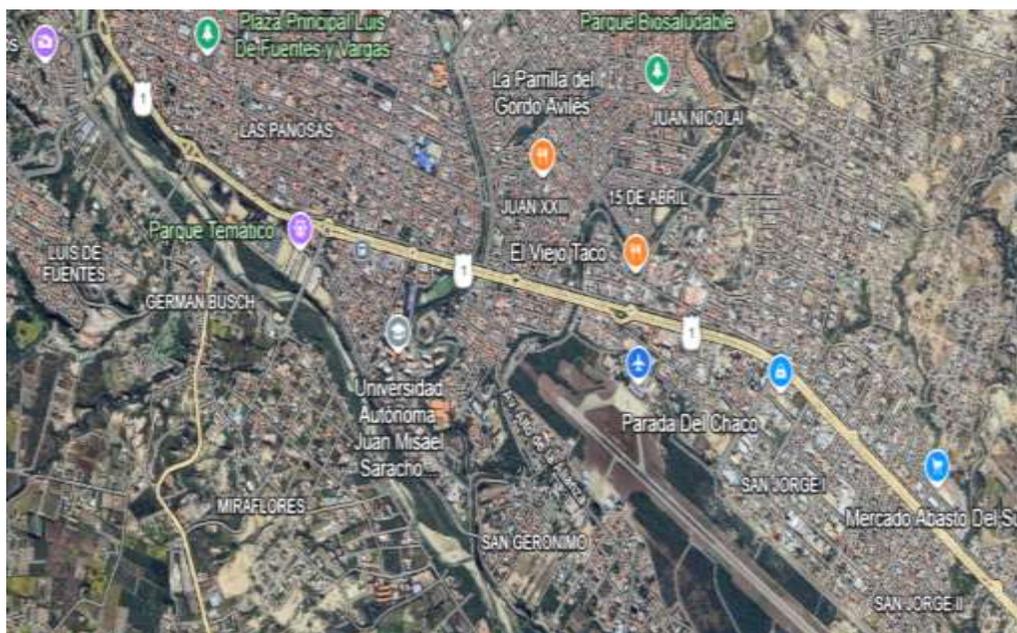
3.1 Ubicación del área de estudio

El área de estudio comprende en la avenida Víctor Paz, empieza en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho y termina en el Matadero Municipal. Los puntos son treinta y tres puntos de volúmenes y treinta y un puntos de velocidades el cual se mostrará mediante una gráfica la ubicación de los puntos para poder apreciar de una mejor manera.

El primer punto de aforo empieza en el Gimnasio Universitario con coordenadas **21°32'32.4"S y 64°43'14.6"W**

El punto final de aforo es en el Matadero Municipal el cual presenta las siguientes coordenadas **21°33'39.9"S y 64°40'48.2"W**

Figura 12 Ubicación del tramo de estudio



Fuente: Google Maps

Tabla 3 Coordenadas Este y Norte de todos los puntos de aforo

Avenida	Este (UTM)	Norte (UTM)	Punto de aforo
Calzada de la derecha			
Jaime Paz Zamora	321820,36	7616844,20	Av. Jaime Paz Zamora (Gimnasio Universitario)
Jaime Paz Zamora	322247,21	7616761,64	Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Villamontes y Av. Alto de la Alianza (Plaza de San Gerónimo)
Jaime Paz Zamora	322621,06	7616694,10	Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Tarija (Frente Banco Unión cerca al Aeropuerto)
Jaime Paz Zamora	323258,41	7616568,59	Av. Jaime Paz Zamora entre Calle 6 de Junio (Pil Tarija)
Jaime Paz Zamora	323707,06	7616477,29	Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Hna. Alicia Olna (Supermercado Urkupiña)
Jaime Paz Zamora	324167,46	7616217,72	Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Camilo Moreno y Calle Prof. L. Sustacha P.
Jaime Paz Zamora	324775,22	7615755,57	Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Luisa Silvetia calzada de la derecha
Jaime Paz Zamora	324860,27	7615698,26	Av. Jaime Paz Zamora (Frente al Abasto del Sur)
Jaime Paz Zamora	324951,15	7615625,07	Av. Jaime Paz Zamora entre Av. J. D. D. Mealla (Surtidor San Jorge II)
Jaime Paz Zamora	325099,76	7615521,89	Av. Jaime Paz Zamora (Importadora Las Lomas)
Jaime Paz Zamora	325599,21	7615135,38	Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Jesús Nazaret

Avenida	Este (UTM)	Norte (UTM)	Punto de aforo
Jaime Paz Zamora	325963,56	7614862,40	Av. Jaime Paz Zamora (Matadero Municipal)
Calzada del Medio			
Jaime Paz Zamora	321826,51	7616869,97	Av. Jaime Paz Zamora (Gimnasio Universitario)
Jaime Paz Zamora	322150,05	7616812,31	Av. Jaime Paz Zamora (Discoteca Perros y Gatos)
Jaime Paz Zamora	322241,92	7616788,27	Av. Jaime Paz Zamora (Plaza de San Gerónimo)
Jaime Paz Zamora	322633,32	7616721,25	Av. Jaime Paz Zamora (Banco Unión cerca Aeropuerto)
Jaime Paz Zamora	323265,10	7616597,94	Av. Jaime Paz Zamora (Pil Tarija)
Jaime Paz Zamora	323706,89	7616505,99	Av. Jaime Paz Zamora (Supermercado Urkupiña)
Jaime Paz Zamora	324181,61	7616234,64	Av. Jaime Paz Zamora (Autotransporte Sama)
Jaime Paz Zamora	324915,08	7615692,50	Av. Jaime Paz Zamora (Abasto del Sur)
Jaime Paz Zamora	324974,59	7615646,56	Av. Jaime Paz Zamora (Surtidor San Jorge II)
Jaime Paz Zamora	325114,34	7615541,44	Av. Jaime Paz Zamora (Importadora Las Lomas)
Jaime Paz Zamora	325614,74	7615154,35	Av. Jaime Paz Zamora (Altura de Nibol)
Jaime Paz Zamora	325983,00	7614887,00	Av. Jaime Paz Zamora (Matadero Municipal)

Calzada Izquierda	Este (UTM)	Norte (UTM)	Punto de aforo
Jaime Paz Zamora	321897,65	7616892,34	Av. Jaime Paz Zamora entre Gral. Sossa y Pje. Serapio Martínez
Jaime Paz Zamora	322137,95	7616849,22	Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Julio Delio E y G. Arnold
Jaime Paz Zamora	322324,49	7616812,14	Av. Jaime Paz Zamora entre Pje Blanco Galindo y Remberto Attard
Jaime Paz Zamora	322428,09	7616794,95	Av. Jaime Paz Zamora entre Av. M Font y Juan de Dios Trigo
Jaime Paz Zamora	322559,78	7616769,66	Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Romero (Banco Unión cerca aeropuerto)
Jaime Paz Zamora	323270,76	7616630,39	Av. Jaime Paz Zamora (frente Pil Tarija)
Jaime Paz Zamora	323746,343	7616528,144	Av. Jaime Paz Zamora entre calle Fray Quebracho
Jaime Paz Zamora	324179,982	7616275,595	Av. Jaime Paz Zamora (Autotransporte Sama)
Jaime Paz Zamora	324922,02	7615726,59	Av. Jaime Paz Zamora (Mercado Abasto del Sur)
Jaime Paz Zamora	325027,194	7615640,361	Av. Jaime Paz Zamora (frente a Estación de Servicio San Jorge II)
Jaime Paz Zamora	325129,198	7615564,55	Av. Jaime Paz Zamora (Importadora Las Lomas)
Jaime Paz Zamora	325640,77	7615174,27	Av. Jaime Paz Zamora (Altura de Nibol)
Jaime Paz Zamora	325994,20	7614910,02	Av. Jaime Paz Zamora (frente al Matadero Municipal)

Fuente: Elaboración propia

Justificación técnicamente del lugar de estudio

La realización del presente proyecto se toma la consideración de tomar 33 puntos de aforo con el siguiente criterio. El lugar que se eligió para poder desarrollar el presente proyecto es en la Av. Jaime Paz Zamora ya que esta avenida es la única de Tarija que presenta varias vías o llamada igual carreteras multicarriles, el tramo donde se realizó los aforos se eligió de acuerdo al tráfico vehicular donde existe mayor circulación de vehículos esto sabiendo que la conexión Tarija – Bermejo pasan por esos tramos se puede decir que habrá mayor circulación de vehículos, el cual esto ayuda a que en este tramo a ser estudiado se pueda dar algunas soluciones considerables en cuanto a poder implementar algunas señalizaciones u otros factores para poder evitar problemas de congestionamiento en horas picos ya que en la ciudad de Tarija en los últimos años se está teniendo el problema para poder circular por dichas avenidas críticas de velocidades y volúmenes.

3.2. Características del área de estudio

El lugar de estudio está ubicado en la ciudad de Tarija en diferentes puntos que se tomó para el estudio del tráfico, lo cual ayudará a ver el comportamiento y la fluidez con el que circulan los vehículos del transporte público y privado por cada punto de la vía a estudiar. Para poder realizar el estudio de tráfico se buscó zonas específicas para el respectivo estudio, los cuales serán medidos en horas pico, los puntos de aforo fueron distribuidos por los tres carriles que presenta esta avenida.

El tramo como ya se mencionó anteriormente empieza en el Gimnasio Universitario y termina en el Matadero Municipal, el tramo tiene aproximadamente una longitud de 4810 metros (4,81 Km).

Presenta unos separadores de carriles el cual tiene unos jardines que hace que esta zona sea muy atractiva y podamos presenciar distintos tipos de plantas, rosas, etc. También el tramo presenta el conocido puente los trillizos como así también se implementó la ciclovía para la circulación de los peatones en bicicletas.

En el inicio del tramo de estudio Gimnasio Universitario el carril de la derecha en dirección hacia la terminal nueva tiene un ancho de calzada de 13 metros el cual este ancho de calzada va variando en el transcurso que se va avanzando, en el carril del medio el

ancho de calzada es de 7.50 metros y el ancho de calzada del carril izquierdo es de 8 metros.

En el final del tramo de estudio en el último punto de aforo el ancho de calzada que presenta es de 9 metros en el carril de la derecha, en el carril del medio el ancho de calzada es de 12 metros y en el carril izquierdo el ancho de calzada que presenta es de 8.50 metros.

Figura 13 Punto inicial de aforo calzada de la derecha altura del Gimnasio Universitario



Fuente: Elaboración propia

Figura 14 Punto inicial de aforo calzada del medio altura del Gimnasio Universitario



Fuente: Elaboración propia

Figura 15 Punto inicial de aforo calzada de la izquierda altura del Gimnasio Universitario



Fuente: Elaboración propia

Figura 16 Punto final de aforo calzada de la derecha altura del Matadero Municipal



Fuente: Elaboración propia

Figura 17 Punto final de aforo calzada del medio altura del Matadero Municipal



Fuente: Elaboración propia

Figura 18 Punto final de aforo calzada de la izquierda altura del Matadero Municipal



Fuente: Elaboración propia

Geometría de los puntos de aforos

La geometría donde se realizó todos los puntos de aforo no todos son simétricos ya que hay tramos donde presenta mayor ancho de calzada, esto no afecta en no poder aforar, lo que si es que en los tramos donde tenga mayor ancho de calzada puede haber más flujo vehicular debido a que los autos tiene más espacio y pasan más rápido.

La geometría detallada se encuentra en Anexos (Planos)

3.3. Estudio del tráfico en el área de estudio

Se realizó el estudio de volúmenes y velocidades de tráfico vehicular en los distintos puntos de aforo el cual los puntos que se realizó los aforos son los que más tráfico presenta, se mencionará a continuación mediante una tabla.

Procedimiento para saber las horas picos de aforo

Para hacer el respectivo estudio y análisis del tráfico se estableció el área donde se generan mayor congestionamiento y demoras de circulación en la ciudad de Tarija, respectivamente en treinta y tres puntos de zonas más congestionadas.

3.3.1 Ubicación detallada de puntos de aforo

Los puntos de aforos se encuentran en la siguiente tabla el cual se buscó puntos donde hay mayor tráfico, el tramo presenta 3 calzadas denominando de norte a sur calzada derecha, calzada del medio y calzada izquierda. En cada calzada existe varios puntos de aforo, en volumen 30 puntos y velocidades 31 puntos de aforo.

Tabla 4 Nombres de puntos de aforos de volúmenes y velocidades por calzadas con sus respectivas progresivas

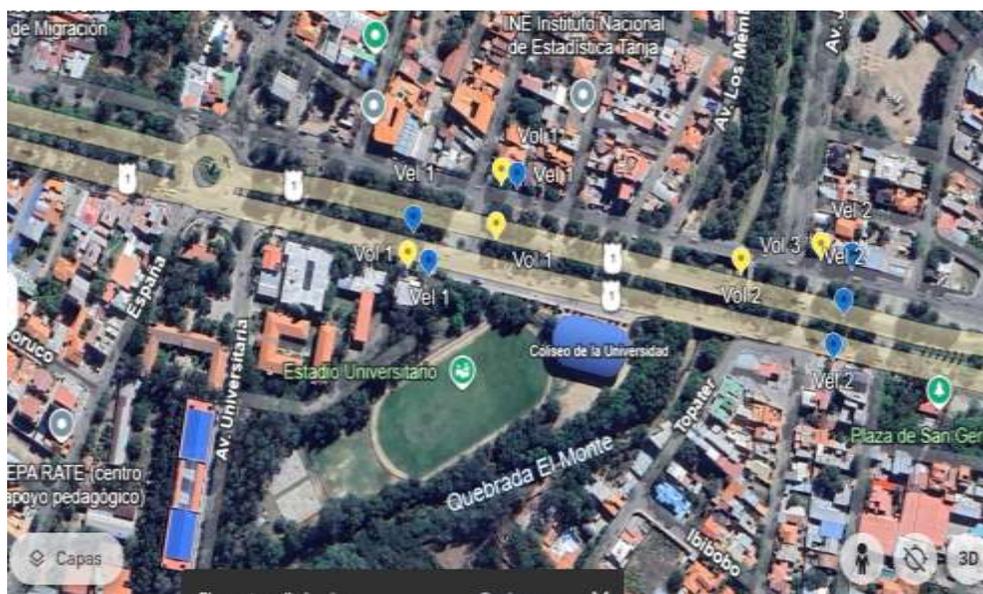
Avenida	Progresiva (Km)	Punto de aforo
Calzada de la derecha		
Jaime Paz Zamora	0+004	Av. Jaime Paz Zamora (Gimnasio Universitario)
Jaime Paz Zamora	0+440	Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Villamontes y Av. Alto de la Alianza (Plaza de San Gerónimo)
Jaime Paz Zamora	0+820	Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Tarija (Frente Banco Unión cerca al Aeropuerto)

Avenida	Progresiva (Km)	Punto de aforo
Jaime Paz Zamora	1+480	Av. Jaime Paz Zamora entre Calle 6 de Junio (Pil Tarija)
Jaime Paz Zamora	1+944	Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Hna. Alicia Olna (Supermercado Urkupiña)
Jaime Paz Zamora	2+484	Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Camilo Moreno y Calle Prof. L. Sustacha P.
Jaime Paz Zamora	3+240	Av. Jaime Paz Zamora entre calle Luisa Silvetia carril derecho
Jaime Paz Zamora	3+348	Av. Jaime Paz Zamora (Frente Abasto del Sur)
Jaime Paz Zamora	3+464	Av. Jaime Paz Zamora entre Av. J. D. D. Mealla (Surtidor San Jorge II)
Jaime Paz Zamora	3+640	Av. Jaime Paz Zamora (Importadora Las Lomas)
Jaime Paz Zamora	4+276	Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Jesús Nazaret (Nibol)
Jaime Paz Zamora	4+732	Av. Jaime Paz Zamora (Matadero Municipal)
Calzada del Medio		
Jaime Paz Zamora	0+004	Av. Jaime Paz Zamora (Gimnasio Universitario)
Jaime Paz Zamora	0+332	Av. Jaime Paz Zamora (Discoteca Perros y Gatos)
Jaime Paz Zamora	0+424	Av. Jaime Paz Zamora (Plaza de San Gerónimo)
Jaime Paz Zamora	0+830	Av. Jaime Paz Zamora (Banco Unión cerca Aeropuerto)
Jaime Paz Zamora	1+480	Av. Jaime Paz Zamora (Pil Tarija)
Jaime Paz Zamora	1+937	Av. Jaime Paz Zamora (Supermercado Urkupiña)
Jaime Paz Zamora	2+492	Av. Jaime Paz Zamora (Autotransporte Sama)
Jaime Paz Zamora	3+400	Av. Jaime Paz Zamora (Abasto del Sur)
Jaime Paz Zamora	3+480	Av. Jaime Paz Zamora (Surtidor San Jorge II)
Jaime Paz Zamora	3+652	Av. Jaime Paz Zamora (Importadora Las Lomas)
Jaime Paz Zamora	4+288	Av. Jaime Paz Zamora (Nibol)

Avenida	Progresiva (Km)	Punto de aforo
Jaime Paz Zamora	4+740	Av. Jaime Paz Zamora (Matadero Municipal)
Jaime Paz Zamora	0+066	Av. Jaime Paz Zamora entre Gral. Sossa y Pje Serapio Martínez
Jaime Paz Zamora	0+312	Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Julio Delio E y G. Arnold
Jaime Paz Zamora	0+500	Av. Jaime Paz Zamora entre Pje Blanco Galindo y Remberto Attard
Jaime Paz Zamora	0+605	Av. Jaime Paz Zamora entre Av. M Font y Juan de Dios Trigo
Jaime Paz Zamora	0+820	Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Romero (Banco Unión cerca aeropuerto)
Jaime Paz Zamora	1+460	Av. Jaime Paz Zamora (frente Pil Tarija)
Jaime Paz Zamora	1+952	Av. Jaime Paz Zamora entre calle Fray Quebracho
Jaime Paz Zamora	2+460	Av. Jaime Paz Zamora (Autotransporte Sama)
Jaime Paz Zamora	3+380	Av. Jaime Paz Zamora (Mercado Abasto del Sur)
Jaime Paz Zamora	3+520	Av. Jaime Paz Zamora (frente a Estación de Servicio San Jorge II)
Jaime Paz Zamora	3+640	Av. Jaime Paz Zamora (Importadora Las Lomas)
Jaime Paz Zamora	4+288	Av. Jaime Paz Zamora (Nibol)
Jaime Paz Zamora	4+730	Av. Jaime Paz Zamora (frente al Matadero Municipal)

Fuente: Elaboración propia

Figura 19 Ubicación puntos de aforo



Fuente: Google Earth Pro

Figura 20 Ubicación puntos de aforo



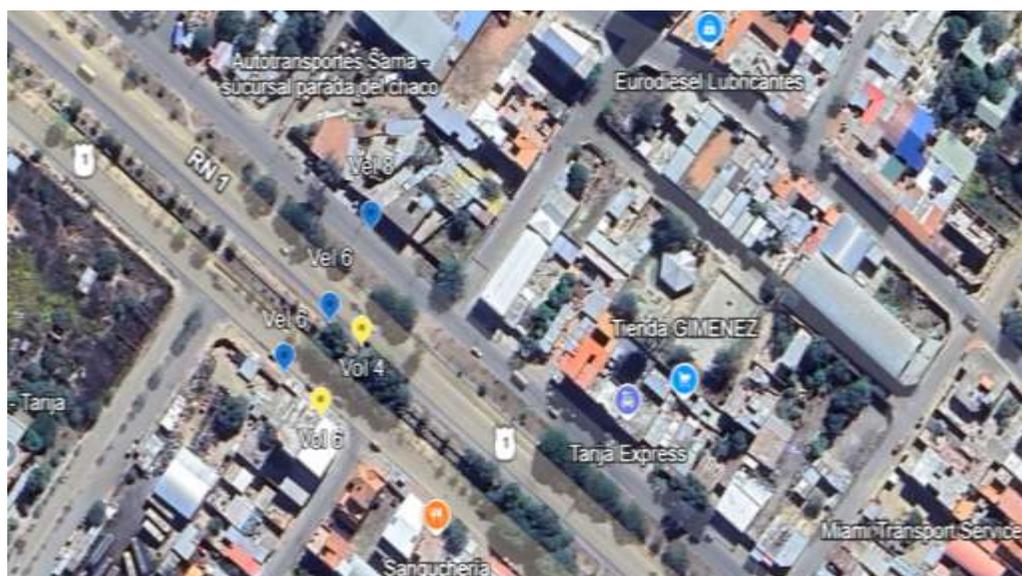
Fuente: Google Earth Pro

Figura 21 Ubicación puntos de aforo



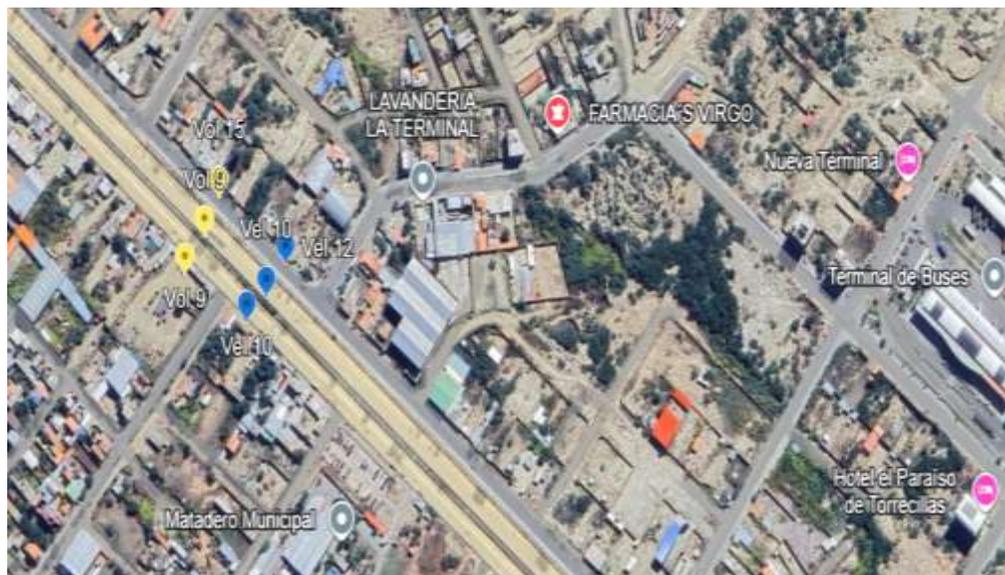
Fuente: Google Earth Pro

Figura 22 Ubicación puntos de aforo



Fuente: Google Earth Pro

Figura 23 Ubicación puntos de aforo



Fuente: Google Earth Pro

Metodología

La metodología que se aplicó fue realizar aforos manuales, consiste en ubicar los puntos de aforo en las 3 calzadas del tramo para poder realizar los aforos de volúmenes y velocidades el cual se realiza en base a una norma establecida, se realizó el conteo de vehículos desde las 06:00 am hasta las 22:00 pm el cual esto nos sirve para poder determinar las horas picos que presenta el tramo una vez obtenido las cantidades de vehículos que pasan cada hora se realiza un histograma el cual esto nos ayudara a poder encontrar las horas picos del día.

Sabiendo las horas picos se realiza los aforos aplicando la norma Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas se debe aforar en días representativos de la semana y si el proyectista requiere información de fines de semana es válido, en este proyecto se realizó los días (lunes, miércoles y domingo) en las horas donde hay mayor demanda (horas picos).

En el caso de aforo de velocidades la única diferencia con el aforo de volúmenes es que en velocidades se debe medir una distancia para el cálculo de velocidades, para el presente proyecto se optó por tomar una distancia de 25 metros debido que los puntos de aforos son calles cortas

Una vez teniendo datos de volúmenes y velocidades se procede a realizar la estadística sacando la media. Desviación estándar y los rangos de depuración de datos.

Teniendo esos parámetros estadísticos se procede a la depuración de datos tanto de volúmenes como velocidades para ambos parámetros se realiza con el mismo procedimiento de depuración eliminando a todos los volúmenes y velocidades que están por arriba o debajo de los rangos.

Luego de haber obtenido los volúmenes depurados se vuelve a sacar una media obteniendo un volumen promedio como resultado así también en velocidades se obtiene una velocidad promedio final el cual son resultados.

Teniendo resultados finales promedios de volúmenes y velocidades se realiza un análisis de volúmenes y velocidades por carriles ya que esto nos ayuda a poder tener conocimiento donde existe mayores volúmenes y velocidades como así también menores volúmenes y velocidades para poder ver el comportamiento del congestionamiento que existe en algunos puntos de aforo críticos.

A través del análisis de resultados se realiza la comparación de normas el cual esto nos pueda ayudar a estar seguros de que la norma utilizada para el presente proyecto es la más adecuada para poder estar seguros de la elección de la norma y también se pueda tener resultados más precisos y cercanos a la realidad.

Justificación técnica de los días de aforos y horas pico

Los días de aforo se escoge de acuerdo al manual normativo Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas cual indica que debemos aforar en días representativos de la semana y si se requiere fines de semana en las horas donde existe mayor volumen.

Se realizó el aforo de un día de la semana durante las 16 horas del día en cualquier punto de aforo del tramo de la avenida Jaime Paz Zamora, aforando los vehículos que circulan por ese punto de aforo, se determina la cantidad de vehículos por hora para graficar en un histograma y establecer las horas pico del día, el cual se eligió las que tenían mayor cantidad de vehículos por hora, mediante ese criterio obtendremos las horas pico del día, para todos los puntos ya mencionados y así realizar el estudio de velocidades y volúmenes.

Para realizar la medición de velocidades el observador se ubicó en el tramo central de cada punto de aforo, la distancia que se tomó fue de 25 metros con la ayuda de una cinta métrica, teniendo en cuenta que el observador no sea visto por los usuarios de automóviles al momento de estar midiendo para que se pueda cronometrar los tiempos de cada uno de los vehículos.

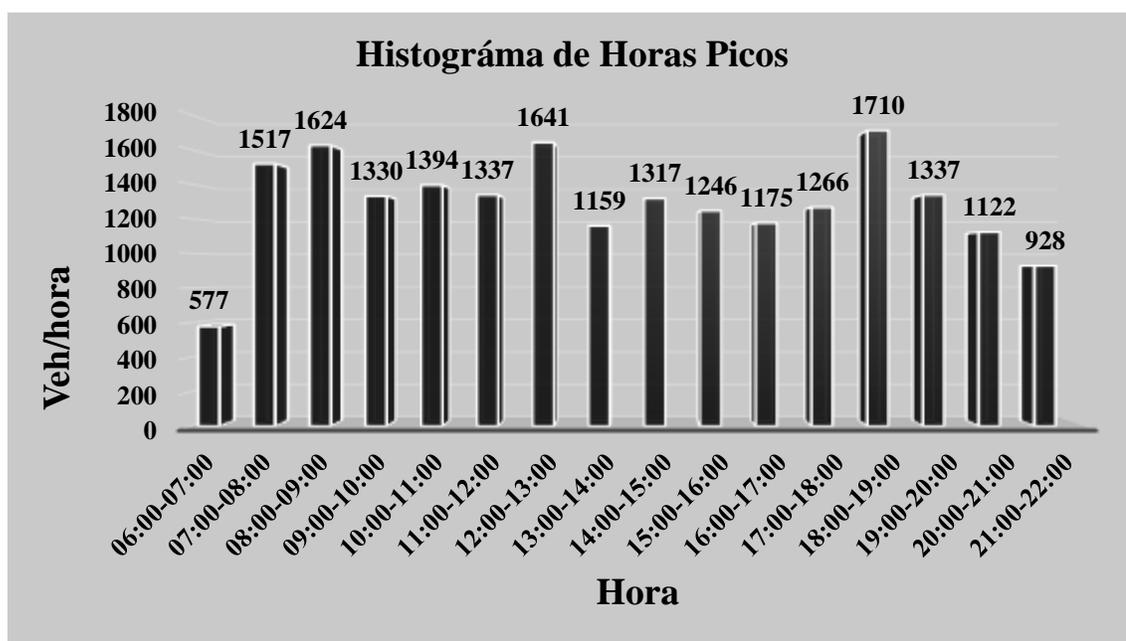
La medición de las velocidades de los vehículos se realizó tomando 5 vehículos por hora que pasan por las diferentes calzadas de la Av. Jaime Paz Zamora que se encuentran en circulación, que fue aplicado a treinta y un puntos establecidos en diferentes zonas del tramo.

Tabla 5 Resumen de cantidad de vehículos que pasan en una hora en la Av. Jaime Paz Zamora altura del Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)

Hora	Cantidad de autos
06:00-07:00	577
07:00-08:00	1517
08:00-09:00	1624
09:00-10:00	1330
10:00-11:00	1394
11:00-12:00	1337
12:00-13:00	1641
13:00-14:00	1159
14:00-15:00	1317
15:00-16:00	1246
16:00-17:00	1175
17:00-18:00	1266
18:00-19:00	1710
19:00-20:00	1337
20:00-21:00	1122
21:00-22:00	928

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 1 Horas pico en la Av. Jaime Paz Zamora Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)



Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el histograma de volumen se puede observar los horarios donde presenta mayor volumen son en la mañana de 08:00-09:00 am, al medio día de 12:00-13:00 pm y en la noche de 18:00-19:00 pm.

Se realizará los aforos manualmente en esos horarios basándose en la norma ya mencionada se realizará los aforos los días lunes, miércoles y domingos durante un mes.

Durante la realización del proyecto los aforos se realizarán de manera no invasiva para volúmenes y velocidades, el cual no se afectará el flujo vehicular, el comportamiento, el tráfico vehicular, tráfico peatonal, etc. Esto se hará de esta manera ya que si queremos realizar de manera invasiva tendremos que recurrir a la ayuda de personal de la policía el cual es muy complicado recurrir a eso debido a que como proyectista debemos realizar de manera personal el proyecto.

3.4 Aforo de volúmenes en horarios picos

Se realizó el aforo en todos los puntos en los horarios picos 3 veces a la semana durante un mes, se realizó mediante aforos manuales el cual mi persona se hizo unas planillas para poder realizar el conteo de vehículos.

Se clasifico los autos en públicos y privados como así también dividiendo en vehículos livianos, medianos y pesados

Tabla 6 Planilla de aforo de volúmenes

	Av. Jaime Paz Zamora																
	Frente						Giro derecha						Giro izquierda				
	Público			Privado			Público			Privado			Público		Privado		
	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano
Mañana																	
Tarde																	
Noche																	

Fuente: Elaboración propia

A continuación, mostraremos los datos obtenidos en campo para un punto de aforo, el resto de las tablas de los demás puntos se encuentran en anexos

3.4.1 Datos de campo

**Tabla 7 Datos de aforo de volumen Av. Jaime Paz Zamora calzada derecha
Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)**

	Av. Jaime Paz Zamora (Gimnasio Universitario)											
	Frente						Giro izquierda					
	Público			Privado			Público			Privado		
	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado
Mañana	740	128		260	272	12	80	-	-	72	76	4
Tarde	848	92	4	192	304	20	44	-	-	48	48	4
Noche	784	124	-	208	324	-	92	-	-	40	60	-
Mañana	904	180	12	348	224	24	156	48	-	24	56	8
Tarde	920	168	4	364	332	12	172	36	-	96	40	8
Noche	864	140	-	212	256	16	72	72	-	40	-	-
Mañana	508	64	4	220	168	8	28	-	-	4	4	-
Tarde	328	56	-	196	112	4	44	-	-	8	8	-
Noche	396	52	-	324	204	4	52	4	-	36	16	4
Mañana	716	152	-	240	256	20	96	-	-	104	88	8
Tarde	824	116	8	172	288	8	52	-	-	64	56	4
Noche	744	148	-	188	308	-	104	-	-	28	64	-
Mañana	884	204	4	328	208	16	124	32	-	12	44	4
Tarde	960	192	-	344	316	16	160	24	-	108	32	8
Noche	840	164	-	184	268	8	52	80	-	44	-	-
Mañana	464	88	4	192	180	-	40	-	-	4	-	-
Tarde	304	80	-	168	124	4	32	-	-	12	8	-
Noche	344	76	-	296	216	-	40	8	-	24	8	8
Mañana	708	144	-	228	268	8	88	-	-	84	84	-
Tarde	816	108	4	160	300	12	52	-	-	36	64	4
Noche	736	140	-	176	320	-	80	-	-	44	44	-
Mañana	876	196	8	316	220	20	136	-	-	32	40	4
Tarde	952	184	4	332	328	16	164	28	-	80	28	8
Noche	848	172	-	196	252	8	52	56	-	44	-	-
Mañana	472	96	8	204	164	4	36	-	-	-	8	-
Tarde	312	88	-	180	108	4	52	-	-	4	4	-
Noche	352	84	-	308	200	-	40	-	-	24	12	4
Mañana	752	140	-	272	264	8	100	-	-	56	84	4
Tarde	860	104	-	204	316	24	56	-	-	60	56	-
Noche	796	136	-	220	296	-	84	-	-	36	44	-
Mañana	916	192	4	360	204	16	164	52	-	28	40	4
Tarde	932	180	8	376	356	8	156	24	-	116	32	8
Noche	848	124	-	200	244	4	64	76	-	28	-	-
Mañana	492	48	4	212	144	4	36	-	-	4	4	-
Tarde	312	40	-	216	140	-	40	-	-	8	4	-
Noche	380	36	-	304	212	4	40	4	-	24	8	8

Fuente: Elaboración propia

Figura 24 Av. Jaime Paz Zamora calzada derecha Gimnasio Universitario



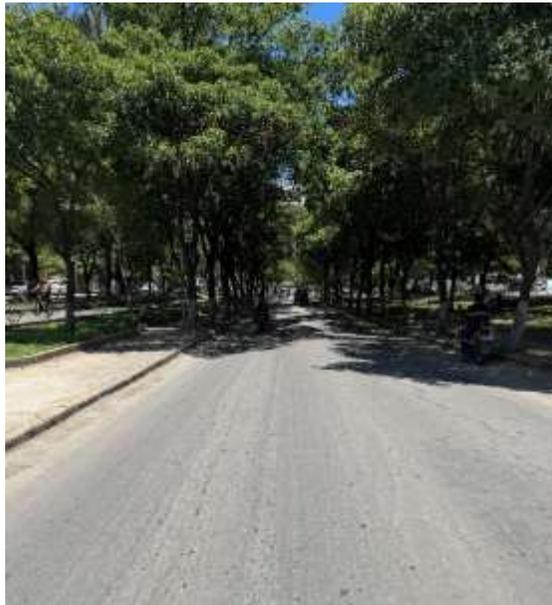
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8 Datos de aforo de volumen Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio
Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)**

	AV. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Gimnasio Universitario)											
	Frente						Giro derecha					
	Público			Privado			Público			Privado		
	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado
Mañana	696	24	-	184	336	24	8	-	-	12	20	-
Tarde	772	12	-	240	292	48	40	-	-	8	12	-
Noche	716	28	4	196	180	24	24	-	-	20	20	-
Mañana	744	32	-	236	292	4	44	-	4	4	12	-
Tarde	804	24	4	164	324	8	12	-	-	36	8	-
Noche	704	24	4	252	196	-	20	-	-	40	12	-
Mañana	288	20	-	144	124	12	24	-	-	4	-	-
Tarde	336	36	-	256	192	4	12	-	-	8	-	-
Noche	296	52	4	224	164	16		-	-	4	-	-
Mañana	704	28		200	320	16	4	-	-	20	12	-
Tarde	780	16	4	256	276	64	24	-	-	4	4	-
Noche	724	32	-	212	164	16	28	-	-	24	8	-
Mañana	752	24	-	252	276		36	-	-	12	-	-
Tarde	812	16	-	180	308	4	4	-	-	24	8	-
Noche	712	16	4	268	180		20	-	-	56	12	-
Mañana	284	12	-	124	108	4	16	-	4	4	-	-
Tarde	344	28	-	276	176	4		-	-	4	-	-
Noche	284	44	4	204	148	8	4	-	-		4	-
Mañana	692	16	4	192	344	28	4	-	-	8	12	-
Tarde	768	8	4	248	300	40	36	-	-	8	4	-
Noche	712	20	-	204	188	16	24	-	-	12	24	-
Mañana	740	12	-	244	300	8	56	-	-	4	12	-
Tarde	800	4	4	172	332	4	12	-	-	24	-	-
Noche	700	8	-	260	204		20	-	-	44	-	-
Mañana	272	4	-	116	136	8	16	-	-	4	-	-
Tarde	332	16	4	268	224	4	12	-	-	8	4	-
Noche	272	40	-	196	156	4	4	-	-		4	-
Mañana	698	22	4	184	340	32	4	-	-	8	16	-
Tarde	774	12	-	252	296	40	32	-	-	4	8	-
Noche	718	26	-	204	184	16	28	-	-	24	8	-
Mañana	746	18	-	232	296		40	-	4		4	-
Tarde	806	10	-	172	328	4	8	-	-	32	16	-
Noche	706	12	4	260	200		24	-	-	52	8	-
Mañana	278	8	-	144	130	12	12	-	-		-	-
Tarde	338	22	4	240	208		16	-	4	4	-	-
Noche	278	42	-	208	160	8	4	-	-	4	4	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 25 Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio altura Gimnasio Universitario



Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 Datos de aforo de norte a sur de volumen Av. Jaime Paz Zamora entre Gral. Sossa calzada de la izquierda (Progresiva 0+066)

	Av. Jaime Paz Zamora entre Gral. Sossa calzada de la izquierda (Aforo de Norte a Sur)											
	Frente						Giro izquierda					
	Público			Privado			Público			Privado		
	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado
Mañana	172	20	-	100	124	4	8	-	-	20	8	-
Tarde	208	36	-	76	92	-	24	-	-	20	12	-
Noche	144	60	-	144	108	-	12	-	-	12	20	-
Mañana	172	20	-	100	124	4	8	-	-	20	8	-
Tarde	208	36	-	76	92	-	24	-	-	20	12	-
Noche	144	60	-	144	108	-	12	-	-	12	20	-
Mañana	24	-	-	36	12	4		-	-	4	4	-
Tarde	76	-	-	60	24	-	4	-	-	8	-	-
Noche	48	4	-	32	8	-	4	-	-	-	-	4
Mañana	184	16	-	116	132	-	4	-	-	8	4	4
Tarde	196	48	-	64	92	4	8	-	-	12	12	-
Noche	152	44	-	124	112	-	4	-	-	8	16	-
Mañana	160	12	-	116	128	-	16	-	-	4	4	-
Tarde	220	20	-	96	92	-	20	-	-	24	12	-
Noche	148	68	-	128	112	-	8	-	-	8	8	-
Mañana	32	-	-	52	16	-	4	-	-	-	4	4
Tarde	44	4	-	44	20	4	4	-	-	4	-	-
Noche	56	-	-	48	8	-	4	-	-	4	4	-
Mañana	176	24	-	108	128	4	8	-	-	16	8	-
Tarde	232	16	-	72	100	-	20	-	-	4	16	-
Noche	124	48	-	136	96	-	12	-	-	16	20	-
Mañana	164	32	-	104	144	-	8	-	-	20	4	-
Tarde	160	40	-	68	84	-	24	-	-	12	12	-
Noche	192	48	-	120	100	-	12	-	-	8	16	-
Mañana	44	-	-	48	16	-		-	-	4	4	-
Tarde	48	4	-	56	20	-	4	-	-	12	-	-
Noche	80	-	-	40	16	4	4	-	-		4	4
Mañana	140	12	-	136	112	4	4	-	-	28	4	-
Tarde	176	40	-	80	76	-	16	-	-	24	12	-
Noche	180	64	-	116	116	-	12	-	-	8	16	-
Mañana	152	8	-	104	120	4	8	-	-	16	8	-
Tarde	224	44	-	84	104	-	20	-	-	24	12	-
Noche	128	56	-	140	116	-	12	-	-	8	24	-
Mañana	20	-	-	40	20	4	-	-	-	-	-	-
Tarde	96	4	-	64	12	-	-	-	-	4	-	4
Noche	64	-	-	56	16	4	4	-	-	-	-	4

Fuente: Elaboración propia

Figura 26 Av. Jaime Paz Zamora entre Gral. Sossa calzada de la izquierda



Fuente: Elaboración propia

Los demás datos de aforos ver en Anexo I

A continuación, veremos los datos de velocidades para un punto de aforo y el resto de las tablas de datos de velocidades se encuentran en anexos.

3.5 Aforo de velocidades en horarios picos

Se realizó el aforo de velocidades en horarios picos del día, el cual se hizo el aforo de 5 vehículos en una hora en cada punto de aforo 3 veces a la semana durante 1 mes como indica dicha norma.

Se midió 25 metros en el centro de dicho punto para poder medir el tiempo que tarda en recorrer desde el punto de inicio hasta el punto final.

Tabla 10 Planilla de aforo de velocidades

	Tiempo (Segundos)				
	Nombre del punto de aforo				
	1	2	3	4	5
Mañana					
Tarde					
Noche					

Fuente: Elaboración propia

3.5.1 Datos de campo

Se presentará los datos de tiempos y velocidades mediante una tabla de datos

**Tabla 11 Datos de tiempo y velocidades Av. Jaime Paz Zamora calzada derecha
Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)**

Av. Jaime Paz Zamora calzada de la derecha (Gimnasio Universitario)											
	Tiempo en (segundos)					Distancia (m)	Velocidades (m/s)				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Mañana	2,61	2,40	2,01	2,13	2,36	25	9,58	10,42	12,44	11,74	10,59
Tarde	2,70	1,6	1,71	2,36	1,94	25	9,26	15,63	14,62	10,59	12,89
Noche	2,01	2,23	2,16	2,28	2,10	25	12,44	11,21	11,57	10,96	11,90
Mañana	2,68	2,87	2,35	2,6	2,66	25	9,33	8,71	10,64	9,62	9,40
Tarde	2,63	2,55	2,23	2,53	2,29	25	9,51	9,80	11,21	9,88	10,92
Noche	2,38	2,46	2,31	2,41	2,43	25	10,50	10,16	10,82	10,37	10,29
Mañana	2,58	2,77	2,25	2,50	2,56	25	9,69	9,03	11,11	10,00	9,77
Tarde	2,53	2,45	2,13	2,43	2,19	25	9,88	10,20	11,74	10,29	11,42
Noche	2,28	2,36	2,21	2,31	2,33	25	10,96	10,59	11,31	10,82	10,73
Mañana	2,64	2,43	2,04	2,16	2,39	25	9,47	10,29	12,25	11,57	10,46
Tarde	2,73	1,63	1,74	2,39	1,97	25	9,16	15,34	14,37	10,46	12,69
Noche	2,04	2,26	2,19	2,31	2,13	25	12,25	11,06	11,42	10,82	11,74
Mañana	2,71	2,9	2,38	2,63	2,69	25	9,23	8,62	10,50	9,51	9,29
Tarde	2,66	2,58	2,26	2,56	2,32	25	9,40	9,69	11,06	9,77	10,78
Noche	2,41	2,49	2,34	2,44	2,46	25	10,37	10,04	10,68	10,25	10,16
Mañana	2,61	2,8	2,28	2,53	2,59	25	9,58	8,93	10,96	9,88	9,65
Tarde	2,56	2,48	2,16	2,46	2,22	25	9,77	10,08	11,57	10,16	11,26
Noche	2,31	2,39	2,24	2,34	2,36	25	10,82	10,46	11,16	10,68	10,59
Mañana	2,59	2,38	1,99	2,11	2,34	25	9,65	10,50	12,56	11,85	10,68
Tarde	2,68	1,58	1,69	2,34	1,92	25	9,33	15,82	14,79	10,68	13,02
Noche	1,99	2,21	2,14	2,26	2,08	25	12,56	11,31	11,68	11,06	12,02
Mañana	2,66	2,85	2,33	2,58	2,64	25	9,40	8,77	10,73	9,69	9,47
Tarde	2,61	2,53	2,21	2,51	2,27	25	9,58	9,88	11,31	9,96	11,01
Noche	2,36	2,44	2,29	2,39	2,41	25	10,59	10,25	10,92	10,46	10,37
Mañana	2,56	2,75	2,23	2,48	2,54	25	9,77	9,09	11,21	10,08	9,84
Tarde	2,51	2,43	2,11	2,41	2,17	25	9,96	10,29	11,85	10,37	11,52
Noche	2,26	2,34	2,19	2,29	2,31	25	11,06	10,68	11,42	10,92	10,82
Mañana	2,60	2,39	2,00	2,12	2,35	25	9,62	10,46	12,50	11,79	10,64
Tarde	2,69	1,59	1,70	2,35	1,93	25	9,29	15,72	14,71	10,64	12,95
Noche	2,00	2,22	2,15	2,27	2,09	25	12,50	11,26	11,63	11,01	11,96
Mañana	2,67	2,86	2,34	2,59	2,65	25	9,36	8,74	10,68	9,65	9,43
Tarde	2,62	2,54	2,22	2,52	2,28	25	9,54	9,84	11,26	9,92	10,96
Noche	2,37	2,45	2,30	2,40	2,42	25	10,55	10,20	10,87	10,42	10,33
Mañana	2,57	2,76	2,24	2,49	2,55	25	9,73	9,06	11,16	10,04	9,80
Tarde	2,52	2,44	2,12	2,42	2,18	25	9,92	10,25	11,79	10,33	11,47
Noche	2,27	2,35	2,20	2,30	2,32	25	11,01	10,64	11,36	10,87	10,78

Fuente: Elaboración propia

Las demás tablas de tiempos y velocidades de los demás puntos están en **anexo V**

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Volumen

Tabla 12 Volumen Av. Jaime Paz Zamora calzada derecha (Progresiva 0+004)

	Av. Jaime Paz Zamora (Gimnasio Universitario)												Volumen
	Frente						Giro izquierda						
	Público			Privado			Público			Privado			
	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	
Mañana	740	128	-	260	272	12	80	-	-	72	76	4	1644
Tarde	848	92	4	192	304	20	44	-	-	48	48	4	1604
Noche	784	124	-	208	324	-	92	-	-	40	60	-	1632
Mañana	904	180	12	348	224	24	156	48	-	24	56	8	1984
Tarde	920	168	4	364	332	12	172	36	-	96	40	8	2152
Noche	864	140	-	212	256	16	72	72	-	40	-	-	1672
Mañana	508	64	4	220	168	8	28	-	-	4	4	-	1008
Tarde	328	56	-	196	112	4	44	-	-	8	8	-	756
Noche	396	52	-	324	204	4	52	4	-	36	16	4	1092
Mañana	716	152	-	240	256	20	96	-	-	104	88	8	1680
Tarde	824	116	8	172	288	8	52	-	-	64	56	4	1592
Noche	744	148	-	188	308	-	104	-	-	28	64	-	1584
Mañana	884	204	4	328	208	16	124	32	-	12	44	4	1860
Tarde	960	192	-	344	316	16	160	24	-	108	32	8	2160
Noche	840	164	-	184	268	8	52	80	-	44	-	-	1640
Mañana	464	88	4	192	180	-	40	-	-	4	-	-	972
Tarde	304	80	-	168	124	4	32	-	-	12	8	-	732
Noche	344	76	-	296	216	-	40	8	-	24	8	8	1020
Mañana	708	144	-	228	268	8	88	-	-	84	84	-	1612
Tarde	816	108	4	160	300	12	52	-	-	36	64	4	1556
Noche	736	140	-	176	320	-	80	-	-	44	44	-	1540
Mañana	876	196	8	316	220	20	136	-	-	32	40	4	1848
Tarde	952	184	4	332	328	16	164	28	-	80	28	8	2124
Noche	848	172	-	196	252	8	52	56	-	44	-	-	1628
Mañana	472	96	8	204	164	4	36	-	-	-	8	-	992
Tarde	312	88	-	180	108	4	52	-	-	4	4	-	752
Noche	352	84	-	308	200	-	40	-	-	24	12	4	1024
Mañana	752	140	-	272	264	8	100	-	-	56	84	4	1680
Tarde	860	104	-	204	316	24	56	-	-	60	56	-	1680
Noche	796	136	-	220	296	-	84	-	-	36	44	-	1612
Mañana	916	192	4	360	204	16	164	52	-	28	40	4	1980
Tarde	932	180	8	376	356	8	156	24	-	116	32	8	2196
Noche	848	124	-	200	244	4	64	76	-	28	-	-	1588
Mañana	492	48	4	212	144	4	36	-	-	4	4	-	948
Tarde	312	40	-	216	140	-	40	-	-	8	4	-	760
Noche	380	36	-	304	212	4	40	4	-	24	8	8	1020

Fuente: Elaboración propia

Las demás planillas de volumen de los demás puntos de aforos ver en Anexo II

Una vez obtenido los datos de volúmenes se lleva a un procesamiento de datos el cual se realizó utilizando parámetros estadísticos como ser la media y desviación estándar para poder eliminar los datos que no se encuentran en dicho rango.

Tabla 13 Parámetros estadísticos Av. Jaime Paz Zamora calzada derecha Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)

Media	1481
Desviación	444
Media + Desv	1925
Media - Desv	1037

Fuente: Elaboración propia

Las demás tablas de parámetros estadísticos de los demás puntos de aforo se encuentran en anexos III

4.1.1 Depuración de datos de volúmenes

Teniendo los parámetros estadísticos como ser la media y desviación podremos realizar la depuración de datos sabiendo los rangos que se encuentra en la tabla 12 y así obtener un nuevo volumen promedio el cual sería el resultado final de dicho punto de aforo.

Tabla 14 Volúmenes depurados Av. Jaime Paz Zamora calzada derecha Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)

	Av. Jaime Paz Zamora (Gimnasio Universitario)												Volumen	Vol. Depurado
	Frente						Giro izquierda							
	Público			Privado			Público			Privado				
	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado	Liviano	Mediano	Pesado		
Mañana	740	128	-	260	272	12	80	-	-	72	76	4	1644	1644
Tarde	848	92	4	192	304	20	44	-	-	48	48	4	1604	1604
Noche	784	124	-	208	324	-	92	-	-	40	60	-	1632	1632
Mañana	904	180	12	348	224	24	156	48	-	24	56	8	1984	-
Tarde	920	168	4	364	332	12	172	36	-	96	40	8	2152	-
Noche	864	140	-	212	256	16	72	72	-	40	-	-	1672	1672
Mañana	508	64	4	220	168	8	28	-	-	4	4	-	1008	-
Tarde	328	56	-	196	112	4	44	-	-	8	8	-	756	-
Noche	396	52	-	324	204	4	52	4	-	36	16	4	1092	1092
Mañana	716	152	-	240	256	20	96	-	-	104	88	8	1680	1680
Tarde	824	116	8	172	288	8	52	-	-	64	56	4	1592	1592
Noche	744	148	-	188	308	-	104	-	-	28	64	-	1584	1584
Mañana	884	204	4	328	208	16	124	32	-	12	44	4	1860	1860
Tarde	960	192	-	344	316	16	160	24	-	108	32	8	2160	-
Noche	840	164	-	184	268	8	52	80	-	44	-	-	1640	1640
Mañana	464	88	4	192	180	-	40	-	-	4	-	-	972	-
Tarde	304	80	-	168	124	4	32	-	-	12	8	-	732	-
Noche	344	76	-	296	216	-	40	8	-	24	8	8	1020	-
Mañana	708	144	-	228	268	8	88	-	-	84	84	-	1612	1612
Tarde	816	108	4	160	300	12	52	-	-	36	64	4	1556	1556
Noche	736	140	-	176	320	-	80	-	-	44	44	-	1540	1540
Mañana	876	196	8	316	220	20	136	-	-	32	40	4	1848	1848
Tarde	952	184	4	332	328	16	164	28	-	80	28	8	2124	-
Noche	848	172	-	196	252	8	52	56	-	44	-	-	1628	1628
Mañana	472	96	8	204	164	4	36	-	-	-	8	-	992	-
Tarde	312	88	-	180	108	4	52	-	-	4	4	-	752	-
Noche	352	84	-	308	200	-	40	-	-	24	12	4	1024	-
Mañana	752	140	-	272	264	8	100	-	-	56	84	4	1680	1680
Tarde	860	104	-	204	316	24	56	-	-	60	56	-	1680	1680
Noche	796	136	-	220	296	-	84	-	-	36	44	-	1612	1612
Mañana	916	192	4	360	204	16	164	52	-	28	40	4	1980	-
Tarde	932	180	8	376	356	8	156	24	-	116	32	8	2196	-
Noche	848	124	-	200	244	4	64	76	-	28	-	-	1588	1588
Mañana	492	48	4	212	144	4	36	-	-	4	4	-	948	-
Tarde	312	40	-	216	140	-	40	-	-	8	4	-	760	-
Noche	380	36	-	304	212	4	40	4	-	24	8	8	1020	1020

Fuente: Elaboración propia

Las demás planillas de depuración de volúmenes de los demás puntos de aforo se encuentran en anexos IV

Teniendo los valores de volúmenes depurados se procede a sacar el promedio final de volumen teniendo como resultado final.

4.1.2 Resultados

Los resultados se obtuvieron mediante la depuración de datos el cual se sacó el promedio y la desviación estándar para obtener un promedio de volumen final.

**Tabla 15 Resultado promedio final Av. Jaime Paz Zamora calzada derecha
Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)**

Volumen promedio final (Veh/hr)
1588

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16 Resultados promedios de volúmenes finales de todos los puntos de aforo

Calles	Progresiva (km)	Vol. Promedio (Veh/hr)
Av. Jaime Paz Zamora (Gimnasio Universitario)	0+124	1588
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Gimnasio Universitario)	0+192	1238
Av. Jaime Paz Zamora entre Gral. Sossa y Pje Serapio Martínez (aforo de norte a sur)	0+144	465
Av. Jaime Paz Zamora entre Gral. Sossa y Pje Serapio Martínez (aforo de Sur a Norte)	0+188	928
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Julio Delio E y G. Arnold (Aforo de Norte a Sur)	0+380	350
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Julio Delio E y G. Arnold (Aforo de Sur a Norte)	0+432	982
Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Villamontes y Av. Alto de la Alianza	0+560	1330
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Plaza San Gerónimo)	0+544	877
Av. Jaime Paz Zamora entre Pje Blanco Galindo y Remberto Attard (aforo de Sur a norte)	0+592	913
Av. Jaime Paz Zamora entre Pje Blanco Galindo y Remberto Attard (aforo de Norte a Sur)	0+620	217
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. M Font y Juan de Dios Trigo (aforo de Sur a Norte)	0+724	581
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. M Font y Juan de Dios Trigo (aforo de Norte a Sur)	0+712	387
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Romero (aforo de Sur a Norte)	0+860	467
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Romero (aforo de Norte a Sur)	0+816	230
Av. Jaime Paz Zamora entre calle 6 de Junio calzada de la derecha (Pil Tarija)	1+600	1259
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Pil Tarija)	1+600	714
Av. Jaime Paz Zamora calzada izquierda (Pil Tarija)	1+580	389
Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Hna. Alicia Olna (Supermercado Urkupiña)	2+064	1090
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Camilo Moreno y Prof. L Sustacha P.	2+604	912
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Autotransporte Sama)	2+608	780
Av. Jaime Paz Zamora entre calle Luisa Silvetia calzada derecha	3+364	829
Av. Jaime Paz Zamora calzada izquierda(aforo de Sur a Norte,Mercado Abasto del Sur)	3+504	451
Av. Jaime Paz Zamora calzada izquierda(aforo de Norte a Sur,Mercado Abasto del Sur)	3+472	139
Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Jesús Nazaret calzada de la derecha (Nibol)	4+276	772

Calles	Progresiva (km)	Vol. Promedio (Veh/hr)
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (altura de Nibol)	4+288	714
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (altura de Nibol)	4+288	407
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la derecha (altura Matadero Municipal)	4+732	686
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (altura Matadero Municipal)	4+740	656
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (altura Matadero Municipal)	4+730	352

Fuente: Elaboración propia

4.2 Velocidades

Para proceder a la medición de las velocidades en las zonas de estudio, se realizó de la siguiente manera, primero se midió la distancia de un punto a otro, se tomó distancias de 25 metros, luego se controló el tiempo en que tarda en pasar el vehículo por esa distancia medida registrando cada 5 vehículos que pasaban por cada punto.

Se tomó 31 puntos en las diferentes calzadas existentes asignados en la ciudad de Tarija para hacer el respectivo aforo de tiempos.

Se realizó las mediciones de los tiempos para las tres horas pico de un día completo, tres días de la semana para tener de una semana completa, eso lo hice durante 4 semanas para completar el mes.

Para calcular las velocidades de punto en (km/h), de los aforos de tiempos se usó la siguiente ecuación:

$$V = \frac{D}{T}$$

Donde:

V = Velocidad de punto (km/h)

D = Distancia de recorrido (km)

T = Tiempo de recorrido (h)

Entonces para el punto del gimnasio universitario teniendo el tiempo en segundos y la distancia se puede calcular la velocidad el cual lo haremos mediante formula solo en la

mañana para ese punto y los demás puntos de aforo se realiza de la misma manera y se encuentran en anexos

$D = 25$ metros

$$V = \frac{25}{2.61} = 9.58 \text{ m/s}$$

$$V = \frac{25}{2.40} = 10.42 \text{ m/s}$$

$$V = \frac{25}{2.01} = 12.44 \text{ m/s}$$

$$V = \frac{25}{2.13} = 11.74 \text{ m/s}$$

$$V = \frac{25}{2.36} = 10.59 \text{ m/s}$$

Una vez obtenido las velocidades de los 5 vehículos se saca el promedio para poder tener la velocidad promedio en kilómetros en ese punto.

$$V = \frac{9.58 + 10.42 + 12.44 + 11.74 + 10.59}{5}$$

$$V = 10.95 \text{ m/s}$$

$$V = 39.42 \text{ Km/hr}$$

En la siguiente tabla de abajo se mostrará todas las velocidades de un punto de aforo para luego proceder a realizar los cálculos estadísticos como también las depuraciones para obtener un resultado de velocidad promedio final.

Tabla 17 Velocidades Av. Jaime Paz Zamora calzada derecha Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)

Av. Jaime Paz Zamora calzada de la derecha (Gimnasio Universitario)												
	Tiempo en (segundos)					Distancia (m)	Velocidades (m/s)					Velocidad (Km/hr)
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
Mañana	2,61	2,40	2,01	2,13	2,36	25	9,58	10,42	12,44	11,74	10,59	39,42
Tarde	2,70	1,6	1,71	2,36	1,94	25	9,26	15,63	14,62	10,59	12,89	45,36
Noche	2,01	2,23	2,16	2,28	2,10	25	12,44	11,21	11,57	10,96	11,90	41,83
Mañana	2,68	2,87	2,35	2,6	2,66	25	9,33	8,71	10,64	9,62	9,40	34,34
Tarde	2,63	2,55	2,23	2,53	2,29	25	9,51	9,80	11,21	9,88	10,92	36,94
Noche	2,38	2,46	2,31	2,41	2,43	25	10,50	10,16	10,82	10,37	10,29	37,55
Mañana	2,58	2,77	2,25	2,50	2,56	25	9,69	9,03	11,11	10,00	9,77	35,71
Tarde	2,53	2,45	2,13	2,43	2,19	25	9,88	10,20	11,74	10,29	11,42	38,56
Noche	2,28	2,36	2,21	2,31	2,33	25	10,96	10,59	11,31	10,82	10,73	39,17
Mañana	2,64	2,43	2,04	2,16	2,39	25	9,47	10,29	12,25	11,57	10,46	38,92
Tarde	2,73	1,63	1,74	2,39	1,97	25	9,16	15,34	14,37	10,46	12,69	44,64
Noche	2,04	2,26	2,19	2,31	2,13	25	12,25	11,06	11,42	10,82	11,74	41,26
Mañana	2,71	2,9	2,38	2,63	2,69	25	9,23	8,62	10,50	9,51	9,29	33,95
Tarde	2,66	2,58	2,26	2,56	2,32	25	9,40	9,69	11,06	9,77	10,78	36,5
Noche	2,41	2,49	2,34	2,44	2,46	25	10,37	10,04	10,68	10,25	10,16	37,08
Mañana	2,61	2,8	2,28	2,53	2,59	25	9,58	8,93	10,96	9,88	9,65	35,28
Tarde	2,56	2,48	2,16	2,46	2,22	25	9,77	10,08	11,57	10,16	11,26	38,05
Noche	2,31	2,39	2,24	2,34	2,36	25	10,82	10,46	11,16	10,68	10,59	38,66
Mañana	2,59	2,38	1,99	2,11	2,34	25	9,65	10,50	12,56	11,85	10,68	39,78
Tarde	2,68	1,58	1,69	2,34	1,92	25	9,33	15,82	14,79	10,68	13,02	45,83
Noche	1,99	2,21	2,14	2,26	2,08	25	12,56	11,31	11,68	11,06	12,02	42,23
Mañana	2,66	2,85	2,33	2,58	2,64	25	9,40	8,77	10,73	9,69	9,47	34,6
Tarde	2,61	2,53	2,21	2,51	2,27	25	9,58	9,88	11,31	9,96	11,01	37,26
Noche	2,36	2,44	2,29	2,39	2,41	25	10,59	10,25	10,92	10,46	10,37	37,87
Mañana	2,56	2,75	2,23	2,48	2,54	25	9,77	9,09	11,21	10,08	9,84	36
Tarde	2,51	2,43	2,11	2,41	2,17	25	9,96	10,29	11,85	10,37	11,52	38,88
Noche	2,26	2,34	2,19	2,29	2,31	25	11,06	10,68	11,42	10,92	10,82	39,53
Mañana	2,60	2,39	2,00	2,12	2,35	25	9,62	10,46	12,50	11,79	10,64	39,6
Tarde	2,69	1,59	1,70	2,35	1,93	25	9,29	15,72	14,71	10,64	12,95	45,58
Noche	2,00	2,22	2,15	2,27	2,09	25	12,50	11,26	11,63	11,01	11,96	42,01
Mañana	2,67	2,86	2,34	2,59	2,65	25	9,36	8,74	10,68	9,65	9,43	34,45
Tarde	2,62	2,54	2,22	2,52	2,28	25	9,54	9,84	11,26	9,92	10,96	37,12
Noche	2,37	2,45	2,30	2,40	2,42	25	10,55	10,20	10,87	10,42	10,33	37,69
Mañana	2,57	2,76	2,24	2,49	2,55	25	9,73	9,06	11,16	10,04	9,80	35,86
Tarde	2,52	2,44	2,12	2,42	2,18	25	9,92	10,25	11,79	10,33	11,47	38,7
Noche	2,27	2,35	2,20	2,30	2,32	25	11,01	10,64	11,36	10,87	10,78	39,35

Fuente: Elaboración propia

Los demás datos velocidades del resto de los puntos de aforos se encuentran en anexos VI

Una vez obtenido los datos de velocidades se lleva a un procesamiento de datos el cual se realizó utilizando parámetros estadísticos como ser la media y desviación estándar para poder eliminar los datos que no se encuentran en dicho rango.

Tabla 18 Parámetros estadísticos de velocidades Av. Jaime Paz Zamora calzada derecha Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)

Media	38,77
Desviación	3,17
Media + Desv	41,94
Media - Desv	35,60

Fuente: Elaboración propia

Las demás tablas de parámetros estadísticos de velocidades de los demás puntos de aforos se encuentran en anexos VII

4.2.1 Depuración de datos de velocidades

A partir de los parámetros estadísticos como ser la media y desviación podremos realizar la depuración de datos de velocidades sabiendo los rangos que se encuentra en la tabla 17 y así obtener un nuevo promedio final el cual sería el resultado final de dicho punto de aforo.

**Tabla 19 Depuración de velocidades Av. Jaime Paz Zamora calzada derecha
Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)**

Av. Jaime Paz Zamora calzada de la derecha (Gimnasio Universitario)														
	Tiempo en (segundos)						D (m)	Velocidades (m/s)					Velocidad (Km/hr)	Vel. Depur. (Km/hr)
	1	2	3	4	5	1		2	3	4	5			
Mañana	2,61	2,40	2,01	2,13	2,36	25	9,58	10,42	12,44	11,74	10,59	39,42	39,42	
Tarde	2,70	1,6	1,71	2,36	1,94	25	9,26	15,63	14,62	10,59	12,89	45,36	-	
Noche	2,01	2,23	2,16	2,28	2,10	25	12,44	11,21	11,57	10,96	11,90	41,83	41,83	
Mañana	2,68	2,87	2,35	2,6	2,66	25	9,33	8,71	10,64	9,62	9,40	34,34	-	
Tarde	2,63	2,55	2,23	2,53	2,29	25	9,51	9,80	11,21	9,88	10,92	36,94	36,94	
Noche	2,38	2,46	2,31	2,41	2,43	25	10,50	10,16	10,82	10,37	10,29	37,55	37,55	
Mañana	2,58	2,77	2,25	2,50	2,56	25	9,69	9,03	11,11	10,00	9,77	35,71	35,71	
Tarde	2,53	2,45	2,13	2,43	2,19	25	9,88	10,20	11,74	10,29	11,42	38,56	38,56	
Noche	2,28	2,36	2,21	2,31	2,33	25	10,96	10,59	11,31	10,82	10,73	39,17	39,17	
Mañana	2,64	2,43	2,04	2,16	2,39	25	9,47	10,29	12,25	11,57	10,46	38,92	38,92	
Tarde	2,73	1,63	1,74	2,39	1,97	25	9,16	15,34	14,37	10,46	12,69	44,64	-	
Noche	2,04	2,26	2,19	2,31	2,13	25	12,25	11,06	11,42	10,82	11,74	41,26	41,26	
Mañana	2,71	2,9	2,38	2,63	2,69	25	9,23	8,62	10,50	9,51	9,29	33,95	-	
Tarde	2,66	2,58	2,26	2,56	2,32	25	9,40	9,69	11,06	9,77	10,78	36,5	36,5	
Noche	2,41	2,49	2,34	2,44	2,46	25	10,37	10,04	10,68	10,25	10,16	37,08	37,08	
Mañana	2,61	2,8	2,28	2,53	2,59	25	9,58	8,93	10,96	9,88	9,65	35,28	-	
Tarde	2,56	2,48	2,16	2,46	2,22	25	9,77	10,08	11,57	10,16	11,26	38,05	38,05	
Noche	2,31	2,39	2,24	2,34	2,36	25	10,82	10,46	11,16	10,68	10,59	38,66	38,66	
Mañana	2,59	2,38	1,99	2,11	2,34	25	9,65	10,50	12,56	11,85	10,68	39,78	39,78	
Tarde	2,68	1,58	1,69	2,34	1,92	25	9,33	15,82	14,79	10,68	13,02	45,83	-	
Noche	1,99	2,21	2,14	2,26	2,08	25	12,56	11,31	11,68	11,06	12,02	42,23	-	
Mañana	2,66	2,85	2,33	2,58	2,64	25	9,40	8,77	10,73	9,69	9,47	34,6	-	
Tarde	2,61	2,53	2,21	2,51	2,27	25	9,58	9,88	11,31	9,96	11,01	37,26	37,26	
Noche	2,36	2,44	2,29	2,39	2,41	25	10,59	10,25	10,92	10,46	10,37	37,87	37,87	
Mañana	2,56	2,75	2,23	2,48	2,54	25	9,77	9,09	11,21	10,08	9,84	36	36	
Tarde	2,51	2,43	2,11	2,41	2,17	25	9,96	10,29	11,85	10,37	11,52	38,88	38,88	
Noche	2,26	2,34	2,19	2,29	2,31	25	11,06	10,68	11,42	10,92	10,82	39,53	39,53	
Mañana	2,60	2,39	2,00	2,12	2,35	25	9,62	10,46	12,50	11,79	10,64	39,6	39,6	
Tarde	2,69	1,59	1,70	2,35	1,93	25	9,29	15,72	14,71	10,64	12,95	45,58	-	
Noche	2,00	2,22	2,15	2,27	2,09	25	12,50	11,26	11,63	11,01	11,96	42,01	-	
Mañana	2,67	2,86	2,34	2,59	2,65	25	9,36	8,74	10,68	9,65	9,43	34,45	-	
Tarde	2,62	2,54	2,22	2,52	2,28	25	9,54	9,84	11,26	9,92	10,96	37,12	37,12	
Noche	2,37	2,45	2,30	2,40	2,42	25	10,55	10,20	10,87	10,42	10,33	37,69	37,69	
Mañana	2,57	2,76	2,24	2,49	2,55	25	9,73	9,06	11,16	10,04	9,80	35,86	35,86	
Tarde	2,52	2,44	2,12	2,42	2,18	25	9,92	10,25	11,79	10,33	11,47	38,7	38,7	
Noche	2,27	2,35	2,20	2,30	2,32	25	11,01	10,64	11,36	10,87	10,78	39,35	39,35	

Fuente: Elaboración propia

Las demás tablas de depuraciones de velocidades del resto de los puntos de aforo ver en anexos VIII

4.2.3 Resultados

A partir de los parámetros estadísticos los resultados se obtuvieron mediante la depuración de datos el cual se sacó el promedio y la desviación estándar para obtener un promedio de velocidad final.

Tabla 20 Resultado de velocidad Av. Jaime Paz Zamora carril derecho Gimnasio Universitario (Progresiva 0+004)

Velocidad Promedio (Km/hr)
38,29

Fuente: Elaboración propia

Los demás resultados de velocidades de los demás puntos de aforo se encuentran en la tabla 21

Tabla 21 Resultados de Velocidades Promedios Finales de todos los puntos de aforo

Calle	Progresiva (km)	Vel. Prom Final (km/hr)
Av. Jaime Paz Zamora carril derecho (Gimnasio Universitario)	0+004	38,29
Av. Jaime Paz Zamora carril del medio (Gimnasio Universitario)	0+004	43,17
Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Gral. Sossa y Pje Serapio Martínez (Sur a Norte)	0+020	32,68
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Julio Delio E. y Calle G. Arnold (Sur a Norte)	0+320	32,49
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio	0+332	37,96
Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Bat. Colorados y Villamontes (Veloz del Norte)	0+448	33,04
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. M. Font y Juan de Dios Trigo (Super Pizza Tarija)	0+612	33,93
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Romero calzada de la izquierda	0+820	32,53
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Banco Unión cerca al aeropuerto)	0+830	41,11
Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Tarija calzada de la derecha	0+824	32,71
Av. Jaime Paz Zamora entre calle 6 de Junio calzada de la derecha (Pil Tarija)	1+488	32,62
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierdo (frente Pil Tarija)	1+468	39,37
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Pil Tarija)	1+484	44,25
Av. Jaime Paz Zamora entre calle Hna. Alicia Olna calzada de la derecha (Supermercado Urkupiña)	1+940	31,96
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Supermercado Urkupiña)	1+937	41,4
Av. Jaime Paz Zamora entre calle Fray Quebracho calzada de la izquierda	1+952	39,42
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Camilo Moreno y Calle Prof. L. Sustacha P. calzada de la derecha	2+476	40,67
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Autotransporte Sama)	2+488	48,39
Av. Jaime Paz Zamora calzada doble (Autotransporte Sama)	2+460	40,89
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (Mercado Abasto del Sur, aforo de Sur a Norte)	3+400	33,41
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Mercado Abasto del Sur)	3+400	39,90
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la derecha (frente al mercado Abasto del Sur)	3+348	39,78
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. J. D. D. Mealla calzada de la derecha	3+464	38,78
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Estación de Servicio San Jorge II)	3+480	40,65
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (frente a Estación de Servicio San Jorge II)	3+520	31,77

Calle	Progresiva (km)	Vel. Prom Final (km/hr)
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la derecha (frente a importadora Las Lomas)	3+640	40,29
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Importadora Las Lomas)	3+652	41,39
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (Importadora Las Lomas)	3+640	32,27
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la derecha (Matadero Municipal)	4+792	40,96
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Matadero Municipal)	4+800	44,26
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (frente al Matadero Municipal)	4+800	40,71

Fuente: Elaboración propia

4.3 Análisis de resultados

A partir de los resultados se analiza el comportamiento del flujo vehicular que se obtuvo durante el desarrollo del proyecto se puede observar que en el transcurso del tiempo se incrementó el tráfico vehicular tanto de vehículos privados como también de vehículos públicos, en esta avenida multicarril es una de las avenidas más transitadas debido que conecta a varios lugares y es muy congestionada en las horas picos del día por el cual es de mucha importancia el realizar el análisis de velocidad y volumen de este tramo.

El análisis se realizará por calzadas, esta avenida presenta 3 calzadas donde se pudo observar puntos que presentan más tráfico para poder saber cuál es la variación de volumen y velocidades en dicho punto de aforo.

4.3.1 Análisis de Volumen por calzadas de Norte a Sur

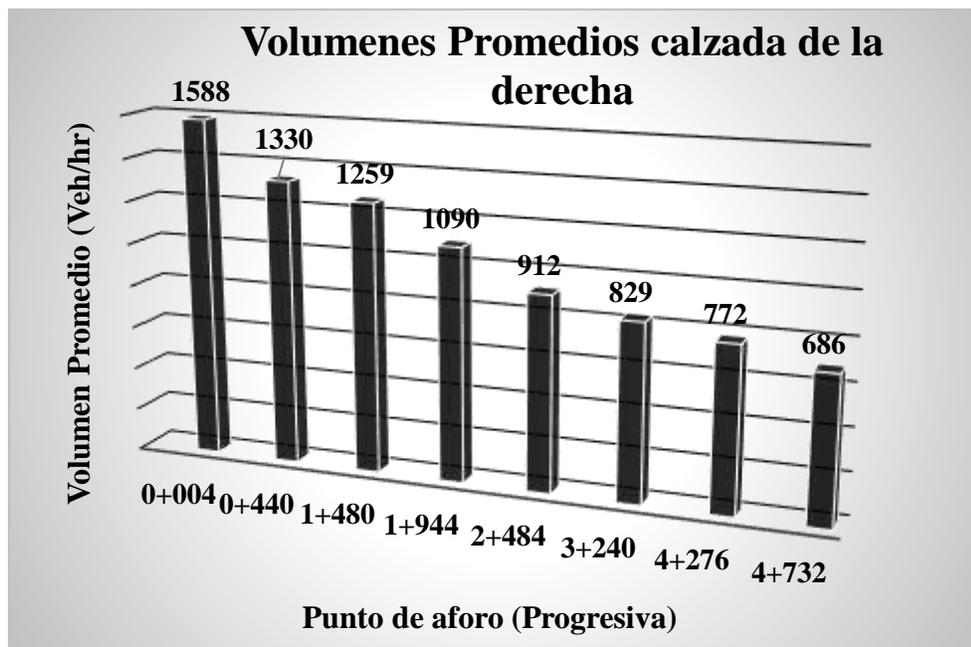
Calzada derecha

Tabla 22 Volúmenes Promedios Finales de la calzada derecha

Calles calzada de la derecha	Progresiva (km)	Vol. Promedio (Veh/hr)
Av. Jaime Paz Zamora (Gimnasio Universitario)	0+004	1588
Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Villamontes y Av. Alto de la Alianza	0+440	1330
Av. Jaime Paz Zamora entre calle 6 de Junio carril derecho (Pil Tarija)	1+480	1259
Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Hna. Alicia Olna (Supermercado Urkupiña)	1+944	1090
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Camilo Moreno y Prof. L Sustacha P.	2+484	912
Av. Jaime Paz Zamora entre calle Luisa Silvetia carril derecho	3+240	829
Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Jesús Nazaret calzada de la derecha (Nibol)	4+276	772
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la derecha (altura Matadero Municipal)	4+732	686

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 2 Variación de Volúmenes Promedios Finales calzada de la derecha



Fuente: Elaboración propia

A través del gráfico se observa el volumen promedio del tráfico vehicular del carril derecho de la avenida, que se determinó mediante aforos manuales. Analizando los resultados de estos puntos se determinó, que existe mayor volumen en el punto de aforo Av. Jaime Paz Zamora Gimnasio Universitario calzada de la derecha (**Progresiva 0+004**) con un volumen promedio de **1588 veh/hr.**

El valor medio promedio de tráfico en la calzada derecha se registra en la Avenida Jaime Paz Zamora, específicamente entre las progresivas **1+944 y 2+484**, con un volumen promedio de **1059 veh/hr.**

El punto de aforo con menor volumen de tráfico se encuentra en la Avenida Jaime Paz Zamora, a la altura del matadero municipal (Progresiva 4+732), registrando un flujo de **686 veh/hr.**

La variación entre el volumen máximo y el mínimo registrado en la calzada de la derecha es de **902 veh/hr.**

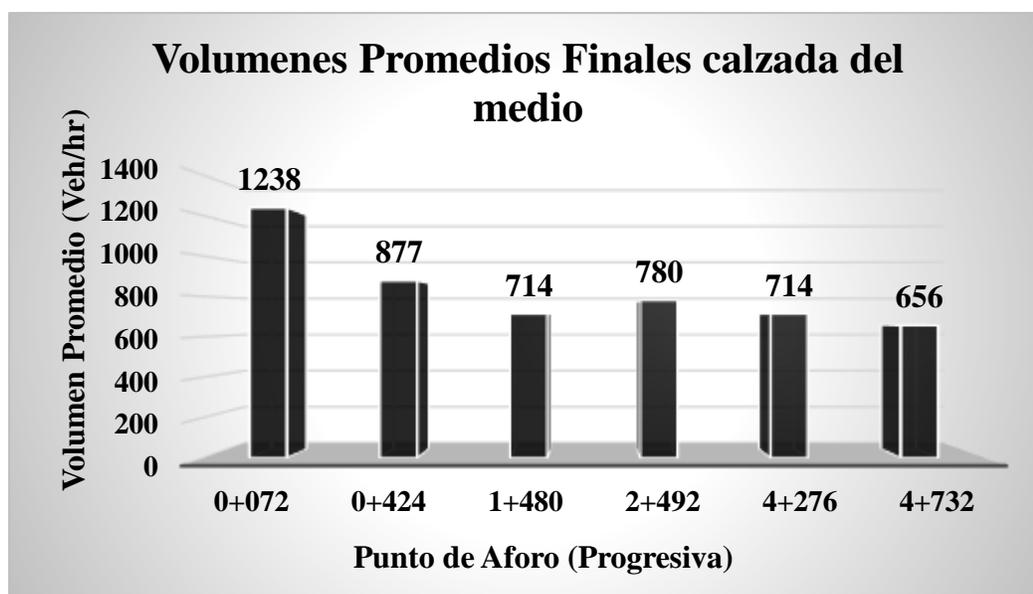
Calzada del medio

Tabla 23 Volúmenes Promedios Finales de la calzada del medio

Calles calzada del medio	Progresiva (km)	Vol. Promedio (Veh/hr)
Av. Jaime Paz Zamora carril del medio (Gimnasio Universitario)	0+192	1238
Av. Jaime Paz Zamora Carril medio (Plaza San Gerónimo)	0+544	877
Av. Jaime Paz Zamora carril del medio (Pil Tarija)	1+600	714
Av. Jaime Paz Zamora carril del medio (Autotransporte Sama)	2+608	780
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (altura de Nibol)	4+276	714
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (altura Matadero Municipal)	4+732	656

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3 Variación de Volúmenes Finales calzada del medio



Fuente: Elaboración propia

A través del gráfico se observa el volumen promedio del tráfico vehicular del carril del medio de la avenida que se determinó mediante aforos manuales. Analizando los resultados de estos puntos se determinó, que existe mayor volumen en el punto de aforo Av. Jaime Paz Zamora altura del Gimnasio Universitario (**Progresiva 0+072**) con un volumen promedio de **1238 veh/hr**.

El valor medio de la calzada del medio se encuentra en Av. Jaime Paz Zamora entre las progresivas **0+424**) y **1+480** con un volumen de **830 veh/hr.**

El valor promedio medio de tráfico en la calzada del medio se registra en la Avenida Jaime Paz Zamora, entre las progresivas **0+424 y 1+480**, con un volumen de **830 veh/hr.**

El punto de aforo con menor volumen de tráfico en la calzada del medio se encuentra en la Avenida Jaime Paz Zamora, en la **progresiva 4+732**, con un volumen promedio de **656 veh/hr.**

La diferencia entre el volumen máximo y el mínimo registrado en la calzada del medio es de **582 veh/hr.**

Calzada de la izquierda

Tabla 24 Resultados de Volúmenes Promedios Finales calzada izquierda

Calles calzada de la izquierda	Progresiva (km)	Vol. Promedio (Veh/hr)
Av. Jaime Paz Zamora entre Gral. Sossa y Pje Serapio Martínez (aforo de norte a sur)	0+020	465
Av. Jaime Paz Zamora entre Gral. Sossa y Pje Serapio Martínez (aforo de Sur a Norte)	0+066	928
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Julio Delio E y G. Arnold (Aforo de Norte a Sur)	0+260	350
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Julio Delio E y G. Arnold (Aforo de Sur a Norte)	0+312	982
Av. Jaime Paz Zamora entre Pje Blanco Galindo y Remberto Attard (aforo de Sur a norte)	0+500	913
Av. Jaime Paz Zamora entre Pje Blanco Galindo y Remberto Attard (aforo de Norte a Sur)	0+470	217
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. M Font y Juan de Dios Trigo (aforo de Sur a Norte)	0+605	581
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. M Font y Juan de Dios Trigo (aforo de Norte a Sur)	0+595	387
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Romero (aforo de Sur a Norte)	0+740	467
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Romero (aforo de Norte a Sur)	0+700	230
Av. Jaime Paz Zamora carril izquierdo (Pil Tarija)	1+460	389
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (aforo de Sur a Norte,Mercado Abasto del Sur)	3+380	451
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (aforo de Norte a Sur,Mercado Abasto del Sur)	3+348	139
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (altura de Nibol)	4+288	407
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (altura Matadero Municipal)	4+730	352

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4 Variación de Volumen Promedio Final calzada doble sentido



Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados de estos puntos se determinó, que existe mayor volumen en el punto de aforo Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Julio Delio E y G. Arnold Aforo de Sur a Norte (**Progresiva 0+312**) con un volumen promedio de **982 veh/hr.**

El valor medio promedio de la calzada de la izquierda se encuentra en Av. Jaime Paz Zamora, entre la progresiva **0+605** y **0+740** con un volumen promedio de **484 veh/hr.**

El punto de aforo con menor volumen de tráfico se encuentra en la Avenida Jaime Paz Zamora, específicamente en la calzada izquierda (**Progresiva 3+348**), registrando un volumen promedio de **139 veh/hr.**

La variación entre el volumen máximo y el mínimo de la calzada de la izquierda es de **843 veh/hr.**

Análisis de Volúmenes Promedios Finales de todo el tramo estudiado

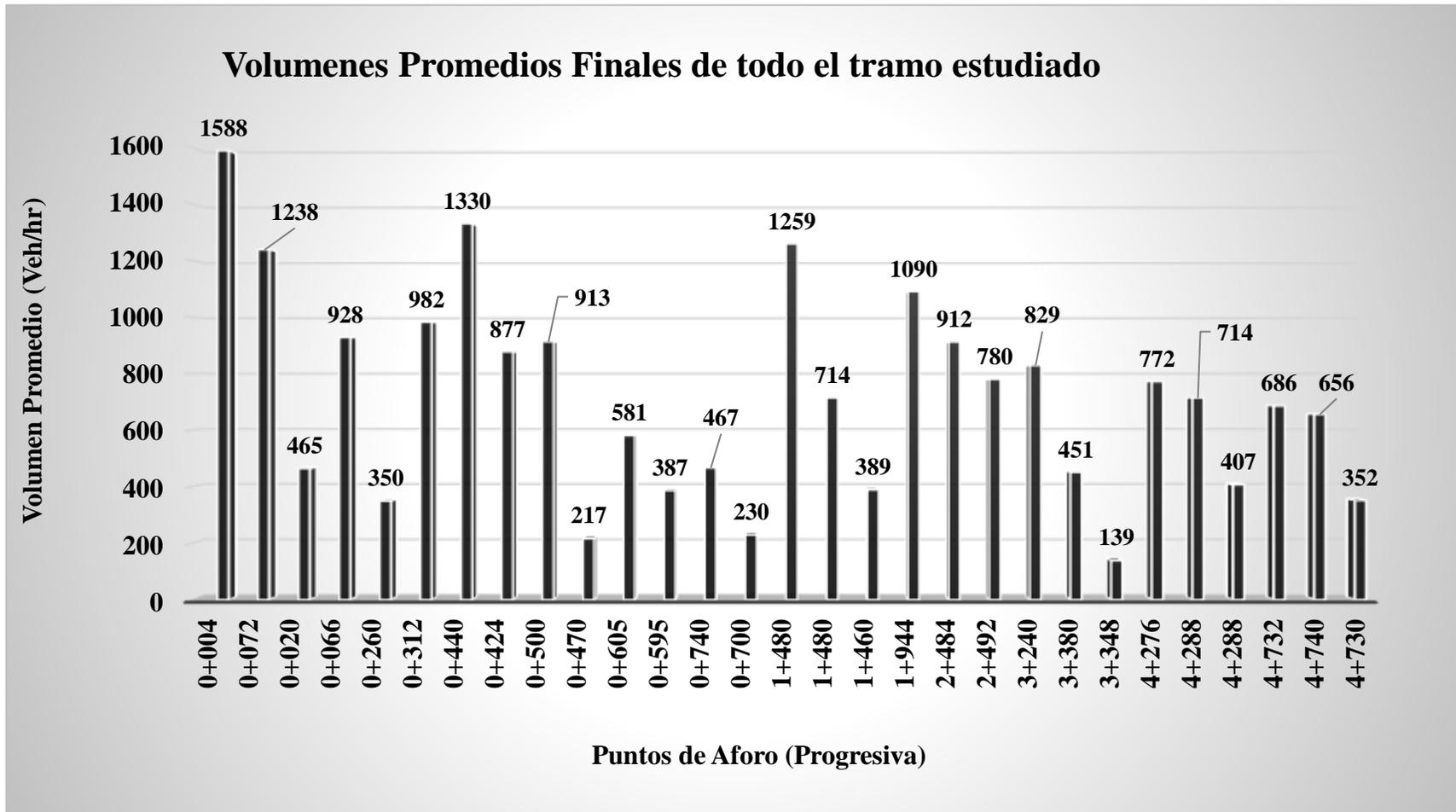
Tabla 25 Volúmenes promedio finales de todo el tramo estudiado

Calles	Progresiva (km)	Vol. Promedio (Veh/hr)
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la derecha (Gimnasio Universitario)	0+004	1588
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Gimnasio Universitario)	0+072	1238
Av. Jaime Paz Zamora entre Gral. Sossa y Pje Serapio Martínez (aforo de norte a sur)	0+020	465
Av. Jaime Paz Zamora entre Gral. Sossa y Pje Serapio Martínez (aforo de Sur a Norte)	0+066	928
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Julio Delio E y G. Arnold (Aforo de Norte a Sur)	0+260	350
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Julio Delio E y G. Arnold (Aforo de Sur a Norte)	0+312	982
Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Villamontes y Av. Alto de la Alianza	0+440	1330
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Plaza San Gerónimo)	0+424	877
Av. Jaime Paz Zamora entre Pje Blanco Galindo y Remberto Attard (aforo de Sur a norte)	0+500	913
Av. Jaime Paz Zamora entre Pje Blanco Galindo y Remberto Attard (aforo de Norte a Sur)	0+470	217
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. M Font y Juan de Dios Trigo (aforo de Sur a Norte)	0+605	581
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. M Font y Juan de Dios Trigo (aforo de Norte a Sur)	0+595	387
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Romero (aforo de Sur a Norte)	0+740	467
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Romero (aforo de Norte a Sur)	0+700	230
Av. Jaime Paz Zamora entre calle 6 de Junio calzada de la derecha (Pil Tarija)	1+480	1259
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Pil Tarija)	1+480	714
Av. Jaime Paz Zamora calzada izquierda (Pil Tarija)	1+460	389
Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Hna. Alicia Olna (Supermercado Urkupiña)	1+944	1090
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Camilo Moreno y Prof. L Sustacha P.	2+484	912
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Autotransporte Sama)	2+492	780
Av. Jaime Paz Zamora entre calle Luisa Silvetia calzada derecha	3+240	829
Av. Jaime Paz Zamora calzada izquierda(aforo de Sur a Norte,Mercado Abasto del Sur)	3+380	451

Calles	Progresiva (km)	Vol. Promedio (Veh/hr)
Av. Jaime Paz Zamora calzada izquierda(aforo de Norte a Sur, Mercado Abasto del Sur)	3+348	139
Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Jesús Nazaret calzada de la derecha (Nibol)	4+276	772
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (altura de Nibol)	4+288	714
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (altura de Nibol)	4+288	407
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la derecha (altura Matadero Municipal)	4+732	686
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (altura Matadero Municipal)	4+740	656
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (altura Matadero Municipal)	4+730	352

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 5 Variación de Volúmenes Promedios Finales de todo el tramo estudiado



Fuente: Elaboración propia

A través del gráfico se observa el volumen promedio del tráfico vehicular de todo el tramo estudiado, que se determinó mediante aforos manuales.

Analizando los resultados de estos puntos se determinó, que el punto más crítico que existe mayor volumen de todo el tramo incluyendo carril derecho, carril medio y doble carril es en la Av. Jaime Paz Zamora (**Progresiva 0+004**), con un volumen promedio final de **1588 veh/hr.**

El valor medio de todo el tramo estudiado se encuentra en Av. Jaime Paz Zamora específicamente entre la **progresiva 4+276** y **4+288**, con un volumen promedio de **714 veh/hr.**

El punto de aforo menos crítico en todo el tramo, considerando calzada de la derecha, medio y calzada de la izquierda, se ubica en la Avenida Jaime Paz Zamora (**Progresiva 3+348**), altura del Mercado abasto del Sur con un volumen promedio de **139 veh/hr.**

La variación entre el volumen máximo y el mínimo de todo el tramo estudiado es de **1449 veh/hr.**

4.3.2 Análisis de Velocidades por calzadas

El análisis de resultados de velocidades se hará por calzadas al igual que el análisis de volumen anteriormente.

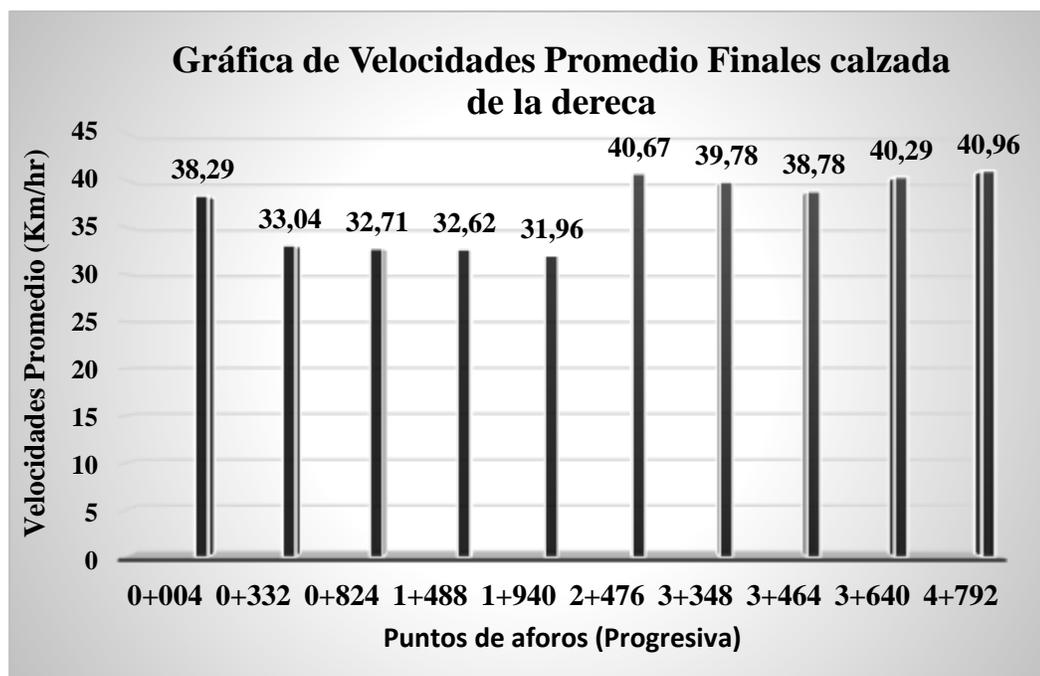
Calzada de la derecha velocidades

Tabla 26 Resultados de velocidades calzada de la derecha

Calles calzada de la derecha	Progresiva (km)	Vel. Prom Final (km/hr)
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la derecha (Gimnasio Universitario)	0+004	38,29
Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Bat. Colorados y Villamontes (Veloz del Norte)	0+332	33,04
Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Tarija calzada de la derecha	0+824	32,71
Av. Jaime Paz Zamora entre calle 6 de Junio calzada de la derecha (Pil Tarija)	1+488	32,62
Av. Jaime Paz Zamora entre calle Hna. Alicia Olna calzada de la derecha (Supermercado Urkupiña)	1+940	31,96
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Camilo Moreno y Calle Prof. L. Sustacha P. calzada de la derecha	2+476	40,67
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la derecha (frente al mercado Abasto del Sur)	3+348	39,78
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. J. D. D. Mealla calzada de la derecha (Estación de Servicio San Jorge II)	3+464	38,78
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la derecha (frente a importadora Las Lomas)	3+640	40,29
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la derecha (Matadero Municipal)	4+792	40,96

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 6 Variación de Velocidades Promedios Finales calzada de la derecha



Fuente: Elaboración propia

A través del gráfico se observa las velocidades promedio del tráfico vehicular de la calzada de la derecha de la avenida con el siguiente análisis.

Mediante aforos manuales, se determinó que la mayor velocidad que se presenta en la calzada de la derecha es en la Av. Jaime Paz Zamora (**Progresiva 4+912**), cerca del Matadero Municipal, con una velocidad promedio final de **40,96 km/h**.

El valor medio de la calzada de la derecha se encuentra en la Av. Jaime Paz Zamora entre la **progresiva 0+004 y 0+332**, con una velocidad promedio final de **36,91 km/hr**.

El punto de aforo con menor velocidad se presenta en la Av. Jaime Paz Zamora entre calle Hna. Alicia Olna (**Progresiva 1+940**) Supermercado Urkupiña con una velocidad promedio final de **31,96 km/hr**.

La variación entre la velocidad máxima y mínima de la calzada de la derecha es de **9 km/hr**.

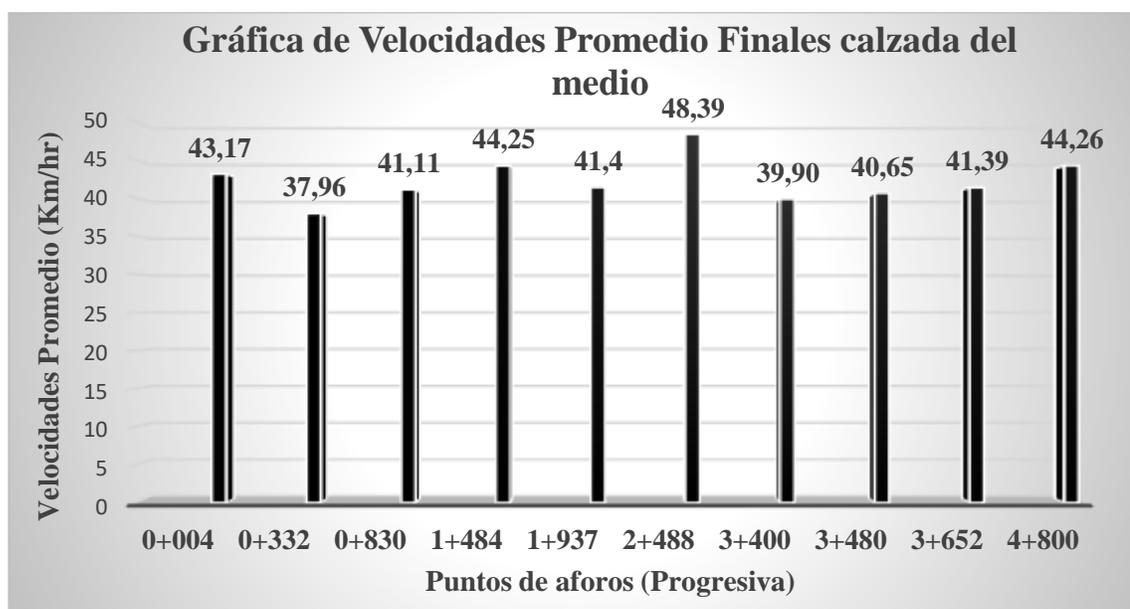
Calzada del medio

Tabla 27 Resultados de Velocidades Promedios Finales calzada del medio

Calles calzada del medio	Progresiva (km)	Vel. Prom Final (km/hr)
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Gimnasio Universitario)	0+004	43,17
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio	0+332	37,96
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Banco Unión cerca al aeropuerto)	0+830	41,11
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Pil Tarija)	1+484	44,25
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Supermercado Urkupiña)	1+937	41,4
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Autotransporte Sama)	2+488	48,39
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Mercado Abasto del Sur)	3+400	39,90
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Estación de Servicio San Jorge II)	3+480	40,65
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Importadora Las Lomas)	3+652	41,39
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Matadero Municipal)	4+800	44,26

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 7 Variación de Velocidades Promedios Finales calzada del medio



Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados de estos puntos se determinó, que existe mayor velocidad en la Av. Jaime Paz Zamora (**Progresiva 2+488**) con una velocidad promedio final de **48,39 km/hr.**

El valor de velocidad media de la calzada del medio se encuentra en la Av. Jaime Paz Zamora entre las progresivas **0+004 y 1+937**, con una velocidad promedio final de **42,25 km/hr.**

El punto de aforo con menor velocidad se presenta en la Av. Jaime Paz Zamora (**Progresiva 0+332**), con una velocidad promedio final de **37,96 km/hr.**

La variación entre el punto de velocidad máxima y mínima de la calzada del medio es de **10,43 km/hr.**

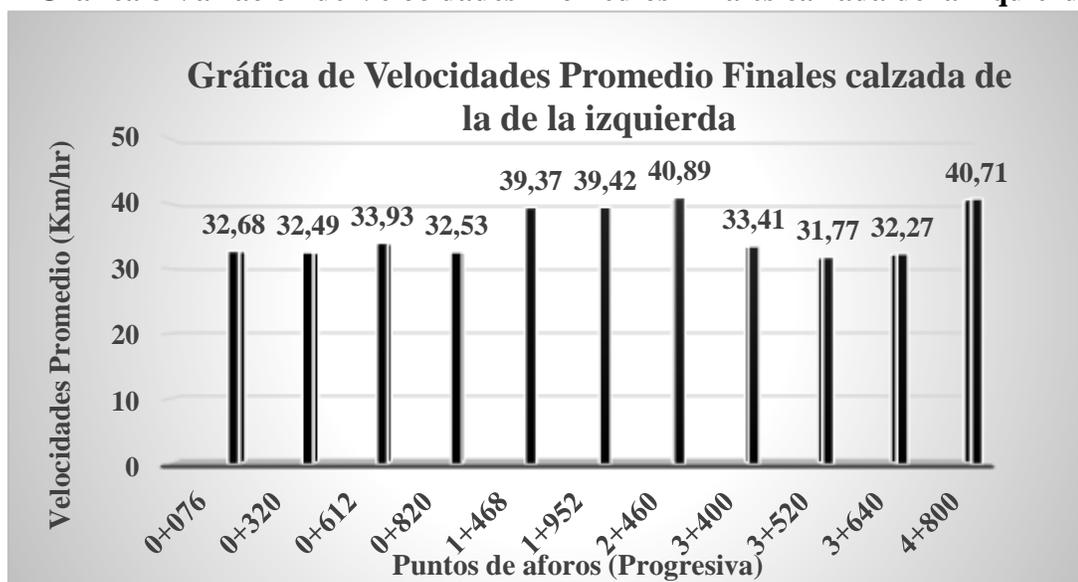
Calzada de la izquierda

Tabla 28 Resultados de Velocidades Promedios Finales calzada de la izquierda

Calles calzada de la izquierda	Progresiva (km)	Vel. Prom Final (km/hr)
Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Gral. Sossa y Pje Serapio Martínez (Sur a Norte)	0+076	32,68
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Julio Delio E. y Calle G. Arnold (Sur a Norte)	0+320	32,49
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. M. Font y Juan de Dios Trigo (Super Pizza Tarija)	0+612	33,93
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Romero calzada de la izquierda	0+820	32,53
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (frente Pil Tarija)	1+468	39,37
Av. Jaime Paz Zamora entre calle Fray Quebracho calzada de la izquierda	1+952	39,42
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (Autotransporte Sama)	2+460	40,89
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (Mercado Abasto del Sur, aforo de Sur a Norte)	3+400	33,41
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (frente a Estación de Servicio San Jorge II)	3+520	31,77
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (Importadora Las Lomas)	3+640	32,27
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (frente al Matadero Municipal)	4+800	40,71

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 8 Variación de Velocidades Promedios Finales calzada de la izquierda



Fuente: Elaboración propia

A través del gráfico se observa las velocidades promedias finales del tráfico vehicular de la calzada doble de la avenida, que se determinó mediante aforos manuales.

Analizando los resultados de estos puntos se determinó, que existe mayor velocidad en la Av. Jaime Paz Zamora (**Progresiva 2+460**) con una velocidad promedio final de **40,89 km/hr.**

El valor medio de la calzada doble se encuentra en la Av. Jaime Paz Zamora entre las progresivas **0+612** y **1+468**, con una velocidad promedio final de **35,41 km/hr.**

El punto de aforo con menor velocidad promedio, se presenta en la Av. Jaime Paz Zamora (**Progresiva 3+520**), con una velocidad promedio final de **31,77 km/hr.**

La variación entre la velocidad máxima y mínima de la calzada de la izquierda es de **9,12 km/hr.**

Análisis de Velocidades Promedio Finales de todo el tramo estudiado

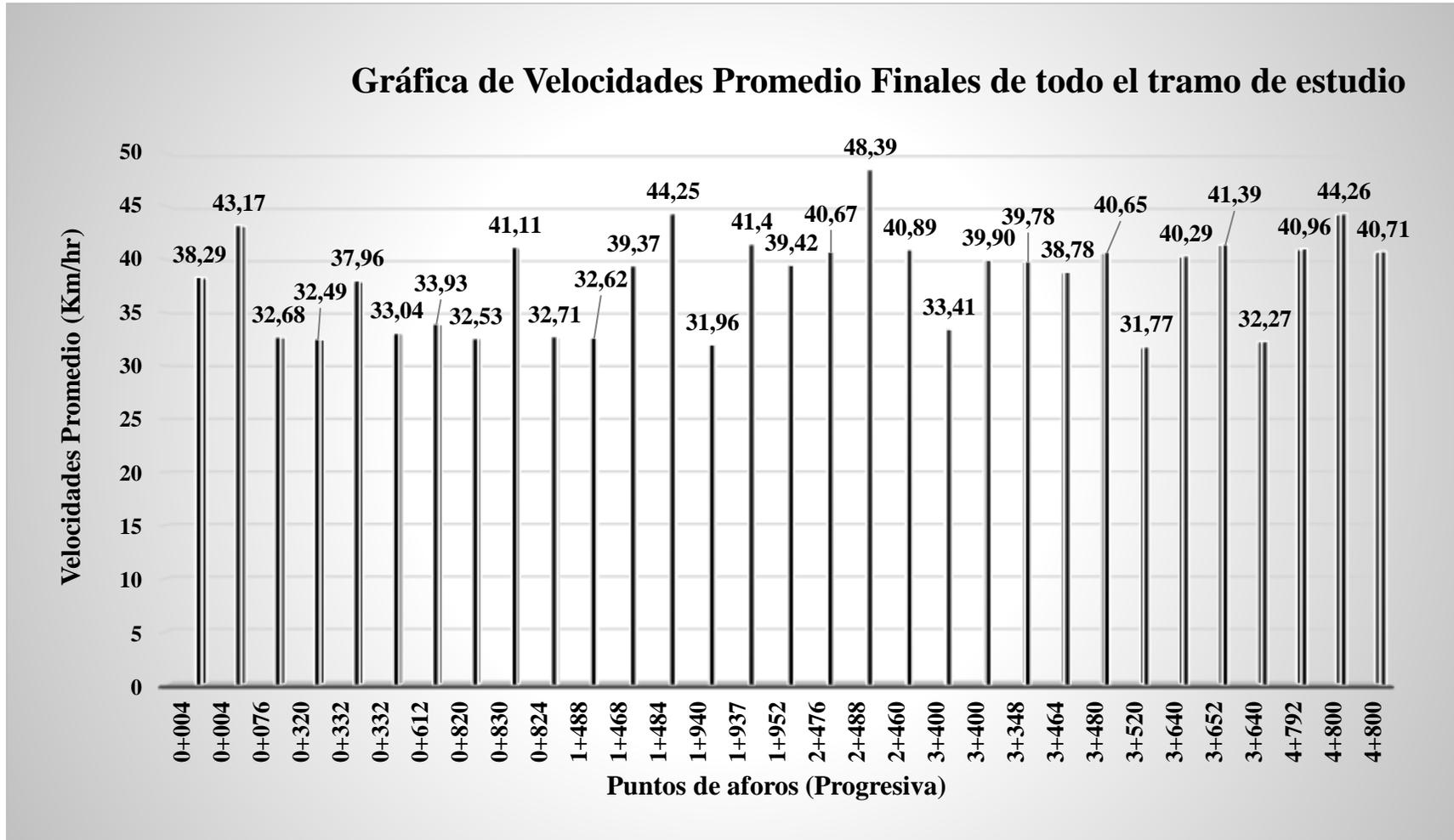
Tabla 29 Resultados Velocidades Promedios Finales de todo el tramo estudiado

Calle	Progresiva (km)	Vel. Prom Final (km/hr)
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la derecha (Gimnasio Universitario)	0+004	38,29
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Gimnasio Universitario)	0+004	43,17
Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Gral. Sossa y Pje Serapio Martínez (Sur a Norte)	0+076	32,68
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Julio Delio E. y Calle G. Arnold (Sur a Norte)	0+320	32,49
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio	0+332	37,96
Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Bat. Colorados y Villamontes (Veloz del Norte)	0+332	33,04
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. M. Font y Juan de Dios Trigo (Super Pizza Tarija)	0+612	33,93
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Romero calzada de la izquierda	0+820	32,53
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Banco Unión cerca al aeropuerto)	0+830	41,11
Av. Jaime Paz Zamora entre Calle Tarija calzada de la derecha	0+824	32,71
Av. Jaime Paz Zamora entre calle 6 de Junio calzada de la derecha (Pil Tarija)	1+488	32,62
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (frente Pil Tarija)	1+468	39,37
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Pil Tarija)	1+484	44,25
Av. Jaime Paz Zamora entre calle Hna. Alicia Olna calzada de la derecha (Supermercado Urkupiña)	1+940	31,96
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Supermercado Urkupiña)	1+937	41,4
Av. Jaime Paz Zamora entre calle Fray Quebracho calzada de la izquierda	1+952	39,42
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. Camilo Moreno y Calle Prof. L. Sustacha P. calzada de la derecha	2+476	40,67
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Autotransporte Sama)	2+488	48,39
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (Autotransporte Sama)	2+460	40,89
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (Mercado Abasto del Sur, aforo de Sur a Norte)	3+400	33,41
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Mercado Abasto del Sur)	3+400	39,90
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la derecha (frente al mercado Abasto del Sur)	3+348	39,78
Av. Jaime Paz Zamora entre Av. J. D. D. Mealla calzada de la derecha (Estación de Servicio San Jorge II)	3+464	38,78
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Estación de Servicio San Jorge II)	3+480	40,65

Calle	Progresiva (km)	Vel. Prom Final (km/hr)
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (frente a Estación de Servicio San Jorge II)	3+520	31,77
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la derecha (frente a importadora Las Lomas)	3+640	40,29
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Importadora Las Lomas)	3+652	41,39
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (Importadora Las Lomas)	3+640	32,27
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la derecha (Matadero Municipal)	4+792	40,96
Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio (Matadero Municipal)	4+800	44,26
Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda (frente al Matadero Municipal)	4+800	40,71

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 9 Variación de Velocidades Promedios Finales de todo el tramo estudiado



Fuente: Elaboración propia

A través del gráfico se observa las velocidades promedio finales del tráfico vehicular de todo el tramo estudiado incluyendo calzada de la derecha, calzada del medio y calzada de la izquierda.

Se determinó que existe mayor velocidad en la Av. Jaime Paz Zamora (**Progresiva 2+488**) con una velocidad promedio de **48,39 km/hr.**

El valor medio de todo el tramo se encuentra en la Av. Jaime Paz Zamora, entre las progresivas **0+004 y 0+332**, con una velocidad promedio final de **38,10 km/hr.**

El punto de aforo con menor velocidad de todo el tramo de estudio se presenta en la Av. Jaime Paz Zamora (**Progresiva 3+520**), con una velocidad promedio final de **31,77 km/hr.**

La variación entre el punto de velocidad máxima y mínima de todo el tramo de estudio es de **16,62 km/hr.**

4.4 Propuestas planteadas

De acuerdo a la experiencia vivida durante la realización del proyecto se puede dar una propuesta el cual esto ayudaría a que se pueda hacer unos estudios de aforos de volúmenes y velocidades más a detalle en un futuro, ya que esto permitiría que se pueda desarrollar de una manera más adecuada la circulación del tráfico vehicular.

- **Propuesta:**

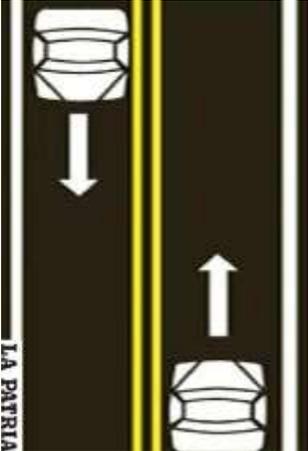
Colocado de elementos de señalizaciones horizontales y tachas viales para la división de los carriles en todo el tramo de estudio

Durante la realización del proyecto se realizó los aforos por calzadas debido a que no se tenía las señales horizontales y tachas viales en todo el tramo para realizar por carriles es por eso que se propone realizar el remarcado de las líneas horizontales en ambas calzadas como así también el colocado de las tachas viales el cual se hizo un presupuesto general para que en un futuro estudio de aforos se pueda realizar los aforos por carriles y también tomar en cuenta que carriles presentan intersecciones ya sea giro a la izquierda o derecha, sabemos que es importante en los aforos tomar en cuenta los tipos de vehículos que transcurren por un determinado carril y también saber que carriles presentan mayor volumen y velocidad.

Cabe recalcar que las propuestas estarán a reglamentos y características que nos brinda el manual de dispositivos de control de tránsito de la ABC en Bolivia, el cual se encuentra en anexos (Administradora Boliviana de Carreteras), se adjunta en el ANEXO IX los planos y sus respectiva señal horizontal y tachas viales.

Se presentará las planillas, Precios unitarios, cómputos métricos, presupuesto general en el ANEXO X planillas de propuesta.

Tabla 30 Propuestas de elementos de señal horizontal y tachas viales para todo el tramo de estudio

NOMBRE	IMAGEN	PUNTO DE INICIO	PUNTO FINAL
<p>Señalización Horizontal blanca discontinua en la calzada de la derecha y del medio</p>		<p>0+000</p>	<p>5+320</p>
<p>Señalización Horizontal amarilla doble continua en la calzada de la izquierda</p>		<p>0+000 2+220</p>	<p>1+200 5+320</p>

Colocado de tachas viales en las 3 calzadas		0+000	5+320
---	---	-------	-------

Fuente: Elaboración propia

Colocado de Señales Verticales preventivas y reglamentarias para tener una buena circulación vehicular.

Se propone realizar el colocado de las señales verticales debido a que en el tramo que se realiza el estudio, no existen las suficientes señales verticales para poder evitar cualquier mala maniobra de los vehículos o como también para evitar accidentes peatonales: Se hizo un presupuesto general haciendo énfasis en todas las actividades que se va realizar para el colocado de las señales preventivas y reglamentarias.

Tabla 31 Propuesta de elementos de señal vertical preventiva y reglamentaria para todo el tramo de estudio

Señalizaciones Preventivas			Progresiva	
			Punto de Inicio	Punto Final
Resalto	SP-14		0+000	0+178
Peatón en la vía	SP-52		0+000	1+268

Ciclovía	SP-64		0+000	0+060
Rotonda	SP-37		0+000	0+440
Prohibido Estacionar	SR-28a		0+000	0+335

Fuente: Elaboración propia

Plan de acción sobre el tratamiento de las propuestas:**1. Nombre**

Plan vial de señalización horizontal y vertical "av. Jaime Paz Zamora rotonda Universidad U.A.J.M.S - El Portillo" de la Ciudad de Tarija.

2. Localización

Ciudad de Tarija (Av. Jaime Paz Zamora rotonda universidad U.A.J.M.S - El Portillo)

3. Diagnostico

En la actualidad, la Ciudad de Tarija cuenta con señalización horizontal en todas las vías, pero la señalización horizontal existente se encuentra deteriorada y en mal estado, esto debido al alto tráfico vehicular que cuenta la ciudad., motivo por el cual es necesario el mantenimiento de la señalización horizontal en todo el tramo de estudio.

Por otra parte, también es muy importante contar con las señalizaciones verticales correspondientes necesarias para el tramo de estudio, debido a que estas señales no se encuentran lo suficiente en todo el tramo y en algunos casos se encuentran en deterioro extremo el cual es importante implementar las suficientes señales verticales preventivas y reglamentarias para la buena seguridad vial.

La señalización que se cuenta es la siguiente:

- Líneas segmentadas
- Líneas continuas
- Tachas viales
- Señal vertical preventiva
- Señal vertical reglamentaria

4. Descripción del plan de señalización vial

Se realizará un mantenimiento general de la señalización vial horizontal como: Líneas segmentadas blancas, líneas continuas amarillas y tachas viales, por otro lado también es necesario realizar el colocado de las señales verticales preventivas y reglamentarias en

zonas donde faltan la señalización, con el colocado de dichas señalizaciones denominadas, se mejorara la seguridad de la circulación de los vehículos además de mejorar y regular los flujos vehiculares en la Av. Jaime Paz Zamora de la Ciudad de Tarija.

5. Materiales, personal y tramo requerido

Tabla 32 Cantidad de material de señalización horizontal y vertical

Productos e insumos	Unidad	Cantidad
Pintura blanca y amarilla	Balde (18 litros)	87
Gasolina	Litros	346,92
Brochas	Pza.	20
Arena	Kg	312
Cemento	Kg	156
Poste galv. De 3" x 300C, incluye pernos y tuercas	Pza.	52

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33 Tramo a ejecutar

Descripción de la actividad	Unidad	Cantidad de pintado de señalización horizontal y colocado de tachas viales
Pintado señal horizontal líneas segmentadas blancas	ml	5,583.00
Pintado señal horizontal líneas amarillas continuas	ml	8,872.00
Colocado de tachas viales	Pza.	2,601.00
Señalización vertical reglamentaria	Pza.	17
Señalización vertical preventiva	Pza.	35

Fuente: Elaboración Propia

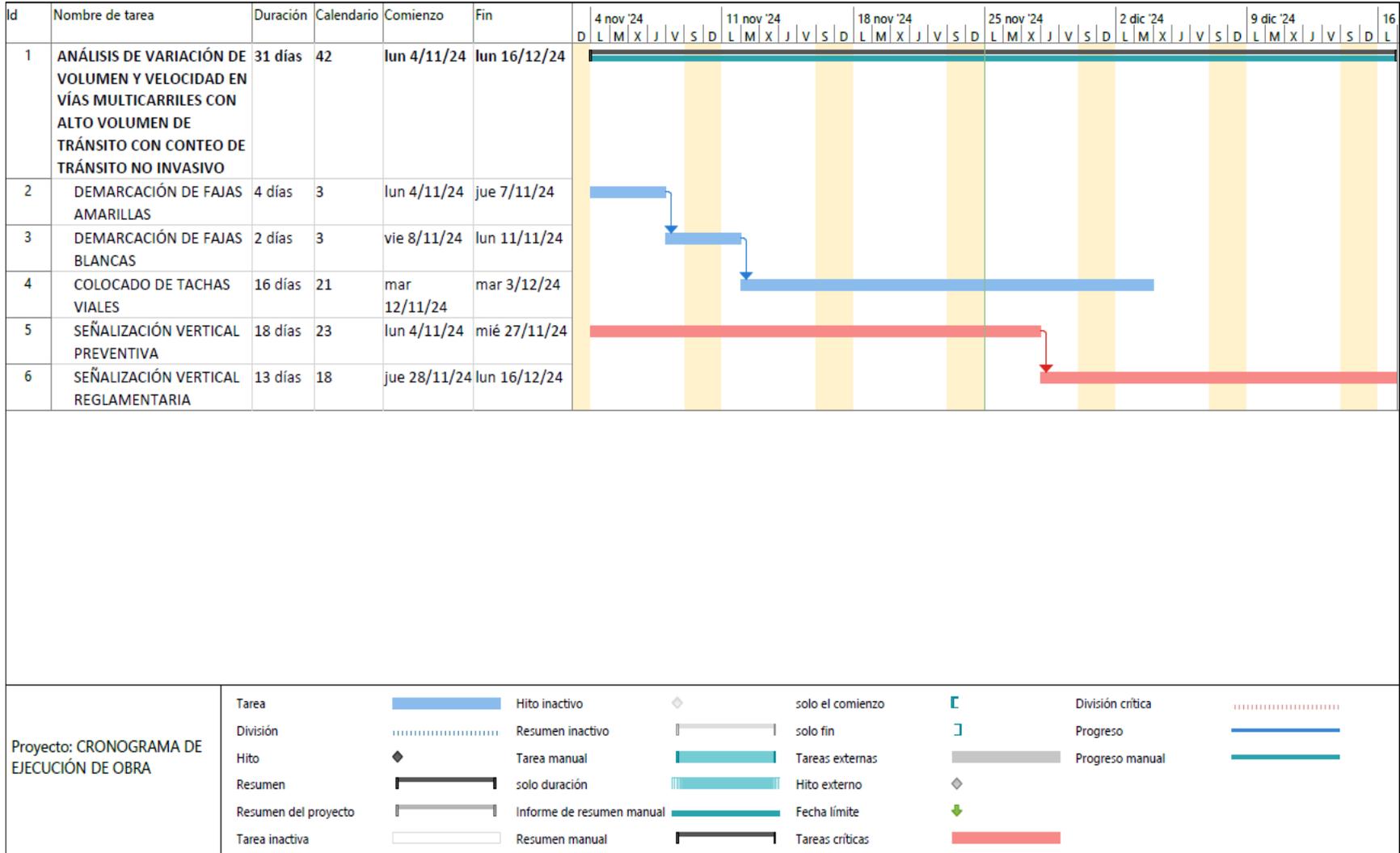
Tabla 34 Personal requerido

Numero de cuadrillas	Cantidad de personal de cada cuadrilla
1	4
2	4

Fuente: Elaboración Propia

6. Cronograma

Se realizará en el lapso de 31 días, desde el 4 de noviembre al 16 de diciembre de 2024 el cual se presenta mediante un diagrama de GANT



7. Meta

Cumplir con el objetivo planteado de pintar toda la señalización horizontal, colocado de tachas viales, señalización horizontal y señalización vertical correspondiente en todo el tramo de la Av. Jaime Paz Zamora desde la rotonda de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho hasta el Portillo de la ciudad de Tarija en el tiempo establecido de 1 mes.

8. Justificación de las propuestas

Actualmente en la Ciudad de Tarija, se puede observar un desgaste de la señalización vial, lo cual deriva en riesgos a la integridad física de los peatones, debido a que no existe señalizaciones verticales suficientes causando accidentes y colisiones de vehículos, ya que los conductores cuando circulan por la zona no tienen referencia de lo que se aproxima y no puedan reducir la velocidad y respetar las señalizaciones en zonas de alto tráfico.

Por otro lado, la señalización horizontal no se encuentra en buen estado actualmente es por eso que para realizar estudio de volumen por carriles no se podía realizar el cual es muy importante tener el comportamiento de volumen por carriles ya que en esta zona de estudio el tráfico es muy elevado por que conecta varios lugares importantes de la ciudad de Tarija.

4.4.1 Cómputos métricos de las propuestas planteadas

Tabla 35 Cómputos métricos

Ítems N°	Descripción	Unidad	Cantidad
>	MOD Señalización Horizontal y Vertical		
1	Demarcación de fajas amarillas	M	8,872.00
2	Demarcación de fajas blancas	M	5,583.00
3	Tachas viales	Pza.	2,601.00
4	Señal preventiva cuadrangular 0,60x0,60 (instalada)	Pza.	35
5	Señal reglamentaria rectangular 0,60x0,90 (instalada)	Pza.	17

Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Presupuesto general total

Tabla 36 Presupuesto general

Ítems N°	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U (Bs)	Costo Ítems
>	MOD Señalización Horizontal y Vertical				
1	Demarcación de fajas amarillas	M	8,872.00	10.59	93,954.48
2	Demarcación de fajas blancas	M	5,583.00	10.59	59,123.97
3	Tachas viales	Pza.	2,601.00	29.98	77,977.98
4	Señal preventiva cuadrangular 0,60x0,60 (instalada)	Pza.	35	2,141.38	74,948.30
5	Señal reglamentaria rectangular 0,60x0,90 (instalada)	Pza.	17	1,920.59	32,650.03
Total del presupuesto (numeral)					338,654.76
Total del presupuesto (literal)		Trescientos treinta y ocho mil seiscientos cincuenta y cuatro, 76/100 Bolivianos			

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Las horas de mayor congestión vehicular (horas picos) se definieron específicamente mediante un histograma como **08:00 - 9:00 am**, **12:00 - 13:00 pm** y **18:00-19:00 pm**, proporcionando así las horas más críticas en la circulación vehicular de dicho tramo.
- De los datos y análisis de resultados obtenidos del aforo de volumen de vehículos en vías multicarriles, el volumen máximo es en la Av. Jaime Paz Zamora (Progresiva 0+124) con un volumen promedio final de **1588 veh/hr**, mientras que el volumen mínimo es en la Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda Mercado Abasto del Sur progresiva 3+472 con un volumen de **139 veh/hr**.
- Del análisis de resultados obtenido de aforo de volumen de vehículos en vías multicarriles, el volumen medio es en la Av. Jaime Paz Zamora específicamente entre las progresivas 4+276 y 4+288, con un volumen promedio de **714 veh/hr**.
- De los datos y resultados de aforo de velocidad no exceden la velocidad máxima de 50 km/hr, la velocidad máxima es en la Av. Jaime Paz Zamora calzada del medio con progresiva 2+488, con una velocidad promedio de **48,39 km/hr**, mientras que la velocidad mínima es en la Av. Jaime Paz Zamora calzada de la izquierda con progresiva 3+520, con una velocidad promedio de **31,77 km/hr**.
- Del análisis de resultados obtenido de aforo de velocidad, la velocidad media es en la Av. Jaime Paz Zamora entre las progresivas 0+004 y 0+332, con una velocidad promedio de **38,10 km/hr**.
- El costo total de la propuesta planteada es de **338,654.76 Bs** (Trescientos treinta y ocho mil seiscientos cincuenta y cuatro, 76/100 Bolivianos).
- En función a diferentes características y parámetros que se presentan en la propuesta planteada, realizar el colocado señales horizontales como ser demarcación de líneas discontinuas blancas, líneas continuas amarillas y tachas viales, por otro lado, las señales verticales como señalización reglamentaria y preventiva. Esto ayuda a la buena circulación del tráfico vehicular y tener una

mejor seguridad vial como así cumplir con las normas de tráfico, en el tramo de estudio no presentan las suficientes señales verticales o en algunos casos se encuentran en muy mal estado (deterioro) el cual es de mucha importancia y utilidad realizar el colocado de estas señales. El pintado de las líneas horizontales hace que se pueda dividir a las calzadas para poder realizar aforos por carriles y tener otros estudios más amplios, el colocado de las tachas viales nocturnas el cual ayuda a la visibilidad de los conductores en horas de las noches, estos incluyen la reducción de accidentes.

5.2 Recomendaciones

Con la experiencia vivida durante el desarrollo del proyecto se dará las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda al momento de realizar el trabajo en campo tener mucha precaución en el conteo de autos ya que esto puede alterar resultados y el proyecto no sería de mucha satisfacción para el proyectista.
- Se recomienda que cuando se realice estos proyectos se tenga ayuda de otras personas que tengan conocimientos sobre la norma a utilizar y como se realiza los aforos ya que se dificulta el realizar solo el aforo de volúmenes y velocidades de dichas calles, el tener ayuda de más personas hace que se pueda aforar de manera correcta.
- Al momento de realizar el cálculo de tiempo de velocidades, se debe estar atentos en el momento de presionar el cronometro de partida y final ya que esto haría que el proyecto nos pueda dar resultados correctos cercanos a la exactitud.
- Al momento de depurar los datos tener muy en cuenta ya que si no se depura de manera correcta esto puede hacer que se distorsione el promedio final tanto de volumen y velocidades.
- Con los resultados obtenidos utilizar como una base de datos para un futuro estudio de aforos de los parámetros de velocidad y volumen, debido a que esto ayuda a tener conocimientos previos del comportamiento vehicular, a partir de estos

resultados hacer una comparación del aumento o disminución en los siguientes años.

- Se recomienda utilizar equipos automáticos de conteo de volúmenes y velocidades, como cámaras de video o sistemas de radar. Estos dispositivos permiten obtener datos precisos y en tiempo real, lo que facilita en el trabajo de gabinete realizar el análisis del tráfico para obtener resultados correctos.